



Dott. Ing. Silvia LUCIA
Via Buozi, 61 - 56010 San Giuliano Terme (PI)
Via di Vittorio, 2 - 58022 Follonica (GR)
Tel. e Fax 050 861235

**ELABORATO ADOTTATO
CON DELIBERAZIONE**
 Giunta Comunale
 Consiglio Comunale
n° 11 ..del... **17 FEB. 2009**

COMUNE DI PISA
PROVINCIA DI PISA

Studio idrologico-idraulico di supporto alla realizzazione
del Piano Attuativo di Trasformazione Urbanistica
Scheda Norma 39.1
Via delle Giunchiglie • Tirrenia

RELAZIONE

COMMITTENTE:
Impresa Costruzioni
Baldereschi R.
Via Flavio Andò, 5D
Marina di Pisa (PI)

DATA:
Novembre 2006



Firma per accettazione
Il Committente

Il Tecnico
Dott. Ing. Silvia LUCIA

Ing. SILVIA LUCIA
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 1360 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE



SOMMARIO

PREMESSA.....	2
DESCRIZIONE DEL PROGETTO	2
SITUAZIONE NORMATIVA	2
Norme dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno	3
Norme del R.U. del Comune di Pisa	3
METODOLOGIA.....	4
STATO DEI LUOGHI	4
Assetto morfologico	4
Rete idraulica	5
ANALISI DEGLI ELABORATI DI PROGETTO.....	5
ANALISI DEI PROBLEMI IDRAULICI.....	5
IDROLOGIA.....	6
Pluviometria.....	6
DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA.....	6
Portata di massima piena nella situazione attuale	7
Portata di massima piena dopo l'urbanizzazione.....	8
CALCOLO DEI VOLUMI DA INVASARE	9
PRESCRIZIONI.....	10
CONCLUSIONI	11
APPENDICI	11

PREMESSA

La presente relazione idraulica è finalizzata alla verifica delle condizioni di rischio idraulico in sponda sinistra del Fosso Lamone, in località Tirrenia, nel Comune di Pisa; l'individuazione topografica del sito è rimandata alla lettura degli elaborati grafici in allegato alla presente relazione.

Allo stato attuale l'area oggetto di studio ubicata in sinistra idrografica del Fosso Lamone, ad una distanza inferiore di 300 m dal ciglio di sponda, è inserita per la gran parte tra le aree a bassa pericolosità idraulica (P.I.I.), nella carta della "Progetto di Piano Assetto Idrogeologico" redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, ed è stata classificata in Classe 3a, Pericolosità Medio/bassa, nella cartografia tematica di supporto al P.R.G. del Comune di Pisa.

L'intervento, soggetto a Piano Attuativo di Trasformazione Urbanistica, è individuabile all'interno della Scheda 39.1 - Tirrenia, Via delle Giunchiglie.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La trasformazione urbanistica prevede la realizzazione di un complesso artigianale sito in località Tirrenia, lungo la Via delle Giunchiglie, su una superficie complessiva di circa 0,67 ha (identificata al Foglio 85, particella 350, Comune di Pisa) in cui saranno realizzati fabbricati dotati di seminterrato destinato a garages, parcheggi ed aree a verde.

Sull'area di progetto, saranno realizzati capannoni artigianali per una superficie pari a 1.705 mq, mentre l'area destinata a verde occuperà una porzione di territorio pari ad almeno il 35% delle superficie totale del sub-comparto; la restante parte verrà destinata a viabilità e parcheggio.

Nell'ambito della previsione urbanistica, sarà realizzato anche il rifacimento di Via delle Giunchiglie (per i dettagli si rimanda alla lettura degli elaborati di progetto).

SITUAZIONE NORMATIVA

La zona oggetto di studio è soggetta a regolamentazione edilizia ed urbanistica, sotto il profilo della pericolosità idraulica, sia da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno sia da parte del Comune di Pisa.



Norme dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno

La zona oggetto di studio è attualmente perimetrata in Pericolosità Idraulica Bassa nel Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico, adottato con delibera n.185 del C.I. del 11/11/2004.

Con riferimento alle norme di attuazione del P.A.I., questa classe comprende aree inondabili con tempo di ritorno $200 < Tr \leq 500$, così come si evince dalla lettura degli elaborati cartografici (pai_pi25K_075 e pai_pi25K_089).

Norme del R.U. del Comune di Pisa

La zona oggetto di studio ricade tra le aree perimetrata nella classe di pericolosità medio/bassa (Classe 3a); dalla lettura della "Carta della Pericolosità Idraulica del Piano Strutturale", risulta che in classe 3 sono perimetrata "zone in cui sono assenti fenomeni attivi, poste a quote inferiori a 2 metri misurate dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda del corso d'acqua corrispondente, protette da opere idrauliche, per le quali esistono notizie storiche di esondazioni".

In particolare, per la sottoclasse 3a medio/bassa, risulta che questa classificazione "comprende zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità superiori a 2 metri dal piano campagna; le trasformazioni fisiche e le utilizzazioni di immobili possono essere definite e prescritte, ovvero dichiarate ammissibili, subordinatamente all'effettuazione di indagini idrologico-idrauliche, per le quali sono lasciati ampi margini di discrezionalità, a livello di bacino o di sottobacino interessato, tese a verificare l'assenza di implicazioni negative sul sistema di scolo delle acque. In relazione ai diversi tipi di trasformazioni, fisiche o funzionali, considerate, possono essere richieste conferme a livello locale dell'ammissibilità delle trasformazioni fisiche e delle utilizzazioni di immobili definite e prescritte, ovvero dichiarate ammissibili, mediante indagini geognostiche di supporto alla progettazione edilizia, anche ulteriori rispetto a quelle eventualmente richieste dalle vigenti leggi, per le quali devono comunque essere lasciati ampi margini di discrezionalità, sia per quanto attiene gli strumenti, che per quanto attiene i metodi di verifica".

