

COMMITTENTE:



0895

ALTA SORVEGLIANZA:



CONTRAENTE GENERALE



PROGETTO ESECUTIVO DI 1° LIVELLO

**LINEA FERROVIARIA MILANO-NAPOLI
NODO DI FIRENZE - PENETRAZIONE URBANA LINEA A.V.**

PASSANTE AV

Lotto 2

ELABORATO: **BY_PASS TORRENTE MUGNONE
ELABORATI GENERALI
RELAZIONE IDRAULICA**

ITALFERR		CONTRAENTE GENERALE		DIREZIONE LAVORI	Data
Vidimato	Data	NODAVIA SOC. CONS. PER AZIONI VIA SAN PIETRO, 75 Ing. Domenico PELLICANO DI SOTTO (RE) C. F. e P. IVA 02283090351 TEL. 0522/961111			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA
F E W 1	4 0	E	Z Z	R I	I N 0 0 0 0	0 0 2	A	-

PROGETTAZIONE CONTRAENTE GENERALE: Aspetti generali: AMBIENTE - DURAZZANI - GEOECO Progetti
 Strutture - Architettura: SWS Engineering - Studio MAJOMECKI - OPEN PROJECT - Studio LEMBO FAZIO - EQE-Eco Consulting Ingegneria
 Impiantistica: ANSALDO - BETA PROGETTI - T&T.I. - TESIFER

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autoriz./Data
A	Emissione	A.Tonello	20.01.08	F.Castria	21.01.08	C.Lanzafame	21.01.08	R.Piolanti
B		AT		FNC				
C								



File: FEW1-40-E-ZZ-RI-IN00-00-001_A.doc	Codifica GC:	n. Elab.:
---	--------------	-----------

Committente Principale RFI	Alta Sorveglianza ITALFERR	Contraente Generale NODAVIA s.c.p.a.
PASSANTE AV – LOTTO 2 BY_PASS SUL TORRENTE MUGNONE – ELABORATI GENERALI - RELAZIONE IDRAULICA		PROGETTO ESECUTIVO DI 1° LIVELLO

INDICE

I PREMESSA	3
ALLEGATO A: “FAE3-39-E-11-RI-NI0002-001-A – NODO DI FIRENZE – PENETRAZIONE URBANA LINEA A.V. – PROGETTO DEFINITIVO – BYPASS SUL TORRENTE MUGNONE - RELAZIONE IDRAULICA GENERALE”	4

Committente Principale RFI	Alta Sorveglianza ITALFERR	Contraente Generale NODAVIA s.c.p.a.
PASSANTE AV – LOTTO 2 BY_PASS SUL TORRENTE MUGNONE – ELABORATI GENERALI - RELAZIONE IDRAULICA		PROGETTO ESECUTIVO DI 1° LIVELLO

1 PREMESSA

Nella presente fase progettuale si conferma integralmente quanto esposto - nella precedente fase di Progetto Definitivo – nel Documento :

FAE3-39-E-11-RI-NI0002-001-A – Nodo di Firenze – Penetrazione Urbana Linea A.V. – Progetto Definitivo – Bypass sul torrente Mugnone – Relazione Idraulica Generale’
 qui riportato in Allegato.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Committente Principale RFI	Alta Sorveglianza ITALFERR	Contraente Generale NODAVIA s.c.p.a.
PASSANTE AV – LOTTO 2 BY_PASS SUL TORRENTE MUGNONE – ELABORATI GENERALI - RELAZIONE IDRAULICA		PROGETTO ESECUTIVO DI 1° LIVELLO

ALLEGATO A: “FAE3-39-E-11-RI-NI0002-001-A – NODO DI FIRENZE – PENETRAZIONE URBANA LINEA A.V. – PROGETTO DEFINITIVO – BYPASS SUL TORRENTE MUGNONE - RELAZIONE IDRAULICA GENERALE”

COMMITTENTE:

RETE FERROVIARIA ITALIANA S.P.A.

0295

ZONA TERRITORIALE

CENTRO NORD

PROGETTAZIONE



U.O.: CORPO STRADALE E GEOTECNICA

PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA FERROVIARIA MILANO-NAPOLI
NODO DI FIRENZE
PENETRAZIONE URBANA LINEA A.V.**

**BY-PASS SUL TORRENTE MUGNONE
RELAZIONE IDRAULICA GENERALE**

SCALA

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC OPERA/DISCIPLINA Progr REV.

FAE3 39 E 11 RI NI0002 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	CARLELLAKA <i>el</i>	09/09/2003	<i>[Signature]</i>		PALOMARI <i>[Signature]</i>		ITALFERR S.P.A. U.O. OPERE CIVILI DIPARTIMENTO INGEGNERIA P. 3009	

File: FAE339E11RINI0002001A

n Elab

INDICE

1	PREMESSE	3
2	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL BACINO	4
3	LE PORTATE DI PIENA	5
4	INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA	6
4.1	Interventi di adeguamento del ponte ferroviario	6
5	VERIFICHE IDRAULICHE	8

1 PREMESSE

La presente relazione illustra brevemente le elaborazioni sviluppate per il dimensionamento idraulico delle opere d'attraversamento del torrente Mugnone in prossimità della stazione di Santa Maria Novella.

Le opere in progetto trovano la loro giustificazione nell'ambito degli "Interventi per l'adeguamento idraulico del torrente Mugnone", individuati dal protocollo d'intesa tra le autorità regionali e l'Italferr, proposte nello "Studio per l'inquadramento degli aspetti idraulici della penetrazione urbana di Firenze", svolto dal Dipartimento d'Ingegneria Civile dell'Università di Firenze in collaborazione con il PIN Centro Studi di Ingegneria di Prato.

In particolare, il presente progetto è relativo alle opere di by-pass del ponte ferroviario del Romito, all'adeguamento delle sezioni idrauliche del ponte e alla definizione dei tronchi di raccordo, a monte ed a valle.

L'opera deve inquadrarsi all'interno di un intervento generale di ridimensionamento dell'alveo, nell'intero tratto urbano del torrente e del suo affluente principale, il t. Terzolle, con l'obiettivo di aumentarne la capacità di deflusso e di consentire il transito senza esondazione della portata con periodo di ritorno pari a $T=200$ anni.

Il Torrente Mugnone presenta attualmente una configurazione idraulica del tutto insufficiente, idonea a smaltire le portate con periodo di ritorno minore di venti anni.

2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL BACINO

Il T. Mugnone ed il torrente Terzolle, tributari in destra del Fiume Arno, hanno subito negli anni numerose modifiche di tracciato nel tratto urbano della città di Firenze. Nella configurazione attuale, il T. Terzolle affluisce nel Mugnone poco prima della confluenza nell'Arno.

Il bacino idrografico del Mugnone, che risulta difficilmente individuabile nel tratto urbano, ha dimensioni di circa 35,75 km² e presenta un'asta fluviale allungata in direzione N-NE.

Il bacino ha caratteristiche prevalentemente impermeabili: la parte superiore è, infatti, caratterizzata da formazioni delle unità liguri e da affioramenti marnosi; la parte mediana è costituita da arenarie a cemento marnoso; la zona valliva del bacino è costituita da aree urbane (oltre il 19% della superficie totale).

Un'attenuazione al valore del coefficiente di deflusso è costituita dall'elevata porzione di bacino ancor oggi coperta da boschi.

3 LE PORTATE DI PIENA

Le portate di piena del T. Mugnone al P.te del Romito sono state valutate in un precedente studio svolto in fase di progetto di massima della linea AV Firenze - Roma. Tali valori sono stati, successivamente, confermati sia in fase dell'accordo di programma con la Regione Toscana sia in fase di redazione del Piano di Bacino del fiume Arno; in particolare, valutata la superficie idrografica del bacino al ponte suddetto in 30.9 km² le portate di progetto del Mugnone sono state valutate in:

T (anni)	Q (m ³ /s)
10	145
20	165
50	195
100	220
200	252
500	293

Analoghi valori delle stime si sono ottenuti nell'approfondimento dello studio idrologico svolto nell'ambito del presente progetto e mirato alla definizione delle portate di piena da considerare nelle fasi di costruzione dell'opera.

Pertanto, conformemente alle indicazioni scaturite dal protocollo d'intesa col Provveditorato regionale alle OO.PP. per la Toscana (Ufficio Speciale Idraulico), la portata di dimensionamento del p.te Romito e del relativo by-pass è stata fissata in 220 m³/s; infine, in accordo con quanto previsto dal PAI, sono state verificate le condizioni di passaggio dell'evento con periodo di ritorno T=200 anni (252 m³/s).

4 INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

A seguito degli studi idraulici di verifica dell'alveo del torrente Mugnone sono stati individuati i punti di criticità dell'alveo del torrente e sono stati definiti gli interventi necessari per adeguarne le sezioni e consentire il convogliamento e l'adduzione in Arno delle portate di piena con periodo di ritorno fino a duecento anni.

Il progetto generale di sistemazione idraulica del Mugnone prevede una serie di interventi mirati all'adeguamento idraulico del corso d'acqua, non tutti oggetto del progetto in esame; nella presente relazione, si affrontano le problematiche inerenti al proporzionamento e alla verifica delle opere d'adeguamento del ponte Romito esistente e del By-Pass previsto in sponda sinistra.

4.1 Interventi di adeguamento del ponte ferroviario

Il ponte attualmente presente sulla linea FS (ponte del Romito) è stato realizzato in fasi successive e presenta spessori della soletta di copertura differenti, così come differenti risultano le quote di intradosso dell'opera. In particolare partendo dall'imbocco in senso idraulico si possono individuare i seguenti tronchi:

1. lunghezza pari a 27.6 m, quota intradosso imbocco 49.80 m s.m.m., quota intr. sbocco 49.70 m s.m.m.;
2. lunghezza pari a 101.91 m, quota intradosso imbocco 49.96 m s.m.m., quota intr. sbocco 49.35 m s.m.m.;
3. lunghezza pari a 136.56 m, quota intradosso imbocco 48.77 m s.m.m., quota intr. sbocco 48.75 m s.m.m.

Per ovvi motivi legati alla circolazione dei convogli ferroviari, in corrispondenza dei binari non interessati dal presente intervento e che pertanto devono essere mantenuti in esercizio, l'impalcato del ponte non verrà variato mentre il fondo dell'opera sarà oggetto di un intervento di risagomatura che consentirà di assegnare al fondo alveo un profilo congruente con la prevista sistemazione a valle e, contemporaneamente, permetterà di realizzare un intervento di asportazione del materiale depositatosi nel tempo lungo l'opera.

I tre fornici esistenti a sistemazione avvenuta avranno la stessa pendenza ma quote fondo nella sezione differenti; il fornice centrale sarà, infatti, raccordato con i tratti di savanella previsti a monte ed a valle e presenterà alle varie progressive una quota maggiormente depressa rispetto ai fornici laterali di 0.50 m:

Il fondo alveo sarà rivestito in calcestruzzo per consentire un più agevole e rapido intervento di manutenzione con rimozione dei sedimenti che andranno a depositarsi nelle fasi decrescenti delle onde di piena e che, tra una piena e l'altra, tenderanno ad incrostare.

5 VERIFICHE IDRAULICHE

Data la complessità delle opere in progetto, al fine di verificare la capacità di smaltire parte delle portate di piena ed eseguire confronti con le simulazioni numeriche, è stato necessario effettuare dei test su un modello fisico in plexiglas, realizzato dal Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze.

Il tratto, realizzato in scala 1:36, riproduce la struttura del torrente da valle del Ponte al Romito stradale fino a monte del Ponte all'Asse.

Nell'Allegato A sono riportati i risultati della 1° modellazione eseguita su una configurazione base individuata

A seguito dei risultati di tale simulazione è stato eseguito un secondo modello fisico, i cui risultati sono riportati invece nell'Allegato B, al fine di ottimizzare l'imbocco e lo sbocco del by-pass e migliorarne il funzionamento idraulico.

Tale simulazione (2° modellazione) è stata presa a riferimento per lo sviluppo del Progetto Definitivo finale.

Come dimostrato dalle simulazioni eseguite sul modello, il ponte ferroviario del Romito con l'ausilio del by-pass consente di smaltire le piene duecentennali, sia pure con franchi ridotti.

Gli interventi previsti concorrono pertanto al raggiungimento di una riduzione del livello di rischio idraulico all'interno del centro cittadino di Firenze, in particolare nell'area interessata dalla realizzazione del Passante ferroviario e della stazione ad Alta Velocità.



LINEA FERROVIARIA MILANO - NAPOLI NODO DI FIRENZE
PENETRAIONE URBANA LINEA A V
BY-PASS SUL TORRENTE MUGNONE
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO			REV	FOGLIO
FAE3	39 E	11	RI	NI0002	001 A	9 di 10

ALLEGATO A



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

MODELLO FISICO DEL BYPASS SUL TORRENTE MUGNONE A
SANTA MARIA NOVELLA :
REALIZZAZIONE ED ANALISI DEI RISULTATI

per conto di

Italferr S.p.a.



Relazione finale

REALIZZAZIONE DEL MODELLO ED ESECUZIONE SIMULAZIONI

Responsabile Scientifico: prof. Ignazio Becchi

Sperimentatori: ing. Emanuele Becagli e ing. Filippo Ginanni

Firenze, 27 febbraio 2004

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. DESCRIZIONE GEOMETRICA ED IDRAULICA DEL MODELLO	4
2. LE SIMULAZIONI IDRAULICHE	17
3. SIMULAZIONI STATO ATTUALE	23
4. SIMULAZIONI STATO PROGETTO 1	23
5. SIMULAZIONI STATO PROGETTO 2	24
6. SIMULAZIONI STATO PROGETTO 2 CON SOLO MUGNONE	25
7. SIMULAZIONI STATO PROGETTO 2 CON SOLO BYPASS	26
8. SIMULAZIONI STATO ATTUALE CON SFIORATORE PROGETTO 2	26
9. CONCLUSIONI	28
ALLEGATO 1 – Misure piezometriche, di portata e di velocità	
ALLEGATO 2 – Campi di moto superficiali	
ALLEGATO 3 – Documentazione fotografica	
ALLEGATO 4 -- Profili piezometrici	

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica illustra lo studio idraulico effettuato su modello fisico del tratto del Torrente Mugnone presso la Stazione ferroviaria di Santa Maria Novella in Firenze.

Nei primi mesi del 2003 la Società Italferr richiedeva la valutazione idraulica di un progetto riguardante la realizzazione di by-pass idraulico del ponte-cunicolo con cui il Torrente Mugnone attraversa il nodo ferroviario di S.M. Novella: a tal fine è stata stipulata apposita convenzione in data 15/07/2003 con il Dipartimento di Ingegneria Civile.

Si tratta di un nodo idraulico complesso, attualmente caratterizzato da un lungo tratto coperto a tre fornici presso il quale non risulta verificato il passaggio di portate di piena con elevato tempo di ritorno. Il progetto di Italferr S.p.a. prevede la realizzazione di uno sfioratore laterale a monte del sottopasso ferroviario che alimenti un bypass in grado di partire le portate di piena, consentendo di verificare il deflusso delle portate con tempi di ritorno 100 e 200 anni in condizioni di sicurezza.

Il modello fisico e il relativo impianto idraulico sono stati realizzati dal Dipartimento di Ingegneria Civile di Firenze presso una struttura dismessa del Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino, appositamente recuperata e dedicata a tale attività.

Il modello, realizzato totalmente in plexiglas, ha permesso di eseguire confronti con le simulazioni numeriche effettuate da Italferr nell'ambito del Progetto Definitivo del Nodo di Firenze – Penetrazione urbana della Linea AV ed ha consentito di indagare il campo di moto e le condizioni di deflusso laddove non simulabili numericamente.

Nel modello sono state realizzate diverse configurazioni, variando le caratteristiche geometriche e le condizioni idrauliche: verificata la capacità di deflusso dell'alveo nello stato attuale si è proceduto ad analizzare la funzionalità idraulica del bypass, con alveo Mugnone nello stato attuale e in quello di progetto, modificando la disposizione planimetrica dell'opera di sfioro e variandone le caratteristiche geometriche al fine di individuare la configurazione ottimale.

Le simulazioni hanno permesso la definizione delle condizioni idrauliche di deflusso sia presso il Torrente Mugnone che nel bypass, individuando le condizioni di sfioro dell'opera di alimentazione.

1. DESCRIZIONE GEOMETRICA ED IDRAULICA DEL MODELLO

Il tratto realizzato in scala rappresenta circa 600 m al vero, riproducendo la geometria del Torrente Mugnone da valle del Ponte al Romito fino a monte del Ponte all'Asse, in condizioni di stato attuale e di progetto.

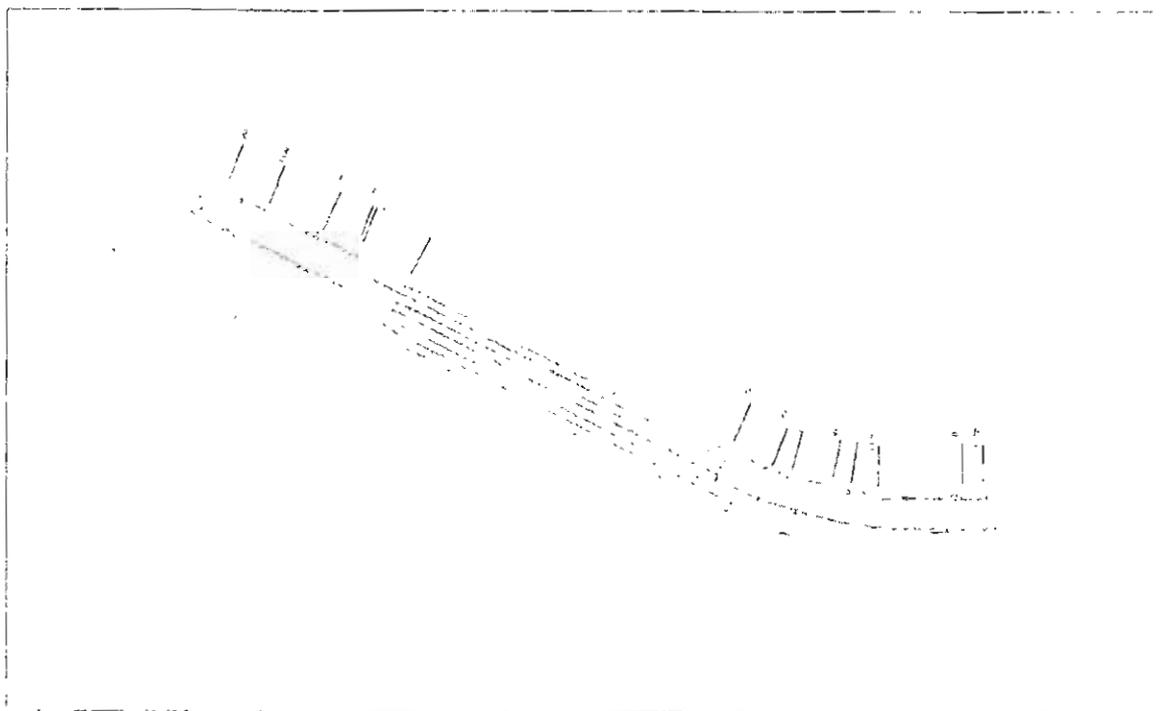


Fig. 1 - Tratto riprodotto nel modello fisico.

LA SCALA

Il modello è stato progettato in similitudine di Froude, in scala geometrica isotropa 1/36. Tale valore consente la riproduzione degli elementi geometrici e altimetrici con consistente precisione; inoltre si ha un immediato strumento di misura temporale, risultando, in similitudine di Froude la scala dei tempi pari alla radice quadrata della scala geometrica. La scala delle portate corrisponde a 1/7776, ovvero alla scala geometrica elevata a 5/2.

I MATERIALI

La realizzazione del modello è stata affidata alla ditta Bucelli, specializzata in lavorazioni di materie plastiche, che lo ha realizzato interamente in PoliMetilMetAcrilato, comunemente conosciuto come plexiglas.

L'impiego del plexiglas assicura un'elevata precisione nella realizzazione dei particolari geometrici, quindi consente lavorazioni fini rispetto al cemento mentre rispetto al legno limita le dilatazioni e non ha perdite per assorbimento. Inoltre, grazie alla trasparenza propria del materiale si ha una visione planimetrica e altimetrica delle condizioni di deflusso della corrente che permette, ad esempio, l'osservazione tridimensionale di fenomeni localizzati.

Il modello è stato realizzato con moduli lunghi al massimo 80 cm, uniti l'uno all'altro con cerniere metalliche regolabili, in modo da poter stringere le guarnizioni di neoprene poste tra modulo e modulo per limitare le perdite di acqua.

La creazione dei moduli è avvenuta mediante incollaggio di lastre sagomate, sulla base degli elaborati grafici prodotti dal Dipartimento di Ingegneria Civile a partire dal progetto Italferr S.p.a.

Ogni lastra è stata sagomata utilizzando frese e torni di precisione (precisione nominale pari al centesimo di mm).

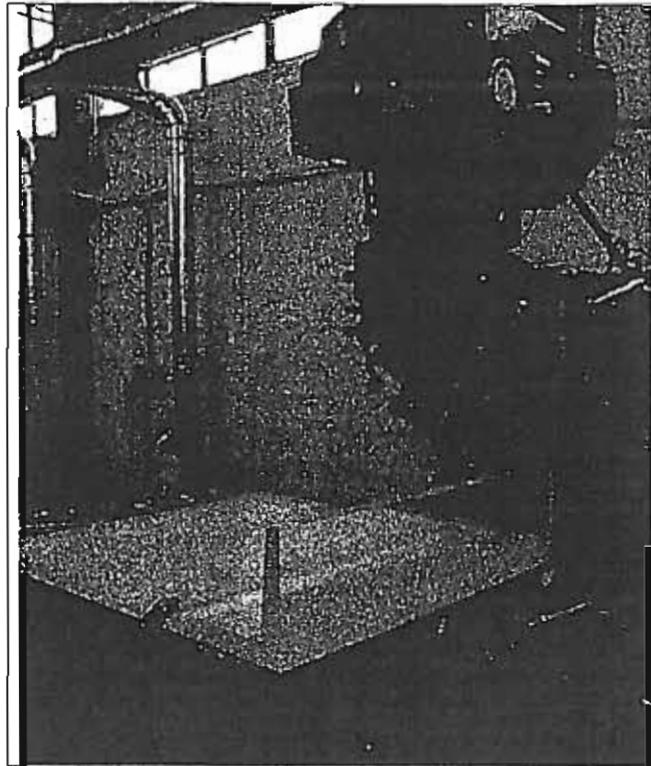


Foto 1 - Lavorazione dei moduli in plexiglas.

Ogni modulo è stato dotato di sostegni in legno di altezza tale da consentire l'esatta riproduzione delle caratteristiche altimetriche del tratto modellato.

Al fine di porre il modello ad un'altezza utile all'osservazione visiva e piezometrica, è stata realizzata una struttura con profilati circolari in acciaio (diametro tubolare 48 mm, spessore 4 mm,) dotata di piedi regolabili in altezza e in grado di costituire un solido supporto al piano di appoggio. Il piano, costituito da un tavolato in legno di elementi (2x0.5m) multistrato alti 2.5 cm, è lungo 16 metri e largo 1.5 m



Foto 2 - Piano di appoggio del modello e struttura tubolare di sostegno.

Una volta posto il modello sul piano livellato in orizzontale, è stata verificata l'esatta riproduzione in scala delle altimetrie, utilizzando un apposito strumento di livellazione (catetometro, di cui si tratterà più avanti) dotato di una precisione pari al centesimo di millimetro.

LA SCABREZZA

Le scabrezze sono state calcolate e tarate tramite simulazioni su modello numerico, sulla base di quelle fornite nello studio di Italferr. L'analisi ha tenuto conto delle indicazioni progettuali fornite dal Italferr S.p.a. per quanto riguarda le configurazioni geometriche di progetto e delle condizioni correnti dell'alveo per quanto riguarda invece le simulazioni allo stato attuale. In particolare nello stato di progetto è stato assunto un coefficiente di Manning pari a $0.022 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$, a cui è corrisposta una scabrezza equivalente sul modello realizzata con strisce di tappeto verde sintetico alte 3-4 mm e di dimensioni pari mediamente a 20-25 x 2-3 cm. Queste sono state incollate ai moduli con elastomero biadesivo e disposte con densità e geometria tali da indurre linee di carico piezometrico equivalenti a quelle individuate numericamente

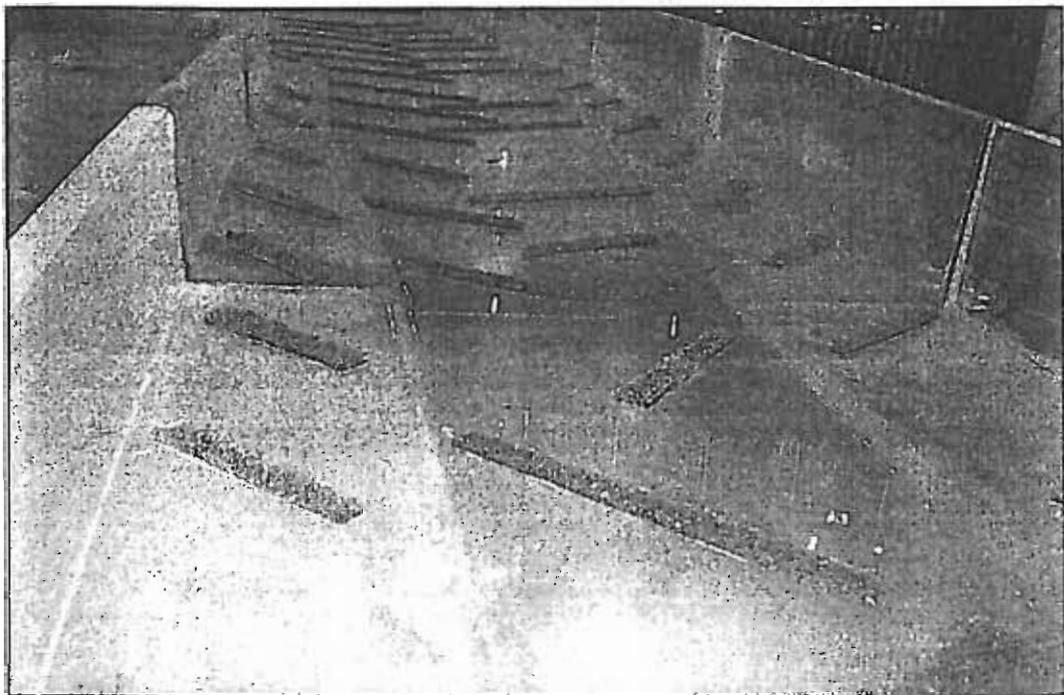


Foto 3 – La rappresentazione della scabrezza nel modello.

In entrambi i tratti coperti, sottopasso ferroviario e bypass, sono state adottate pareti lisce. Per tutte le portate di piena simulate si hanno condizioni di moto assolutamente turbolente, sia lungo l'alveo che presso la soglia dello sfioratore.

II. CIRCUITO IDRAULICO DI ALIMENTAZIONE

Il circuito idraulico di alimentazione del modello, di tipo chiuso, è alimentato da una cisterna in cemento armato interrata con estradosso del coperchio a filo piano di calpestio. Tale serbatoio, di dimensioni esterne pari a 2.5x3.2x2.8 (h) m, è stato posto su un letto di sabbia e ghiaia nel quale sono state abboccate due prese piezometriche per monitorare il livello della falda sottostante la cisterna. Dal serbatoio, che contiene circa 18 mc di acqua chiara, vengono emunte le portate di alimentazione del circuito idraulico, tramite una elettropompa sommergibile marca Ebara.

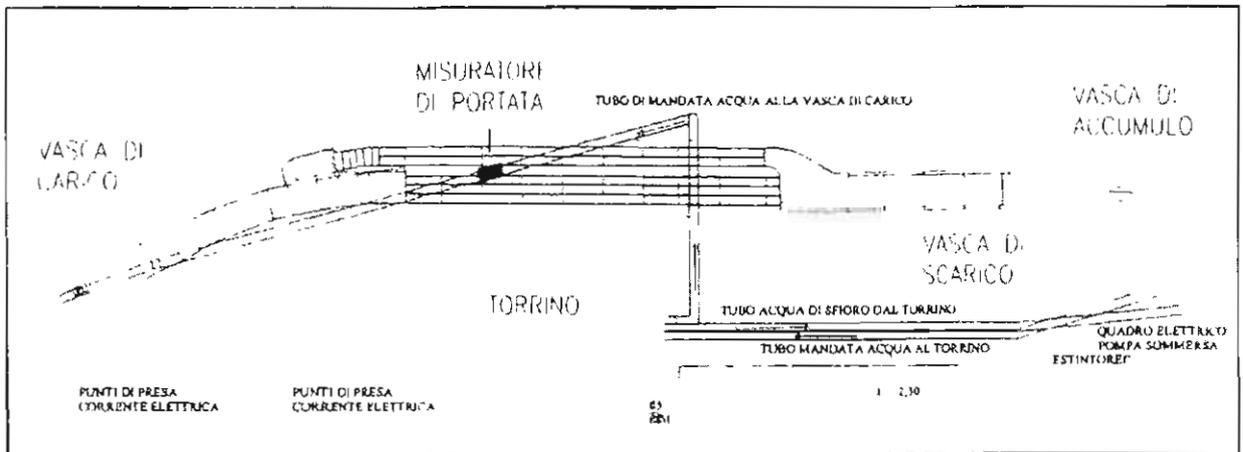


Fig. 2 - Schema del circuito idraulico.

Utilizzando questa pompa si inviano, attraverso una tubazione in polietilene DN150, portate pari a circa 40 l/s ad un torrino posto a quota + 4 m dal piano di calpestio e sorretto mediante una struttura tubolare in acciaio.

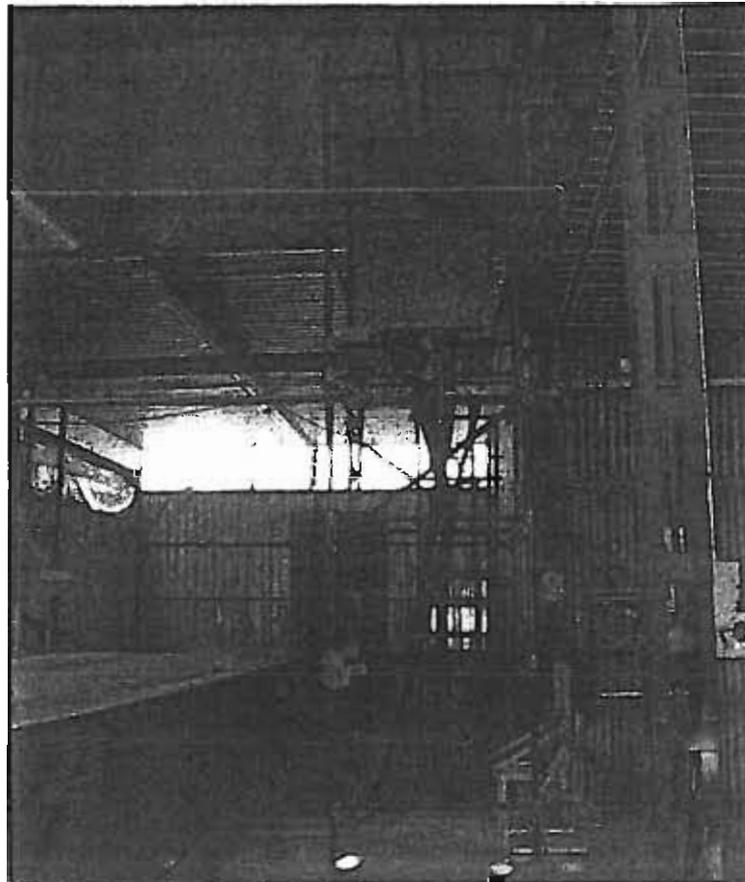


Foto 4 - Il torrino di alimentazione e lantunazione.

Il torrino è costituito da un serbatoio in acciaio di dimensioni pari a 1x1x1,5(h) m ed è dotato centralmente di una presa circolare di diametro 150 mm che si eleva fino a quota + 1 m dal fondo serbatoio; a tale quota un divergente in acciaio (DN150-DN300) permette lo sfioro delle portate non convogliate nel modello. Le portate che invece sono destinate a percorrere il modello vengono inviate ad una vasca di carico tramite una tubazione in polietilene DN150, con presa sul fondo

serbatoio. In questa maniera il torrino idraulico permette la laminazione delle variazioni di portata che la pompa di alimentazione produce a causa della differenza di energia erogata dalla rete pubblica. La portata di ingresso al modello è regolata da una saracinesca a farfalla posta presso la vasca di carico, un serbatoio in acciaio di dimensioni 2x0.5x1 (h) m.