Fattibilità geologico/idraulica della Scheda Norma 39.1

" L'area fa parte di una zona morfologicamente depressa relativamente ai lidi e le dune litoranee tra cui è compresa. Il substrato è costituito prevalentemente da sabbie fini spesso limose talvolta con intercalazioni di limo o argilla o torba. L'area, secondo ricostruzioni recenti, corrisponde alla linea di costa esistente a cavallo tra il XVI e XVII sec. Da un punto di vista morfologico l'area corrisponde ad una "lama" depressa inserita tra dune rilevate.



E' parallela al fosso Lamone ed è inserita nel comparto della bonifica artificiale del Lamone. Possono sussistere problemi legati a possibili ristagni e insufficienti smaltimenti delle acque meteoriche. "

METODOLOGIA

Sono state esaminate le Norme dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno e quelle del Comune di Pisa, al fine di stabilire i criteri secondo i quali sono state perimetrare le aree a pericolosità idraulica.

Sono state determinate le portate di massima piena provenienti dall'area in esame nella situazione attuale e dopo gli interventi di urbanizzazione, con lo scopo di calcolare l'incremento di portata di massima che si verifica a seguito dell'urbanizzazione.

Si è redatto lo studio per il calcolo della compensazione delle acque di pioggia attraverso l'elaborazione statistica di dati pluviometrici che sono stati rilevati dagli Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico di Pisa, al fine di determinare la curva di possibilità climatica, utilizzando la legge probabilistica del Gumbel, con tempo di ritorno di 25 e di 30 anni; stabilita la pioggia di progetto si è giunti alla determinazione della portata di piena attraverso l'uso del *Metodo Razionale*, che ipotizza una pioggia costante nel tempo ed uniforme nello spazio, ed una durata pari al tempo di corrivazione.

STATO DEI LUOGHI

Assetto morfologico

Il sito in esame è ubicato ad Est dell'abitato di Tirrenia, lungo la Via delle Giunchiglie, in un'area in stato di abbandono limitrofa a porzioni di territorio in cui sono presenti insediamenti di tipo artigianale.

La morfologia del terreno è stata ricostruita sulla base di un rilievo planaltimetrico condotto, a cura della Committenza. Allo stato attuale, siamo in presenza di un terreno pianeggiante in cui è presente un leggero basso morfologico rispetto sia all'edificato circostante sia alla viabilità presente sul lato Est dell'area; in particolare, la quota più depressa rilevata sul terreno oggetto di intervento si attesta su un valore pari a -0.05 m s.l.m., mentre la quota più elevata su un valore pari a $+ 0.29$ m s.l.m.



Rete idraulica

Il canale principale della zona è costituito dal Fosso Lamone che confluisce nel Fiume Arno, attraverso l'impianto idrovoro di Marina di Pisa (Lamone nord), e nel Canale Scolmatore, attraverso l'impianto idrovoro del Calambrone (Lamone sud).

In prossimità dell'area di progetto sono state rilevate n. 2 sezioni del Fosso Lamone, a distanza di circa 560 m l'una dall'altra; la prima sezione è stata rilevata in corrispondenza della Via Pisorno e la seconda, proseguendo in direzione del Fiume Arno, risulta collocata a distanza di circa 250 m dall'area di progetto.

Dal rilievo si desume, interpolando le sezioni rilevate sul terreno, che il Fosso Lamone, in prossimità dell'area di progetto, presenta una sezione con larghezza al colmo pari a circa 9 m e profondità media pari a 1,8 m; la quota del ciglio di sponda sinistra è pari a circa + 0,1 m s.l.m.

ANALISI DEGLI ELABORATI DI PROGETTO

Il progetto edilizio prevede la costruzione di fabbricati destinati ad attività artigianale, distribuiti su di una superficie complessiva pari a 6.698 mq; l'area destinata a verde occupa una porzione di terreno pari a circa il 35% della superficie a disposizione.

Per la parte di area che sarà costituita da superficie impermeabile, le acque di pioggia verranno opportunamente collettate in una rete di fognatura meteorica che verrà progettata per drenare le acque di pioggia con tempo di ritorno di 25 anni. Il volume delle acque di pioggia relative ad eventi con tempo superiore a 25 anni potranno, su richiesta delle autorità idrauliche competenti sul territorio, essere accumulate temporaneamente all'interno dell'area ricorrendo all'adozione di vasche di laminazione o di tubazioni drenanti che avranno come recapito le condotte della rete di fognatura meteorica dell'area.

ANALISI DEI PROBLEMI IDRAULICI

Il progetto edilizio prevede la costruzione di fabbricati che verranno dotati di locali seminterrati da destinare a garages; questo presuppone l'analisi più dettagliata delle problematiche dovute al ristagno delle acque meteoriche.



Le cartografie allegate al PAI ed al P.S. del Comune di Pisa, evidenziano che quest'area è esterna a quelle perimetrate come soggette a fenomeni di ristagno delle acque meteoriche.

Le indagini geologiche condotte in situ mostrano che il sottosuolo dell'area è caratterizzato, dal piano campagna fino alla profondità di circa 11-12 m, dalla presenza di sabbie che ospitano la falda freatica il cui livello è stato rilevato alla quota di circa -0,6m dal piano di campagna (dato dell'ottobre 2006).

Ai fini della fattibilità dell'intervento, il problema è legato alla realizzazione dei locali seminterrati, per i quali vanno previsti opportuni accorgimenti costruttivi.