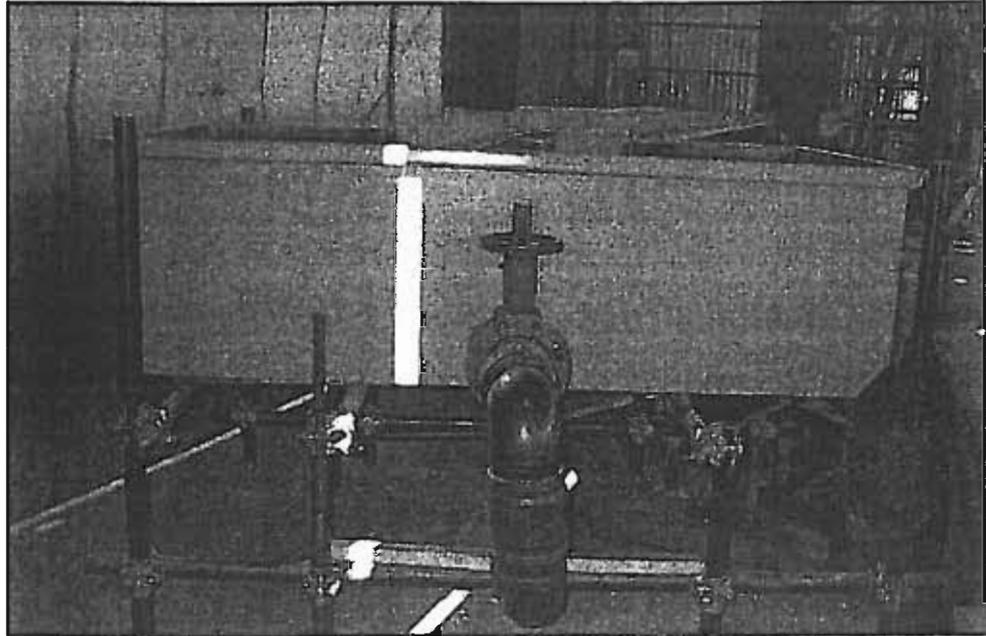


Foto 5 – Saracinesca di regolazione delle portate immesse nel modello.

Lungo la tubazione che collega il torrino alla vasca di carico è stato inserito un misuratore di portata di tipo Toshiba LF400 posto a distanza dall'organo di regolazione tale da non rimanere disturbato dalle perdite localizzate connesse alla valvola. Dal misuratore di portata è stata derivata un'uscita analogica in grado di mostrare il dato misurato dall'apparecchio su un led a cristalli liquidi con caratteri alti 6 cm, ben visibili dalla postazione di regolazione delle portate.

L'impianto così costituito (torrino di laminazione → misuratore di portata → valvola di regolazione) permette l'ingresso alla vasca di carico di portate pressoché costanti, con oscillazione contenuta in ± 0.30 l/s. L'ingresso alla vasca di carico è dotato di un dissipatore d'energia cinetica costituito da una lastra di acciaio posta orizzontalmente tra i due lati lunghi del serbatoio, sopra l'ingresso delle portate. Quindi, in sommità della vasca si abbozza il primo modulo del modello tramite un sistema a soffiato con guarnizioni in gomma che fornisce la necessaria elasticità per ammortizzare le vibrazioni del sistema. Alla sezione di imbocco, tramite tubazioni semicircolari che evitano il distacco dei filetti fluidi dalle pareti laterali del modello, è stato riprodotto il restringimento equivalente alla sezione del ponte al Romito.



Foto 6 L'imbocco delle portate dalla vasca di carico al modello.

Una volta che le portate hanno percorso il modello defluiscono in una vasca di valle, di dimensioni $2 \times 1 \times 0.7$ (h) m: la vasca è internamente divisa in una prima cassa di dissipazione da cui per trascinazione si ha l'imbocco delle portate di ritorno a due tubazioni DN150, che si reimmettono direttamente nella serbatoio di accumulo in cemento armato, chiudendo in questa maniera il circuito

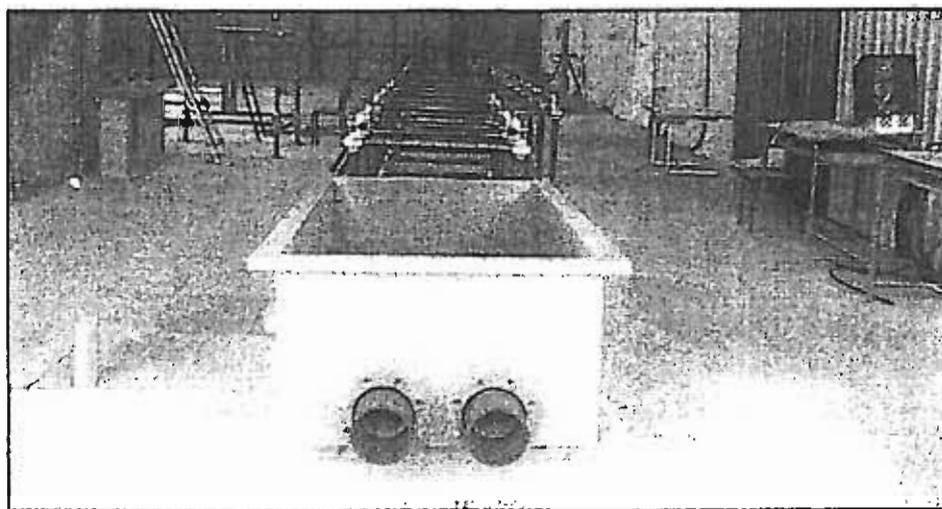


Foto 7 - Vasca di valle.

IL PROGETTO ITALFERR S.p.A.

Il modello è stato realizzato per verificare la funzionalità idraulica del bypass progettato da Italferr S.p.a. per smaltire parte delle portate di piena. Il progetto prevede la realizzazione di una soglia di sfioro laterale a monte del sottopasso ferroviario. lo sfioratore, posto in sinistra idraulica, alimenta un bypass a due fornici, che correndo parallelamente alle tre canne del sottopasso ferroviario si reinnette nell'alveo del Mugnone quando questo torna a cielo aperto.

Nel progetto Italferr si prevede la risagomatura dell'alveo sia a valle del sottopasso ferroviario che a monte con una sezione doppia trapezia con sponde sub-verticali e con alveo inciso centrale. Rispetto al fondo attuale viene eliminata la savanella laterale per il deflusso delle portate di magra e viene inserito un salto di fondo mediante taglione

IL DEFLUSSO DELLE PORTATE NEL MODELLO FISICO

Il modello funziona a circuito chiuso. L'acqua prelevata dalla cisterna tramite elettropompa ad emungimento fisso viene convogliata al torrino che, grazie alla sua funzione di laminazione, permette l'invio di portate costanti alla vasca di carico posta a monte dell'area modello e dalla quale si ha l'immissione in alve: le portate in ingresso sono regolate da una saracinesca e misurate da uno strumento di lettura magnetico.

L'alveo riproduce geometricamente le caratteristiche dello stato attuale e di quello di progetto. Nella configurazione attuale si ha un primo tratto a sezione irregolare, caratterizzato da una savanella in sinistra idraulica per il deflusso delle portate di magra. Quindi si ha il sottopasso ferroviario, lungo al vero 266 m e in scala 7.4 m, costituito da 3 fornici a sezione pressoché uguale. Secondo quanto richiesto da Italferr S.p.a. le simulazioni sono avvenute sempre con il sottopasso ferroviario aperto. A valle di questo le acque proseguono nella geometria di progetto che prevede una sezione di tipo rettangolare con una zona centrale di alveo inciso.

La condizione di valle è regolata tramite una paratoia incernierata sul fondo del modello e posta allo sbocco dell'ultimo modulo in plexiglas.

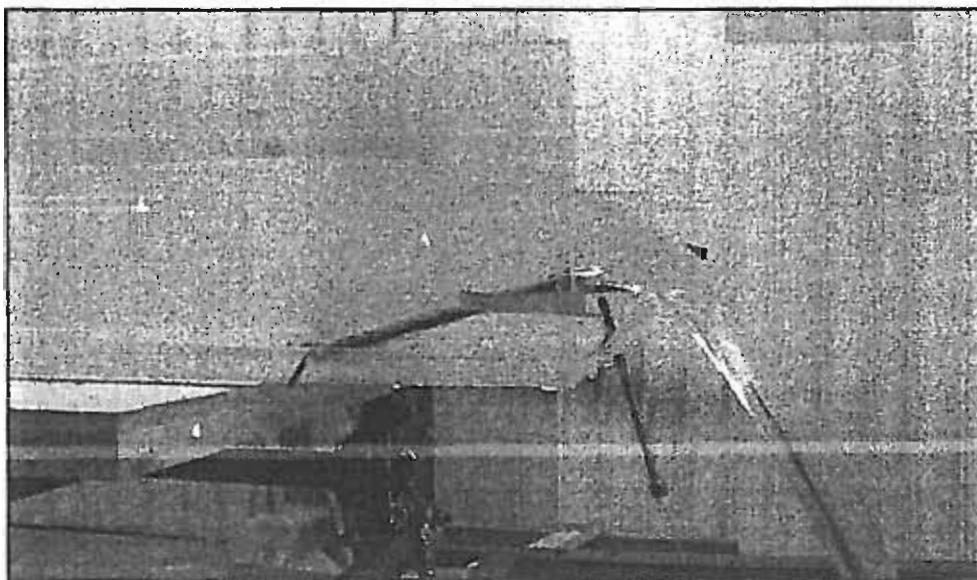


Foto 8 Paratoia per la regolazione delle condizioni di valle.

Nella configurazione di progetto si ha una sezione di tipo doppia trapezia con sponde sub-verticali e savanella centrale di magra per tutti i tratti a cielo aperto e un bypass coperto costituito da due canne disposte parallelamente al sottopasso ferroviario il tratto di valle rimane nelle stesse condizioni della configurazione prevista nel Progetto Definitivo di Adeguamento idraulico del Torrente Mugnone dal sottopasso ferroviario del Romito sino alla confluenza in Arno, in corso di redazione. Il bypass è alimentato da uno sfioratore laterale a soglia fissa posto a monte del sottopasso ferroviario e si ricongiunge con l'alveo principale al termine dei tre fornici. La soglia di sfioro si estende, al vero, per 32 m ed è caratterizzato da un profilo Scimemi.

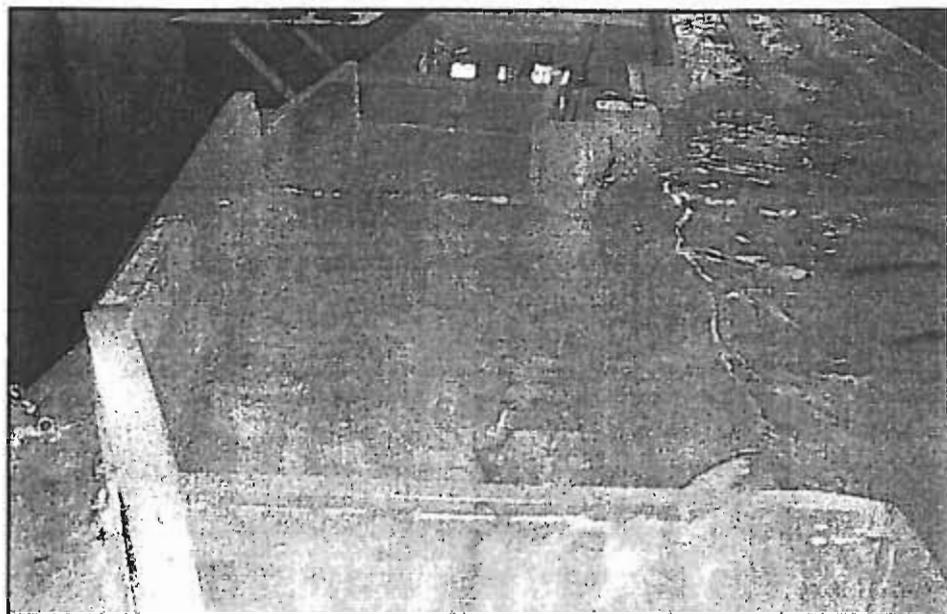


Foto 9 Sfiatore laterale di alimentazione al bypass.

Lo sfioratore entra in funzione quando il livello idrico raggiunge quote superiori alla soglia di sfioro, influenzato in piccola parte dal rigurgito che si instaura a monte del sottopasso. Presso lo sbocco del bypass, fortemente influenzato dal livello idrico nell'alveo Mugnone, è stato inserito un setto centrale. Il setto è stato previsto al fine di consentire la realizzazione di un impalcato a struttura mista in corrispondenza dello sbocco, il quale dovrà sorreggere il parcheggio in progetto nell'ambito delle opere accessorie connesse alla realizzazione della Stazione dell'Alta Velocità di Firenze. Infatti data la luce da coprire e la necessità di ottenere un pacchetto strutturale ridotto, per consentire un tirante d'aria compatibile con i livelli idrici che si stabiliscono allo sbocco, non è possibile prevedere un ponte ad unica luce.



Foto10 - Setto posto allo sbocco del bypass per favorire il deflusso delle portate.

Il moto riprodotto nel modello è di tipo permanente con correnti in regime assolutamente turbolento, come avviene al vero in condizioni di piena

LA STRUMENTAZIONE DI MISURA

Nel modello vengono misurate le portate in ingresso, i profili piezometrici della corrente e le velocità: attraverso la ripresa video delle simulazioni è poi possibile individuare i campi di moto superficiali nelle zone di imbocco e sbocco del bypass.

Per la misurazione delle portate in ingresso è stato impiegato un misuratore magnetico tipo Toshiba LF400. Tale apparecchio è accreditato dalla casa produttrice avere una accuratezza pari allo $\pm 0.1-0.5\%$ della portata misurata nell'intervallo nominale di velocità 1-10 m/s (per flussi minori del 20% della massima portata si ha accuratezza 0.1%, oltre si ha 0.5%); la precisione del visualizzatore di misura è di 0.01 l/s. Durante l'esecuzione delle simulazioni si è riscontrata un'oscillazione dei valori di portata molto contenuta, compresa in 0.3 l/s.

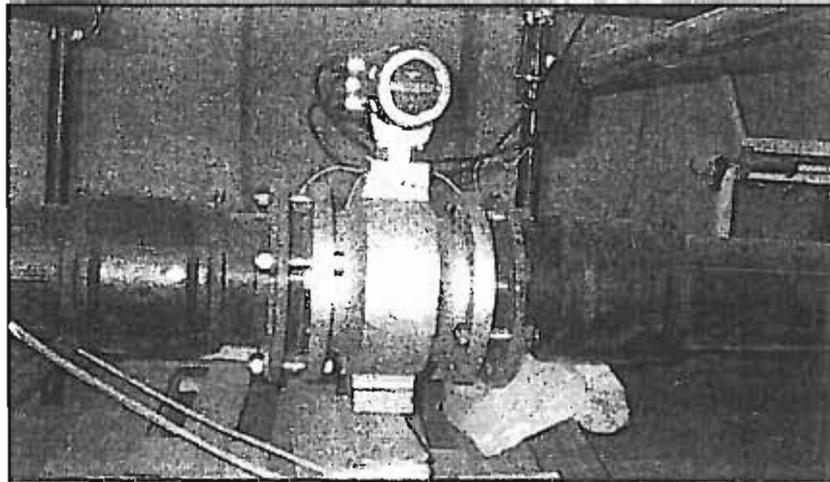


Foto 11 - Il misuratore di portata impiegato nel circuito idraulico.

La rete piezometrica è costituita da 28 prese in alveo, realizzate con elementi lunghi 8 cm di tubo d'ottone. questi su una estremità sono filettati a maschio in modo da poter essere avvitati sulla parte inferiore dei moduli, in prossimità dei fori verticali di diametro inferiore (4 mm) che raggiungono il fondo alveo (senza perturbare significativamente il moto della corrente); all'altra estremità sono allocati dei giunti a scatto utilizzati nei circuiti pneumatici che permettono l'aggancio rapido dei tubi piezometrici.

In questa maniera è possibile variare rapidamente la disposizione dei piezometri, decidendo quali attivare, ciò è risultato molto utile avendo da effettuare simulazioni in diverse configurazioni geometriche. I tubi piezometrici sono di Rilsan con spessore 1 mm e diametro interno 40 mm. I 28 tubi convergono ad altrettante canne piezometriche in policarbonato (spessore 2 mm, diametro 24 mm) alte 40 cm e disposte verticalmente l'una accanto all'altra ad interasse 40mm.



Foto12 - Le canne piezometriche.

In questa maniera si ha la possibilità di misurare i livelli piezometrici con un qualsiasi strumento di rilevamento. Nell'esecuzione delle misure è stato utilizzato un catetometro, fornito dal laboratorio di fisica sperimentale 1 della Facoltà di Scienze di Firenze. Si tratta di uno strumento che posto a circa 3-4 metri dalle canne piezometriche misura la differenza di quota tra il livello idrico nelle canne e una quota di riferimento (in questo caso il piano di appoggio del modello). Il posizionamento di un cannocchiale al pari del livello idrometrico raggiunto in ogni canna, tramite scorrimento verticale su un'asta d'acciaio a sezione circolare, determina la misura della differenza di quota fornendone il valore su un led analogico: la precisione dello strumento è di 0.01 mm.

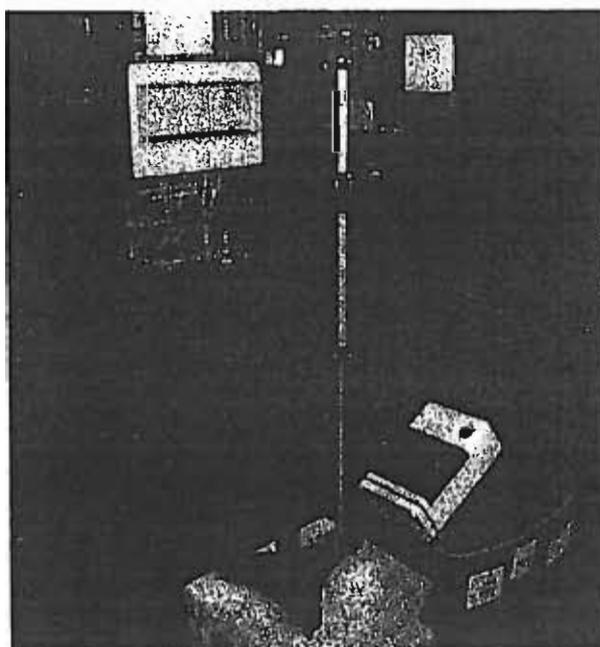


Foto13 - Il catetometro utilizzato per la misura dei livelli idrometrici.

L'utilizzo del catetometro, oltre che consentire una elevata precisione della singola misura, garantisce anche la validità della misura rispetto alle altre, essendo uguali per tutte le misure le condizioni di posizionamento dello strumento.

Per rendere immediata la lettura dei profili idrici sono state apposte delle scale doppiamente graduate sulle pareti esterne di alcuni moduli: in questa maniera è possibile visualizzare con precisione del millimetro la quota idrometrica rispetto al piano di appoggio del modello e contemporaneamente conoscere la quota al reale.

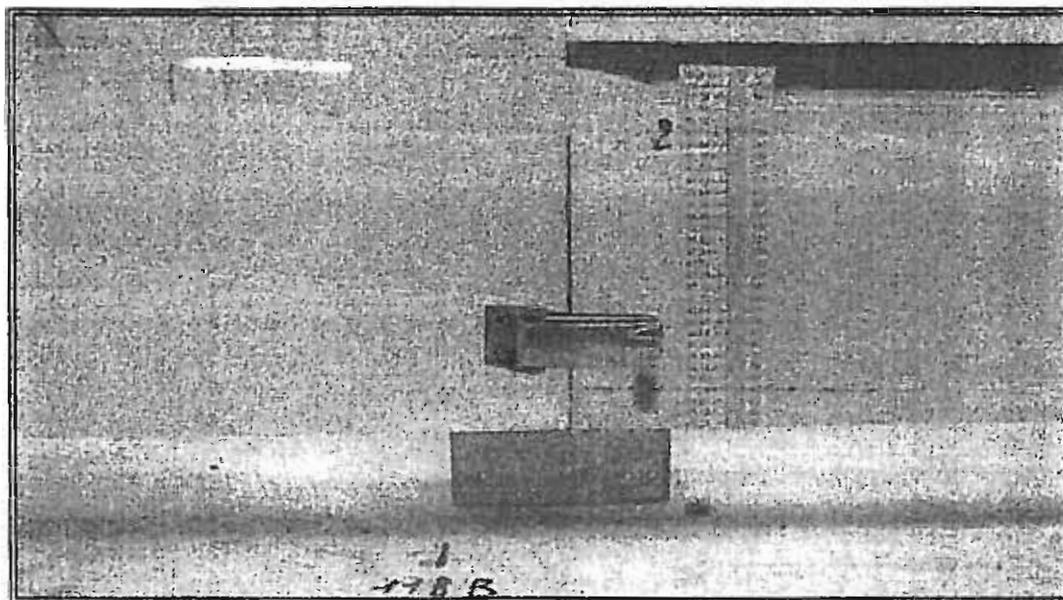


Foto 14 - l'esempio di scala doppiamente graduata apposta sulla parete esterna di un modulo del modello.

Per quanto riguarda la misura della velocità si è impiegato un micromulinello da laboratorio. Il numero di rivoluzioni dell'elica è acquisito come segnale in frequenza (Hz) che tramite cavo BNC RG58 raggiunge un apposito misuratore. La legge di taratura del mulinello fornisce quindi il valore in m/s della velocità della corrente.

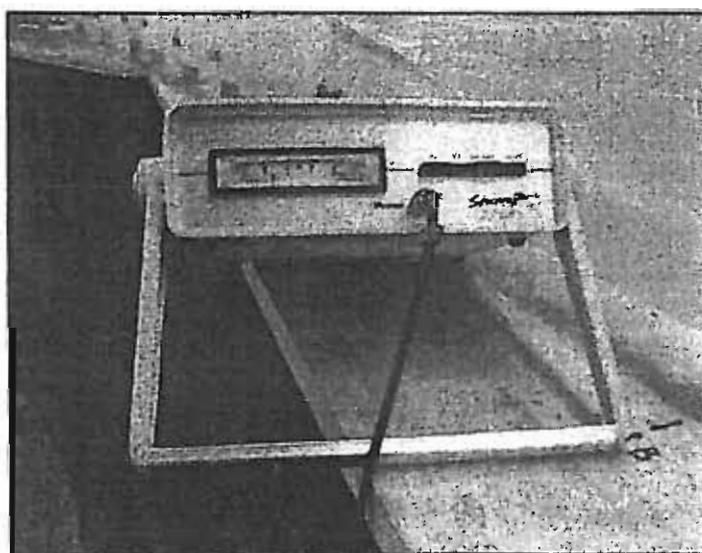


Foto 15 - Il misuratore di frequenza impiegato nell'acquisizione delle velocità della corrente.

Le velocità sono state misurate in corrispondenza di ogni presa piezometrica ad un'altezza tale da consentire la completa immersione dell'elica.

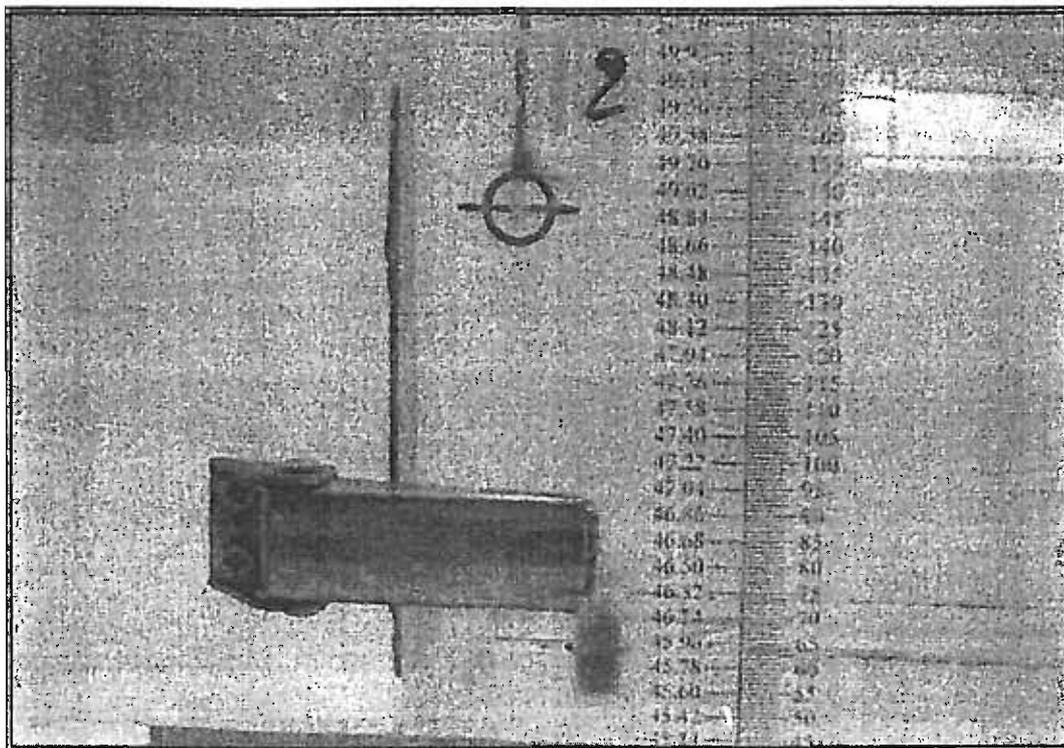


Foto 16 - Misura di velocità con micromulinello.

Infine è stato allestito un sistema di ripresa video per registrare le traiettorie superficiali tenute da traccianti immessi in alveo. Due telecamere CCD sono state posizionate in alto sopra lo sfioratore e presso lo sbocco del bypass, in modo da avere una visione in pianta del flusso della corrente e da poter descrivere, tramite elaborazione delle immagini, il campo di moto superficiale in tali aree. La metodologia di acquisizione sarà mostrata nei dettagli più avanti.

2. LE SIMULAZIONI IDRAULICHE

CONDIZIONI IDRAULICHE

Nella fase di sperimentazione sono stati presi in considerazione 4 valori di portata, secondo quanto indicato da Italferr S.p.a., in condizioni di corrente lenta in regime di moto permanente. Le portate si riferiscono a tempi di ritorno pari a 20, 50, 100 e 200 anni corrispondenti ai valori riportati in tabella.

PORTATE	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
Portata al vero [mc/s]	165	195	220	252
Portata modello [l/s]	21.22	25.08	28.29	32.41

Ad ogni portata è stata associata una condizione di valle, sulla base delle simulazioni numeriche effettuate da Italferr S.p.a.: tali elaborazioni, svolte con l'ausilio del software Hec Ras (della U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center), hanno interessato tutto il corso d'acqua ed hanno assunto come condizioni di valle i livelli idrici del fiume Arno, presso la confluenza con il torrente Mugnone.

La sezione di chiusura rappresentata nel modello è posta poco più a monte del Ponte all'Asse, tanto che i livelli piezometrici risentono del rigurgito provocato dal restringimento di sezione.

In tabella si riportano i valori numerici dei livelli presi a riferimento, le quote del modello fanno riferimento al piano d'appoggio dei moduli in plexiglas.

CONDIZIONI VALLE	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
Livello al vero [m s.l.m.]	47.07	47.40	47.69	48.72
Livello modello [mm]	96	105	113	142

L'esecuzione delle simulazioni su modello ha verificato in buona parte i livelli previsti nelle simulazioni numeriche, confermando dunque la validità delle condizioni al contorno imposte e la scelta della scabrezza.

Quest'ultima, realizzata con materiale sintetico come precedentemente descritto, è stata indicata da Italferr S.p.a. pari al vero a $0.022 \text{ m}^{-1/3}$, secondo la classificazione di Manning.

PROCEDURA DI ESECUZIONE DELLE SIMULAZIONI

Le prove sono state eseguite impiegando una procedura di svolgimento tale da consentire il raggiungimento della stabilità temporale dei parametri di osservazione. Schematicamente la procedura può essere sintetizzata nelle seguenti fasi.

verifica del circuito piezometrico. La prima operazione consiste nell'eliminazione dell'aria e delle particelle solide eventualmente depositatesi nelle canne piezometriche e nelle relative tubazioni: ciò viene ottenuto riempiendo le canne piezometriche con acqua, in modo da creare un gradiente piezometrico che mobilita il fluido nelle tubazioni. Qualora questo non risulti sufficiente si crea un gradiente maggiore collegando le canne ad un serbatoio posto a quota sufficientemente elevata. Tempo necessario 4-5 minuti, in dipendenza dello stato del circuito.

accensione del circuito idraulico. Il valore nominale della portata immessa viene raggiunto mediante l'apertura della saracinesca di regolazione e verifica numerica della portata al misuratore magnetico. La condizione di valle viene imposta mediante regolazione della paratoia. Tempo necessario 2 min.

stabilizzazione del profilo idrico. All'immissione di portate nel modello si ha una fase transitoria nei tubi piezometrici di moto oscillatorio che, con l'apparato piezometrico realizzato, si

smorza dopo qualche minuto. E' necessario dunque lasciar stabilizzare il circuito per almeno 10 minuti.

prima serie di letture. Questa fase prevede sequenzialmente la lettura della portata immessa ad intervalli di 15 secondi per 2 minuti, la lettura del livello nelle canne piezometriche con il catetometro (richiede almeno 10 minuti), la misura della velocità presso le prese piezometriche (richiede 8-10 minuti) ed infine una ulteriore lettura delle portate (questo permette di verificare se durante la lettura delle canne e delle velocità sono accidentalmente avvenute consistenti variazioni della portata immessa). Tempo necessario totale 25 min.

seconda serie di letture. Tra la fine della prima serie di letture e la seconda si attendono circa 15 minuti. La seconda lettura avviene con la stessa procedura della prima.

terza serie di letture (eventuale). In alcuni casi, quando tra la prima e la seconda lettura si avvertono variazioni non trascurabili, è necessario procedere ad una ulteriore serie di letture, onde verificare l'esatta stima dei parametri di osservazione.

riprese video. Al termine della prova e comunque in condizioni di oscurità, vengono immessi traccianti fosforescenti in alveo: le telecamere attive sulle zone critiche (imbocco e sbocco del bypass) registrano il passaggio dei traccianti, consentendo nella post elaborazione delle immagini la definizione delle caratteristiche del campo di moto superficiale. Le fasi riguardano la preparazione dei traccianti, la messa a punto del sistema di acquisizione, la registrazione dei filmati ed il recupero degli elementi immessi. Tempo necessario 15-20 minuti.

chiusura della prova. La fase finale riguarda la chiusura dei circuiti, iniziando da quello idraulico, l'apertura dello scarico della vasca di monte, il recupero di tutta la strumentazione impiegata, la copertura del modello. Tempo necessario 15 min.

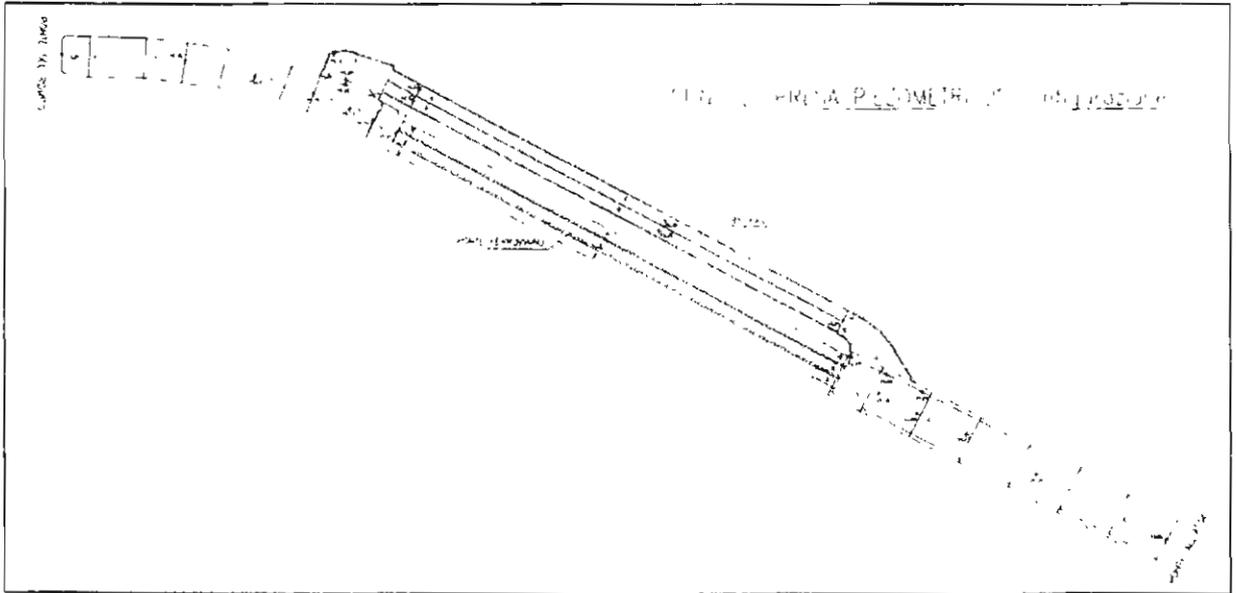
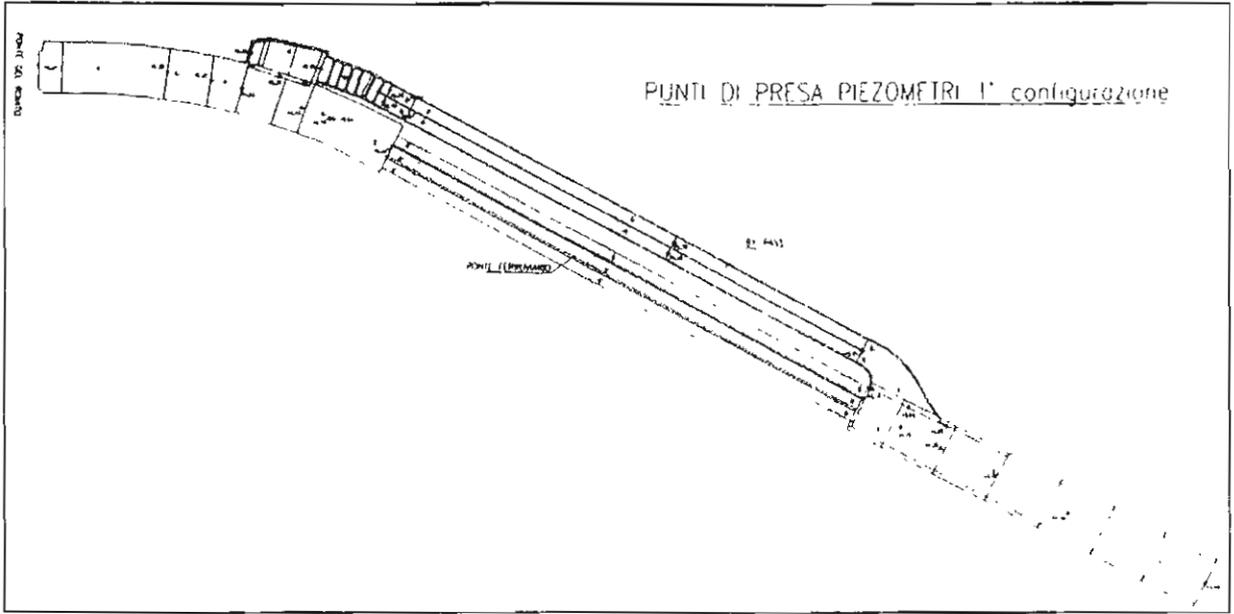
Alcuni test effettuati nella fase preliminare alle simulazioni, dove si è verificata il corretto funzionamento degli apparati di misura, hanno indicato una ottima riproducibilità delle simulazioni, mostrando differenze tra una simulazione e l'altra (a parità di condizioni) dell'ordine della precisione di misura. Inoltre non è mai stato necessario effettuare tre serie di letture, in quanto il circuito, grazie al funzionamento del torrino idraulico, risulta transitare una portata d'acqua mediamente costante.