IDROLOGIA

Pluviometria

Lo studio idrologico è stato condotto facendo riferimento ai dati relativi alle precipitazioni di massima intensità resi disponibili dal Servizio Idrografico, registrati dalla stazione di Pisa (Facoltà di Agraria), per la quale sono disponibili i valori di altezza di pioggia relativi a precipitazioni di durata pari rispettivamente a 1^h, 3^h, 6^h, 12^h e 24^h, relativi ad un periodo che va dal 1926 al 1998 compresi; tali dati, per la breve distanza e l'omogeneità morfologica della zona, sono assolutamente rappresentativi delle condizioni del bacino in esame.

Per la stazione di Pisa, Facoltà di Agraria il calcolo per la determinazione della curva di possibilità pluviometrica, per diversi tempi di ritorno, conduce alle seguenti formulazioni:

TEMPO DI RITORNO	PIOGGE <1 H
25 anni	$h = 67,62 t^{0,55}$
30 anni	$h = 97,81 t^{0,55}$

DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

In considerazione della limitata estensione del bacino e dell'uniforme caratterizzazione del suolo è consentito utilizzare il *Metodo Razionale* per il calcolo della portata di massima piena; il metodo razionale ipotizza una pioggia costante nel tempo ed uniforme nello spazio, avente un'altezza h ed una durata pari al tempo di corrivazione T_c del bacino.

Come ipotesi di progetto si suppone che a tale precipitazione consegua un idrogramma triangolare, con base pari a $2T_c$, per tanto la portata al colmo dell'idrogramma è calcolabile con la:

$$Q = (\varphi h A) / (3,6 T_c) \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

dove:

A è l'area scolante, espressa in km^2

φ è il coefficiente di deflusso

h è l'altezza di pioggia

T_c è il tempo di corrivazione

La portata di massima piena, in un collettore di acque meteoriche, si verifica quando la pioggia di progetto ha una durata pari al tempo di corrivazione; l'intensità della pioggia viene valutata a partire dalla curva di possibilità pluviometrica.

Per la determinazione del coefficiente di deflusso, generalmente si adotta il valore della media pesata dei coefficienti di area impermeabilizzata e di area permeabile, secondo la:

$$\Phi = I \cdot \Phi_i + P \cdot \Phi_p$$

essendo I e P, rispettivamente, le percentuali di area impermeabilizzata e permeabile ed assumendo per Φ_i il valore 0,9 e per Φ_p il valore 0,2, per piogge con tempo di ritorno > 10 anni.

Portata di massima piena nella situazione attuale

Tempo di corrivazione

Nella situazione attuale, la zona è stata considerata come un'area di bonifica perfettamente pianeggiante, per cui è stato determinato il tempo di corrivazione T_c mediante la formula di Pasini:

$$T_c = 0,24 (SL)^{1/3}$$

dove:

A è l'area scolante, espressa in km^2

L è il percorso idraulico più lungo, espresso in km

T_c è il tempo di corrivazione, espresso in giorni

Nel caso in esame, $S = 0,0067 \text{ Km}^2$ ed $L = 0,16 \text{ km}$; introducendo questi valori nella formula precedente si ricava $T_c = 0,59$ ore.

Portata di massima piena

Inserendo il valore del tempo di corrivazione nella curva di possibilità climatica, il valore di altezza di pioggia ci permette di concludere che la portata massima piena, per il tempi di ritorno di 25 e di 30 anni, assume il valore :



TEMPO DI RITORNO	PORTATA
25 anni	$Q_{max} = 0,032 \text{ m}^3/\text{sec}$
30 anni	$Q_{max} = 0,035 \text{ m}^3/\text{sec}$

Portata di massima piena dopo l'urbanizzazione

Dopo l'urbanizzazione l'area può essere considerata come un bacino urbano e le acque meteoriche saranno allontanate mediante una rete di fognatura pluviale; il valore di coefficiente di afflusso da adottare per i calcoli di dimensionamento è pari a 0.5.

Tempo di corrivazione

La determinazione del tempo di corrivazione per collettori fognari può essere calcolata ricorrendo alla seguente formulazione:

$$T_c = t_c + \sum_i L_i/V_i \quad (\text{ore})$$

Dove la sommatoria al 2° membro è estesa a tutti i collettori che fanno parte del percorso idraulico necessario per giungere fino alla sezione di calcolo considerata.

Il termine t_c rappresenta il tempo di ingresso in rete, cioè il tempo necessario, a partire dall'inizio della pioggia, che le particelle liquide, scorrendo sulle superfici (dei tetti, dei piazzali ecc.) e successivamente lungo la rete elementare di allacciamento, impiegano per giungere alla rete dei collettori veri e propri; tale tempo risulta variabile tra 5' e 10' circa, al diminuire delle pendenze dell'area servita e, pertanto, è sempre molto piccolo.

Nell'espressione precedente, quindi, per l'entità del tempo di corrivazione T_c si otterrà, per un tratto di fognatura di lunghezza pari a 158 m e con velocità di percorrenza pari a 1 m/sec, il valore: $T_c = 0,21$ ore

Portata di massima piena

Inserendo il valore del tempo di corrivazione nella curva di possibilità climatica, il valore di altezza di pioggia ci permette di concludere che la portata massima piena, per i tempi di ritorno di 25 e 30 anni, assume il valore :

TEMPO DI RITORNO	PORTATA
25 anni	$Q_{max} = 0,13 \text{ m}^3/\text{sec}$
30 anni	$Q_{max} = 0,14 \text{ m}^3/\text{sec}$



CALCOLO DEI VOLUMI DA INVASARE

Seguendo il principio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio, secondo la quale ogni intervento sul suolo non deve provocare aggravio della portata di piena del corpo idrico che riceve i deflussi superficiali originati dall'area stessa, occorre prevedere la predisposizione di volumi di invaso a compensazione delle opere di impermeabilizzazione del suolo urbanizzato, perseguendo il fine di non alterazione delle prestazioni complessive del bacino.

In termini di volumi di deflusso, si verifica, a seguito dell'urbanizzazione, un incremento che può essere calcolato confrontando i valori originati nella situazione attuale e nella situazione post-urbanizzazione; il calcolo viene condotto facendo riferimento alla durata critica delle piogge nella situazione attuale, che è di 0,59 ore.

$$V^0 = \varphi^0 h S \text{ volume di deflusso allo stato attuale (con } \varphi^0=0,2)$$

$$V_{25}^0 = 66,82 \text{ m}^3 \text{ (con tempo di ritorno di 25 anni)}$$

$$V_{30}^0 = 72,69 \text{ m}^3 \text{ (con tempo di ritorno di 30 anni)}$$

$$V^1 = \varphi^1 h S \text{ volume di deflusso dopo l'urbanizzazione (con } \varphi^1=0,5)$$

$$V_{25}^1 = 167,05 \text{ m}^3 \text{ (con tempo di ritorno di 25 anni)}$$

$$V_{30}^1 = 181,73 \text{ m}^3 \text{ (con tempo di ritorno di 30 anni)}$$

L'incremento di volume liquido che verrebbe scaricato nel recettore è quindi di $100,23 \text{ m}^3$, con tempo di ritorno di 25 anni, e di $109,03 \text{ m}^3$, con tempo di ritorno di 30 anni.

In sede di dimensionamento di massima, il volume che dovrebbe essere invaso per compensare la maggior impermeabilizzazione dell'area è pari a 100 m^3 , a seguito di un evento di pioggia con tempo di ritorno di 25 anni, mentre risulta pari a 109 m^3 , a seguito di un evento di pioggia con tempo di ritorno di 30 anni.

Per il dimensionamento della vasca di laminazione, in sede di progetto definitivo, verrà adottato un metodo che tiene conto dell'effetto di invaso e dell'equazione di continuità; il calcolo del volume è strettamente dipendente dal dimensionamento delle reti di fognatura meteorica che fornirà il dato di portata nei vari della rete.



PRESCRIZIONI

L'area di progetto presenta un valore di quota media altimetrica pari a quella del ciglio di sponda sinistro del Fosso Lamone; questa situazione morfologica pone il sito in condizioni di pericolosità idraulica per eventuali fenomeni di esondazione del Fosso Lamone, nel caso in cui uno o entrambi gli impianti idrovori risultino non funzionanti.

Valutando che l'area potrà essere soggetta ad allagamenti e/o inondazioni pur con tempi di ritorno elevati, dovranno essere adottati accorgimenti atti a ridurre la vulnerabilità delle opere previste che, nel caso specifico, possono tradursi nelle seguenti raccomandazioni:

- rialzamento e rimodellamento del piano di campagna attuale fino ad una quota di almeno 30 cm rispetto al piano finito del rilevato stradale di Via delle Giunchiglie;
- porre la quota del piano terra delle nuove edificazioni ad un livello maggiore o uguale a 30 cm dalla quota del nuovo piano campagna;
- difesa mediante sistemi passivi dal rigurgito delle acque nella rete di smaltimento delle acque meteoriche, dei quali sia predisposto un adeguato programma di manutenzione.

L'ammissibilità di piani interrati nei fabbricati deve essere vincolata al divieto di destinazioni d'uso che comportino la permanenza nei locali interrati e devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- prevedere accessi posti ad una quota maggiorata di 60 cm rispetto al piano di campagna attuale o, in alternativa, dotare gli ingressi di porte stagne;
- dotare i fondi scala di una pompa di sollevamento e prevedere la realizzazione di una via di fuga costituita da una scala interna che si collega al piano superiore fornita di una porta stagna;
- predisporre una perfetta impermeabilizzazione dei locali interrati dall'esterno;
- i locali interrati devono essere dotati di impianto di sollevamento per lo smaltimento delle acque meteoriche e, per allertare gli utenti del locale in caso di pericolo, devono essere installati almeno quattro sensori di livello e di segnalazione di allarme, acustico e luminoso, da situare all'interno dell'interrato ed agli ingressi dello stesso.