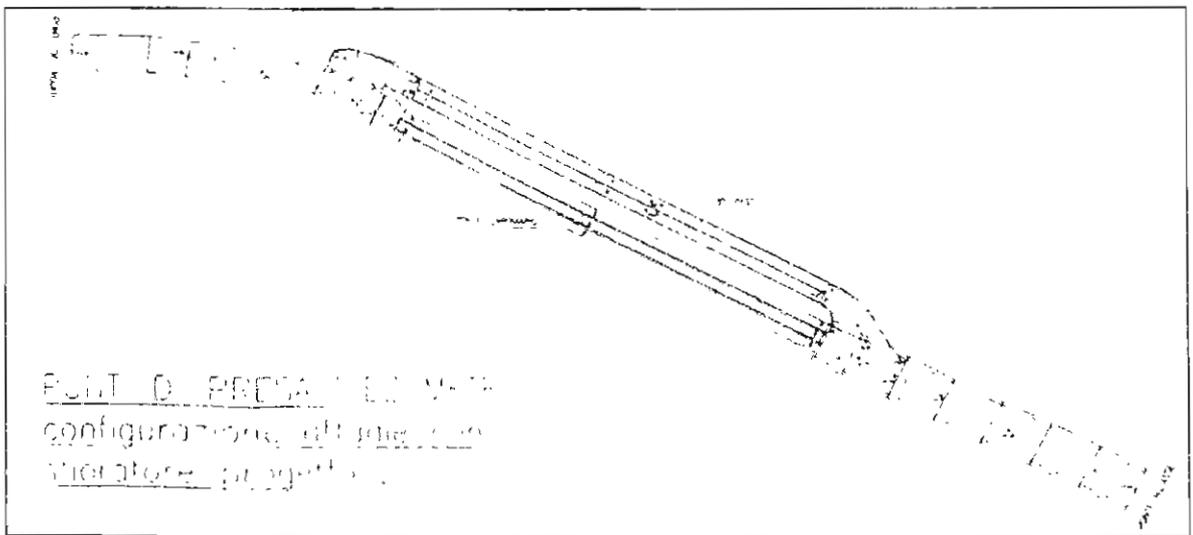
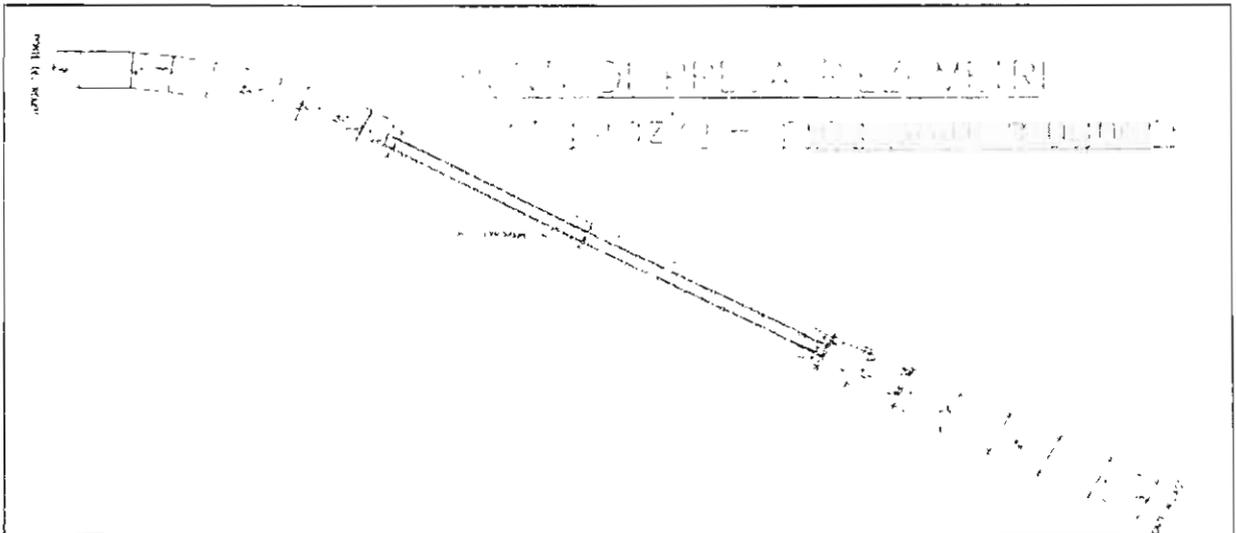
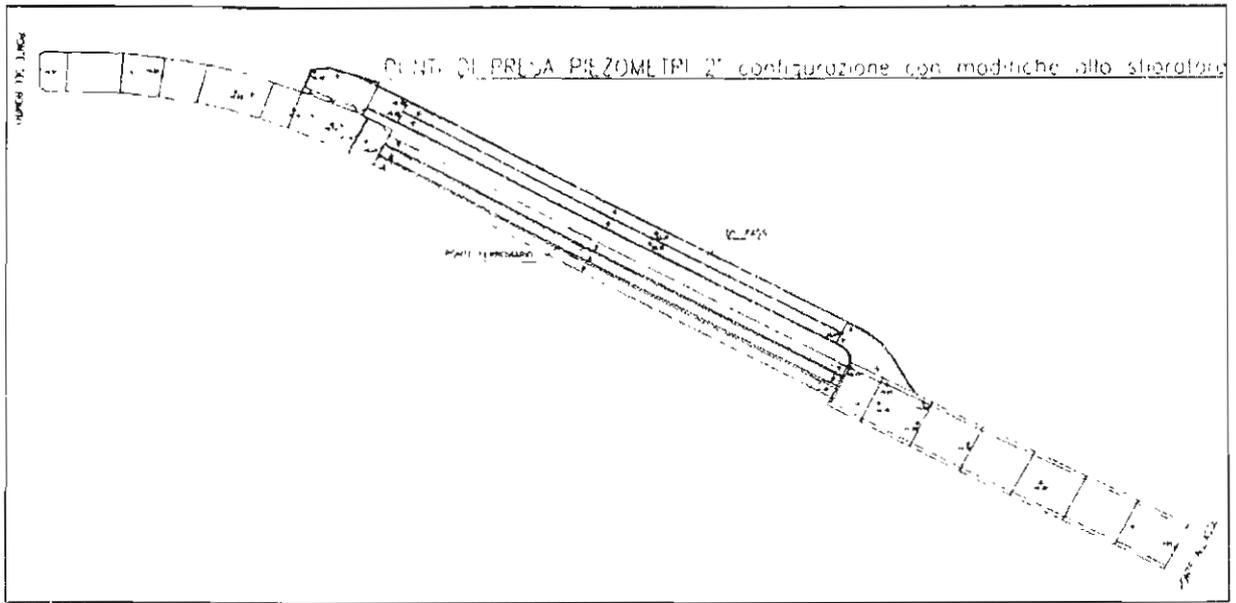
IL RILEVAMENTO DI MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITÀ

Misure piezometriche

Per svolgere un'analisi accurata delle condizioni idrauliche presenti in alveo, è stata realizzata una rete piezometrica in grado di delineare il pelo idrico superficiale lungo il corso d'acqua principale e il suo bypass.

I piezometri sono stati disposti, a seconda delle configurazioni, nei punti critici, laddove si hanno brusche variazioni della quota idrica. Sono state utilizzate fino a 28 prese piezometriche contemporaneamente, come riportato nelle seguenti figure.





La misura piezometrica è avvenuta utilizzando il catetometro, mediante rilevamento della differenza di quota con il piano di appoggio del modello. Come precedentemente, descritto il posizionamento del cannocchiale del catetometro al pari del livello idrometrico raggiunto in ogni canna, tramite scorrimento verticale su un'asta d'acciaio a sezione circolare, determina la misura della differenza di quota fornendone il valore su un led analogico.

Ogni valore letto dall'operatore è stato scritto su apposite schede di misura e quindi trasferito su supporto informatico dove è stato convertito nella misura corrispondente al reale.

Misure di velocità

In corrispondenza di ogni presa piezometrica si è misurata la velocità della corrente mediante un micromulinello da laboratorio ad asta rigida. Per ogni sezione è stata effettuata una misura a completa immersione dell'elica, in asse al corso d'acqua e in corrispondenza del punto di massima velocità sulla verticale. In alcuni casi sono state prese misure aggiuntive, onde verificare le caratteristiche della corrente in punti particolari.

Per ogni misura si è tenuto immerso il mulinello almeno per 15 secondi.

In generale si è avuto modo di effettuare le misure senza particolari difficoltà, salvo in alcuni punti dove l'andamento oscillatorio della velocità ha richiesto una maggiore permanenza dello strumento in posizione.

In alcune simulazioni non è stato possibile rilevare la velocità della corrente sopra la soglia di sfioro, in quanto si è verificato un battente idrico insufficiente a garantire l'immersione completa dell'elica.

Sulla base delle misure effettuate è stata ricavata la velocità media sulla verticale, valore poi considerato significativo per il calcolo della portata nella sezione. La velocità media è stata calcolata considerando sia il profilo parabolico della velocità lungo la verticale, sia la distribuzione parabolica planimetrica.

Linee di carico

Sulla base delle misure piezometriche e della velocità, si sono calcolate le linee dei carichi piezometrici e di quelli totali, utilizzando la relazione:

$$z_f + h + u^2/2g = H$$

dove z_f = quota rispetto ad un punto di riferimento, individuato nel piano di appoggio del modello
 h = altezza d'acqua sul fondo alveo
 u = velocità della corrente
 g = accelerazione di gravità
 H = carico totale o livello energetico

IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE VIDEO

Il sistema di ripreso video ha visto l'utilizzo di 2 telecamere in grado di inviare le proprie immagini a personal computer.

Le telecamere, digitali a colori CCD 1/3" con ottica multifocale 3.5-9 mm, inviano i filmati ad una scheda di acquisizione esterna. Le telecamere riprendono 2 distinte zone dell'alveo, corrispondenti all'area di imbocco e di sbocco al bypass. Questo consente di osservare con una risoluzione di 720x540 pixels tratti di alveo estesi longitudinalmente 1.5 m e trasversalmente 1.2 m. Per ottenere una simile risoluzione le telecamere sono state poste a due metri dal pelo libero in posizione a "lampadario". Questa particolare disposizione consente, nella fase di processamento delle immagini, di individuare ogni particella-tracciante con 3-5 pixels (che in termini di lunghezza dei pixels corrisponde ad 0.4 cm per lato), condizione necessaria per l'esatto riconoscimento video.

I TRACCIANTI

La scelta del tipo di tracciante assume come condizione principale la capacità di seguire le correnti superficiali presenti nel campo di moto senza cambiare le proprie caratteristiche (tracciante passivo). In secondo luogo è necessario che il tracciante sia rilevabile a video anche in condizioni di illuminazione non ottimali e che ogni elemento sia distinguibile singolarmente.

La metodologia eseguita per l'acquisizione e il processamento delle immagini si è basata sulle procedure di tecnica PIV (Particle Image Velocimetry) che, applicata in un contesto diverso da quello di laboratorio, ha comportato un'attenta analisi dei parametri ambientali e ottico-geometrici nonché un accurato studio sulla scelta dei traccianti da immettere.

La tecnica PIV stima la velocità di particelle traccianti su una sezione interna al campo di flusso, con traccianti di dimensioni del micrometro e appropriate condizioni di luminosità; non essendoci le condizioni necessarie per applicare tale metodologia, è stato realizzato un metodo alternativo in grado di riprodurre la situazione idonea per una registrazione PIV, in relazione anche al tipo di traccianti usati nel modello. A questo proposito, occorre sottolineare che la scelta del tipo di tracciante è risulta condizionata da due caratteristiche: la capacità di seguire le correnti superficiali presenti nel campo di moto senza cambiare le caratteristiche (tracciante passivo); la rilevabilità a video di ogni singolo elemento anche in condizioni di illuminazione non ottimali (all'esterno). In base a queste considerazioni sono state eseguite prove in assenza di luce, nelle ore notturne, per evitare l'effetto del riflesso della radiazione solare sulla superficie liquida e sono stati impiegati dei traccianti fosforescenti in grado di produrre autonomamente una sufficiente intensità luminosa, distinguibile al buio dal sistema di ripresa e di processamento.

I traccianti sono costituiti da capsule cilindriche (diametro 3 mm, lunghezza 25 mm) di materiale plastico contenenti polvere luminescente. Innescando l'emissione di luce di questi oggetti (mediante incrinatura e agitazione della capsula) e immettendoli ripetutamente in alveo è stato possibile ottenere risultati soddisfacenti in termini di riconoscimento dell'immagine. Per migliorare la qualità delle immagini ottenute, queste sono state filtrate (in fase di elaborazione) mediante dei filtri sulla luminosità e sul contrasto. Quindi sono state segmentate con una soglia pari a un livello di grigio che corrisponde alla media tra la massima e la minima intensità presente nell'immagine.

PROCESSAMENTO DELLE IMMAGINI E DELINEAMENTO DEL CAMPO DI MOTO

Il processamento dei filmati è avvenuto mediante programma di calcolo in ambiente MatLab, sulla base di software esistente e opportunamente modificato.

Il processamento delle immagini, in ambiente Matlab, è stato realizzato tramite frammentazione e confronto di coppie di frames in sottoimmagini, dette finestre di interrogazione, in grado di contenere un numero pari a 20÷30 particelle traccianti. Il confronto è stato eseguito considerando un passo di 8 pixels per ogni finestra di interrogazione. La stima dello spostamento all'interno delle varie finestre di interrogazione è invece stato calcolato usando l'algoritmo MQD (che fa uso della tecnica dei minimi quadrati). Questo algoritmo, basato sulla tecnica dei minimi quadrati, stima lo spostamento delle particelle come minimo delle differenze delle distribuzioni dei livelli di grigio di un gruppo di pixels (di dimensioni note) tra l'immagine al tempo t e l'immagine al tempo $t+dt$ (con $dt=40$ millisecondi). Considerando due sottoimmagini G , al tempo t , G' , al tempo $t+dt$, di dimensioni $M \times N$ pixels di elementi g_{ij} , g'_{ij} , (livelli di grigio), il grado di somiglianza tra le due parti di immagini è dato dalla seguente relazione:

al variare di m ed n ; $g(i, j)$, $g'(i, j)$ sono i valori dei livelli di grigio dei pixels nella posizione (i, j)

$$D(m, n) = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (g(i, j) - g'(i + m, j + n))^2$$

nei due frame, separati da un intervallo di tempo dt ; (m, n) è la posizione di G' relativa a G . Lo spostamento corretto nella posizione (m^*, n^*) è dato dal minimo tra tutti i $D(m, n)$.

In definitiva dunque il programma utilizza come input due fotogrammi del filmato registrati in un intervallo temporale Δt e offre come output la stima del campo di spostamenti e di velocità

Ripetendo la procedura per tutti gli intervalli che compongono il filmato si ha la ricostruzione del campo di moto.

3. SIMULAZIONI STATO ATTUALE

DESCRIZIONE GEOMETRICA

La configurazione allo stato attuale riproduce le correnti condizioni geometriche dell'alveo a monte del sottopasso ferroviario e nel sottopasso ferroviario, mentre a valle si ha la geometria d'alveo di progetto. In particolare, a monte del sottopasso, in destra idraulica, il torrente Mugnone presenta una sponda in terra a cui si contrappone in sinistra un elevato muro in pietra ad elevata pendenza.

In questa configurazione lo sfioratore ed il bypass non sono ovviamente presenti.

Le simulazioni sono avvenute per le 4 portate con il sottopasso scoperto, come richiesto da Italferr S.p.a. che, sulla base delle simulazioni numeriche effettuate, sottolinea come la quota di intradosso del ponte attuale, variabile lungo lo sviluppo in quanto realizzato in epoche successive, potrebbe determinare in alcuni scenari il funzionamento in pressione dell'opera di attraversamento: infatti, a parere del committente, la situazione impedirebbe di poter misurare nelle diverse configurazioni i tiranti idrici da garantire per un funzionamento ideale a pelo libero.

MISURE

In questa configurazione sono state attivate 16 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici e della velocità.

Non sono state eseguite riprese video in quanto risultano assenti le zone di imbocco e sbocco del bypass, aree dove è necessario effettuare la registrazione del moto dei traccianti per delineare il campo di moto superficiale.

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

Nessuna delle portate simulate nella configurazione allo stato attuale è soggetta ad esondazione: si raggiungono livelli molto elevati, ben oltre il franco di sicurezza e con la portata duecentennale si ha un accenno di sfioro presso l'imbocco al sottopasso. Tali considerazioni, si sottolinea nuovamente, valgono in condizioni del sottopasso senza copertura, in quanto la restrizione del deflusso attualmente già rilevata anche nell'occasione dell'alluvione dell'Ottobre 1992 deve essere accreditata essenzialmente all'effetto della copertura.

E' da notare come il deflusso nelle tre canne sia per lo più equivalente nella canna centrale e in quella destra, mentre nella canna in sinistra idraulica si ha il passaggio di portate maggiori, circa il 30% in più: ciò è dovuto ai maggiori livelli che si hanno in sinistra idraulica. Infatti, l'effetto curvatura da una parte e la presenza in destra della scarpata in terra, favoriscono l'indirizzamento della corrente nel fornice sinistro.

4. SIMULAZIONI STATO DI PROGETTO I

DESCRIZIONE GEOMETRICA

Tale configurazione nasce dalla prima ipotesi di posizionamento dello sfioratore a circa 50 m dal sottopasso ferroviario. Si ha quindi lo stato di monte del torrente Mugnone in condizioni di progetto, lo sfioratore e il bypass come da progetto Italferr S.p.a. e quindi la parte di valle con lo sbocco e il torrente Mugnone nelle condizioni di progetto.

In questa configurazione si sono verificate due condizioni di sbocco del bypass: con setto e senza setto.

Le simulazioni sono avvenute per le 4 portate con il sottopasso scoperto, come richiesto da Italferr S.p.a.

MISURE

In questa configurazione sono state attivate 28 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici e della velocità.

Vista la necessità di descrivere le traiettorie dei filetti fluidi della corrente nelle zone di imbocco e sbocco del bypass, sono state posizionate presso tali aree due telecamere per la registrazione dei filmati durante il transito dei traccianti.

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

Per quanto riguarda la configurazione con setto allo sbocco del bypass, lo sfioratore alimenta il canale parallelo al Mugnone per portate che vanno dal 10 al 15% dell'intera portata immessa in alveo. Si ha lo sfioro del 10% per la portata ventennale e tale percentuale aumenta all'aumentare della portata. Per quanto riguarda il deflusso nel bypass si osserva una netta preferenza per la canna sinistra con valori doppi rispetto alla canna destra: essendo i livelli piezometrici praticamente equivalenti la differenza sta nella velocità tenuta dalla corrente che infatti risulta ben maggiore nella canna sinistra. Il rallentamento della corrente nella canna destra è sicuramente indotto dallo sbocco in condizioni rigurgitate che si verifica alla confluenza tra bypass e Mugnone.

Nei tre forni del sottopasso ferroviario le portate risultano per lo più equiripartite, con la canna centrale che presenta un deflusso minore rispetto a quelle laterali.

L'assetto idraulico muta significativamente se viene eliminato il setto.

Si ha una maggiore quantità di portata sfiorata, variabile tra il 12 e il 20% all'aumentare della portata immessa. Nel bypass si ha sempre la preferenza per la canna esterna, con lo stesso rapporto di portata (circa 2:1), ma in entrambe le canne si instaurano velocità maggiori che permettono un maggiore deflusso.

Il confronto con la configurazione dotata di setto mette in risalto il negativo funzionamento dell'elemento divisorio ai fini del deflusso idrico: questo infatti accentua le difficili condizioni di reimmissione delle portate nel torrente Mugnone, diminuendo la velocità della corrente nelle due canne del bypass.

5. SIMULAZIONI STATO DI PROGETTO 2

DESCRIZIONE GEOMETRICA

Il secondo stato di progetto vede l'avvicinamento dello sfioratore al sottopasso ferroviario mantenendo inalterate le altre condizioni progettuali.

Anche in questa configurazione sono state verificate due diverse condizioni di sbocco del bypass, con setto e senza setto, al fine di verificare l'efficacia dell'elemento divisorio anche in diverse condizioni di imbocco delle portate.

Inoltre, a seguito dei confronti in loco avuti con i tecnici di Italferr S.p.a, è stato deciso di apportare alcune modifiche presso la cassa di sfioro, eliminando il setto nella fase iniziale del bypass e gli elementi ad angolo retto presso l'imbocco. Anche in questo caso è stata valutata la funzionalità del setto presso lo sbocco.

Tutte le simulazioni sono avvenute per le 4 portate con il sottopasso scoperto, come richiesto da Italferr S.p.a.

MISURE

In queste configurazioni sono state attivate 28 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici e della velocità.

Vista la necessità di descrivere le traiettorie dei filetti fluidi della corrente nelle zone di imbocco e sbocco del bypass, sono state posizionate presso tali aree due telecamere per la registrazione dei filmati durante il transito dei traccianti

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

Le prime simulazioni nella seconda configurazione di progetto hanno mostrato una diminuzione delle portate sfiorate rispetto alla disposizione dello sfioratore nella prima ipotesi.

Lo sfioratore infatti alimenta il bypass per portate che vanno dal 5 al 17% dell'intera portata immessa in alveo, contro il precedente range 12-20%. Tali risultati si hanno sia in presenza di setto che senza. Per quanto riguarda la distribuzione delle portate sfiorate si ha, in queste configurazioni, una preferenza per la canna destra: risulta infatti che il fornice interno faccia defluire circa 2/3 delle portate sfiorate, ribaltando il rapporto ottenuto con lo sfioratore posto più a monte.

Per quanto riguarda il confronto tra le configurazioni con setto e quelle senza setto, rimane confermato il negativo apporto del setto al deflusso delle portate del bypass.

Effettuando le modifiche presso la zona di sfioro si hanno appena percepibili miglioramenti in termini di portata sfiorata, mentre sono ben evidenti le differenze cinematiche: la canna sinistra torna a consentire un deflusso nettamente maggiore rispetto alla canna destra, in qualunque condizione di portata immessa. L'inversione di tendenza è confermata e ben evidente anche osservando i campi di moto superficiali.

Per quanto riguarda il setto allo sbocco viene ulteriormente confermato l'intralcio prodotto dall'elemento divisorio al deflusso delle portate.

Un elemento comune a tutte le simulazioni, sia con setto che senza setto, sia prima che dopo le modifiche alla zona di sfioro, riguarda l'ingresso delle portate nel sottopasso ferroviario: il salto posto sul fondo alveo, a monte del sottopasso, provoca uno stato di transizione tra corrente lenta-veloce-lenta che venendo ad interagire con il rigurgito dovuto al restringimento di sezione rende fortemente instabile il profilo idrico proprio in corrispondenza della zona di ingresso.

Le portate si dipartiscono poi utilizzando in maniera ridotta la canna centrale rispetto a quelle laterali, come del resto già indicato nelle simulazioni nella prima configurazione di progetto.

6. SIMULAZIONI STATO DI PROGETTO 2 con solo MUGNONE

DESCRIZIONE GEOMETRICA

Al fine di valutare gli effetti di una sola risagomatura delle sezioni a monte del sottopasso ferroviario, sono stati chiusi lo sfioratore e lo sbocco del bypass.

In questa maniera si sono verificate le condizioni di deflusso senza l'utilizzo del bypass.

I tratti a valle sono stati mantenuti nelle ipotesi progettuali previste.

Le simulazioni sono avvenute per le 4 portate con il sottopasso scoperto, come richiesto da Italferr S.p.a.

MISURE

In questa configurazione sono state attivate 17 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici e della velocità.

Non sono state eseguite riprese video in quanto risultano assenti le zone di imbocco e sbocco del bypass, aree dove è necessario effettuare la registrazione del moto dei traccianti per delineare il campo di moto superficiale.

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

Il deflusso delle portate di piena avviene senza esondazione per tutte le portate simulate. Si hanno comunque situazioni fortemente critiche sia per gli scarsi franchi di sicurezza, sia per il fatto che il deflusso simulato è avvenuto in condizioni di sottopasso ferroviario a cielo aperto.

Il confronto tra le portate transitanti nelle tre canne vede sempre la canna centrale come quella che consente il minor deflusso.

7. SIMULAZIONI STATO DI PROGETTO 2 con solo BYPASS

DESCRIZIONE GEOMETRICA

La realizzazione degli interventi di adeguamento del sottopasso ferroviario del Romito comporteranno una fase transitoria di esecuzione delle opere che comporterà l'utilizzo del bypass come canale di deflusso di tutte le portate del Mugnone. A tal fine Italferr ha richiesto di verificare le condizioni di deflusso delle portate di piena e la massima portata smaltibile in simili condizioni. Dunque, sulla base delle indicazioni del committente, è stato realizzato un argine inclinato di circa 30° rispetto all'asse longitudinale del torrente, con sponda 2:3 e in grado di convogliare le portate presso lo sfioratore, isolando il sottopasso ferroviario.

La parte terminale del sottopasso ferroviario è stata lasciata aperta.

MISURE-CONSIDERAZIONI

Non è stato possibile raggiungere alcuna delle 4 portate richieste, in quanto già con la portata di piena ventennale si verifica esondazione. Si è quindi provveduto ad individuare la massima portata smaltibile: essa è risultata pari a 16 l/s, corrispondente a 124 mc/s al vero.

8. SIMULAZIONI STATO ATTUALE con SFIORATORE DI PROGETTO 2

DESCRIZIONE GEOMETRICA

La parte a monte del sottopasso è stata simulata nello stato attuale, mentre dal sottopasso ferroviario verso valle si è mantenuta la configurazione di progetto. Il bypass è stato alimentato dallo sfioratore secondo la seconda configurazione di progetto.

Presso lo sbocco del bypass è stato simulato il funzionamento con setto e senza setto.

Le simulazioni sono avvenute per le 4 portate con il sottopasso scoperto, come richiesto da Italferr S.p.a.

MISURE

In questa configurazione sono state attivate 29 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici e della velocità.

Vista la necessità di descrivere le traiettorie dei filetti fluidi della corrente nelle zone di imbocco e sbocco del bypass, sono state posizionate presso tali aree due telecamere per la registrazione dei filmati durante il transito dei traccianti.

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

Il deflusso delle portate di piena avviene senza esondazione per tutte le portate simulate. Si hanno però situazioni fortemente critiche sia per gli scarsi franchi di sicurezza, sia per il fatto che il deflusso simulato è avvenuto in condizioni di sottopasso ferroviario a cielo aperto.

Lo sfioratore riceve dal 3 al 12% delle portate immesse, mostrando dunque una capacità di sfioro minore rispetto allo stato di monte con configurazione di progetto: in altri termini la geometria

prevista dal progetto Italferr S.p.a. favorisce le dinamiche di sfioro, aumentando l'efficacia del bypass.

Per quanto riguarda la ripartizione delle portate nelle canne del sottopasso ferroviario si nota come la canna destra sia penalizzata dalla sponda esistente che con la sua inclinazione riduce la capacità di deflusso nella sezione del fornice esterno. Conseguentemente si riscontrano livelli e portate maggiori presso la canna sinistra. Nel bypass si mantengono le linee di ripartizione già discusse, ovvero con preferenza per la canna sinistra.

Le simulazioni hanno infine confermato per l'ennesima volta come la presenza del setto allo sbocco del bypass riduca le portate transitanti nel bypass, diminuendo la funzionalità dello sfioratore.

SCHEMA RIASSUNTIVO RISULTATI SIMULAZIONI

Configurazione	Portata simulata [mc/s]		% Portata sfiorata	Livello idrico monte del sottopasso Romito [m s.l.m.]	Livello idrico valle del sottopasso Romito [m s.l.m.]
	Q20	Q50			
1° config progetto, con setto	Q20	166.02	10.5	48.79	46.78
	Q50	194.24	12.2	49.01	47.20
	Q100	218.35	15.1	49.03	47.64
	Q200	254.2	15.0	49.40	48.86
1° config. progetto, senza setto	Q20	165.78	12.0	48.75	46.95
	Q50	194.01	16.1	48.79	47.33
	Q100	218.66	18.2	48.98	47.61
	Q200	254.2	19.9	49.37	48.62
2° config progetto, con setto	Q20	165.24	4.5	48.59	46.63
	Q50	194.48	10.8	48.78	47.05
	Q100	218.12	12.2	48.83	47.48
	Q200	253.42	17.2	49.25	48.77
2° config. progetto, senza setto	Q20	165.71	5.7	48.59	46.56
	Q50	194.63	11.0	48.80	47.05
	Q100	218.66	14.9	48.94	47.49
	Q200	253.65	17.3	49.27	48.77
2° config progetto, modificata, con setto	Q20	163.92	6.2	48.69	46.59
	Q50	194.48	8.1	48.85	47.08
	Q100	219.21	11.3	49.07	47.63
	Q200	251.86	16.5	49.41	48.87
2° config progetto, modificata, senza setto	Q20	164.46	6.1	48.71	46.58
	Q50	196.03	10.9	48.90	47.09
	Q100	219.36	14.6	49.02	47.59
	Q200	253.26	16.9	49.39	48.79
stato monte attuale, sfioratore 2, con setto	Q20	166.8	2.9	48.44	46.40
	Q50	194.01	5.1	48.60	46.86
	Q100	219.44	8.7	48.83	47.27
	Q200	252.56	12.1	49.14	48.59
stato monte attuale, sfioratore 2, senza setto	Q20	166.87	3.7	48.58	46.53
	Q50	195.88	6.4	48.65	46.67
	Q100	220.45	9.5	48.81	47.19
	Q200	253.03	11.4	49.12	48.61
2° config progetto, solo Mugnone	Q20	165.4		48.67	45.95
	Q50	195.1		49.04	46.45
	Q100	221.54		49.34	46.93
	Q200	253.42		49.68	48.60
stato monte attuale, solo Mugnone	Q20	166.8		48.54	45.83
	Q50	194.01		48.65	46.83
	Q100	220.76		48.97	46.95
	Q200	252.56		49.21	48.40

9. CONCLUSIONI

Le prove eseguite sul modello fisico idraulico in similitudine di Froude, hanno messo in evidenza diversi aspetti.

In primo luogo, a causa dell'elevata tridimensionalità dei moti, si è evidenziato come il modello stesso potesse consentire un notevole affinamento delle condizioni del deflusso che nella normale simulazione numerica non sarebbe stato possibile ottenerci.

A seguito delle diverse condizioni e configurazioni impiegate è risultato che l'opera, come da progetto con riferimento alla seconda configurazione, consente di fornire il risultato richiesto di permettere il transito fino alla portata duecentennale, sia pure con limitazioni alla disponibilità di franco. E' risultato peraltro che un ulteriore affinamento dei particolari geometrici potrebbe consentire di migliorare le condizioni generali del deflusso, in particolare studiando opportune soluzioni per quanto concerne la geometria della soglia sfiorante che alle prove è risultata particolarmente critica.

Per quanto concerne il posizionamento dello sfioratore, in base alle simulazioni fatte nei due stati di progetto, risulta preferibile la situazione prevista nella prima configurazione: l'avvicinamento dello sfioratore al sottopasso ferroviario ha infatti fatto registrare un minor transito di portate nel bypass. L'ubicazione finale della soglia di sfioro riportata nel Progetto Definitivo redatto da Italferr (situazione di progetto 2) è stata condizionata dall'attuale assetto viario nell'area in esame ed in particolare dagli interventi in corso di realizzazione.

Le simulazioni hanno inoltre messo in evidenza come il salto previsto nello stato di progetto a monte del sottopasso ferroviario risulti deprimere il livello idrico della corrente in prossimità dello sfioratore, diminuendo quindi l'efficacia dell'opera: per ovviare a tale inconveniente potrebbe essere sufficiente rastremare la superficie di fondo.