CONCLUSIONI

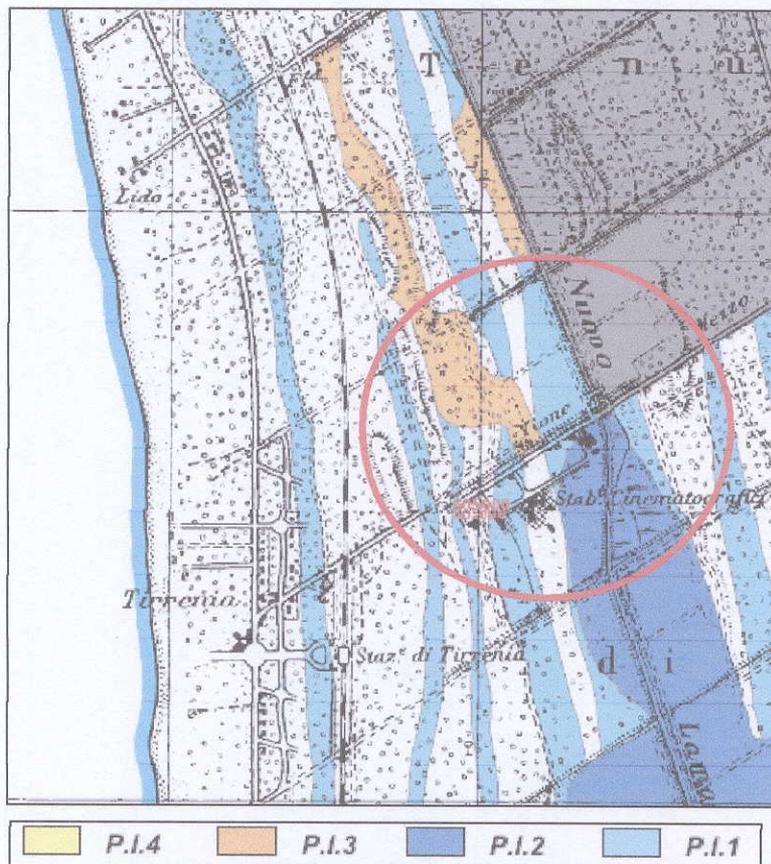
Dal complesso delle valutazioni tecniche effettuate, risulta che la trasformazione urbanistica in oggetto non costituisce un aumento significativo della pericolosità idraulica, nel contesto territoriale circostante, in quanto gli interventi di regolarizzazione dell'area non comportano significativi innalzamenti di quota del terreno; sulle aree a verde verrà posto un riporto di terreno con buona capacità di infiltrazione al fine di ridurre ulteriormente il rischio di ristagno per piogge intense.

Il recapito della fognatura meteorica di progetto potrà ricevere un contributo di piena non superiore rispetto a quello attuale, a stato non urbanizzato, se la rete di fognatura meteorica verrà realizzata prevedendo vasche di laminazione delle piene; l'esatta ubicazione delle vasche volano o delle tubazioni di drenaggio sono conseguenti alla realizzazione del progetto esecutivo della fognatura meteorica.

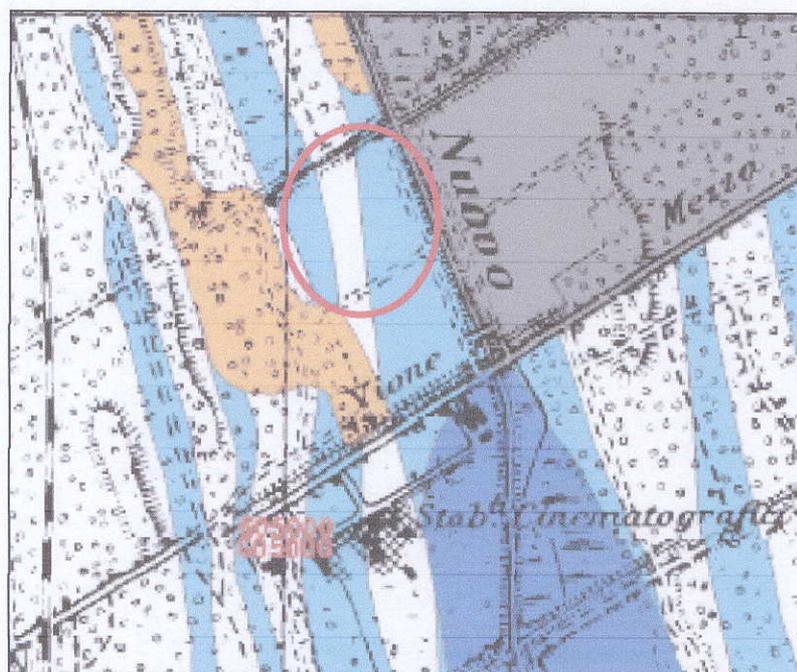
APPENDICI

1. Planimetria generale e di dettaglio estratte dalla cartografia del PAI
(Autorità di Bacino del Fiume Arno)
2. Planimetria generale e di dettaglio estratte dalla "Tavola dei Sistemi Idraulici"
(P.S. del Comune di Pisa)
3. Planimetria generale e di dettaglio estratte dalla "Tavola delle Aree allagabili"
(P.S. del Comune di Pisa)
4. Sezioni del Fosso Lamone
5. Documentazione fotografica

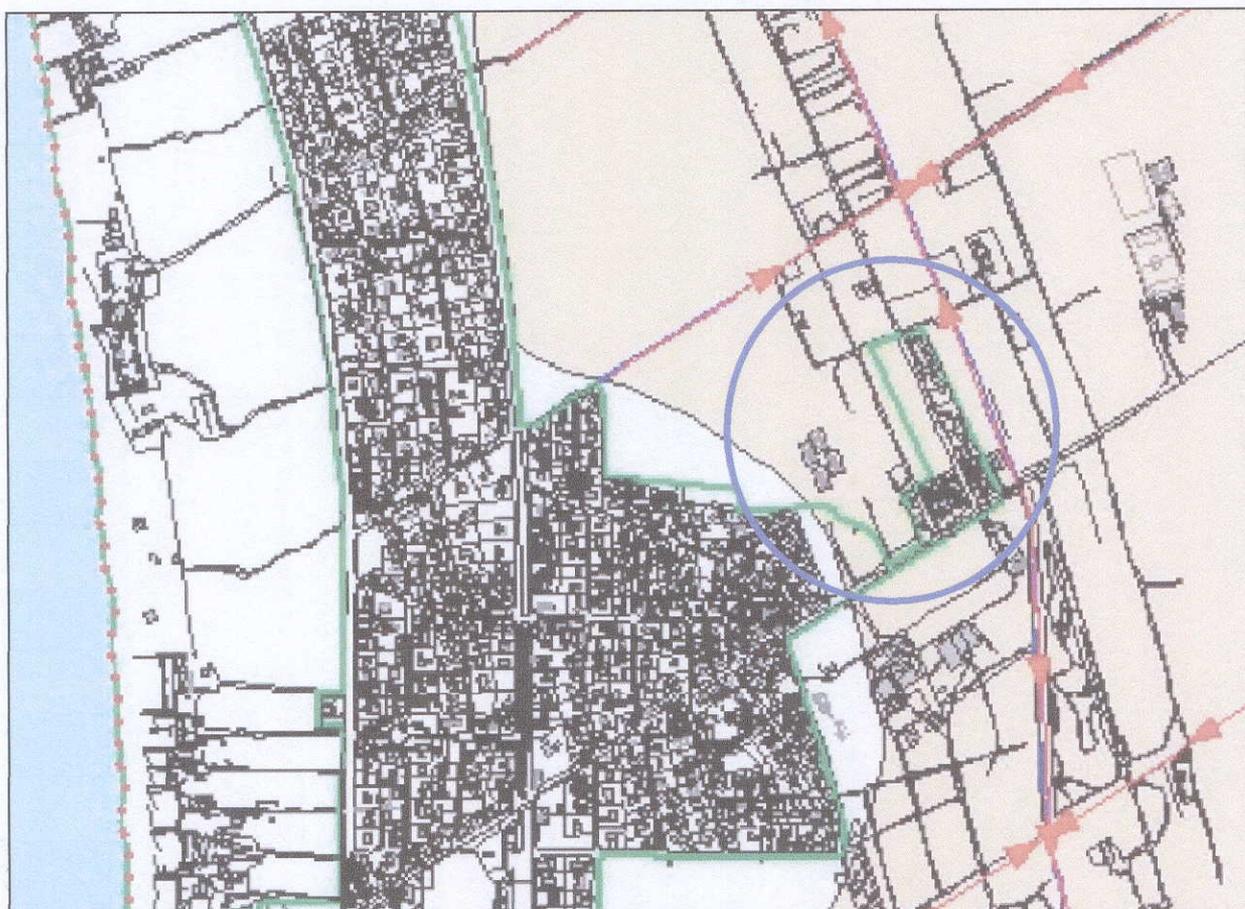
APPENDICI



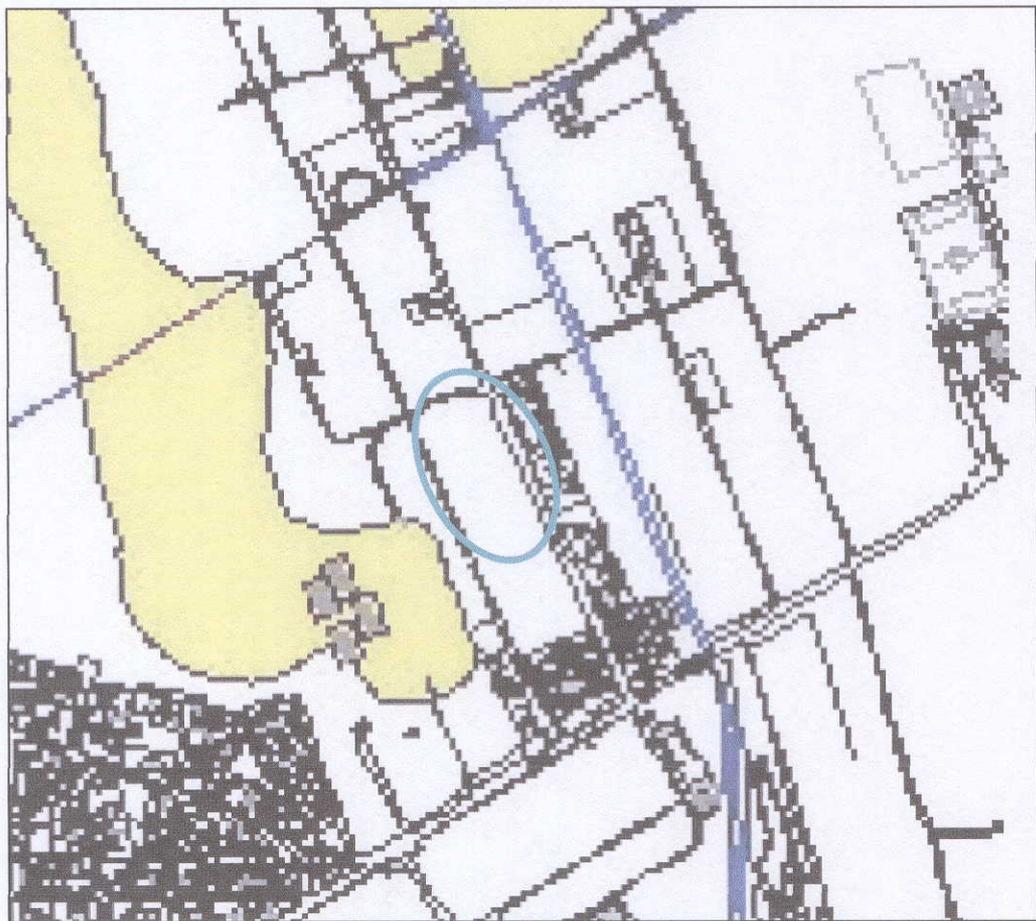
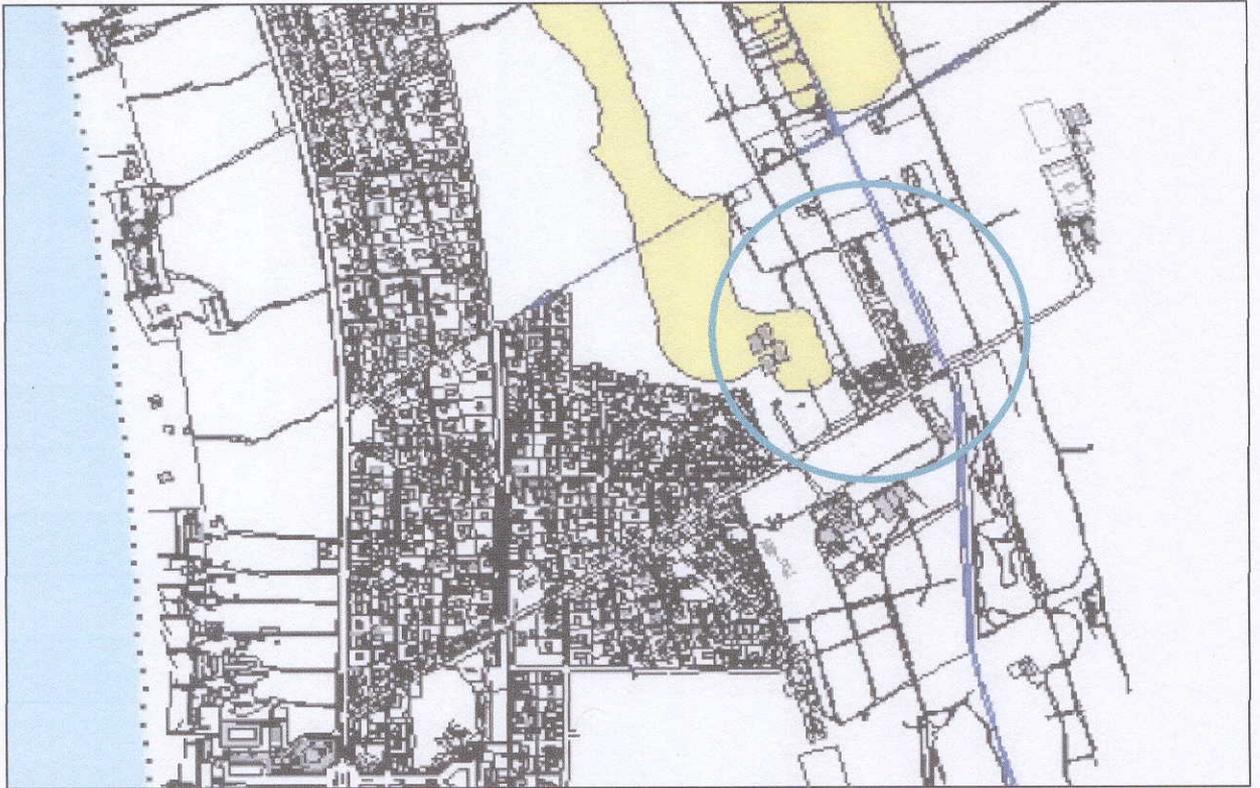
Estratto generale dalla cartografia del PAI
 Autorità di Bacino del Fiume Arno (pai_pi25K_075 e pai_pi25K_089)