Infine, per quanto riguarda il setto, inserito nella zona di sbocco del bypass, al confronto con le simulazioni effettuate a parità di condizioni ma in assenza dell'elemento separatorio, si è osservata una riduzione del deflusso delle portate nel bypass, dovuta ad una più difficile condizione di sbocco. Tale elemento, così come previsto, è quindi da ritenersi idraulicamente svantaggioso.

In conclusione dunque il modello ha permesso la verifica di 11 configurazioni geometriche differenti, variando il posizionamento dello sfioratore e la geometria d'alveo a monte del sottopasso ferroviario. Sono stati simulati ben 40 eventi di piena, per la maggior parte dei quali si sono effettuate registrazioni video per la definizione del campo di moto superficiale nelle zone di imbocco e sbocco.

In linea generale la realizzazione di un bypass sul torrente Mugnone, alimentato da uno sfioratore laterale a soglia fissa, risulta consentire il passaggio delle portate di piena duecentennali, sia pure con franchi limitati: sono comunque auspicabili ulteriori affinamenti di dettaglio della configurazione prevista in fase di progettazione esecutiva al fine di ottimizzare la capacità di sfioro della configurazione di progetto, nonché l'inserimento dell'opera nel contesto architettonico-urbanistico della città.

Il responsabile scientifico
Prof. Ing. Ignazio Becchi

Gli sperimentatori
Ing. Emanuele Becagli

Ing. Filippo Ginanni

ALLEGATO 1 – Misure piezometriche, di portata e di velocità

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella, allegato 1

CONFIGURAZIONE	1° conf. Progetto, con setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	17 dicembre 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	166.75	49.62	0.51	2.92	6.00	6.44
2	monte sez 117D	58	160.79	49.41	0.51	2.92	5.79	6.22
3	valle sez 117D	99	153.26	49.14	0.58	3.31	5.52	6.07
4	filo valle sez. A	126	141.27	48.71	-	-	5.09	-
5	sez E	133	90.72	46.89	-	-	3.27	-
6	filo monte sez G	144	142.99	48.77	0.31	1.76	5.15	5.30
7	sez 118A - sez I	160	90.51	46.88	0.07	0.40	3.26	3.27
8	sez 118A - sez I	160	138.86	48.62	0.55	3.11	5.00	5.49
9	monte sez 118B	189	143.67	48.79	0.48	2.73	5.17	5.55
10	inizio bypass coperto	198	93.19	46.97	0.24	1.37	3.35	3.45
11	inizio bypass coperto	198	91.25	46.91	0.10	0.59	3.29	3.30
12	inizio sottopasso	198	131.88	48.37	0.72	4.08	4.75	5.60
13	inizio sottopasso	198	131.88	48.37	0.65	3.69	4.75	5.44
14	inizio sottopasso	198	137.20	48.56	0.72	4.08	4.94	5.79
15	metà bypass coperto	322	91.79	46.92	0.24	1.37	3.30	3.40
16	metà bypass coperto	322	91.56	46.92	0.10	0.59	3.30	3.31
17	metà sottopasso	322	110.31	47.59	0.78	4.47	3.97	4.99
18	metà sottopasso	322	110.20	47.59	0.78	4.47	3.97	4.99
19	metà sottopasso	322	110.22	47.59	0.85	4.86	3.97	5.17
20	fine bypass coperto	456	90.49	46.88	0.24	1.37	3.26	3.35
21	fine bypass coperto	456	90.49	46.88	0.07	0.40	3.26	3.27
22	fine sottopasso	456	90.49	46.88	0.92	5.25	3.26	4.66
23	fine sottopasso	456	80.18	46.51	0.99	5.63	2.89	4.50
24	fine sottopasso	456	86.59	46.74	0.99	5.63	3.12	4.73
25	sbocco bypass	480	90.10	46.86	0.07	0.40	3.24	3.25
26	valle sottopasso	474	87.68	46.78	0.51	2.92	3.16	3.59
27	5 m valle sez 118C	509	89.66	46.85	0.65	3.69	3.23	3.92
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.51	2.92	3.46	3.89

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.60	12.42	7.3	10.5
Portata Bypass canna destra	0.69	5.36	3.2	
Portata Mugnone canna sinistra	6.37	49.55	29.3	89.5
Portata Mugnone canna centrale	6.25	48.61	28.7	
Portata Mugnone canna destra	6.87	53.41	31.5	
Portata totale immessa	21.78	169.34	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.35	variazione rispetto media	± 0.11 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.00 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	1° conf. Progetto, con setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q50 - 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	18 dicembre 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	173.60	49.87	0.51	2.92	6.25	6.68
2	monte sez 117D	58	166.44	49.61	0.51	2.92	5.99	6.43
3	valle sez 117D	99	157.47	49.29	0.58	3.31	5.67	6.23
4	filo valle sez. A	126	140.48	48.68	-	-	5.06	-
5	sez B	133	103.43	47.34	-	-	3.72	-
6	filo monte sez G	144	144.69	48.83	0.31	1.76	5.21	5.37
7	sez 118A - sez I	160	103.10	47.33	0.07	0.40	3.71	3.72
8	sez 118A - sez I	160	145.73	48.87	0.55	3.11	5.25	5.74
9	monte sez 118B	189	149.74	49.01	0.48	2.73	5.39	5.77
10	inizio bypass coperto	198	104.88	47.40	0.24	1.37	3.78	3.87
11	inizio bypass coperto	198	103.29	47.34	0.10	0.59	3.72	3.74
12	inizio sottopasso	198	136.54	48.54	0.72	4.08	4.92	5.76
13	inizio sottopasso	198	135.51	48.50	0.65	3.69	4.88	5.57
14	inizio sottopasso	198	141.44	48.71	0.72	4.08	5.09	5.94
15	metà bypass coperto	322	105.41	47.41	0.24	1.37	3.79	3.89
16	metà bypass coperto	322	103.86	47.36	0.10	0.59	3.74	3.76
17	metà sottopasso	322	123.64	48.07	0.78	4.47	4.45	5.47
18	metà sottopasso	322	114.81	47.75	0.75	4.28	4.13	5.07
19	metà sottopasso	322	114.47	47.74	0.82	4.66	4.12	5.23
20	fine bypass coperto	456	103.79	47.36	0.24	1.37	3.74	3.83
21	fine bypass coperto	456	103.84	47.36	0.07	0.40	3.74	3.75
22	fine sottopasso	456	93.72	46.99	0.92	5.25	3.37	4.78
23	fine sottopasso	456	85.63	46.70	0.99	5.63	3.08	4.70
24	fine sottopasso	456	89.27	46.83	0.99	5.63	3.21	4.83
25	sbocco bypass	480	104.24	47.37	0.07	0.40	3.75	3.76
26	valle sottopasso	474	99.52	47.20	0.51	2.92	3.58	4.02
27	5 m valle sez 118C	509	103.18	47.33	0.65	3.69	3.71	4.41
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.51	2.92	3.78	4.21

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello - 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.09	16.28	8.6	12.2
Portata Bypass canna destra	0.88	6.87	3.6	
Portata Mugnone canna sinistra	7.88	61.26	32.3	87.8
Portata Mugnone canna centrale	6.47	50.30	26.5	
Portata Mugnone canna destra	7.09	55.14	29.0	
Portata totale immessa	24.42	189.86	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	24.98	variazione rispetto media	± 0.12 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.26 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	1° conf. Progetto, con setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	18 dicembre 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	174.21	49.89	0.51	2.92	6.27	6.71
2	monte sez 117D	58	167.72	49.66	0.51	2.92	6.04	6.47
3	valle sez 117D	99	158.78	49.34	0.58	3.31	5.72	6.27
4	filo valle sez. A	126	136.57	48.54	-	-	4.92	-
5	sez E	133	109.35	47.56	-	-	3.94	-
6	filo monte sez G	144	140.94	48.69	0.31	1.76	5.07	5.23
7	sez 118A - sez I	160	109.90	47.58	0.07	0.40	3.96	3.96
8	sez 118A - sez I	160	145.68	48.86	0.55	3.11	5.24	5.74
9	monte sez 118B	189	150.22	49.03	0.48	2.73	5.41	5.79
10	inizio bypass coperto	198	112.89	47.68	0.24	1.37	4.06	4.16
11	inizio bypass coperto	198	111.19	47.62	0.10	0.59	4.00	4.02
12	inizio sottopasso	198	134.44	48.46	0.72	4.08	4.84	5.69
13	inizio sottopasso	198	135.38	48.49	0.65	3.69	4.87	5.57
14	inizio sottopasso	198	142.57	48.75	0.72	4.08	5.13	5.98
15	metà bypass coperto	322	111.88	47.65	0.27	1.56	4.03	4.15
16	metà bypass coperto	322	110.62	47.60	0.14	0.79	3.98	4.01
17	metà sottopasso	322	121.55	48.00	0.82	4.66	4.38	5.48
18	metà sottopasso	322	114.86	47.75	0.82	4.66	4.13	5.24
19	metà sottopasso	322	113.73	47.71	0.85	4.86	4.09	5.30
20	fine bypass coperto	456	108.43	47.52	0.24	1.37	3.90	4.00
21	fine bypass coperto	456	111.54	47.64	0.07	0.40	4.02	4.02
22	fine sottopasso	456	93.94	47.00	0.92	5.25	3.38	4.78
23	fine sottopasso	456	87.36	46.76	0.99	5.63	3.14	4.76
24	fine sottopasso	456	91.53	46.92	0.99	5.63	3.30	4.91
25	sbocco bypass	480	113.33	47.70	0.07	0.40	4.08	4.09
26	valle sottopasso	474	111.73	47.64	0.51	2.92	4.02	4.46
27	5 m valle sez 118C	509	109.40	47.56	0.65	3.69	3.94	4.63
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.51	2.92	4.07	4.50

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.66	20.68	10.1	15.1
Portata Bypass canna destra	1.31	10.22	5.0	
Portata Mugnone canna sinistra	7.97	62.00	30.3	84.9
Portata Mugnone canna centrale	7.06	54.91	26.8	
Portata Mugnone canna destra	7.30	56.73	27.7	
Portata totale immessa	26.30	204.55	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.08	variazione rispetto media	± 0.13 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	6.32 %		

CONFIGURAZIONE	1° conf. Progetto, con setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	18 dicembre 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	183.30	50.22	0.51	2.92	6.60	7.03
2	monte sez 117D	58	176.82	49.99	0.51	2.92	6.37	6.80
3	valle sez 117D	99	167.10	49.64	0.58	3.31	6.02	6.57
4	filo valle sez. A	126	142.55	48.75	-	-	5.13	-
5	sez E	133	141.68	48.72	-	-	5.10	-
6	filo monte sez G	144	144.17	48.81	0.31	1.76	5.19	5.35
7	sez 118A - sez I	160	144.51	48.82	0.07	0.40	5.20	5.21
8	sez 118A - sez I	160	158.41	49.32	0.55	3.11	5.70	6.20
9	monte sez 118B	189	160.54	49.40	0.48	2.73	5.78	6.16
10	inizio bypass coperto	198	148.34	48.96	0.24	1.37	5.34	5.44
11	inizio bypass coperto	198	146.29	48.89	0.10	0.59	5.27	5.28
12	inizio sottopasso	198	148.70	48.97	0.72	4.08	5.35	6.20
13	inizio sottopasso	198	150.68	49.04	0.65	3.69	5.42	6.12
14	inizio sottopasso	198	153.74	49.15	0.72	4.08	5.53	6.38
15	metà bypass coperto	322	146.92	48.91	0.24	1.37	5.29	5.38
16	metà bypass coperto	322	146.92	48.91	0.10	0.59	5.29	5.31
17	metà sottopasso	322	145.34	48.85	0.75	4.28	5.23	6.16
18	metà sottopasso	322	145.36	48.85	0.75	4.28	5.23	6.16
19	metà sottopasso	322	140.85	48.69	0.78	4.47	5.07	6.09
20	fine bypass coperto	456	143.89	48.80	0.24	1.37	5.18	5.28
21	fine bypass coperto	456	145.34	48.85	0.07	0.40	5.23	5.24
22	fine sottopasso	456	141.78	48.72	0.92	5.25	5.10	6.51
23	fine sottopasso	456	141.77	48.72	0.99	5.63	5.10	6.72
24	fine sottopasso	456	140.12	48.66	0.99	5.63	5.04	6.66
25	sbocco bypass	480	145.72	48.87	0.07	0.40	5.25	5.25
26	valle sottopasso	474	145.53	48.86	0.51	2.92	5.24	5.67
27	5 m valle sez 118C	509	141.56	48.72	0.65	3.69	5.10	5.79
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.51	2.92	5.11	5.55

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	3.61	28.07	10.5	15.0
Portata Bypass canna destra	1.57	12.18	4.5	
Portata Mugnone canna sinistra	9.88	76.83	28.6	85.0
Portata Mugnone canna centrale	9.71	75.53	28.1	
Portata Mugnone canna destra	9.76	75.87	28.3	
Portata totale immessa	34.53	268.48	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.69	variazione rispetto media	± 0.17 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	5.62 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella; allegato 1

CONFIGURAZIONE	1° conf. Progetto, senza sotto sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	4 dicembre 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezometro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]**	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	164.76	49.55	0.51	2.92	5.93	6.37
2	monte sez 117D	58	161.54	49.44	0.51	2.92	5.82	6.25
3	valle sez 117D	99	152.36	49.10	0.58	3.31	5.48	6.04
4	filo valle sez. A	126	142.18	48.74	-	-	5.12	-
5	sez E	133	97.11	47.12	-	-	3.50	-
6	filo monte sez G	144	121.59	48.00	0.31	1.76	4.38	4.53
7	sez 118A - sez I	160	96.68	47.10	0.07	0.40	3.48	3.49
8	sez 118A - sez I	160	134.37	48.46	0.55	3.11	4.84	5.33
9	monte sez 118B	189	142.50	48.75	0.48	2.73	5.13	5.51
10	inizio bypass coperto	198	96.90	47.11	0.24	1.37	3.49	3.58
11	inizio bypass coperto	198	96.05	47.08	0.10	0.59	3.46	3.48
12	inizio sottopasso	198	131.10	48.34	0.72	4.08	4.72	5.57
13	inizio sottopasso	198	130.65	48.32	0.65	3.69	4.70	5.40
14	inizio sottopasso	198	134.17	48.45	0.72	4.08	4.83	5.68
15	metà bypass coperto	322	96.85	47.11	0.24	1.37	3.49	3.58
16	metà bypass coperto	322	96.65	47.10	0.10	0.59	3.48	3.50
17	metà sottopasso	322	112.27	47.66	0.78	4.47	4.04	5.06
18	metà sottopasso	322	107.70	47.50	0.78	4.47	3.88	4.90
19	metà sottopasso	322	104.85	47.39	0.85	4.86	3.77	4.98
20	fine bypass coperto	456	92.87	46.96	0.24	1.37	3.34	3.44
21	fine bypass coperto	456	92.27	46.94	0.07	0.40	3.32	3.33
22	fine sottopasso	456	87.68	46.78	0.92	5.25	3.16	4.56
23	fine sottopasso	456	77.26	46.40	0.99	5.63	2.78	4.40
24	fine sottopasso	456	86.20	46.72	0.99	5.63	3.10	4.72
25	sbocco bypass	480	95.02	47.04	0.07	0.40	3.42	3.43
26	valle sottopasso	474	92.55	46.95	0.51	2.92	3.33	3.77
27	5 m valle sez 118C	509	95.00	47.04	0.65	3.69	3.42	4.12
28	monte paratoia CV	596	96.02	47.08	0.51	2.92	3.46	3.89

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.78	13.85	8.4	12.0
Portata Bypass canna destra	0.77	5.98	3.6	
Portata Mugnone canna sinistra	6.59	51.27	30.9	88.0
Portata Mugnone canna centrale	5.97	46.45	28.0	
Portata Mugnone canna destra	6.21	48.32	29.1	
Portata totale immessa	21.33	165.87	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.32	variazione rispetto media	± 0.17 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	0.05 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	1° conf. Progetto, senza setto sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	4 dicembre 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	166.16	49.60	0.44	2.53	5.98	6.31
2	monte sez 117D	58	159.58	49.36	0.58	3.31	5.74	6.30
3	valle sez 117D	99	152.48	49.11	0.65	3.69	5.49	6.19
4	filo valle sez. A	126	135.27	48.49	-	-	4.87	-
5	sez E	133	104.05	47.37	0.31	1.76	3.75	3.90
6	filo monte sez G	144	123.16	48.05	0.21	1.18	4.43	4.50
7	sez 118A - sez I	160	104.03	47.37	0.14	0.79	3.75	3.78
8	sez 118A - sez I	160	135.27	48.49	0.55	3.11	4.87	5.36
9	monte sez 118B	189	143.52	48.79	0.51	2.92	5.17	5.60
10	inizio bypass coperto	198	106.91	47.47	0.27	1.56	3.85	3.97
11	inizio bypass coperto	198	104.91	47.40	0.17	0.98	3.78	3.83
12	inizio sottopasso	198	130.83	48.33	0.78	4.47	4.71	5.73
13	inizio sottopasso	198	127.68	48.22	0.65	3.69	4.60	5.29
14	inizio sottopasso	198	135.27	48.49	0.68	3.89	4.87	5.64
15	metà bypass coperto	322	105.25	47.41	0.27	1.56	3.79	3.91
16	metà bypass coperto	322	103.92	47.36	0.17	0.98	3.74	3.79
17	metà sottopasso	322	117.92	47.87	0.78	4.47	4.25	5.26
18	metà sottopasso	322	108.71	47.53	0.82	4.66	3.91	5.02
19	metà sottopasso	322	104.74	47.39	0.89	5.05	3.77	5.07
20	fine bypass coperto	456	104.27	47.37	0.27	1.56	3.75	3.88
21	fine bypass coperto	456	104.27	47.37	0.14	0.79	3.75	3.79
22	fine sottopasso	456	86.33	46.73	0.99	5.63	3.11	4.72
23	fine sottopasso	456	80.38	46.51	1.06	6.02	2.89	4.74
24	fine sottopasso	456	80.7	46.53	1.02	5.83	2.91	4.64
25	sbocco bypass	480	103.2	47.34	0.31	1.76	3.72	3.87
26	valle sottopasso	474	103.15	47.33	0.65	3.69	3.71	4.41
27	5 m valle sez 118C	509	102.06	47.29	0.51	2.92	3.67	4.11
28	monte paratoia CV	596	105	47.40	0.65	3.69	3.78	4.48

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.38	18.54	10.0	16.1
Portata Bypass canna destra	1.46	11.37	6.1	
Portata Mugnone canna sinistra	7.23	56.23	30.3	83.9
Portata Mugnone canna centrale	6.35	49.37	26.6	
Portata Mugnone canna destra	6.45	50.13	27.0	
Portata totale immessa	23.87	185.65	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	24.95	variazione rispetto media	± 0.12 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	4.31 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella. allegato 1

CONFIGURAZIONE	1° conf. Progetto, senza setto sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	4 dicembre 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	175.60	49.94	0.51	2.92	6.32	6.76
2	monte sez 117D	58	167.69	49.66	0.61	3.50	6.04	6.66
3	valle sez 117D	99	157.74	49.30	0.65	3.69	5.68	6.37
4	filo valle sez. A	126	136.10	48.52	-	-	4.90	-
5	sez E	133	110.58	47.60	0.41	2.34	3.98	4.26
6	filo monte sez G	144	125.50	48.14	0.38	2.14	4.52	4.75
7	sez 118A - sez I	160	108.48	47.53	0.31	1.76	3.91	4.06
8	sez 118A - sez I	160	141.22	48.70	0.58	3.31	5.08	5.64
9	monte sez 118B	189	148.85	48.98	0.44	2.53	5.36	5.69
10	inizio bypass coperto	198	113.98	47.72	0.31	1.76	4.10	4.26
11	inizio bypass coperto	198	110.22	47.59	0.24	1.37	3.97	4.06
12	inizio sottopasso	198	138.10	48.59	0.82	4.66	4.97	6.08
13	inizio sottopasso	198	137.06	48.55	0.68	3.89	4.93	5.70
14	inizio sottopasso	198	140.08	48.66	0.75	4.28	5.04	5.97
15	metà bypass coperto	322	112.72	47.68	0.34	1.95	4.06	4.25
16	metà bypass coperto	322	110.07	47.58	0.17	0.98	3.96	4.01
17	metà sottopasso	322	121.98	48.01	0.82	4.66	4.39	5.50
18	metà sottopasso	322	113.64	47.71	0.82	4.66	4.09	5.20
19	metà sottopasso	322	110.57	47.60	0.92	5.25	3.98	5.38
20	fine bypass coperto	456	111.20	47.62	0.34	1.95	4.00	4.20
21	fine bypass coperto	456	110.72	47.61	0.17	0.98	3.99	4.04
22	fine sottopasso	456	91.22	46.90	1.02	5.83	3.28	5.01
23	fine sottopasso	456	86.34	46.73	1.02	5.83	3.11	4.84
24	fine sottopasso	456	86.58	46.74	1.06	6.02	3.12	4.96
25	sbocco bypass	480	112.45	47.67	0.38	2.14	4.05	4.28
26	valle sottopasso	474	110.81	47.61	0.78	4.47	3.99	5.01
27	5 m valle sez 118C	509	108.73	47.53	0.65	3.69	3.91	4.61
28	monte paratoia CV	596	112.50	47.67	0.51	2.92	4.05	4.48

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	3.36	26.15	12.3	18.2
Portata Bypass canna destra	1.62	12.62	5.9	
Portata Mugnone canna sinistra	8.02	62.39	29.3	81.8
Portata Mugnone canna centrale	6.92	53.81	25.3	
Portata Mugnone canna destra	7.46	58.03	27.2	
Portata totale immessa	27.39	213.01	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.12	variazione rispetto media	± 0.14 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.59 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	1° conf. Progetto, senza setto sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	4 dicembre 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	182.53	50.19	0.55	3.11	6.57	7.07
2	monte sez 117D	58	176.21	49.96	0.65	3.69	6.34	7.04
3	valle sez 117D	99	163.62	49.51	0.82	4.66	5.89	7.00
4	filo valle sez. A	126	136.61	48.54	-	-	4.92	-
5	sez E	133	134.68	48.47	0.38	2.14	4.85	5.08
6	filo monte sez G	144	141.63	48.72	0.38	2.14	5.10	5.33
7	sez 118A - sez I	160	138.13	48.59	0.24	1.37	4.97	5.07
8	sez 118A - sez I	160	152.88	49.12	0.55	3.11	5.50	6.00
9	monte sez 118B	189	159.66	49.37	0.51	2.92	5.75	6.18
10	inizio bypass coperto	198	143.01	48.77	0.38	2.14	5.15	5.38
11	inizio bypass coperto	198	141.05	48.70	0.17	0.98	5.08	5.13
12	inizio sottopasso	198	144.31	48.82	0.78	4.47	5.20	6.21
13	inizio sottopasso	198	146.68	48.90	0.65	3.69	5.28	5.98
14	inizio sottopasso	198	149.58	49.00	0.72	4.08	5.38	6.23
15	metà bypass coperto	322	142.54	48.75	0.31	1.76	5.13	5.29
16	metà bypass coperto	322	138.38	48.60	0.17	0.98	4.98	5.03
17	metà sottopasso	322	136.07	48.52	0.75	4.28	4.90	5.83
18	metà sottopasso	322	138.11	48.59	0.72	4.08	4.97	5.82
19	metà sottopasso	322	135.77	48.51	0.85	4.86	4.89	6.09
20	fine bypass coperto	456	139.40	48.64	0.31	1.76	5.02	5.18
21	fine bypass coperto	456	139.42	48.64	0.10	0.59	5.02	5.04
22	fine sottopasso	456	134.30	48.45	0.68	3.89	4.83	5.61
23	fine sottopasso	456	134.43	48.46	0.65	3.69	4.84	5.54
24	fine sottopasso	456	133.83	48.44	0.72	4.08	4.82	5.67
25	sbocco bypass	480	140.51	48.68	0.24	1.37	5.06	5.15
26	valle sottopasso	474	138.85	48.62	0.51	2.92	5.00	5.43
27	5 m valle sez 118C	509	137.81	48.58	0.51	2.92	4.96	5.40
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.44	2.53	5.11	5.44

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	4.43	34.42	12.9	19.9
Portata Bypass canna destra	2.36	18.38	6.9	
Portata Mugnone canna sinistra	8.88	69.04	26.0	80.1
Portata Mugnone canna centrale	8.54	66.39	25.0	
Portata Mugnone canna destra	9.98	77.63	29.2	
Portata totale immessa	34.19	265.87	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.69	variazione rispetto media	± 0.17 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	4.59 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto con setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 gennaio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	161.98	49.45	0.44	2.53	5.83	6.16
2	monte sez 117D	59	155.96	49.23	0.51	2.92	5.61	6.05
3	valle sez 117D	128	148.36	48.96	0.48	2.73	5.34	5.72
4	presa in cassa sfioro	168	84.61	46.67	0.14	0.79	3.05	3.08
5	sfioratore monte	154	132.38	48.39	0.04	0.21	4.77	4.77
6	sfioratore valle	176	132.40	48.39	0.10	0.59	4.77	4.78
7	sez 118A	166	135.85	48.51	0.58	3.31	4.89	5.45
8	valle sez 118A	179	135.90	48.51	0.55	3.11	4.89	5.39
9	monte sez 118B	189	137.95	48.59	0.55	3.11	4.97	5.46
10	inizio bypass coperto	198	81.03	46.54	0.09	0.50	2.92	2.93
11	inizio bypass coperto	198	81.03	46.54	0.21	1.18	2.92	2.99
12	inizio sottopasso	198	130.22	48.31	0.82	4.66	4.69	5.80
13	inizio sottopasso	198	130.08	48.30	0.65	3.69	4.68	5.38
14	inizio sottopasso	198	136.25	48.53	0.72	4.08	4.91	5.75
15	metà bypass coperto	322	88.61	46.81	0.05	0.30	3.19	3.19
16	metà bypass coperto	322	88.61	46.81	0.10	0.59	3.19	3.21
17	metà sottopasso	322	112.87	47.68	0.92	5.25	4.06	5.47
18	metà sottopasso	322	101.88	47.29	0.85	4.86	3.67	4.87
19	metà sottopasso	322	107.58	47.49	0.90	5.15	3.87	5.22
20	fine bypass coperto	456	88.39	46.80	0.04	0.21	3.18	3.18
21	fine bypass coperto	456	88.40	46.80	0.14	0.79	3.18	3.21
22	fine sottopasso	456	91.55	46.92	0.99	5.63	3.30	4.91
23	fine sottopasso	456	89.14	46.83	0.99	5.63	3.21	4.83
24	fine sottopasso	456	85.78	46.71	0.99	5.63	3.09	4.71
25	sbocco bypass	480	88.72	46.81	0.07	0.40	3.19	3.20
26	valle sottopasso	474	83.66	46.63	0.85	4.86	3.01	4.21
27	5 m valle sez 118C	509	92.09	46.94	0.72	4.08	3.32	4.16
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.55	3.11	3.46	3.95

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.33	2.55	1.5	4.5
Portata Bypass canna destra	0.64	4.99	3.0	
Portata Mugnone canna sinistra	7.82	60.78	36.3	95.5
Portata Mugnone canna centrale	5.79	45.02	26.9	
Portata Mugnone canna destra	6.94	53.95	32.2	
Portata totale immessa	21.51	167.29	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.25	variazione rispetto media	± 0.11 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	1.24 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto con setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 gennaio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	168.65	49.69	0.48	2.73	6.07	6.45
2	monte sez 117D	59	163.20	49.50	0.61	3.50	5.88	6.50
3	valle sez 117D	128	152.57	49.11	0.55	3.11	5.49	5.99
4	presa in cassa sfioro	168	96.15	47.08	0.27	1.56	3.46	3.59
5	sfioratore monte	154	134.61	48.47	0.07	0.40	4.85	4.85
6	sfioratore valle	176	137.16	48.56	0.34	1.95	4.94	5.13
7	sez 118A	166	143.38	48.78	0.65	3.69	5.16	5.86
8	valle sez 118A	179	142.33	48.74	0.58	3.31	5.12	5.68
9	monte sez 118B	189	143.34	48.78	0.48	2.73	5.16	5.54
10	inizio bypass coperto	198	96.01	47.08	0.07	0.40	3.46	3.46
11	inizio bypass coperto	198	96.02	47.08	0.33	1.85	3.46	3.63
12	inizio sottopasso	198	132.62	48.39	0.85	4.86	4.77	5.98
13	inizio sottopasso	198	132.92	48.41	0.65	3.69	4.79	5.48
14	inizio sottopasso	198	138.29	48.60	0.72	4.08	4.98	5.83
15	metà bypass coperto	322	97.20	47.12	0.10	0.59	3.50	3.52
16	metà bypass coperto	322	97.89	47.14	0.24	1.37	3.52	3.62
17	metà sottopasso	322	118.45	47.88	0.85	4.86	4.26	5.47
18	metà sottopasso	322	105.75	47.43	0.85	4.86	3.81	5.01
19	metà sottopasso	322	107.80	47.50	0.95	5.44	3.88	5.39
20	fine bypass coperto	456	97.00	47.11	0.07	0.40	3.49	3.50
21	fine bypass coperto	456	96.90	47.11	0.21	1.18	3.49	3.56
22	fine sottopasso	456	93.50	46.99	1.06	6.02	3.37	5.21
23	fine sottopasso	456	79.70	46.49	1.09	6.21	2.87	4.84
24	fine sottopasso	456	85.75	46.71	1.02	5.83	3.09	4.82
25	sbocco bypass	480	96.93	47.11	0.09	0.50	3.49	3.50
26	valle sottopasso	474	95.37	47.05	0.72	4.08	3.43	4.28
27	5 m valle sez 118C	509	98.91	47.18	0.78	4.47	3.56	4.58
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.55	3.11	3.78	4.27

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.78	6.05	3.2	10.8
Portata Bypass canna destra	1.82	14.15	7.5	
Portata Mugnone canna sinistra	7.92	61.62	32.8	89.2
Portata Mugnone canna centrale	6.26	48.65	25.9	
Portata Mugnone canna destra	7.36	57.23	30.5	
Portata totale immessa	24.14	187.69	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	25.01	variazione rispetto media	± 0.18 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.49 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella; allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto con setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 gennaio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	172.24	49.82	0.51	2.92	6.20	6.64
2	monte sez 117D	59	163.62	49.51	0.65	3.69	5.89	6.59
3	valle sez 117D	128	154.45	49.18	0.51	2.92	5.56	5.99
4	presa in cassa sfioro	168	101.62	47.28	0.38	2.14	3.66	3.89
5	sfioratore monte	154	130.58	48.32	0.24	1.37	4.70	4.80
6	sfioratore valle	176	134.27	48.45	0.58	3.31	4.83	5.39
7	sez 118A	166	140.86	48.69	0.72	4.08	5.07	5.92
8	valle sez 118A	179	141.62	48.72	0.65	3.69	5.10	5.79
9	monte sez 118B	189	144.83	48.83	0.48	2.73	5.21	5.59
10	inizio bypass coperto	198	102.56	47.31	0.24	1.37	3.69	3.79
11	inizio bypass coperto	198	102.56	47.31	0.38	2.14	3.69	3.93
12	inizio sottopasso	198	133.36	48.42	0.92	5.25	4.80	6.20
13	inizio sottopasso	198	132.46	48.39	0.68	3.89	4.77	5.54
14	inizio sottopasso	198	138.87	48.62	0.85	4.86	5.00	6.20
15	metà bypass coperto	322	105.57	47.42	0.14	0.79	3.80	3.83
16	metà bypass coperto	322	105.57	47.42	0.24	1.37	3.80	3.90
17	metà sottopasso	322	120.50	47.96	0.92	5.25	4.34	5.74
18	metà sottopasso	322	109.86	47.57	0.92	5.25	3.95	5.36
19	metà sottopasso	322	109.85	47.57	0.95	5.44	3.95	5.46
20	fine bypass coperto	456	105.11	47.40	0.10	0.59	3.78	3.80
21	fine bypass coperto	456	105.11	47.40	0.21	1.18	3.78	3.85
22	fine sottopasso	456	93.74	46.99	0.99	5.63	3.37	4.99
23	fine sottopasso	456	82.69	46.60	1.06	6.02	2.98	4.82
24	fine sottopasso	456	86.15	46.72	1.06	6.02	3.10	4.95
25	sbocco bypass	480	106.22	47.44	0.21	1.18	3.82	3.89
26	valle sottopasso	474	107.25	47.48	0.78	4.47	3.86	4.88
27	5 m valle sez 118C	509	105.02	47.40	0.75	4.28	3.78	4.71
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.51	2.92	4.07	4.50

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello - 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.21	9.39	4.5	12.2
Portata Bypass canna destra	2.10	16.33	7.8	
Portata Mugnone canna sinistra	8.83	68.64	32.6	87.8
Portata Mugnone canna centrale	7.29	56.69	26.9	
Portata Mugnone canna destra	7.64	59.41	28.2	
Portata totale immessa	27.07	210.47	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.05	variazione rispetto media	± 0.11 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.51 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato I

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto con setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 gennaio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	182.91	50.20	0.51	2.92	6.58	7.02
2	monte sez 117D	59	171.66	49.80	0.68	3.89	6.18	6.95
3	valle sez 117D	128	163.49	49.51	0.61	3.50	5.89	6.51
4	presa in cassa sfioro	168	132.99	48.41	0.34	1.95	4.79	4.98
5	sfioratore monte	154	137.03	48.55	0.38	2.14	4.93	5.17
6	sfioratore valle	176	139.79	48.65	0.89	5.05	5.03	6.33
7	sez 118A	166	151.00	49.06	0.72	4.08	5.44	6.29
8	valle sez 118A	179	153.79	49.16	0.55	3.11	5.54	6.03
9	monte sez 118B	189	156.48	49.25	0.58	3.31	5.63	6.19
10	inizio bypass coperto	198	140.17	48.67	0.09	0.50	5.05	5.06
11	inizio bypass coperto	198	140.17	48.67	0.34	1.95	5.05	5.24
12	inizio sottopasso	198	145.32	48.85	0.92	5.25	5.23	6.63
13	inizio sottopasso	198	147.58	48.93	0.65	3.69	5.31	6.01
14	inizio sottopasso	198	149.96	49.02	0.89	5.05	5.40	6.70
15	metà bypass coperto	322	138.75	48.62	0.17	0.98	5.00	5.04
16	metà bypass coperto	322	140.90	48.69	0.24	1.37	5.07	5.17
17	metà sottopasso	322	139.55	48.64	0.78	4.47	5.02	6.04
18	metà sottopasso	322	137.63	48.57	0.68	3.89	4.95	5.73
19	metà sottopasso	322	136.27	48.53	0.85	4.86	4.91	6.11
20	fine bypass coperto	456	138.62	48.61	0.17	0.98	4.99	5.04
21	fine bypass coperto	456	140.44	48.68	0.17	0.98	5.06	5.10
22	fine sottopasso	456	137.28	48.56	0.72	4.08	4.94	5.79
23	fine sottopasso	456	135.49	48.50	0.65	3.69	4.88	5.57
24	fine sottopasso	456	135.61	48.50	0.75	4.28	4.88	5.81
25	sbocco bypass	480	143.13	48.77	0.14	0.79	5.15	5.18
26	valle sottopasso	474	143.13	48.77	0.61	3.50	5.15	5.78
27	5 m valle sez 118C	509	137.77	48.58	0.58	3.31	4.96	5.52
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.51	2.92	5.11	5.55

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.37	18.46	7.1	17.2
Portata Bypass canna destra	3.39	26.36	10.1	
Portata Mugnone canna sinistra	9.67	75.23	28.8	82.8
Portata Mugnone canna centrale	8.09	62.88	24.1	
Portata Mugnone canna destra	10.04	78.10	29.9	
Portata totale immessa	33.57	261.03	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.59	variazione rispetto media	± 0.14 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.00 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella. allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto senza setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 gennaio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezometro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	161.98	49.45	0.44	2.53	5.83	6.16
2	monte sez 117D	59	155.96	49.23	0.51	2.92	5.61	6.05
3	valle sez 117D	128	148.36	48.96	0.48	2.73	5.34	5.72
4	presa in cassa sfioro	168	84.56	46.66	0.14	0.79	3.04	3.08
5	sfioratore monte	154	133.61	48.43	0.04	0.21	4.81	4.81
6	sfioratore valle	176	133.62	48.43	0.10	0.59	4.81	4.83
7	sez 118A	166	137.08	48.55	0.58	3.31	4.93	5.49
8	valle sez 118A	179	136.62	48.54	0.55	3.11	4.92	5.41
9	monte sez 118B	189	137.95	48.59	0.55	3.11	4.97	5.46
10	inizio bypass coperto	198	82.80	46.60	0.09	0.50	2.98	2.99
11	inizio bypass coperto	198	82.65	46.60	0.21	1.18	2.98	3.05
12	inizio sottopasso	198	128.91	48.26	0.82	4.66	4.64	5.75
13	inizio sottopasso	198	129.04	48.27	0.65	3.69	4.65	5.34
14	inizio sottopasso	198	137.95	48.59	0.72	4.08	4.97	5.82
15	metà bypass coperto	322	86.87	46.75	0.07	0.40	3.13	3.14
16	metà bypass coperto	322	86.33	46.73	0.14	0.79	3.11	3.14
17	metà sottopasso	322	113.64	47.71	0.89	5.05	4.09	5.39
18	metà sottopasso	322	101.44	47.27	0.82	4.66	3.65	4.76
19	metà sottopasso	322	108.48	47.53	0.89	5.05	3.91	5.21
20	fine bypass coperto	456	86.55	46.74	0.04	0.21	3.12	3.12
21	fine bypass coperto	456	86.52	46.73	0.10	0.59	3.11	3.13
22	fine sottopasso	456	91.60	46.92	0.95	5.44	3.30	4.81
23	fine sottopasso	456	88.84	46.82	1.02	5.83	3.20	4.93
24	fine sottopasso	456	87.69	46.78	0.99	5.63	3.16	4.77
25	sbocco bypass	480	87.64	46.78	0.07	0.40	3.16	3.16
26	valle sottopasso	474	81.71	46.56	0.82	4.66	2.94	4.05
27	5 m valle sez 118C	509	92.98	46.97	0.72	4.08	3.35	4.20
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.55	3.11	3.46	3.95

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.41	3.22	1.9	5.7
Portata Bypass canna destra	0.80	6.25	3.8	
Portata Mugnone canna sinistra	7.63	59.30	35.8	94.3
Portata Mugnone canna centrale	5.51	42.82	25.9	
Portata Mugnone canna destra	6.92	53.82	32.5	
Portata totale immessa	21.27	165.42	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.31	variazione rispetto media	± 0.15 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	0.15 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto senza setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 gennaio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	168.80	49.70	0.48	2.73	6.08	6.46
2	monte sez 117D	59	159.49	49.36	0.61	3.50	5.74	6.37
3	valle sez 117D	128	150.23	49.03	0.55	3.11	5.41	5.90
4	presa in cassa sfioro	168	93.20	46.98	0.27	1.56	3.36	3.48
5	sfioratore monte	154	130.74	48.33	0.07	0.40	4.71	4.71
6	sfioratore valle	176	132.74	48.40	0.34	1.95	4.78	4.97
7	sez 118A	166	139.28	48.63	0.65	3.69	5.01	5.71
8	valle sez 118A	179	139.26	48.63	0.58	3.31	5.01	5.57
9	monte sez 118B	189	144.01	48.80	0.48	2.73	5.18	5.56
10	inizio bypass coperto	198	91.61	46.92	0.07	0.40	3.30	3.31
11	inizio bypass coperto	198	92.75	46.96	0.33	1.85	3.34	3.51
12	inizio sottopasso	198	132.38	48.39	0.85	4.86	4.77	5.97
13	inizio sottopasso	198	127.81	48.22	0.65	3.69	4.60	5.30
14	inizio sottopasso	198	140.00	48.66	0.72	4.08	5.04	5.89
15	metà bypass coperto	322	95.72	47.07	0.14	0.79	3.45	3.48
16	metà bypass coperto	322	95.72	47.07	0.24	1.37	3.45	3.54
17	metà sottopasso	322	120.33	47.95	0.95	5.44	4.33	5.84
18	metà sottopasso	322	102.27	47.30	0.89	5.05	3.68	4.98
19	metà sottopasso	322	105.12	47.40	0.95	5.44	3.78	5.29
20	fine bypass coperto	456	95.48	47.06	0.10	0.59	3.44	3.46
21	fine bypass coperto	456	97.46	47.13	0.21	1.18	3.51	3.58
22	fine sottopasso	456	93.08	46.97	1.07	6.12	3.35	5.26
23	fine sottopasso	456	79.00	46.46	1.09	6.21	2.84	4.81
24	fine sottopasso	456	87.61	46.77	1.02	5.83	3.15	4.88
25	sbocco bypass	480	99.30	47.19	0.10	0.59	3.57	3.59
26	valle sottopasso	474	95.19	47.05	0.78	4.47	3.43	4.45
27	5 m valle sez 118C	509	98.41	47.16	0.78	4.47	3.54	4.56
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.55	3.11	3.78	4.27

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.00	7.79	4.0	11.0
Portata Bypass canna destra	1.74	13.53	7.0	
Portata Mugnone canna sinistra	9.13	71.00	36.6	89.0
Portata Mugnone canna centrale	6.07	47.19	24.3	
Portata Mugnone canna destra	6.99	54.38	28.0	
Portata totale immessa	24.94	193.89	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	25.03	variazione rispetto media	± 0.16l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	0.38 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto senza setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 gennaio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	172.34	49.82	0.51	2.92	6.20	6.64
2	monte sez 117D	59	164.86	49.55	0.65	3.69	5.93	6.63
3	valle sez 117D	128	156.14	49.24	0.51	2.92	5.62	6.06
4	presa in cassa sfioro	168	102.68	47.32	0.38	2.14	3.70	3.93
5	sfioratore monte	154	133.10	48.41	0.24	1.37	4.79	4.89
6	sfioratore valle	176	136.87	48.55	0.58	3.31	4.93	5.48
7	sez 118A	166	143.75	48.80	0.72	4.08	5.18	6.02
8	valle sez 118A	179	144.28	48.81	0.65	3.69	5.19	5.89
9	monte sez 118B	189	147.68	48.94	0.48	2.73	5.32	5.70
10	inizio bypass coperto	198	103.26	47.34	0.24	1.37	3.72	3.81
11	inizio bypass coperto	198	103.26	47.34	0.38	2.14	3.72	3.95
12	inizio sottopasso	198	134.28	48.45	0.92	5.25	4.83	6.24
13	inizio sottopasso	198	135.58	48.50	0.68	3.89	4.88	5.65
14	inizio sottopasso	198	140.96	48.69	0.85	4.86	5.07	6.28
15	metà bypass coperto	322	106.12	47.44	0.17	0.98	3.82	3.87
16	metà bypass coperto	322	106.12	47.44	0.27	1.56	3.82	3.94
17	metà sottopasso	322	121.21	47.98	0.95	5.44	4.36	5.87
18	metà sottopasso	322	111.74	47.64	0.89	5.05	4.02	5.32
19	metà sottopasso	322	100.03	47.22	0.92	5.25	3.60	5.00
20	fine bypass coperto	456	106.34	47.45	0.14	0.79	3.83	3.86
21	fine bypass coperto	456	106.33	47.45	0.21	1.18	3.83	3.90
22	fine sottopasso	456	93.74	46.99	1.06	6.02	3.37	5.22
23	fine sottopasso	456	84.09	46.65	1.06	6.02	3.03	4.87
24	fine sottopasso	456	88.64	46.81	1.06	6.02	3.19	5.04
25	sbocco bypass	480	107.56	47.49	0.27	1.56	3.87	4.00
26	valle sottopasso	474	107.57	47.49	0.89	5.05	3.87	5.17
27	5 m valle sez 118C	509	107.16	47.48	0.75	4.28	3.86	4.79
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.51	2.92	4.07	4.50

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.52	11.82	5.7	14.9
Portata Bypass canna destra	2.42	18.82	9.1	
Portata Mugnone canna sinistra	9.25	71.94	34.9	85.1
Portata Mugnone canna centrale	7.26	56.43	27.4	
Portata Mugnone canna destra	6.07	47.24	22.9	
Portata totale immessa	26.52	206.24	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.12	variazione rispetto media	± 0.16 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	5.68 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella. allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto senza setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 gennaio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	28	182.81	50.20	0.51	2.92	6.58	7.02
2	monte sez 117D	59	174.14	49.89	0.68	3.89	6.27	7.04
3	valle sez 117D	128	165.21	49.57	0.61	3.50	5.95	6.57
4	presa in cassa sfioro	168	135.95	48.51	0.34	1.95	4.89	5.09
5	sfioratore monte	154	137.68	48.58	0.38	2.14	4.96	5.19
6	sfioratore valle	176	140.00	48.66	0.89	5.05	5.04	6.34
7	sez 118A	166	150.68	49.04	0.72	4.08	5.42	6.27
8	valle sez 118A	179	153.73	49.15	0.55	3.11	5.53	6.03
9	monte sez 118B	189	157.08	49.27	0.58	3.31	5.65	6.21
10	inizio bypass coperto	198	139.84	48.65	0.09	0.50	5.03	5.05
11	inizio bypass coperto	198	139.84	48.65	0.34	1.95	5.03	5.23
12	inizio sottopasso	198	146.07	48.88	0.92	5.25	5.26	6.66
13	inizio sottopasso	198	147.32	48.92	0.65	3.69	5.30	6.00
14	inizio sottopasso	198	150.01	49.02	0.89	5.05	5.40	6.70
15	metà bypass coperto	322	141.08	48.70	0.14	0.79	5.08	5.11
16	metà bypass coperto	322	142.38	48.75	0.27	1.56	5.13	5.25
17	metà sottopasso	322	140.78	48.69	0.78	4.47	5.07	6.09
18	metà sottopasso	322	139.69	48.65	0.65	3.69	5.03	5.72
19	metà sottopasso	322	136.86	48.55	0.89	5.05	4.93	6.23
20	fine bypass coperto	456	139.85	48.65	0.10	0.59	5.03	5.05
21	fine bypass coperto	456	141.20	48.70	0.24	1.37	5.08	5.18
22	fine sottopasso	456	138.34	48.60	0.72	4.08	4.98	5.83
23	fine sottopasso	456	137.82	48.58	0.68	3.89	4.96	5.73
24	fine sottopasso	456	136.60	48.54	0.75	4.28	4.92	5.85
25	sbocco bypass	480	142.17	48.74	0.21	1.18	5.12	5.19
26	valle sottopasso	474	143.02	48.77	0.61	3.50	5.15	5.77
27	5 m valle sez 118C	509	139.64	48.65	0.58	3.31	5.03	5.58
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.51	2.92	5.11	5.55

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.95	15.20	5.7	17.3
Portata Bypass canna destra	3.93	30.57	11.5	
Portata Mugnone canna sinistra	9.81	76.31	28.8	82.7
Portata Mugnone canna centrale	7.87	61.22	23.1	
Portata Mugnone canna destra	10.52	81.80	30.9	
Portata totale immessa	34.09	265.09	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.62	variazione rispetto media	± 0.12 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	4.51 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto, sfioratore modificato, setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	10 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	156.11	49.24	0.55	3.11	5.62	6.11
2	monte sez 117D	128	148.56	48.97	0.44	2.53	5.35	5.67
3	cassa sfioro	170	86.52	46.73	0.07	0.40	3.11	3.12
4	sfioratore monte	154	136.63	48.54	0.04	0.21	4.92	4.92
5	sfioratore centro	168	139.03	48.63	0.38	2.14	5.01	5.24
6	sfioratore valle	176	133.10	48.41	0.38	2.14	4.79	5.03
7	sez 118A	166	139.16	48.63	0.58	3.31	5.01	5.57
8	valle sez 118A	179	137.18	48.56	0.48	2.73	4.94	5.32
9	monte sez 118B	189	140.80	48.69	0.48	2.73	5.07	5.45
10	inizio bypass coperto	198	88.07	46.79	0.21	1.18	3.17	3.24
11	inizio bypass coperto	198	86.78	46.74	0.07	0.40	3.12	3.13
12	inizio sottopasso	198	129.88	48.30	0.78	4.47	4.68	5.69
13	inizio sottopasso	198	127.21	48.20	0.65	3.69	4.58	5.28
14	inizio sottopasso	198	134.29	48.45	0.68	3.89	4.83	5.61
15	metà bypass coperto	322	88.46	46.80	0.14	0.79	3.18	3.22
16	metà bypass coperto	322	86.81	46.75	0.07	0.40	3.13	3.13
17	metà sottopasso	322	115.65	47.78	0.82	4.66	4.16	5.27
18	metà sottopasso	322	103.39	47.34	0.75	4.28	3.72	4.65
19	metà sottopasso	322	105.52	47.42	0.89	5.05	3.80	5.10
20	fine bypass coperto	456	88.21	46.80	0.10	0.59	3.18	3.19
21	fine bypass coperto	456	88.21	46.80	0.07	0.40	3.18	3.18
22	fine sottopasso	456	91.37	46.91	0.92	5.25	3.29	4.69
23	fine sottopasso	456	79.37	46.48	0.95	5.44	2.86	4.37
24	fine sottopasso	456	84.08	46.65	0.99	5.63	3.03	4.64
25	sbocco bypass	480	88.16	46.79	0.07	0.40	3.17	3.18
26	valle sottopasso	474	82.45	46.59	0.68	3.89	2.97	3.74
27	5 m valle sez 118C	509	91.36	46.91	0.85	4.86	3.29	4.49
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.61	3.50	3.46	4.08

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.85	6.60	4.2	6.2
Portata Bypass canna destra	0.41	3.22	2.0	
Portata Mugnone canna sinistra	7.28	56.59	35.8	93.8
Portata Mugnone canna centrale	5.26	40.88	25.8	
Portata Mugnone canna destra	6.55	50.90	32.2	
Portata totale immessa	20.34	158.19	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.08	variazione rispetto media	± 0.16 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.50 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto, sfioratore modificato, setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	10 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.n.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	162.85	49.48	0.55	3.11	5.86	6.36
2	monte sez 117D	128	153.84	49.16	0.48	2.73	5.54	5.92
3	cassa sfioro	170	97.49	47.13	0.27	1.56	3.51	3.63
4	sfioratore monte	154	134.90	48.48	0.07	0.40	4.86	4.86
5	sfioratore centro	168	135.56	48.50	0.51	2.92	4.88	5.31
6	sfioratore valle	176	135.56	48.50	0.51	2.92	4.88	5.31
7	sez 118A	166	141.83	48.73	0.61	3.50	5.11	5.73
8	valle sez 118A	179	140.67	48.68	0.58	3.31	5.06	5.62
9	monte sez 118B	189	145.22	48.85	0.51	2.92	5.23	5.66
10	inizio bypass coperto	198	101.93	47.29	0.31	1.76	3.67	3.83
11	inizio bypass coperto	198	97.82	47.14	0.07	0.40	3.52	3.53
12	inizio sottopasso	198	133.49	48.43	0.85	4.86	4.81	6.01
13	inizio sottopasso	198	132.65	48.40	0.58	3.31	4.78	5.33
14	inizio sottopasso	198	139.12	48.63	0.68	3.89	5.01	5.78
15	metà bypass coperto	322	102.29	47.30	0.21	1.18	3.68	3.75
16	metà bypass coperto	322	99.64	47.21	0.04	0.21	3.59	3.59
17	metà sottopasso	322	123.65	48.07	0.85	4.86	4.45	5.65
18	metà sottopasso	322	109.37	47.56	0.82	4.66	3.94	5.05
19	metà sottopasso	322	109.37	47.56	0.95	5.44	3.94	5.45
20	fine bypass coperto	456	100.82	47.25	0.17	0.98	3.63	3.68
21	fine bypass coperto	456	100.11	47.22	0.07	0.40	3.60	3.61
22	fine sottopasso	456	93.87	47.00	1.02	5.83	3.38	5.11
23	fine sottopasso	456	82.55	46.59	0.99	5.63	2.97	4.59
24	fine sottopasso	456	86.75	46.74	0.99	5.63	3.12	4.74
25	sbocco bypass	480	100.67	47.24	0.10	0.59	3.62	3.64
26	valle sottopasso	474	96.09	47.08	0.41	2.34	3.46	3.74
27	5 m valle sez 118C	509	101.86	47.29	0.68	3.89	3.67	4.44
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.51	2.92	3.78	4.21

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.70	13.22	6.9	8.1
Portata Bypass canna destra	0.28	2.21	1.2	
Portata Mugnone canna sinistra	8.56	66.58	34.9	91.9
Portata Mugnone canna centrale	6.43	49.97	26.2	
Portata Mugnone canna destra	7.57	58.90	30.9	
Portata totale immessa	24.55	190.87	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	25.01	variazione rispetto media	± 0.16 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	1.86 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto, sfioratore modificato, setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	10 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	167.32	49.64	0.61	3.50	6.02	6.65
2	monte sez 117D	128	158.46	49.32	0.58	3.31	5.70	6.26
3	cassa sfioro	170	106.57	47.46	0.31	1.76	3.84	3.99
4	sfioratore monte	154	134.97	48.48	0.31	1.76	4.86	5.02
5	sfioratore centro	168	139.58	48.64	0.58	3.31	5.02	5.58
6	sfioratore valle	176	139.58	48.64	0.58	3.31	5.02	5.58
7	sez 118A	166	147.50	48.93	0.65	3.69	5.31	6.01
8	valle sez 118A	179	147.50	48.93	0.51	2.92	5.31	5.74
9	monte sez 118B	189	151.45	49.07	0.55	3.11	5.45	5.95
10	inizio bypass coperto	198	114.19	47.73	0.31	1.76	4.11	4.27
11	inizio bypass coperto	198	110.28	47.59	0.10	0.59	3.97	3.99
12	inizio sottopasso	198	139.79	48.65	0.75	4.28	5.03	5.96
13	inizio sottopasso	198	138.39	48.60	0.61	3.50	4.98	5.61
14	inizio sottopasso	198	144.63	48.83	0.78	4.47	5.21	6.23
15	metà bypass coperto	322	113.50	47.71	0.24	1.37	4.09	4.18
16	metà bypass coperto	322	111.91	47.65	0.07	0.40	4.03	4.04
17	metà sottopasso	322	127.16	48.20	0.89	5.05	4.58	5.88
18	metà sottopasso	322	115.76	47.79	0.78	4.47	4.17	5.19
19	metà sottopasso	322	115.76	47.79	0.89	5.05	4.17	5.47
20	fine bypass coperto	456	112.17	47.66	0.34	1.95	4.04	4.23
21	fine bypass coperto	456	112.17	47.66	0.07	0.40	4.04	4.05
22	fine sottopasso	456	98.27	47.16	1.02	5.83	3.54	5.27
23	fine sottopasso	456	87.51	46.77	1.06	6.02	3.15	5.00
24	fine sottopasso	456	90.92	46.89	1.02	5.83	3.27	5.00
25	sbocco bypass	480	112.44	47.67	0.14	0.79	4.05	4.08
26	valle sottopasso	474	111.45	47.63	0.44	2.53	4.01	4.34
27	5 m valle sez 118C	509	111.45	47.63	0.65	3.69	4.01	4.71
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.51	2.92	4.07	4.50

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.39	18.58	8.8	11.3
Portata Bypass canna destra	0.68	5.30	2.5	
Portata Mugnone canna sinistra	9.35	72.72	34.5	88.7
Portata Mugnone canna centrale	6.87	53.40	25.3	
Portata Mugnone canna destra	7.84	61.00	28.9	
Portata totale immessa	27.13	211.00	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.19	variazione rispetto media	± 0.18 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.74 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella, allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto, sfioratore modificato, setto allo sbocco bypass
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	10 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	175.95	49.95	0.65	3.69	6.33	7.03
2	monte sez 117D	→ 128	165.57	49.58	0.61	3.50	5.96	6.59
3	cassa sfioro	170	140.84	48.69	0.27	1.56	5.07	5.19
4	sfioratore monte	154	140.84	48.69	0.41	2.34	5.07	5.35
5	sfioratore centro	168	142.23	48.74	0.72	4.08	5.12	5.97
6	sfioratore valle	176	142.23	48.74	0.85	4.86	5.12	6.32
7	sez 118A	166	153.84	49.16	0.72	4.08	5.54	6.39
8	valle sez 118A	179	156.26	49.25	0.65	3.69	5.63	6.32
9	monte sez 118B	↔ 189	160.86	49.41	0.58	3.31	5.79	6.35
10	inizio bypass coperto	198	149.76	49.01	0.31	1.76	5.39	5.55
11	inizio bypass coperto	198	146.57	48.90	0.14	0.79	5.28	5.31
12	inizio sottopasso	198	150.75	49.05	0.85	4.86	5.43	6.63
13	inizio sottopasso	198	149.70	49.01	0.65	3.69	5.39	6.08
14	inizio sottopasso	198	151.95	49.09	0.72	4.08	5.47	6.32
15	metà bypass coperto	322	149.23	48.99	0.27	1.56	5.37	5.50
16	metà bypass coperto	322	146.47	48.89	0.07	0.40	5.27	5.28
17	metà sottopasso	322	145.72	48.87	0.68	3.89	5.25	6.02
18	metà sottopasso	322	144.48	48.82	0.58	3.31	5.20	5.76
19	metà sottopasso	322	140.93	48.69	0.82	4.66	5.07	6.18
20	fine bypass coperto	456	146.09	48.88	0.27	1.56	5.26	5.38
21	fine bypass coperto	456	146.09	48.88	0.07	0.40	5.26	5.27
22	fine sottopasso	456	141.42	48.71	0.72	4.08	5.09	5.94
23	fine sottopasso	456	141.42	48.71	0.58	3.31	5.09	5.65
24	fine sottopasso	456	141.21	48.70	0.75	4.28	5.08	6.02
25	sbocco bypass	480	146.22	48.88	0.10	0.59	5.26	5.28
26	valle sottopasso	474	145.72	48.87	0.55	3.11	5.25	5.74
27	5 m valle sez 118C	509	141.55	48.72	0.48	2.73	5.10	5.47
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.41	2.34	5.11	5.39

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	4.22	32.79	13.2	16.5
Portata Bypass canna destra	1.05	8.17	3.3	
Portata Mugnone canna sinistra	9.02	70.16	28.3	83.5
Portata Mugnone canna centrale	7.44	57.85	23.3	
Portata Mugnone canna destra	10.19	79.23	31.9	
Portata totale immessa	31.92	248.20	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.39	variazione rispetto media	± 0.12 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	1.46 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto, sfioratore modificato, senza setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	10 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	157.50	49.29	0.55	3.11	5.67	6.16
2	monte sez 117D	128	149.77	49.01	0.44	2.53	5.39	5.72
3	cassa sfioro	170	85.86	46.71	0.07	0.40	3.09	3.10
4	sfioratore monte	154	137.02	48.55	0.04	0.21	4.93	4.93
5	sfioratore centro	168	138.74	48.61	0.38	2.14	4.99	5.23
6	sfioratore valle	176	133.86	48.44	0.38	2.14	4.82	5.05
7	sez 118A	166	139.62	48.65	0.58	3.31	5.03	5.58
8	valle sez 118A	179	137.55	48.57	0.48	2.73	4.95	5.33
9	monte sez 118B	189	141.52	48.71	0.48	2.73	5.09	5.47
10	inizio bypass coperto	198	88.17	46.79	0.21	1.18	3.17	3.24
11	inizio bypass coperto	198	86.62	46.74	0.07	0.40	3.12	3.13
12	inizio sottopasso	198	131.24	48.34	0.78	4.47	4.72	5.74
13	inizio sottopasso	198	127.71	48.22	0.65	3.69	4.60	5.29
14	inizio sottopasso	198	134.70	48.47	0.68	3.89	4.85	5.62
15	metà bypass coperto	322	88.09	46.79	0.14	0.79	3.17	3.20
16	metà bypass coperto	322	86.46	46.73	0.07	0.40	3.11	3.12
17	metà sottopasso	322	114.97	47.76	0.85	4.86	4.14	5.34
18	metà sottopasso	322	104.21	47.37	0.78	4.47	3.75	4.77
19	metà sottopasso	322	105.13	47.40	0.85	4.86	3.78	4.99
20	fine bypass coperto	456	86.68	46.74	0.14	0.79	3.12	3.15
21	fine bypass coperto	456	86.68	46.74	0.07	0.40	3.12	3.13
22	fine sottopasso	456	90.74	46.89	0.95	5.44	3.27	4.77
23	fine sottopasso	456	78.26	46.44	0.99	5.63	2.82	4.43
24	fine sottopasso	456	83.36	46.62	0.95	5.44	3.00	4.51
25	sbocco bypass	480	87.06	46.75	0.10	0.59	3.13	3.15
26	valle sottopasso	474	82.16	46.58	0.44	2.53	2.96	3.28
27	5 m valle sez 118C	509	90.47	46.88	0.89	5.05	3.26	4.56
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.65	3.69	3.46	4.15

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.84	6.54	4.1	6.1
Portata Bypass canna destra	0.41	3.19	2.0	
Portata Mugnone canna sinistra	7.50	58.29	36.4	93.9
Portata Mugnone canna centrale	5.59	43.44	27.1	
Portata Mugnone canna destra	6.25	48.58	30.4	
Portata totale immessa	20.58	160.04	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.15	variazione rispetto media	± 0.16 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.69 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto, sfioratore modificato, senza setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	10 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	163.17	49.49	0.55	3.11	5.87	6.37
2	monte sez 117D	128	154.54	49.18	0.48	2.73	5.56	5.94
3	cassa sfioro	170	98.66	47.17	0.27	1.56	3.55	3.68
4	sfioratore monte	154	136.26	48.53	0.07	0.40	4.91	4.91
5	sfioratore centro	168	137.24	48.56	0.51	2.92	4.94	5.38
6	sfioratore valle	176	138.07	48.59	0.51	2.92	4.97	5.40
7	sez 118A	166	143.26	48.78	0.61	3.50	5.16	5.78
8	valle sez 118A	179	142.69	48.76	0.58	3.31	5.14	5.69
9	monte sez 118B	189	146.63	48.90	0.51	2.92	5.28	5.71
10	inizio bypass coperto	198	101.53	47.28	0.31	1.76	3.66	3.81
11	inizio bypass coperto	198	100.02	47.22	0.07	0.40	3.60	3.61
12	inizio sottopasso	198	134.34	48.46	0.85	4.86	4.84	6.04
13	inizio sottopasso	198	133.28	48.42	0.58	3.31	4.80	5.36
14	inizio sottopasso	198	139.67	48.65	0.68	3.89	5.03	5.80
15	metà bypass coperto	322	102.17	47.30	0.27	1.56	3.68	3.80
16	metà bypass coperto	322	100.66	47.24	0.07	0.40	3.62	3.63
17	metà sottopasso	322	124.55	48.10	0.89	5.05	4.48	5.78
18	metà sottopasso	322	110.39	47.59	0.82	4.66	3.97	5.08
19	metà sottopasso	322	108.66	47.53	0.95	5.44	3.91	5.42
20	fine bypass coperto	456	100.00	47.22	0.24	1.37	3.60	3.70
21	fine bypass coperto	456	100.04	47.22	0.07	0.40	3.60	3.61
22	fine sottopasso	456	93.91	47.00	1.02	5.83	3.38	5.11
23	fine sottopasso	456	82.30	46.58	1.02	5.83	2.96	4.69
24	fine sottopasso	456	87.72	46.78	1.02	5.83	3.16	4.89
25	sbocco bypass	480	100.79	47.25	0.07	0.40	3.63	3.64
26	valle sottopasso	474	96.27	47.09	0.51	2.92	3.47	3.90
27	5 m valle sez 118C	509	100.89	47.25	0.65	3.69	3.63	4.33
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.51	2.92	3.78	4.21

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.26	17.54	8.7	10.9
Portata Bypass canna destra	0.56	4.36	2.2	
Portata Mugnone canna sinistra	9.02	70.13	34.9	89.1
Portata Mugnone canna centrale	6.54	50.88	25.3	
Portata Mugnone canna destra	7.48	58.14	28.9	
Portata totale immessa	25.86	201.06	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	25.21	variazione rispetto media	± 0.12 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.56 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella. allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto, sfioratore modificato, senza setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	10 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	167.34	49.64	0.61	3.50	6.02	6.65
2	monte sez 117D	128	156.97	49.27	0.58	3.31	5.65	6.21
3	cassa sfioro	170	105.82	47.43	0.31	1.76	3.81	3.97
4	sfioratore monte	154	135.51	48.50	0.31	1.76	4.88	5.04
5	sfioratore centro	168	138.52	48.61	0.58	3.31	4.99	5.54
6	sfioratore valle	176	138.02	48.59	0.58	3.31	4.97	5.53
7	sez 118A	166	146.59	48.90	0.65	3.69	5.28	5.97
8	valle sez 118A	179	146.59	48.90	0.51	2.92	5.28	5.71
9	monte sez 118B	189	150.00	49.02	0.55	3.11	5.40	5.89
10	inizio bypass coperto	198	111.30	47.63	0.31	1.76	4.01	4.16
11	inizio bypass coperto	198	109.40	47.56	0.10	0.59	3.94	3.96
12	inizio sottopasso	198	137.94	48.59	0.75	4.28	4.97	5.90
13	inizio sottopasso	198	136.58	48.54	0.61	3.50	4.92	5.54
14	inizio sottopasso	198	142.21	48.74	0.78	4.47	5.12	6.14
15	metà bypass coperto	322	112.38	47.67	0.34	1.95	4.05	4.24
16	metà bypass coperto	322	111.08	47.62	0.07	0.40	4.00	4.01
17	metà sottopasso	322	125.49	48.14	0.82	4.66	4.52	5.63
18	metà sottopasso	322	114.62	47.75	0.85	4.86	4.13	5.33
19	metà sottopasso	322	112.86	47.68	0.92	5.25	4.06	5.47
20	fine bypass coperto	456	110.27	47.59	0.34	1.95	3.97	4.16
21	fine bypass coperto	456	110.27	47.59	0.04	0.21	3.97	3.97
22	fine sottopasso	456	95.96	47.07	0.99	5.63	3.45	5.07
23	fine sottopasso	456	87.26	46.76	1.06	6.02	3.14	4.99
24	fine sottopasso	456	91.10	46.90	1.06	6.02	3.28	5.13
25	sbocco bypass	480	111.40	47.63	0.10	0.59	4.01	4.03
26	valle sottopasso	474	110.24	47.59	0.68	3.89	3.97	4.74
27	5 m valle sez 118C	509	110.55	47.60	0.65	3.69	3.98	4.68
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.58	3.31	4.07	4.63