Estratto di dettaglio dalla cartografia del PAI



Estratto dalla "Tavola dei Sistemi Idraulici" (P.S. del Comune di Pisa)



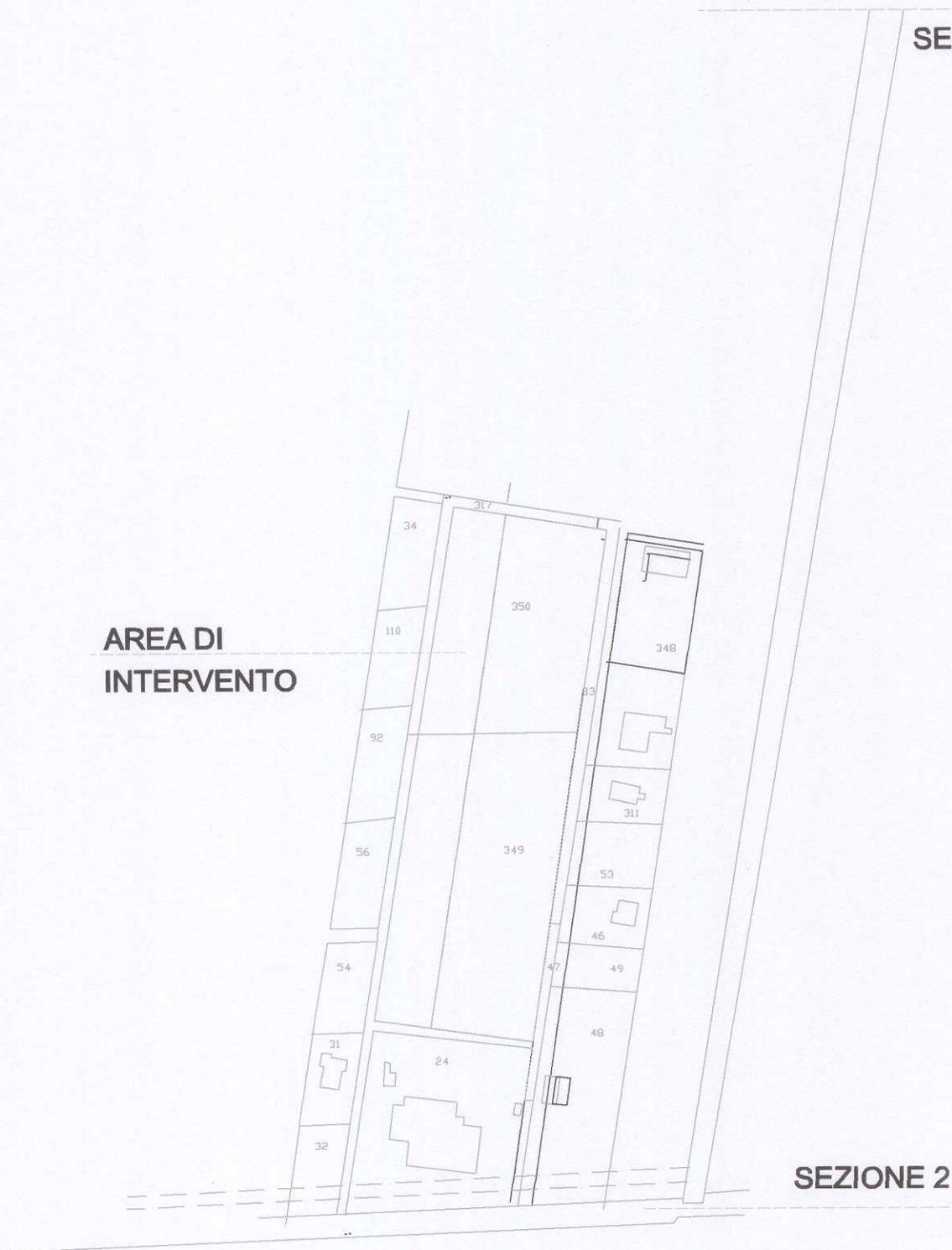
Estratto dalla "Tavola delle Aree allagabili" (P.S. del Comune di Pisa)