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	3.35	26.02	12.1	14.6
Portata Bypass canna destra	0.67	5.23	2.4	
Portata Mugnone canna sinistra	8.44	65.61	30.6	85.4
Portata Mugnone canna centrale	7.33	56.97	26.6	
Portata Mugnone canna destra	7.76	60.37	28.2	
Portata totale immessa	27.55	214.19	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.21	variazione rispetto media	± 0.13 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.36 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto, sfioratore modificato, senza setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	10 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	175.96	49.95	0.65	3.69	6.33	7.03
2	monte sez 117D	128	166.53	49.62	0.61	3.50	6.00	6.62
3	cassa sfioro	170	139.65	48.65	0.27	1.56	5.03	5.15
4	sfioratore monte	154	139.65	48.65	0.41	2.34	5.03	5.31
5	sfioratore centro	168	140.57	48.68	0.72	4.08	5.06	5.91
6	sfioratore valle	176	140.57	48.68	0.85	4.86	5.06	6.26
7	sez 118A	166	152.53	49.11	0.72	4.08	5.49	6.34
8	valle sez 118A	179	155.25	49.21	0.65	3.69	5.59	6.28
9	monte sez 118B	189	160.32	49.39	0.58	3.31	5.77	6.33
10	inizio bypass coperto	198	147.47	48.93	0.31	1.76	5.31	5.47
11	inizio bypass coperto	198	145.68	48.86	0.14	0.79	5.24	5.28
12	inizio sottopasso	198	148.72	48.97	0.85	4.86	5.35	6.56
13	inizio sottopasso	198	148.72	48.97	0.65	3.69	5.35	6.05
14	inizio sottopasso	198	150.57	49.04	0.72	4.08	5.42	6.27
15	metà bypass coperto	322	145.83	48.87	0.24	1.37	5.25	5.35
16	metà bypass coperto	322	145.91	48.87	0.14	0.79	5.25	5.28
17	metà sottopasso	322	143.77	48.80	0.78	4.47	5.18	6.19
18	metà sottopasso	322	141.84	48.73	0.58	3.31	5.11	5.66
19	metà sottopasso	322	141.43	48.71	0.82	4.66	5.09	6.20
20	fine bypass coperto	456	145.79	48.87	0.21	1.18	5.25	5.32
21	fine bypass coperto	456	142.90	48.76	0.07	0.40	5.14	5.15
22	fine sottopasso	456	140.14	48.67	0.68	3.89	5.05	5.82
23	fine sottopasso	456	140.01	48.66	0.61	3.50	5.04	5.67
24	fine sottopasso	456	140.28	48.67	0.72	4.08	5.05	5.90
25	sbocco bypass	480	145.32	48.85	0.14	0.79	5.23	5.26
26	valle sottopasso	474	143.68	48.79	0.51	2.92	5.17	5.61
27	5 m valle sez 118C	509	140.66	48.68	0.48	2.73	5.06	5.44
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.41	2.34	5.11	5.39

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello - 43.62 m s.l.m

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	3.57	27.76	10.7	16.9
Portata Bypass canna destra	2.06	15.98	6.2	
Portata Mugnone canna sinistra	10.15	78.94	30.5	83.1
Portata Mugnone canna centrale	7.22	56.17	21.7	
Portata Mugnone canna destra	10.25	79.68	30.8	
Portata totale immessa	33.25	258.53	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.57	variazione rispetto media	± 0.16 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.08 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella. allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, sfioratore 2° config, con setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	27 febbraio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1.0	valle ponte Romito	45	179.15	50.07	0.44	2.53	6.45	6.78
1	valle ponte Romito	89	157.46	49.29	0.82	4.66	5.67	6.78
2	monte sez 117D	127	106.67	47.46	0.89	5.05	3.84	5.14
3	cassa sfioro	170	76.96	46.39	0.07	0.40	2.77	2.78
4	sfioratore monte	154	130.10	48.30	0.04	0.21	4.68	4.69
5	sfioratore centro	168	135.10	48.48	0.55	3.11	4.86	5.36
6	sfioratore valle	176	132.01	48.37	0.44	2.53	4.75	5.08
7	sez 118A	166	137.57	48.57	0.78	4.47	4.95	5.97
8	valle sez. 118A	179	130.36	48.31	0.89	5.05	4.69	5.99
9	monte sez. 118B	189	133.82	48.44	0.61	3.50	4.82	5.44
10	inizio bypass coperto	198	75.88	46.35	0.07	0.40	2.73	2.74
11	inizio bypass coperto	198	74.55	46.30	0.10	0.59	2.68	2.70
12	inizio sottopasso	198	137.50	48.57	1.02	5.83	4.95	6.68
13	inizio sottopasso	198	128.65	48.25	0.68	3.89	4.63	5.40
14	inizio sottopasso	198	120.70	47.97	0.68	3.89	4.35	5.12
15	metà bypass coperto	322	80.71	46.53	0.07	0.40	2.91	2.91
16	metà bypass coperto	322	75.99	46.36	0.07	0.40	2.74	2.74
17	metà sottopasso	322	129.82	48.29	0.89	5.05	4.67	5.97
18	metà sottopasso	322	106.93	47.47	0.92	5.25	3.85	5.25
19	metà sottopasso	322	94.50	47.02	0.89	5.05	3.40	4.70
20	fine bypass coperto	456	76.53	46.38	0.09	0.50	2.76	2.77
21	fine bypass coperto	456	76.94	46.39	0.07	0.40	2.77	2.78
22	fine sottopasso	456	95.79	47.07	1.02	5.83	3.45	5.18
23	fine sottopasso	456	72.58	46.23	1.02	5.83	2.61	4.34
24	fine sottopasso	456	73.16	46.25	0.95	5.44	2.63	4.14
25	sbocco bypass	480	72.48	46.23	0.21	1.18	2.61	2.68
26	valle sottopasso	474	77.36	46.40	0.14	0.79	2.78	2.82
27	5 m valle sez 118C	509	80.52	46.52	0.92	5.25	2.90	4.30
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.51	2.92	3.46	3.89

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.35	2.71	1.6	2.9
Portata Bypass canna destra	0.30	2.32	1.3	
Portata Mugnone canna sinistra	9.69	75.36	43.3	97.1
Portata Mugnone canna centrale	6.91	53.72	30.8	
Portata Mugnone canna destra	5.15	40.04	23.0	
Portata totale immessa	22.40	174.15	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.45	variazione rispetto media	+ 0.17 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	4.41 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, sfioratore 2° config, con setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	27 febbraio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1.0	valle ponte Romito	45	189.89	50.46	0.44	2.53	6.84	7.16
1	valle ponte Romito	89	154.08	49.17	0.85	4.86	5.55	6.75
2	monte sez 117D	127	115.19	47.77	0.92	5.25	4.15	5.55
3	cassa sfioro	170	85.94	46.71	0.10	0.59	3.09	3.11
4	sfioratore monte	154	136.01	48.52	0.14	0.79	4.90	4.93
5	sfioratore centro	168	140.79	48.69	0.72	4.08	5.07	5.92
6	sfioratore valle	176	136.08	48.52	0.61	3.50	4.90	5.52
7	sez 118A	166	141.09	48.70	0.89	5.05	5.08	6.38
8	valle sez 118A	179	135.35	48.49	0.92	5.25	4.87	6.27
9	monte sez. 118B	189	138.27	48.60	0.75	4.28	4.98	5.91
10	inizio bypass coperto	198	90.21	46.87	0.21	1.18	3.25	3.32
11	inizio bypass coperto	198	85.03	46.68	0.10	0.59	3.06	3.08
12	inizio sottopasso	198	144.49	48.82	0.99	5.63	5.20	6.82
13	inizio sottopasso	198	136.01	48.52	0.78	4.47	4.90	5.91
14	inizio sottopasso	198	125.18	48.13	0.78	4.47	4.51	5.52
15	metà bypass coperto	322	90.01	46.86	0.14	0.79	3.24	3.27
16	metà bypass coperto	322	85.73	46.71	0.07	0.40	3.09	3.09
17	metà sottopasso	322	137.17	48.56	0.89	5.05	4.94	6.24
18	metà sottopasso	322	117.13	47.84	0.82	4.66	4.22	5.33
19	metà sottopasso	322	101.37	47.27	0.85	4.86	3.65	4.85
20	fine bypass coperto	456	90.32	46.87	0.14	0.79	3.25	3.28
21	fine bypass coperto	456	86.23	46.72	0.07	0.40	3.10	3.11
22	fine sottopasso	456	103.61	47.35	1.02	5.83	3.73	5.46
23	fine sottopasso	456	87.53	46.77	1.02	5.83	3.15	4.88
24	fine sottopasso	456	81.06	46.54	0.95	5.44	2.92	4.43
25	sbocco bypass	480	87.00	46.75	0.10	0.59	3.13	3.15
26	valle sottopasso	474	90.10	46.86	0.14	0.79	3.24	3.28
27	5 m valle sez 118C	509	97.45	47.13	0.89	5.05	3.51	4.81
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.58	3.31	3.78	4.34

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.88	6.85	3.5	5.1
Portata Bypass canna destra	0.40	3.13	1.6	
Portata Mugnone canna sinistra	10.63	82.65	42.5	94.9
Portata Mugnone canna centrale	7.32	56.95	29.3	
Portata Mugnone canna destra	5.79	45.02	23.1	
Portata totale immessa	25.03	194.60	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	24.95	variazione rispetto media	± 0.18 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	0.30 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato I

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, sfioratore 2° config. con setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	27 febbraio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1.0	valle ponte Romito	45	197.55	50.73	0.48	2.73	7.11	7.49
1	valle ponte Romito	89	155.41	49.21	0.89	5.05	5.59	6.90
2	monte sez 117D	127	121.02	47.98	0.99	5.63	4.36	5.97
3	cassa sfioro	170	100.87	47.25	0.27	1.56	3.63	3.76
4	sfioratore monte	154	136.10	48.52	0.34	1.95	4.90	5.09
5	sfioratore centro	168	140.54	48.68	0.85	4.86	5.06	6.26
6	sfioratore valle	176	134.48	48.46	0.65	3.69	4.84	5.54
7	sez 118A	166	144.89	48.84	0.99	5.63	5.22	6.83
8	valle sez 118A	179	138.18	48.59	0.95	5.44	4.97	6.48
9	monte sez 118B	189	144.70	48.83	0.78	4.47	5.21	6.23
10	inizio bypass coperto	198	105.43	47.42	0.21	1.18	3.80	3.87
11	inizio bypass coperto	198	100.72	47.25	0.07	0.40	3.63	3.63
12	inizio sottopasso	198	150.64	49.04	0.99	5.63	5.42	7.04
13	inizio sottopasso	198	139.61	48.65	0.92	5.25	5.03	6.43
14	inizio sottopasso	198	132.28	48.38	0.68	3.89	4.76	5.53
15	metà bypass coperto	322	104.14	47.37	0.21	1.18	3.75	3.82
16	metà bypass coperto	322	102.58	47.31	0.07	0.40	3.69	3.70
17	metà sottopasso	322	144.60	48.83	0.89	5.05	5.21	6.51
18	metà sottopasso	322	118.90	47.90	0.82	4.66	4.28	5.39
19	metà sottopasso	322	103.67	47.35	0.78	4.47	3.73	4.75
20	fine bypass coperto	456	105.29	47.41	0.17	0.98	3.79	3.84
21	fine bypass coperto	456	102.41	47.31	0.07	0.40	3.69	3.69
22	fine sottopasso	456	108.36	47.52	1.09	6.21	3.90	5.87
23	fine sottopasso	456	88.81	46.82	1.09	6.21	3.20	5.17
24	fine sottopasso	456	82.94	46.61	1.02	5.83	2.99	4.72
25	sbocco bypass	480	103.50	47.35	0.17	0.98	3.73	3.78
26	valle sottopasso	474	101.41	47.27	0.21	1.18	3.65	3.72
27	5 m valle sez 118C	509	105.53	47.42	0.89	5.05	3.80	5.10
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.61	3.50	4.07	4.69

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 13.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.76	13.67	6.5	8.7
Portata Bypass canna destra	0.58	4.52	2.2	
Portata Mugnone canna sinistra	11.58	90.03	42.8	91.3
Portata Mugnone canna centrale	7.53	58.55	27.9	
Portata Mugnone canna destra	5.59	43.43	20.7	
Portata totale immessa	27.03	210.20	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.22	variazione rispetto media	± 0.14 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	4.21 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, sfioratore 2° config, con setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	27 febbraio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1.0	valle ponte Romito	45	205.00	51.00	0.55	3.11	7.38	7.87
1	valle ponte Romito	89	163.31	49.50	1.06	6.02	5.88	7.73
2	monte sez 117D	127	121.90	48.01	1.06	6.02	4.39	6.24
3	cassa sfioro	170	137.06	48.55	0.14	0.79	4.93	4.97
4	sfioratore monte	154	136.85	48.55	0.38	2.14	4.93	5.16
5	sfioratore centro	168	140.88	48.69	0.82	4.66	5.07	6.18
6	sfioratore valle	176	139.07	48.63	0.85	4.86	5.01	6.21
7	sez 118A	166	149.67	49.01	0.95	5.44	5.39	6.90
8	valle sez 118A	179	146.27	48.89	0.89	5.05	5.27	6.57
9	monte sez 118B	189	153.28	49.14	0.65	3.69	5.52	6.21
10	inizio bypass coperto	198	140.89	48.69	0.14	0.79	5.07	5.10
11	inizio bypass coperto	198	139.97	48.66	0.07	0.40	5.04	5.05
12	inizio sottopasso	198	156.84	49.27	0.95	5.44	5.65	7.15
13	inizio sottopasso	198	146.60	48.90	0.75	4.28	5.28	6.21
14	inizio sottopasso	198	139.66	48.65	0.58	3.31	5.03	5.59
15	metà bypass coperto	322	140.23	48.67	0.21	1.18	5.05	5.12
16	metà bypass coperto	322	141.69	48.72	0.07	0.40	5.10	5.11
17	metà sottopasso	322	151.03	49.06	0.89	5.05	5.44	6.74
18	metà sottopasso	322	135.82	48.51	0.75	4.28	4.89	5.82
19	metà sottopasso	322	136.30	48.53	0.61	3.50	4.91	5.53
20	fine bypass coperto	456	138.67	48.61	0.17	0.98	4.99	5.04
21	fine bypass coperto	456	138.64	48.61	0.07	0.40	4.99	5.00
22	fine sottopasso	456	120.34	47.95	1.06	6.02	4.33	6.18
23	fine sottopasso	456	132.27	48.38	0.78	4.47	4.76	5.78
24	fine sottopasso	456	135.41	48.49	0.58	3.31	4.87	5.43
25	sbocco bypass	480	142.17	48.74	0.14	0.79	5.12	5.15
26	valle sottopasso	474	138.15	48.59	0.24	1.37	4.97	5.07
27	5 m valle sez 118C	509	139.27	48.63	0.55	3.11	5.01	5.51
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.38	2.14	5.11	5.35

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa
Portata Bypass canna sinistra	2.89	22.46	9.0
Portata Bypass canna destra	1.00	7.77	3.1
Portata Mugnone canna sinistra	12.40	96.41	38.5
Portata Mugnone canna centrale	8.70	67.65	27.0
Portata Mugnone canna destra	7.24	56.31	22.5
Portata totale immessa	32.23	250.61	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.48	variazione rispetto media	± 0.13 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	0.77 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, sfioratore 2° config, senza setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	27 febbraio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1.0	valle ponte Romito	45	179.52	50.08	0.44	2.53	6.46	6.79
1	valle ponte Romito	89	159.42	49.36	0.75	4.28	5.74	6.67
2	monte sez 117D	127	110.70	47.61	0.92	5.25	3.99	5.39
3	cassa sfioro	170	95.79	47.07	0.07	0.40	3.45	3.46
4	sfioratore monte	154	133.26	48.42	0.04	0.21	4.80	4.80
5	sfioratore centro	168	137.76	48.58	0.44	2.53	4.96	5.29
6	sfioratore valle	176	134.80	48.47	0.44	2.53	4.85	5.18
7	sez 118A	166	139.46	48.64	0.78	4.47	5.02	6.04
8	valle sez 118A	179	132.63	48.39	0.89	5.05	4.77	6.08
9	monte sez 118B	189	137.80	48.58	0.61	3.50	4.96	5.59
10	inizio bypass coperto	198	89.59	46.85	0.14	0.79	3.23	3.26
11	inizio bypass coperto	198	89.52	46.84	0.07	0.40	3.22	3.23
12	inizio sottopasso	198	139.30	48.63	0.95	5.44	5.01	6.52
13	inizio sottopasso	198	133.78	48.44	0.78	4.47	4.82	5.83
14	inizio sottopasso	198	126.00	48.16	0.75	4.28	4.54	5.47
15	metà bypass coperto	322	79.65	46.49	0.10	0.59	2.87	2.89
16	metà bypass coperto	322	78.36	46.44	0.07	0.40	2.82	2.83
17	metà sottopasso	322	134.37	48.46	0.82	4.66	4.84	5.95
18	metà sottopasso	322	115.17	47.77	0.78	4.47	4.15	5.16
19	metà sottopasso	322	98.10	47.15	0.82	4.66	3.53	4.64
20	fine bypass coperto	456	79.69	46.49	0.07	0.40	2.87	2.88
21	fine bypass coperto	456	79.60	46.49	0.07	0.40	2.87	2.87
22	fine sottopasso	456	103.60	47.35	1.02	5.83	3.73	5.46
23	fine sottopasso	456	83.40	46.62	1.02	5.83	3.00	4.73
24	fine sottopasso	456	77.24	46.40	0.89	5.05	2.78	4.08
25	sbocco bypass	480	76.12	46.36	0.17	0.98	2.74	2.79
26	valle sottopasso	474	80.87	46.53	0.14	0.79	2.91	2.94
27	5 m valle sez 118C	509	79.70	46.49	0.85	4.86	2.87	4.07
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.51	2.92	3.46	3.89

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.50	3.89	2.2	3.7
Portata Bypass canna destra	0.32	2.51	1.5	
Portata Mugnone canna sinistra	9.48	73.74	42.6	96.3
Portata Mugnone canna centrale	6.80	52.90	30.5	
Portata Mugnone canna destra	5.18	40.24	23.2	
Portata totale immessa	22.29	173.29	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.46	variazione rispetto media	± 0.16 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.85 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, sfioratore 2° config, senza setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	27 febbraio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1.0	valle ponte Romito	45	189.76	50.45	0.51	2.92	6.83	7.27
1	valle ponte Romito	89	151.20	49.06	0.99	5.63	5.44	7.06
2	monte sez 117D	127	115.92	47.79	0.99	5.63	4.17	5.79
3	cassa sfioro	170	85.96	46.71	0.14	0.79	3.09	3.13
4	sfioratore monte	154	133.90	48.44	0.07	0.40	4.82	4.83
5	sfioratore centro	168	139.83	48.65	0.72	4.08	5.03	5.88
6	sfioratore valle	176	133.57	48.43	0.61	3.50	4.81	5.43
7	sez 118A	166	141.78	48.72	0.89	5.05	5.10	6.40
8	valle sez 118A	179	133.64	48.43	0.92	5.25	4.81	6.21
9	monte sez 118B	189	139.61	48.65	0.75	4.28	5.03	5.96
10	inizio bypass coperto	198	87.29	46.76	0.27	1.56	3.14	3.27
11	inizio bypass coperto	198	87.43	46.77	0.07	0.40	3.15	3.16
12	inizio sottopasso	198	149.42	49.00	1.06	6.02	5.38	7.23
13	inizio sottopasso	198	138.49	48.61	0.78	4.47	4.99	6.00
14	inizio sottopasso	198	128.08	48.23	0.68	3.89	4.61	5.38
15	metà bypass coperto	322	88.68	46.81	0.21	1.18	3.19	3.26
16	metà bypass coperto	322	85.44	46.70	0.07	0.40	3.08	3.08
17	metà sottopasso	322	136.74	48.54	0.89	5.05	4.92	6.22
18	metà sottopasso	322	114.79	47.75	0.92	5.25	4.13	5.53
19	metà sottopasso	322	98.23	47.16	0.92	5.25	3.54	4.94
20	fine bypass coperto	456	85.82	46.71	0.17	0.98	3.09	3.14
21	fine bypass coperto	456	85.89	46.71	0.07	0.40	3.09	3.10
22	fine sottopasso	456	102.50	47.31	1.02	5.83	3.69	5.42
23	fine sottopasso	456	83.23	46.62	1.02	5.83	3.00	4.73
24	fine sottopasso	456	77.55	46.41	0.92	5.25	2.79	4.19
25	sbocco bypass	480	84.40	46.66	0.10	0.59	3.04	3.06
26	valle sottopasso	474	84.70	46.67	0.14	0.79	3.05	3.08
27	5 m valle sez 118C	509	93.96	47.00	0.89	5.05	3.38	4.68
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.58	3.31	3.78	4.34

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.27	9.90	4.9	6.4
Portata Bypass canna destra	0.40	3.10	1.5	
Portata Mugnone canna sinistra	10.57	82.23	40.6	93.6
Portata Mugnone canna centrale	7.93	61.68	30.5	
Portata Mugnone canna destra	5.84	45.39	22.4	
Portata totale immessa	26.02	202.31	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	25.19	variazione rispetto media	± 0.17 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.28 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, sfioratore 2° config, senza setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	27 febbraio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [nm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1.0	valle ponte Romito	45	198.04	50.75	0.48	2.73	7.13	7.51
1	valle ponte Romito	89	156.27	49.25	0.89	5.05	5.63	6.93
2	monte sez 117D	127	120.49	47.96	0.99	5.63	4.34	5.95
3	cassa sfioro	170	99.03	47.19	0.27	1.56	3.57	3.69
4	sfioratore monte	154	135.96	48.51	0.34	1.95	4.89	5.09
5	sfioratore centro	168	140.99	48.70	0.85	4.86	5.08	6.28
6	sfioratore valle	176	134.67	48.47	0.65	3.69	4.85	5.54
7	sez 118A	166	145.70	48.87	0.99	5.63	5.25	6.86
8	valle sez 118A	179	138.59	48.61	0.99	5.63	4.99	6.61
9	monte sez 118B	189	144.13	48.81	0.78	4.47	5.19	6.21
10	inizio bypass coperto	198	104.01	47.36	0.24	1.37	3.74	3.84
11	inizio bypass coperto	198	100.45	47.24	0.07	0.40	3.62	3.62
12	inizio sottopasso	198	150.27	49.03	1.02	5.83	5.41	7.14
13	inizio sottopasso	198	138.29	48.60	0.89	5.05	4.98	6.28
14	inizio sottopasso	198	132.34	48.38	0.68	3.89	4.76	5.53
15	metà bypass coperto	322	105.35	47.41	0.24	1.37	3.79	3.89
16	metà bypass coperto	322	102.47	47.31	0.07	0.40	3.69	3.70
17	metà sottopasso	322	143.64	48.79	0.89	5.05	5.17	6.47
18	metà sottopasso	322	120.98	47.98	0.82	4.66	4.36	5.46
19	metà sottopasso	322	103.23	47.34	0.89	5.05	3.72	5.02
20	fine bypass coperto	456	101.76	47.28	0.21	1.18	3.66	3.73
21	fine bypass coperto	456	102.38	47.31	0.07	0.40	3.69	3.69
22	fine sottopasso	456	105.70	47.43	1.09	6.21	3.81	5.77
23	fine sottopasso	456	87.29	46.76	1.09	6.21	3.14	5.11
24	fine sottopasso	456	81.40	46.55	0.99	5.63	2.93	4.55
25	sbocco bypass	480	101.60	47.28	0.21	1.18	3.66	3.73
26	valle sottopasso	474	99.30	47.19	0.21	1.18	3.57	3.65
27	5 m valle sez 118C	509	103.43	47.34	0.89	5.05	3.72	5.02
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.61	3.50	4.07	4.69

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.09	16.27	7.4	9.5
Portata Bypass canna destra	0.58	4.51	2.1	
Portata Mugnone canna sinistra	11.45	89.07	40.7	90.5
Portata Mugnone canna centrale	7.77	60.42	27.6	
Portata Mugnone canna destra	6.26	48.65	22.2	
Portata totale immessa	28.15	218.92	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.35	variazione rispetto media	± 0.11 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	0.69 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, sfioratore 2° config, senza setto allo sbocco
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	27 febbraio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1.0	valle ponte Romito	45	205.72	51.03	0.55	3.11	7.41	7.90
1	valle ponte Romito	89	162.47	49.47	1.06	6.02	5.85	7.70
2	monte sez 117D	127	121.59	48.00	1.06	6.02	4.38	6.22
3	cassa sfioro	170	136.52	48.53	0.14	0.79	4.91	4.95
4	sfioratore monte	154	136.07	48.52	0.38	2.14	4.90	5.13
5	sfioratore centro	168	141.47	48.71	0.82	4.66	5.09	6.20
6	sfioratore valle	176	138.30	48.60	0.85	4.86	4.98	6.18
7	sez 118A	166	150.28	49.03	0.95	5.44	5.41	6.92
8	valle sez 118A	179	144.78	48.83	0.89	5.05	5.21	6.51
9	monte sez 118B	189	152.75	49.12	0.65	3.69	5.50	6.19
10	inizio bypass coperto	198	138.40	48.60	0.17	0.98	4.98	5.03
11	inizio bypass coperto	198	139.67	48.65	0.07	0.40	5.03	5.04
12	inizio sottopasso	198	156.80	49.26	1.02	5.83	5.64	7.38
13	inizio sottopasso	198	148.36	48.96	0.72	4.08	5.34	6.19
14	inizio sottopasso	198	140.66	48.68	0.58	3.31	5.06	5.62
15	metà bypass coperto	322	140.24	48.67	0.21	1.18	5.05	5.12
16	metà bypass coperto	322	139.10	48.63	0.07	0.40	5.01	5.02
17	metà sottopasso	322	150.54	49.04	0.89	5.05	5.42	6.72
18	metà sottopasso	322	135.31	48.49	0.78	4.47	4.87	5.89
19	metà sottopasso	322	134.41	48.46	0.75	4.28	4.84	5.77
20	fine bypass coperto	456	138.59	48.61	0.17	0.98	4.99	5.04
21	fine bypass coperto	456	138.60	48.61	0.10	0.59	4.99	5.01
22	fine sottopasso	456	118.22	47.88	1.09	6.21	4.26	6.22
23	fine sottopasso	456	131.53	48.36	0.75	4.28	4.74	5.67
24	fine sottopasso	456	134.83	48.47	0.55	3.11	4.85	5.35
25	sbocco bypass	480	139.84	48.65	0.14	0.79	5.03	5.07
26	valle sottopasso	474	138.71	48.61	0.27	1.56	4.99	5.12
27	5 m valle sez 118C	509	139.05	48.63	0.55	3.11	5.01	5.50
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.38	2.14	5.11	5.35

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.89	22.47	8.5	11.4
Portata Bypass canna destra	0.97	7.55	2.9	
Portata Mugnone canna sinistra	12.34	95.92	36.4	88.6
Portata Mugnone canna centrale	9.04	70.28	26.7	
Portata Mugnone canna destra	8.64	67.20	25.5	
Portata totale immessa	33.88	263.43	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.54	variazione rispetto inedia	± 0.12 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	4.11 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella. allegato I

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto con solo Mugnone
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	2 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	156.67	49.26	0.51	3.23	5.64	6.17
2	monte sez 117D	128	148.44	48.96	0.41	2.58	5.34	5.68
7	sez 118A	166	142.13	48.74	0.58	3.66	5.12	5.80
8	valle sez 118A	179	139.39	48.64	0.58	3.66	5.02	5.70
9	monte sez 118B	189	140.39	48.67	0.44	2.80	5.05	5.45
12	inizio sottopasso	198	131.63	48.36	0.75	4.73	4.74	5.88
13	inizio sottopasso	198	127.42	48.21	0.65	4.08	4.59	5.44
14	inizio sottopasso	198	134.76	48.47	0.72	4.51	4.85	5.89
17	metà sottopasso	322	117.22	47.84	0.82	5.15	4.22	5.57
18	metà sottopasso	322	106.49	47.45	0.78	4.94	3.83	5.08
19	metà sottopasso	322	104.20	47.37	0.82	5.15	3.75	5.11
22	fine sottopasso	456	90.44	46.88	0.99	6.23	3.26	5.23
23	fine sottopasso	456	79.24	46.47	1.02	6.44	2.85	4.97
24	fine sottopasso	456	84.30	46.65	1.02	6.44	3.03	5.15
26	valle sottopasso	474	64.67	45.95	1.09	6.87	2.33	4.73
27	5 m valle sez 118C	509	86.29	46.73	0.72	4.51	3.11	4.14
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.61	3.87	3.46	4.22

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.00	0.00	0.0	0.0
Portata Bypass canna destra	0.00	0.00	0.0	
Portata Mugnone canna sinistra	8.25	64.14	38.9	100.0
Portata Mugnone canna centrale	6.45	50.18	30.4	
Portata Mugnone canna destra	6.51	50.62	30.7	
Portata totale immessa	21.21	164.94	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.27	variazione rispetto media	± 0.15 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	0.28 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto con solo Mugnone
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	2 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezometro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	164.40	49.54	0.55	3.44	5.92	6.52
2	monte sez 117D	128	158.45	49.32	0.44	2.80	5.70	6.10
7	sez 118A	166	150.53	49.04	0.61	3.87	5.42	6.18
8	valle sez 118A	179	148.88	48.98	0.58	3.66	5.36	6.04
9	monte sez 118B	189	150.64	49.04	0.41	2.58	5.42	5.76
12	inizio sottopasso	198	142.28	48.74	0.82	5.15	5.12	6.48
13	inizio sottopasso	198	137.06	48.55	0.68	4.30	4.93	5.88
14	inizio sottopasso	198	143.94	48.80	0.68	4.30	5.18	6.12
17	metà sottopasso	322	129.33	48.28	0.82	5.15	4.66	6.01
18	metà sottopasso	322	114.54	47.74	0.78	4.94	4.12	5.37
19	metà sottopasso	322	112.69	47.68	0.92	5.80	4.06	5.77
22	fine sottopasso	456	95.81	47.07	1.02	6.44	3.45	5.56
23	fine sottopasso	456	82.69	46.60	1.02	6.44	2.98	5.09
24	fine sottopasso	456	88.97	46.82	1.02	6.44	3.20	5.32
26	valle sottopasso	474	64.64	45.95	1.12	7.08	2.33	4.88
27	5 m valle sez 118C	509	101.26	47.27	0.65	4.08	3.65	4.50
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.51	3.23	3.78	4.31

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.00	0.00	0.0	0.0
Portata Bypass canna destra	0.00	0.00	0.0	
Portata Mugnone canna sinistra	9.83	76.40	38.0	100.0
Portata Mugnone canna centrale	7.44	57.86	28.8	
Portata Mugnone canna destra	8.56	66.53	33.1	
Portata totale immessa	25.82	200.80	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	25.09	variazione rispetto media	± 0.11 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.92 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto con solo Mugnone
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	2 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	172.26	49.82	0.58	3.66	6.20	6.88
2	monte sez 117D	128	165.45	49.58	0.44	2.80	5.96	6.36
7	sez 118A	166	158.69	49.33	0.58	3.66	5.71	6.39
8	valle sez 118A	179	157.96	49.31	0.55	3.44	5.69	6.29
9	monte sez 118B	189	158.89	49.34	0.48	3.01	5.72	6.18
12	inizio sottopasso	198	150.51	49.04	0.82	5.15	5.42	6.77
13	inizio sottopasso	198	145.10	48.84	0.68	4.30	5.22	6.17
14	inizio sottopasso	198	151.93	49.09	0.68	4.30	5.47	6.41
17	metà sottopasso	322	136.53	48.54	0.89	5.58	4.92	6.50
18	metà sottopasso	322	121.16	47.98	0.72	4.51	4.36	5.40
19	metà sottopasso	322	121.07	47.98	0.95	6.01	4.36	6.20
22	fine sottopasso	456	101.03	47.26	1.09	6.87	3.64	6.04
23	fine sottopasso	456	88.92	46.82	1.09	6.87	3.20	5.61
24	fine sottopasso	456	94.07	47.01	1.12	7.08	3.39	5.94
26	valle sottopasso	474	91.92	46.93	0.24	1.51	3.31	3.43
27	5 m valle sez 118C	509	96.10	47.08	0.99	6.23	3.46	5.44
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.61	3.87	4.07	4.83

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.00	0.00	0.0	0.0
Portata Bypass canna destra	0.00	0.00	0.0	
Portata Mugnone canna sinistra	11.66	90.65	39.7	100.0
Portata Mugnone canna centrale	7.54	58.61	25.7	
Portata Mugnone canna destra	10.14	78.82	34.6	
Portata totale immessa	29.33	228.09	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.49	variazione rispetto media	± 0.15l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.96 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	2° conf. progetto con solo Mugnone
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	2 febbraio 2003

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	59	180.12	50.10	0.61	3.87	6.48	7.25
2	monte sez 117D	128	174.50	49.90	0.51	3.23	6.28	6.81
7	sez 118A	166	168.81	49.70	0.58	3.66	6.08	6.76
8	valle sez 118A	179	167.98	49.67	0.65	4.08	6.05	6.90
9	monte sez 118B	189	168.29	49.68	0.48	3.01	6.06	6.52
12	inizio sottopasso	198	159.96	49.38	0.85	5.37	5.76	7.23
13	inizio sottopasso	198	155.32	49.21	0.68	4.30	5.59	6.53
14	inizio sottopasso	198	160.02	49.38	0.68	4.30	5.76	6.70
17	metà sottopasso	322	144.95	48.84	0.89	5.58	5.22	6.81
18	metà sottopasso	322	132.86	48.40	0.72	4.51	4.78	5.82
19	metà sottopasso	322	133.86	48.44	0.95	6.01	4.82	6.66
22	fine sottopasso	456	114.52	47.74	1.12	7.08	4.12	6.68
23	fine sottopasso	456	122.79	48.04	0.92	5.80	4.42	6.13
24	fine sottopasso	456	116.00	47.80	1.06	6.65	4.18	6.43
26	valle sottopasso	474	138.29	48.60	0.44	2.80	4.98	5.38
27	5 m valle sez 118C	509	141.11	48.70	0.44	2.80	5.08	5.48
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.41	2.58	5.11	5.45

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.00	0.00	0.0	0.0
Portata Bypass canna destra	0.00	0.00	0.0	
Portata Mugnone canna sinistra	12.85	99.89	38.0	100.0
Portata Mugnone canna centrale	8.85	68.81	26.2	
Portata Mugnone canna destra	12.07	93.83	35.7	
Portata totale immessa	33.76	262.52	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.59	variazione rispetto media	± 0.15 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.59 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, solo Mugnone
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	9 gennaio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	45	171.75	49.80	0.41	2.58	6.18	6.52
2	monte sez 117D	89	150.13	49.02	0.75	4.73	5.40	6.54
3	valle sez 117D	126	138.38	48.60	0.85	5.37	4.98	6.45
8	valle sez 118A	179	136.64	48.54	0.58	3.66	4.92	5.60
12	inizio sottopasso	198	127.91	48.22	0.44	2.80	4.60	5.00
13	inizio sottopasso	198	126.82	48.19	0.51	3.23	4.57	5.10
14	inizio sottopasso	198	127.23	48.20	0.92	5.80	4.58	6.29
17	metà sottopasso	322	123.82	48.08	0.78	4.94	4.46	5.70
18	metà sottopasso	322	107.43	47.49	0.82	5.15	3.87	5.22
19	metà sottopasso	322	103.17	47.33	0.85	5.37	3.71	5.18
22	fine sottopasso	456	91.16	46.90	0.95	6.01	3.28	5.12
23	fine sottopasso	456	75.98	46.36	0.99	6.23	2.74	4.71
24	fine sottopasso	456	78.74	46.45	0.99	6.23	2.83	4.81
26	valle sottopasso	474	61.41	45.83	1.06	6.65	2.21	4.47
27	5 m valle sez 118C	509	89.97	46.86	0.68	4.30	3.24	4.18
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.48	3.01	3.46	3.92

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.00	0.00	0.0	0.0
Portata Bypass canna destra	0.00	0.00	0.0	
Portata Mugnone canna sinistra	8.73	67.88	39.3	100.0
Portata Mugnone canna centrale	6.85	53.29	30.8	
Portata Mugnone canna destra	6.64	51.64	29.9	
Portata totale immessa	22.22	172.81	100.0	

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.45	variazione rispetto media	± 0.18 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.61 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	9 gennaio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	45	184.53	50.26	0.44	2.80	6.64	7.04
2	monte sez 117D	89	158.47	49.32	0.85	5.37	5.70	7.17
3	valle sez 117D	126	141.48	48.71	0.85	5.37	5.09	6.56
8	valle sez 118A	179	139.69	48.65	0.68	4.30	5.03	5.97
12	inizio sottopasso	198	132.79	48.40	0.38	2.37	4.78	5.07
13	inizio sottopasso	198	129.14	48.27	0.65	4.08	4.65	5.50
14	inizio sottopasso	198	131.42	48.35	0.82	5.15	4.73	6.09
17	metà sottopasso	322	127.80	48.22	0.78	4.94	4.60	5.84
18	metà sottopasso	322	107.57	47.49	0.85	5.37	3.87	5.34
19	metà sottopasso	322	104.60	47.39	0.92	5.80	3.77	5.48
22	fine sottopasso	456	91.17	46.90	1.02	6.44	3.28	5.40
23	fine sottopasso	456	76.59	46.38	0.99	6.23	2.76	4.73
24	fine sottopasso	456	80.50	46.52	1.02	6.44	2.90	5.01
26	valle sottopasso	474	89.14	46.83	0.07	0.44	3.21	3.22
27	5 m valle sez 118C	509	93.02	46.97	0.78	4.94	3.35	4.59
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.38	2.37	3.78	4.07

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.00	0.00	0.0	0.0
Portata Bypass canna destra	0.00	0.00	0.0	
Portata Mugnone canna sinistra	9.23	71.74	38.8	100.0
Portata Mugnone canna centrale	7.16	55.65	30.1	
Portata Mugnone canna destra	7.38	57.38	31.1	
Portata totale immessa	23.76	184.78	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	24.95	variazione rispetto media	± 0.18 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	4.76 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, solo Mugnone
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	9 gennaio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	45	196.62	50.70	0.41	2.58	7.08	7.42
2	monte sez 117D	89	171.64	49.80	0.75	4.73	6.18	7.32
3	valle sez 117D	126	149.59	49.01	0.85	5.37	5.39	6.85
8	valle sez 118A	179	148.50	48.97	0.58	3.66	5.35	6.03
12	inizio sottopasso	198	151.20	49.06	0.44	2.80	5.44	5.84
13	inizio sottopasso	198	141.63	48.72	0.51	3.23	5.10	5.63
14	inizio sottopasso	198	147.71	48.94	0.92	5.80	5.32	7.03
17	metà sottopasso	322	141.33	48.71	0.78	4.94	5.09	6.33
18	metà sottopasso	322	118.70	47.89	0.82	5.15	4.27	5.63
19	metà sottopasso	322	118.89	47.90	0.85	5.37	4.28	5.75
22	fine sottopasso	456	102.42	47.31	0.95	6.01	3.69	5.53
23	fine sottopasso	456	84.13	46.65	0.99	6.23	3.03	5.00
24	fine sottopasso	456	89.27	46.83	0.99	6.23	3.21	5.19
26	valle sottopasso	474	92.48	46.95	1.06	6.65	3.33	5.59
27	5 m valle sez 118C	509	96.35	47.09	0.68	4.30	3.47	4.41
28	monte paratoia CV	596	113.00	47.69	0.48	3.01	4.07	4.53

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.00	0.00	0.0	0.0
Portata Bypass canna destra	0.00	0.00	0.0	
Portata Mugnone canna sinistra	10.92	84.88	39.0	100.0
Portata Mugnone canna centrale	8.30	64.51	29.7	
Portata Mugnone canna destra	8.76	68.11	31.3	
Portata totale immessa	27.97	217.50	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.39	variazione rispetto media	± 0.15 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	1.48 %		

Modello fisico del bypass del Torrente Mugnone a Santa Maria Novella: allegato 1

CONFIGURAZIONE	stato monte attuale, solo Mugnone
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	9 gennaio 2004

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	valle ponte Romito	45	204.84	50.99	0.44	2.80	7.37	7.77
2	monte sez 117D	89	178.14	50.03	0.85	5.37	6.41	7.88
3	valle sez 117D	126	153.73	49.15	0.99	6.23	5.53	7.51
8	valle sez 118A	179	155.28	49.21	0.85	5.37	5.59	7.06
12	inizio sottopasso	198	164.41	49.54	0.65	4.08	5.92	6.77
13	inizio sottopasso	198	151.53	49.08	0.72	4.51	5.46	6.49
14	inizio sottopasso	198	156.23	49.24	0.82	5.15	5.62	6.98
17	metà sottopasso	322	151.48	49.07	0.85	5.37	5.45	6.92
18	metà sottopasso	322	129.55	48.28	0.85	5.37	4.66	6.13
19	metà sottopasso	322	130.75	48.33	0.85	5.37	4.71	6.18
22	fine sottopasso	456	114.19	47.73	1.09	6.87	4.11	6.52
23	fine sottopasso	456	120.92	47.97	0.85	5.37	4.35	5.82
24	fine sottopasso	456	119.48	47.92	0.92	5.80	4.30	6.01
26	valle sottopasso	474	132.64	48.40	0.34	2.16	4.78	5.01
27	5 m valle sez 118C	509	139.25	48.63	0.44	2.80	5.01	5.41
28	monte paratoia CV	596	142.00	48.73	0.44	2.80	5.11	5.51

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione filo valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello - 43.62 m s.l.m

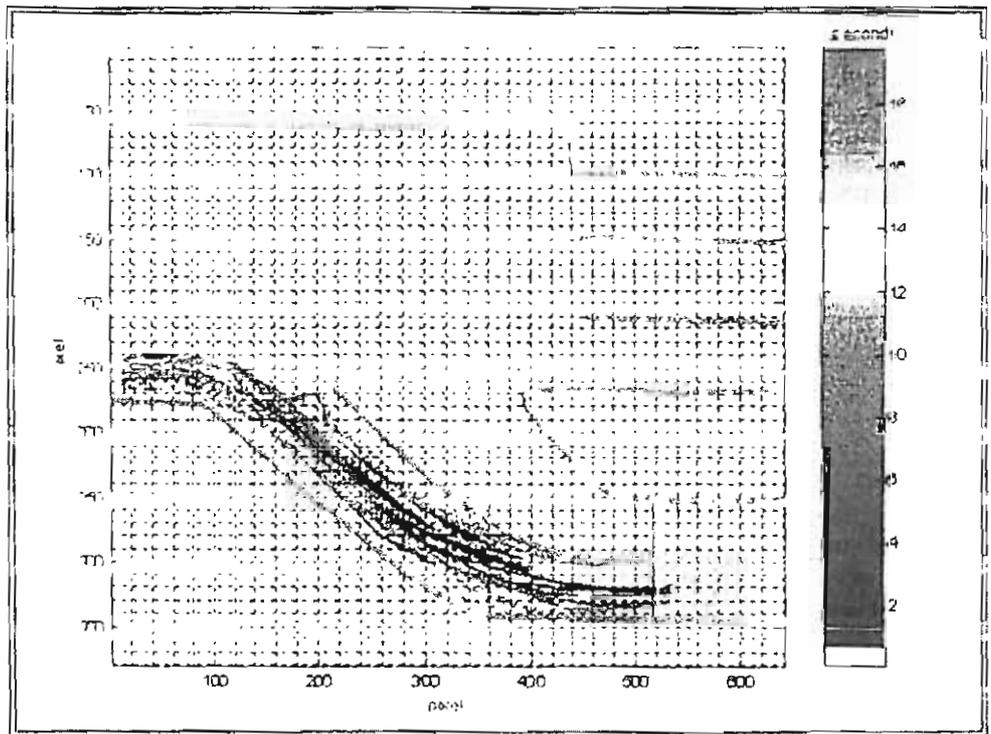
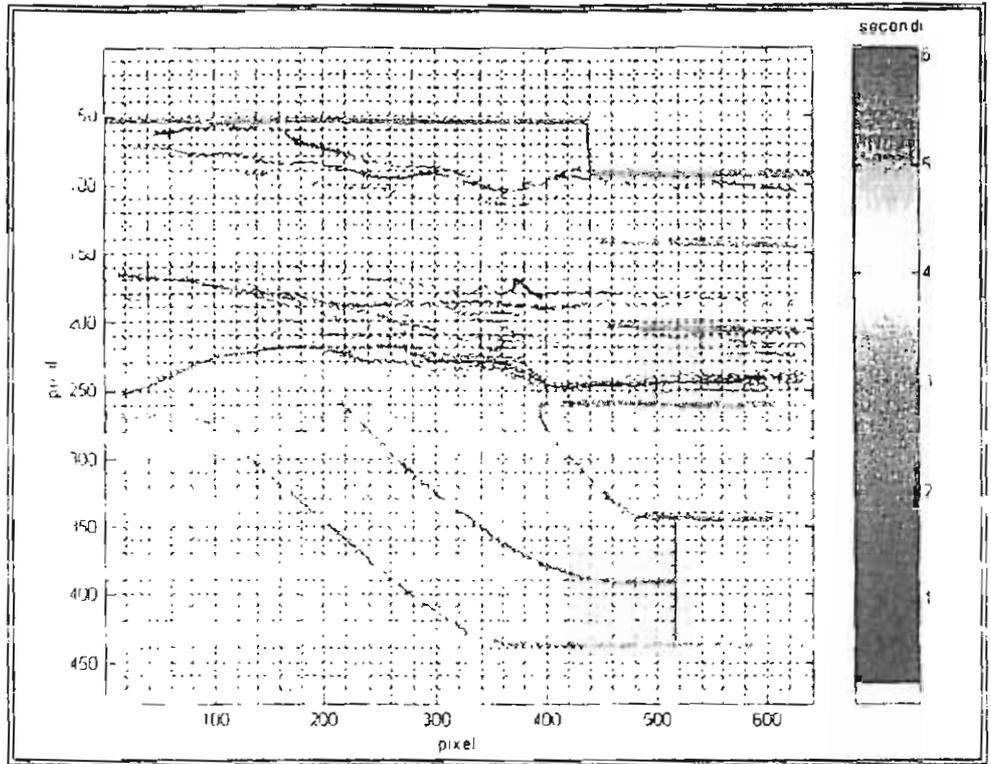
PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	0.00	0.00	0.0	0.0
Portata Bypass canna destra	0.00	0.00	0.0	
Portata Mugnone canna sinistra	13.24	102.94	39.3	100.0
Portata Mugnone canna centrale	10.09	78.44	29.9	
Portata Mugnone canna destra	10.36	80.54	30.7	
Portata totale immessa	33.68	261.93	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.48	variazione rispetto media	± 0.15 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.71 %		

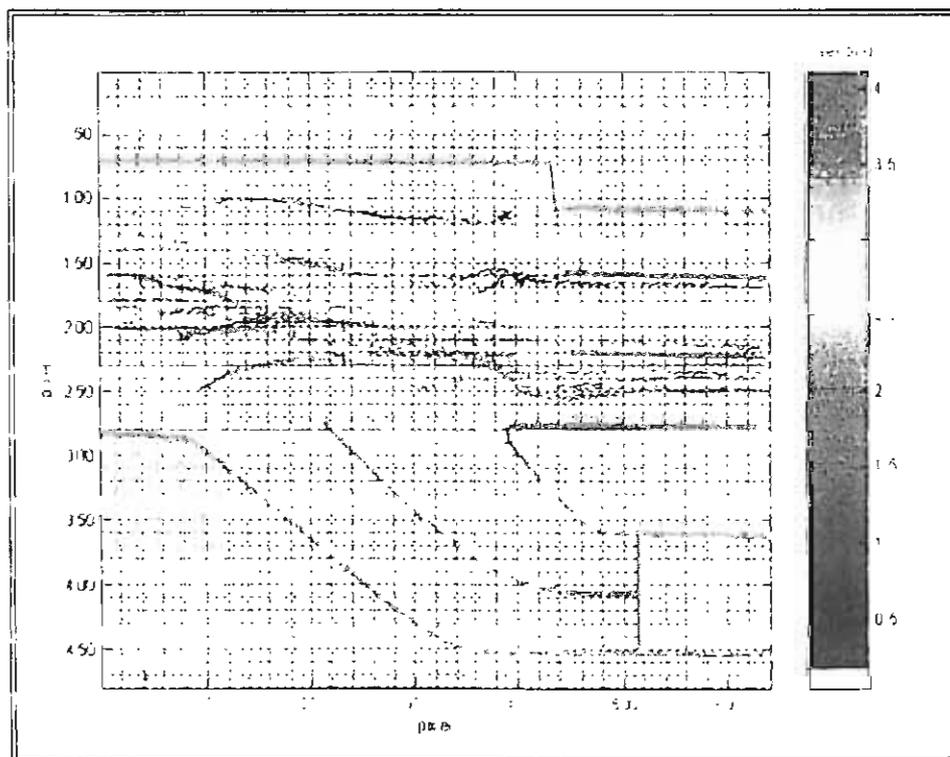
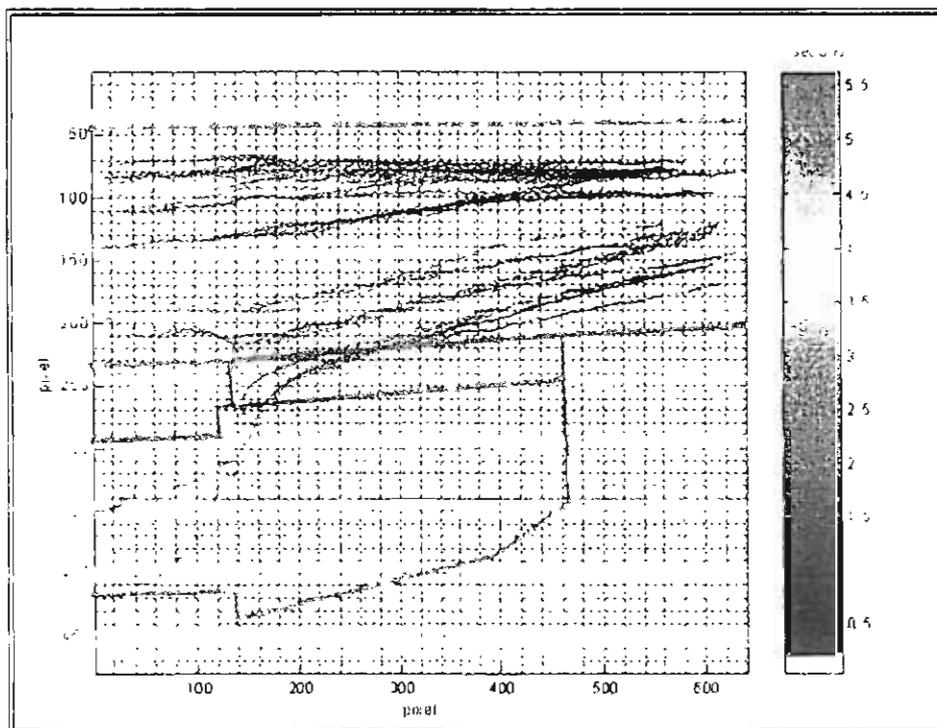
ALLEGATO 2 – Campi di moto: traiettorie

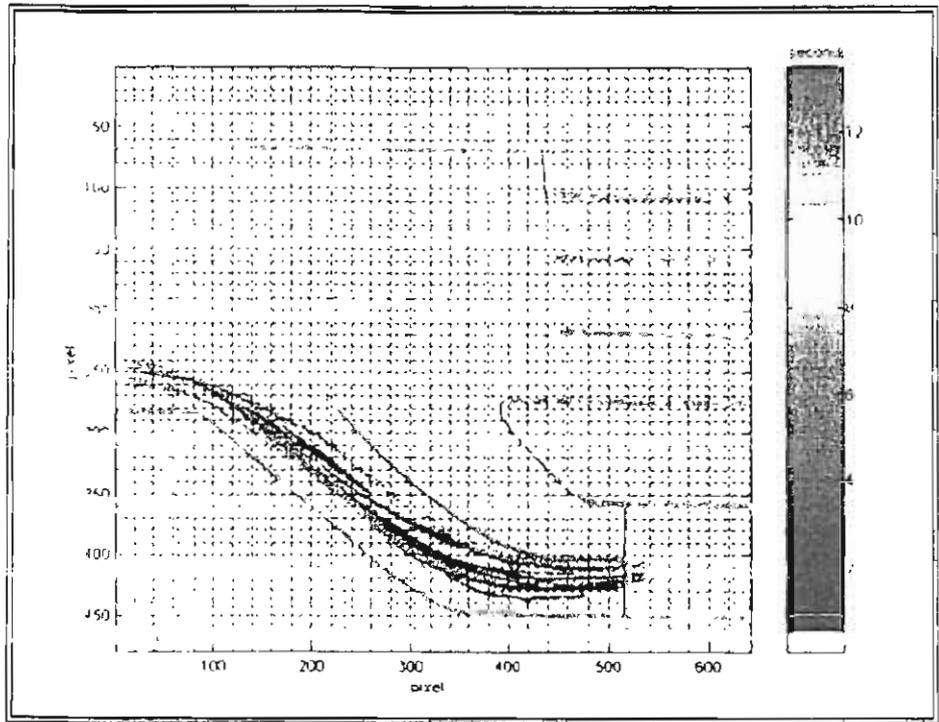
CONFIGURAZIONE	1 ^o conf. Progetto, con setto allo sbocco bypass
PORTATE NOMINALI	Q20 = 165 mc/s, Q50 = 195 mc/s, Q100 = 220 mc/s, Q200 = 252 mc/s
FORMATO IMMAGINE	640 x 480 pixel
SCALA LUNGHEZZE MONTE	1 pixel = 0.113 m al reale
SCALA LUNGHEZZE VALLE	1 pixel = 0.114 m al reale
SCALA VELOCITA' MONTE	1 pixel/s = 0.0189 m/s al reale
SCALA VELOCITA' VALLE	1 pixel/s = 0.0191 m/s al reale
SCALA TEMPI	1 sec mod = 6 sec al reale
N° TRACCIANTI	300

ARGINI E SFIORATORE MODELLO

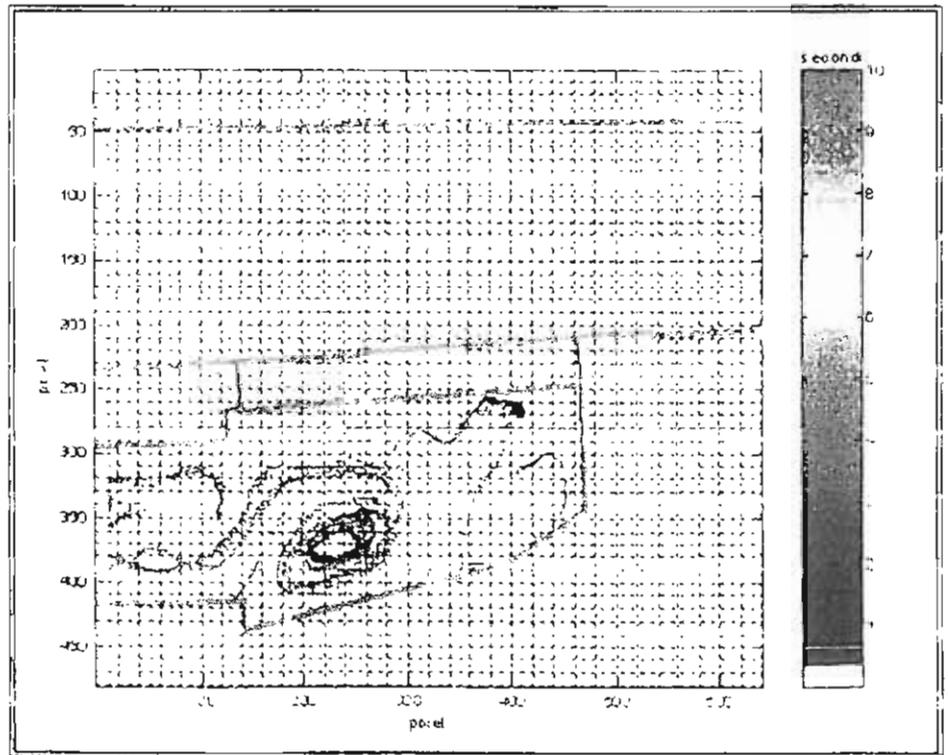
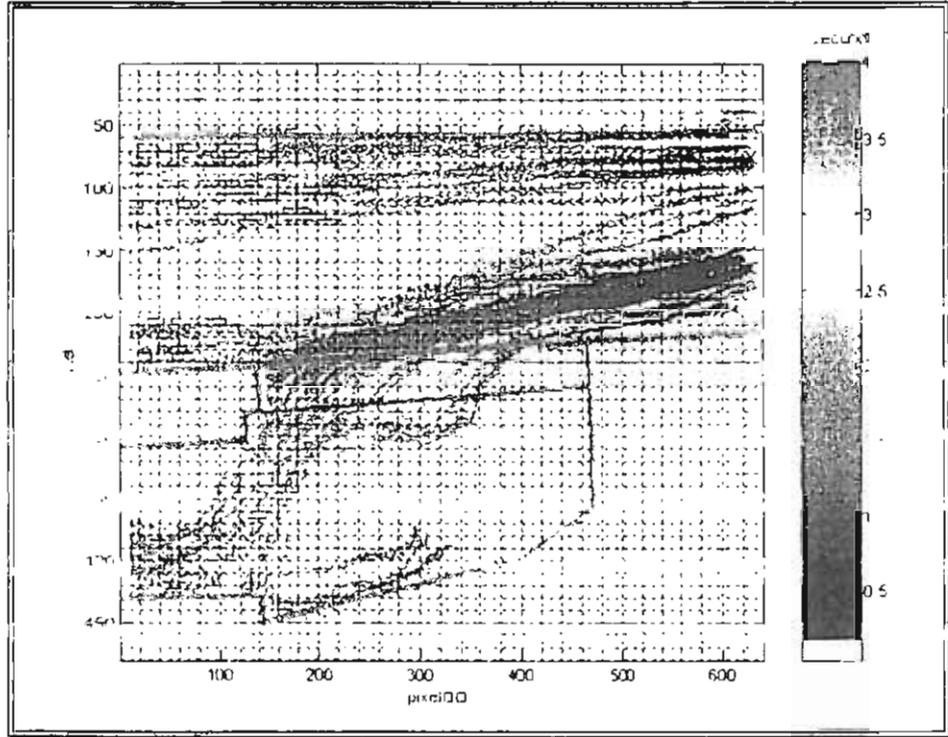


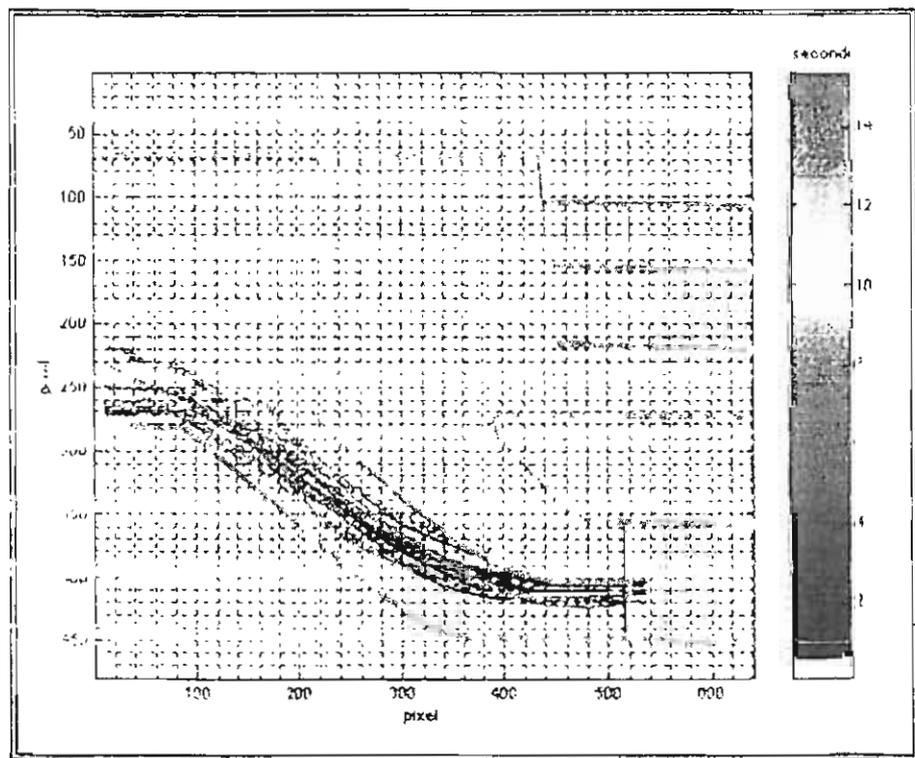
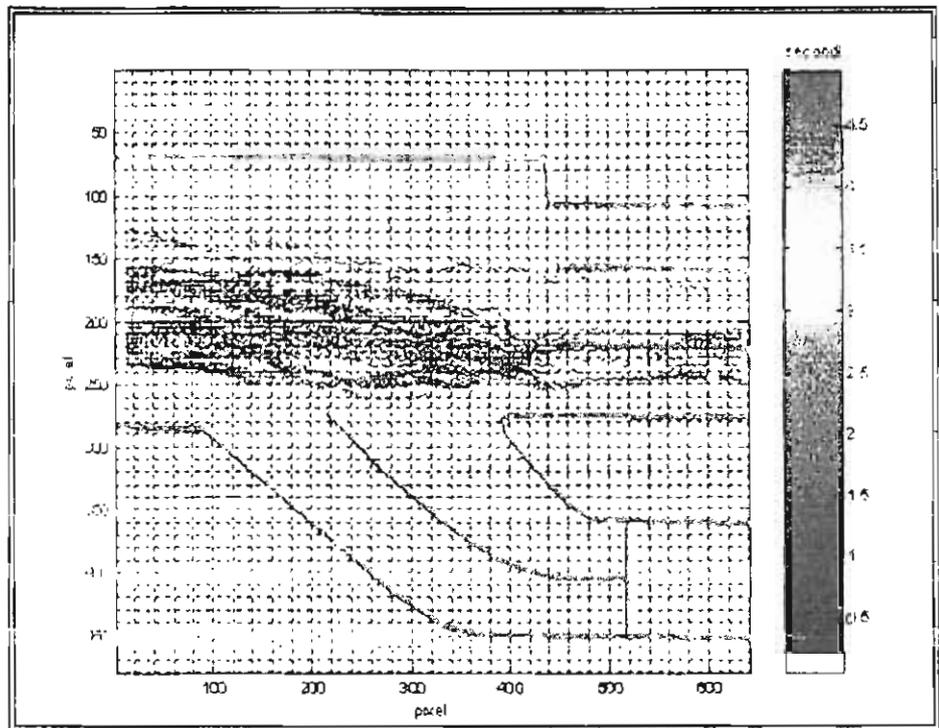
TRAIETTORIE PORTATA Q50



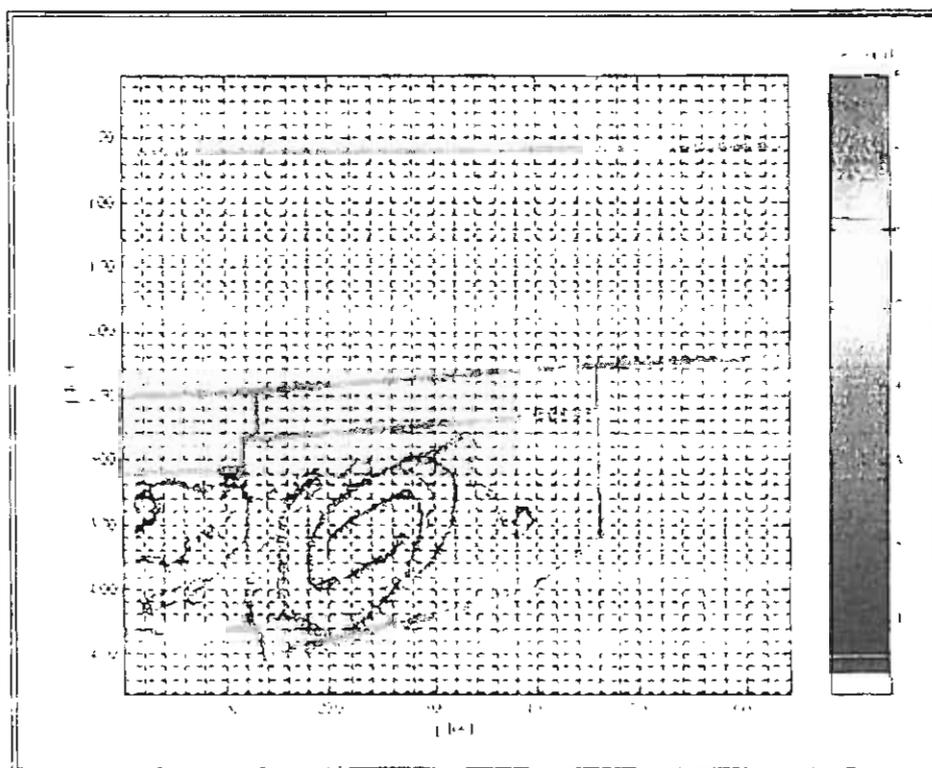
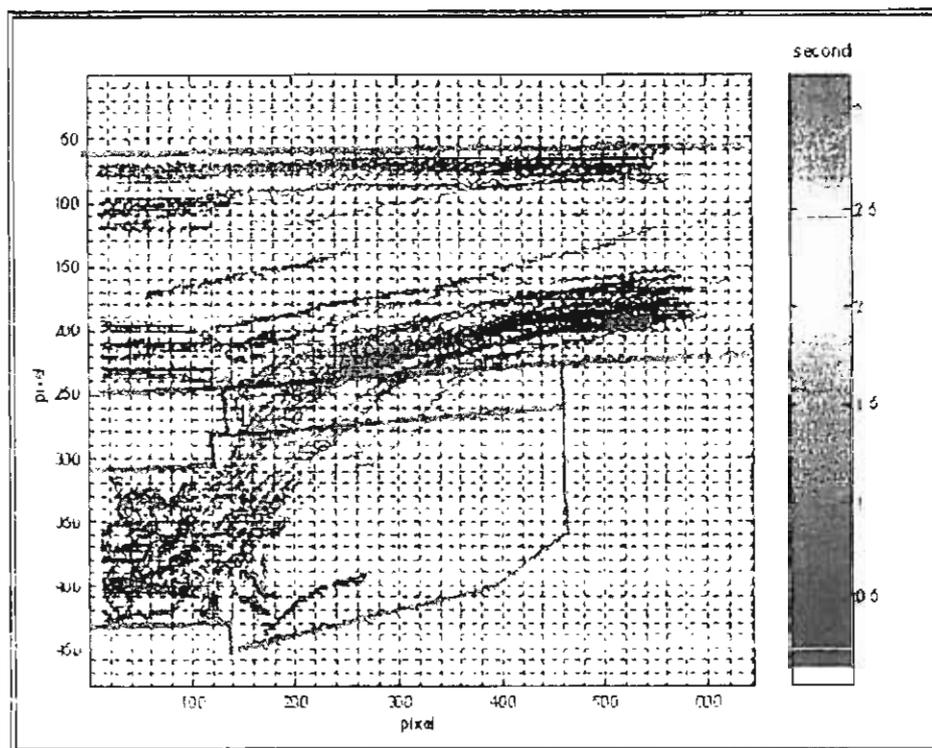