APPENDICE N°4

Sezioni Fosso Lamone

SEZIONE 1

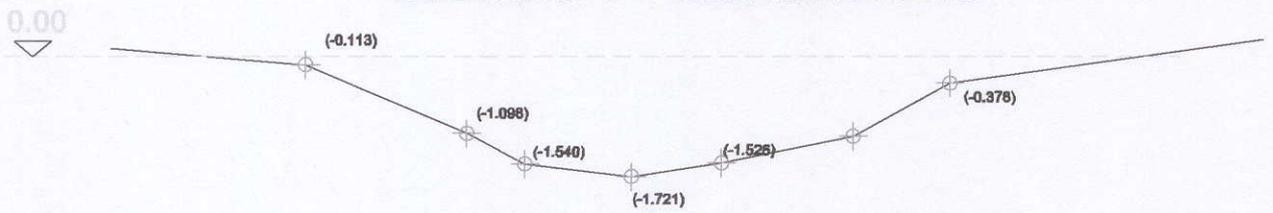
AREA DI INTERVENTO



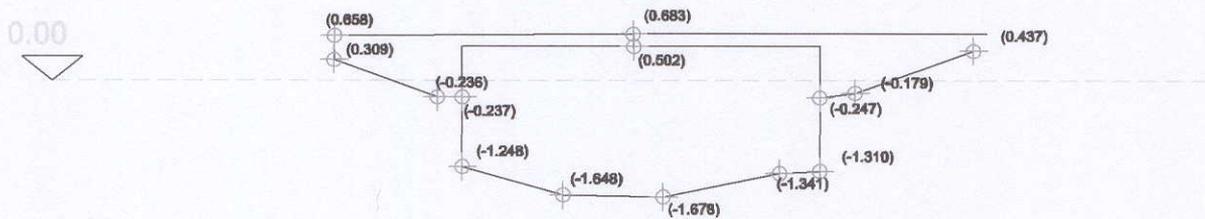
SEZIONE 2

PLANIMETRIA STATO ATTUALE

Sezione 1 - Lamone nord



Sezione 2 - Ponticello Via Pisorno



APPENDICE N°5
Documentazione fotografica

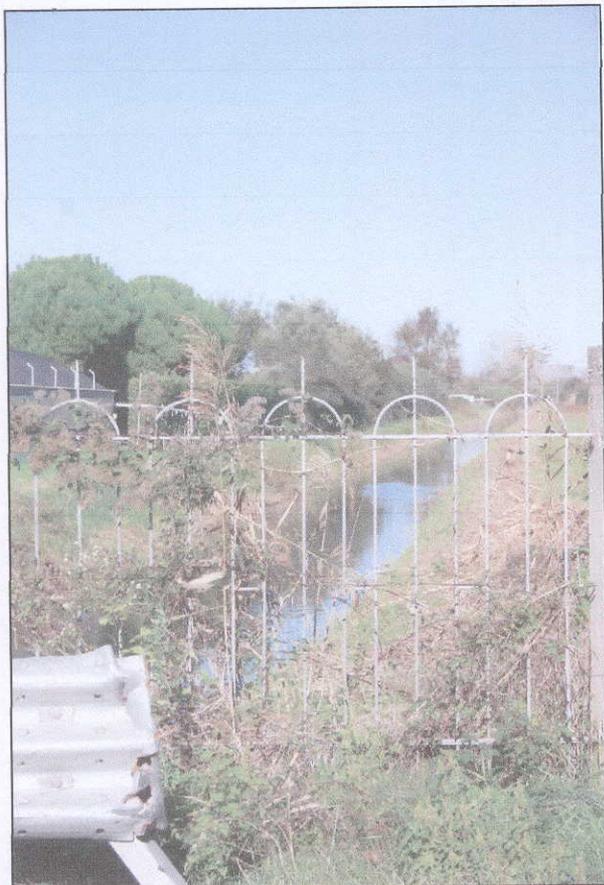


FOTO N.1 – Vista dell'alveo del Fosso Lamone in direzione Marina di Pisa.
(punto di scatto: ponticello sulla Via Pisorno)

FOTO N.2 – Traccia della condotta fognaria lungo la via Pisorno
(punto di scatto: intersezione Via delle Giunchiglie con Via Pisorno)