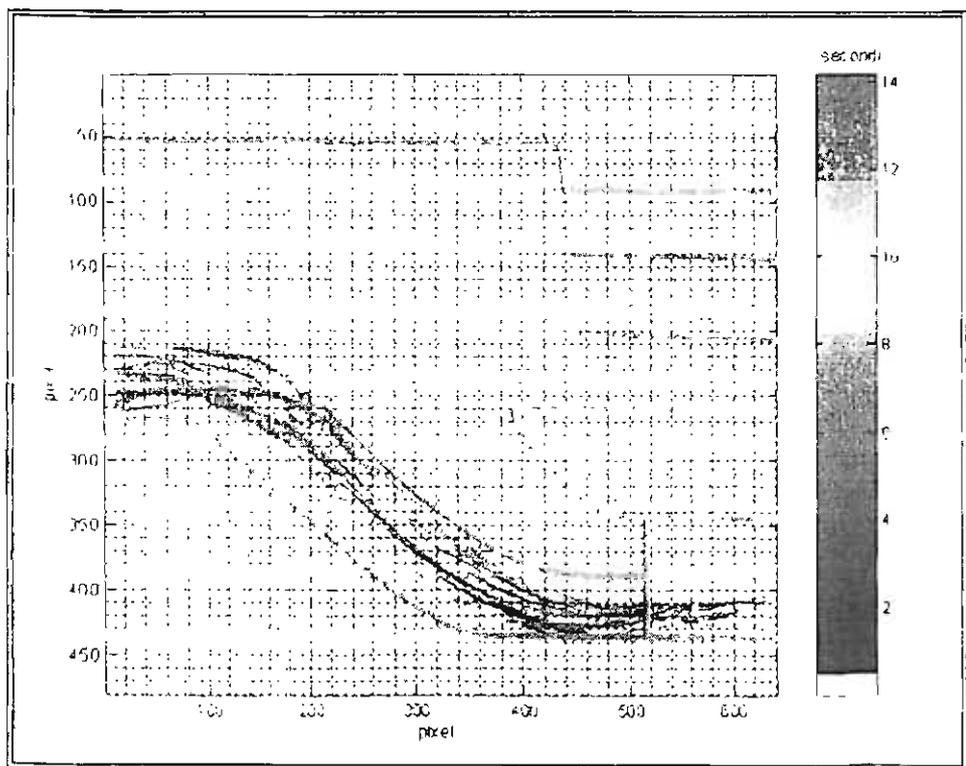
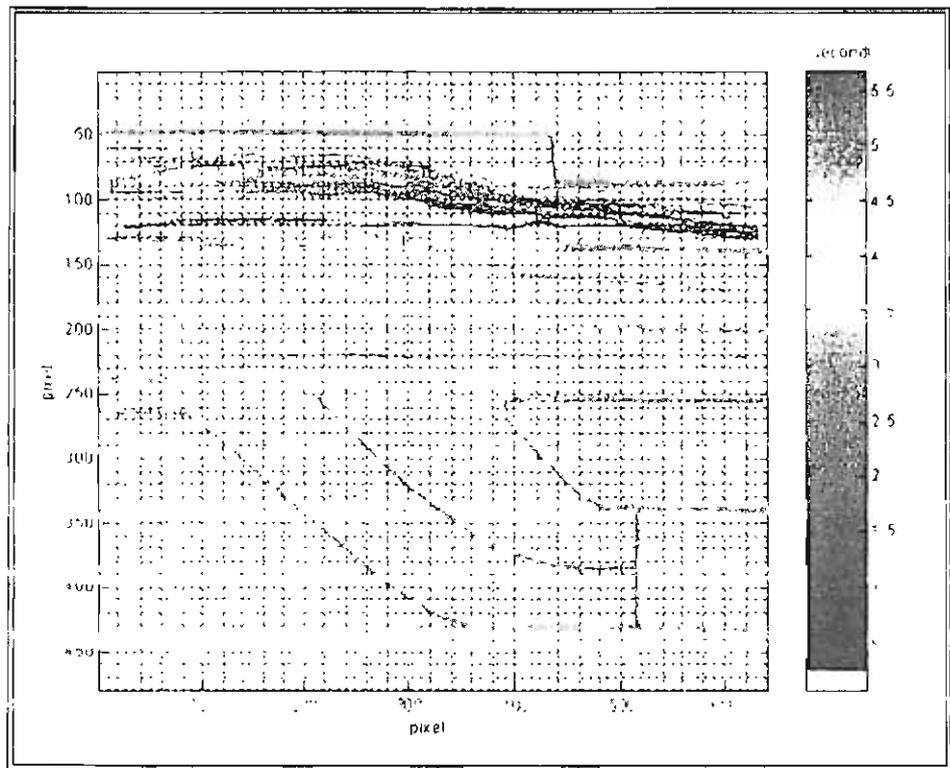
TRAJETTORIE PORTATA Q100





TRAIETTORIE PORTATA Q200

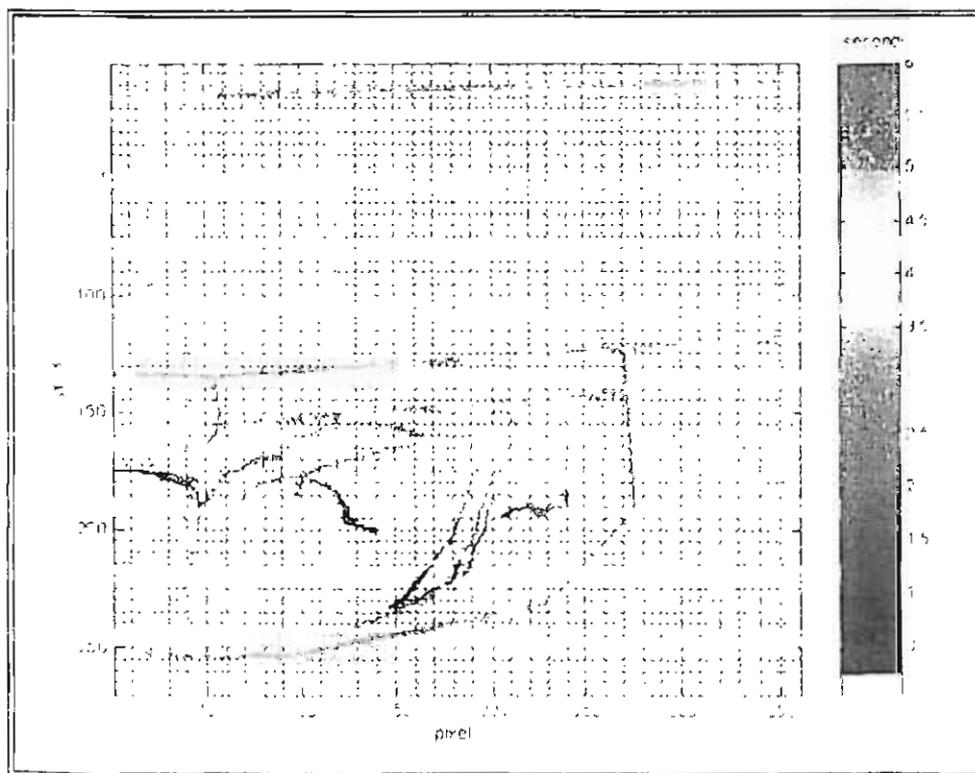
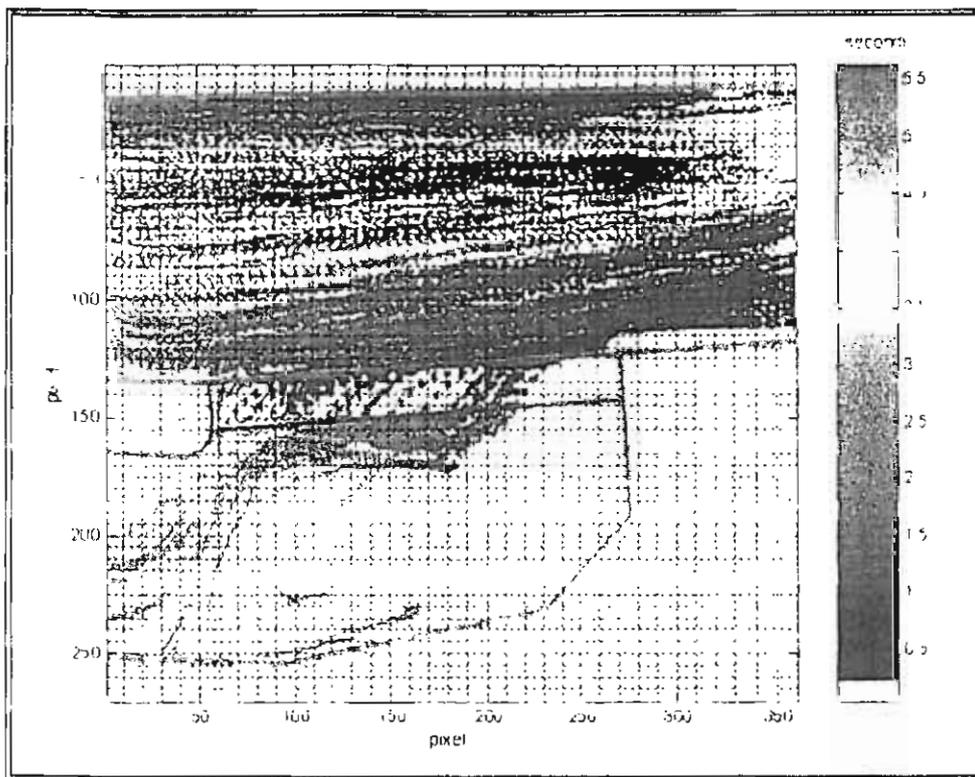


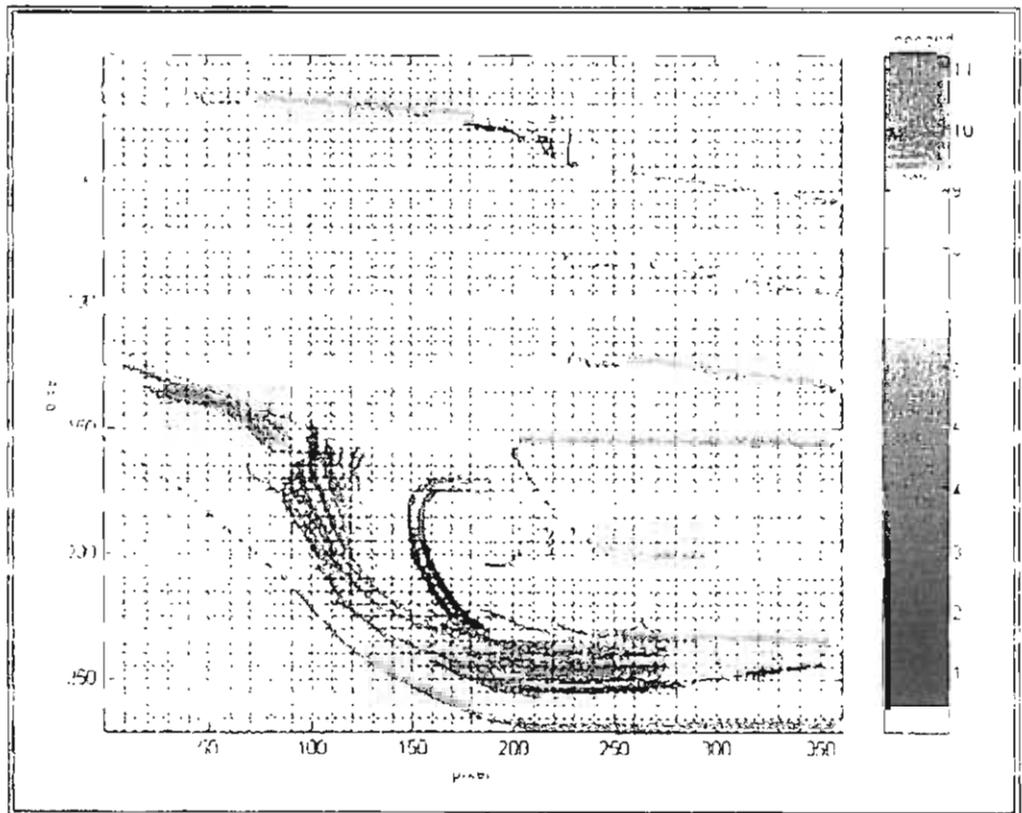
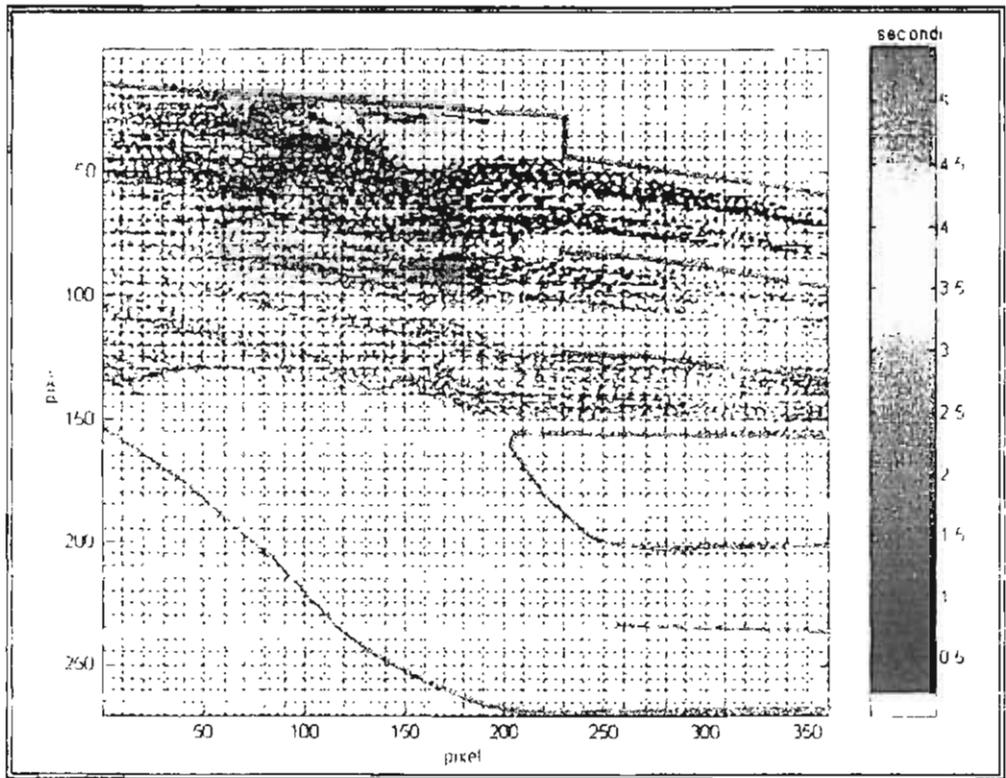


CONFIGURAZIONE	2° conf Progetto, con modifiche sfioratore senza setto allo sbocco bypass
PORTATE NOMINALI	Q20 = 165 mc/s, Q50 = 195 mc/s Q100 = 220 mc/s, Q200 = 252 mc/s
FORMATO IMMAGINE	360 x 270 pixel
SCALA LUNGHEZZE MONTE	1 pixel = 0.151 m al reale
SCALA LUNGHEZZE VALLE	1 pixel = 0.194 m al reale
SCALA VELOCITA' MONTE	1 pixel/s = 0.0252 m/s al reale
SCALA VELOCITA' VALLE	1 pixel/s = 0.0323 m/s al reale
SCALA TEMPI	1 sec mod. = 6 sec. al reale
N° TRACCIANTI	300

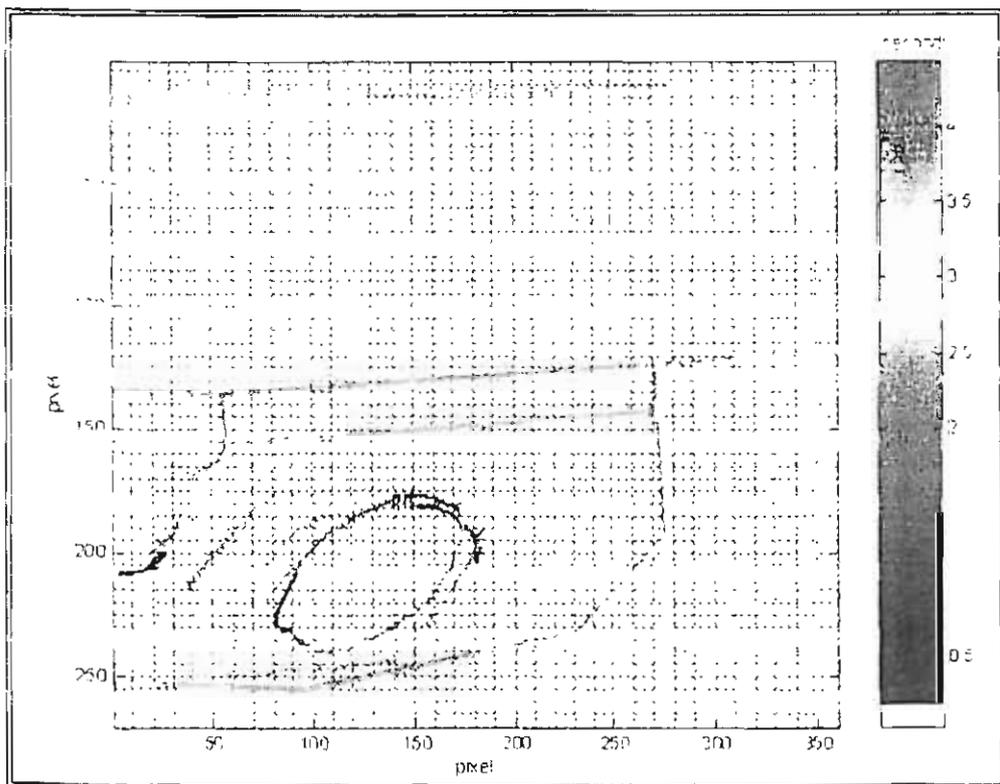
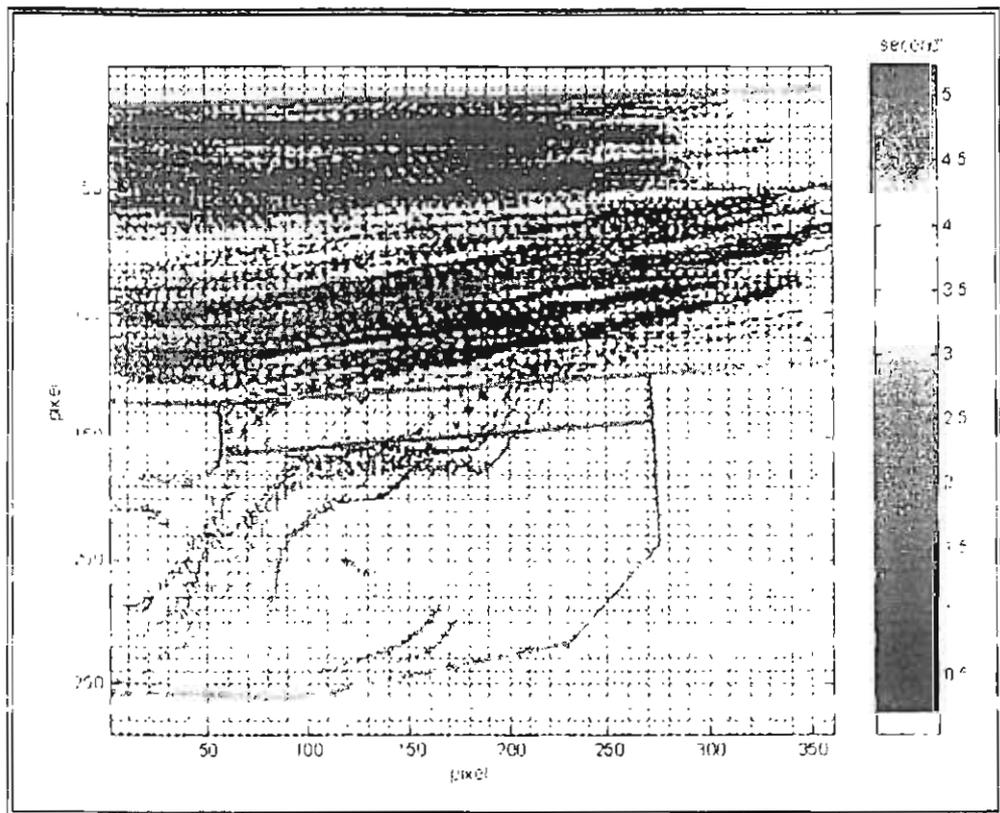
ARGINI E SFIORATORE MODELLO

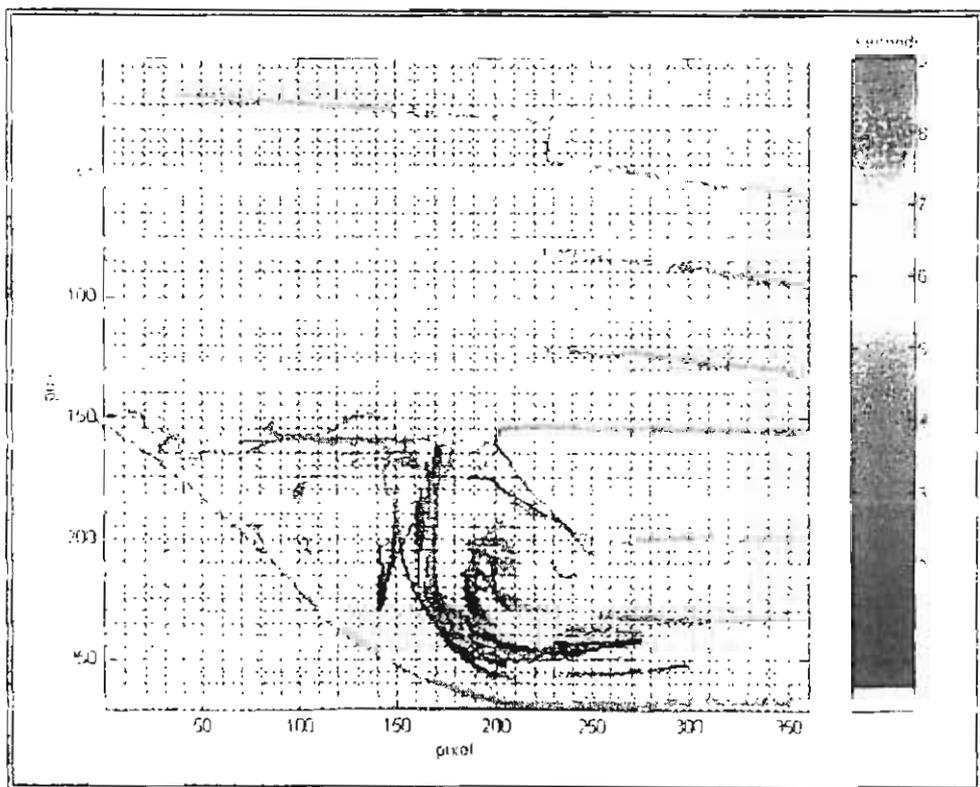
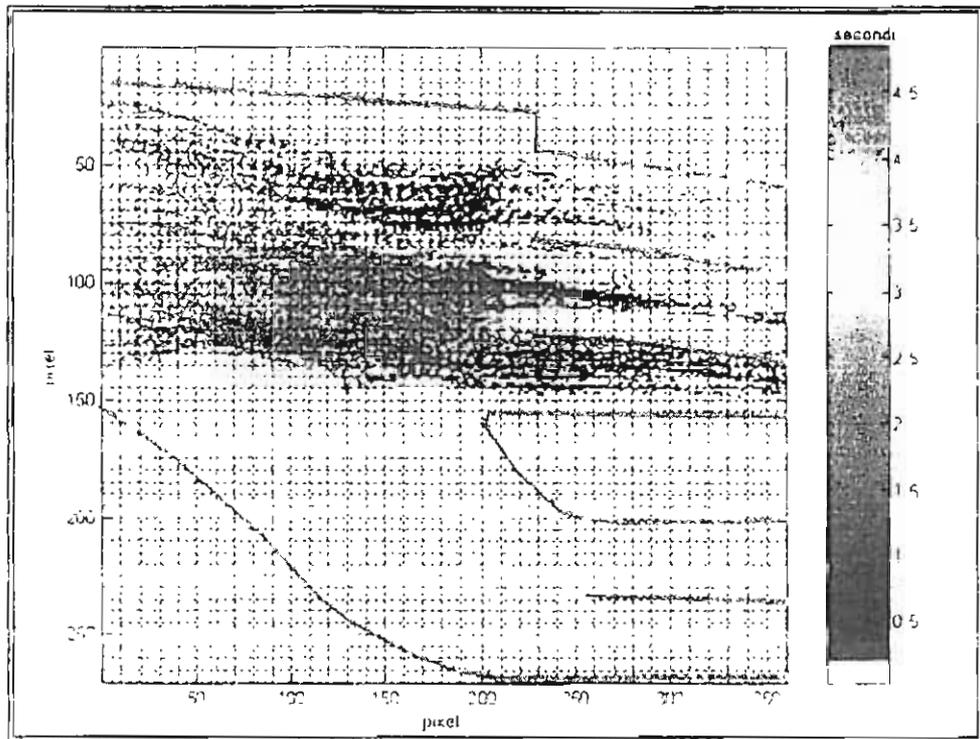
TRAIETTORIE PORTATA Q20



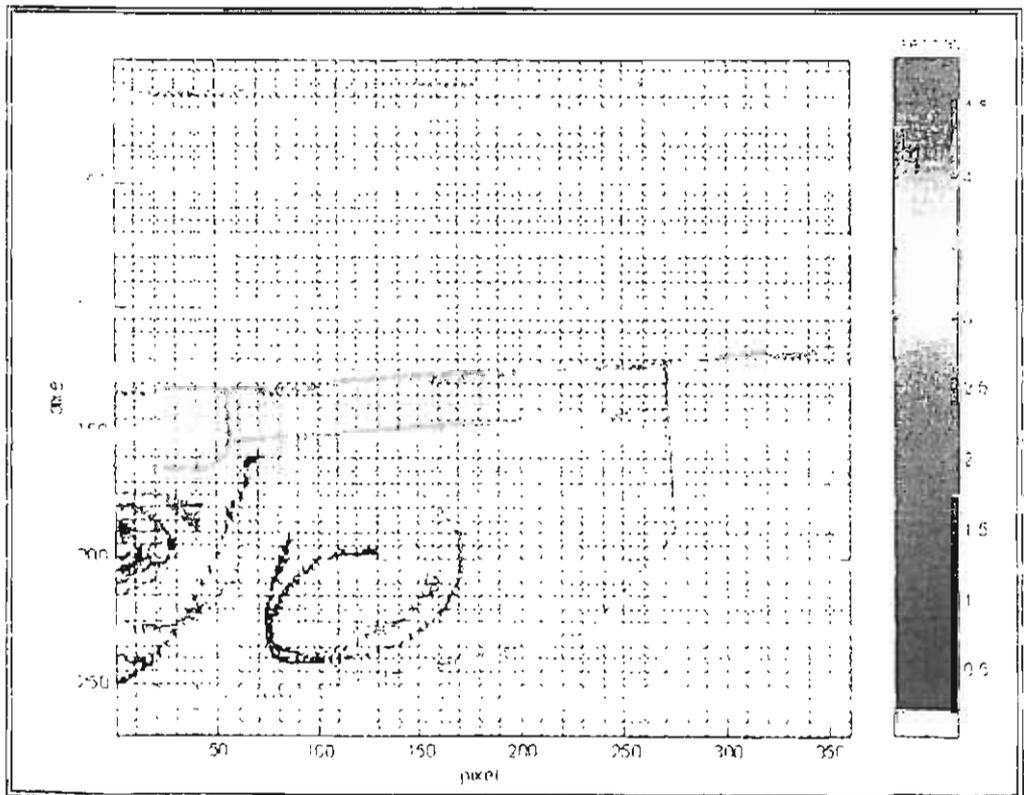
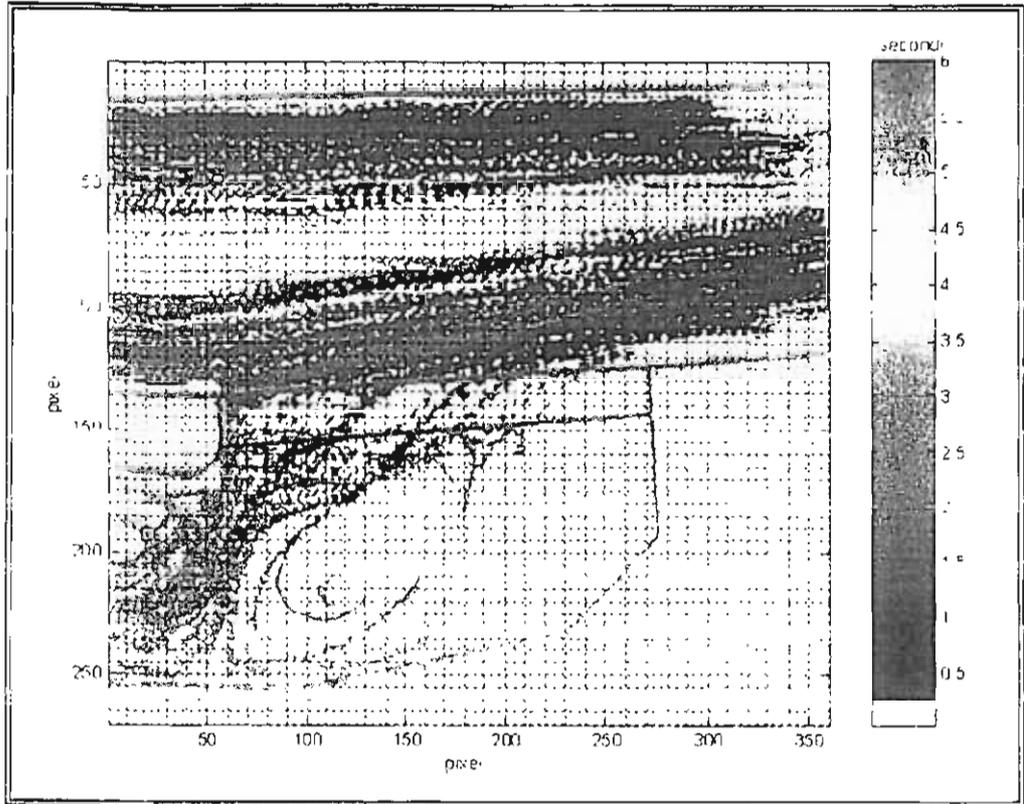


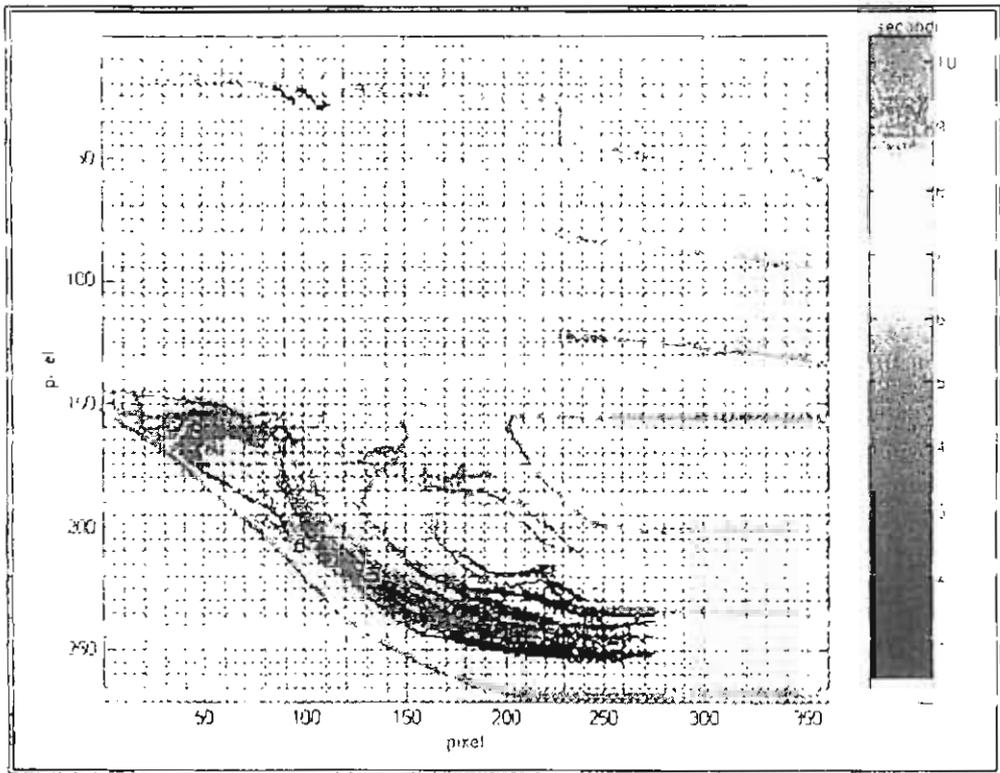
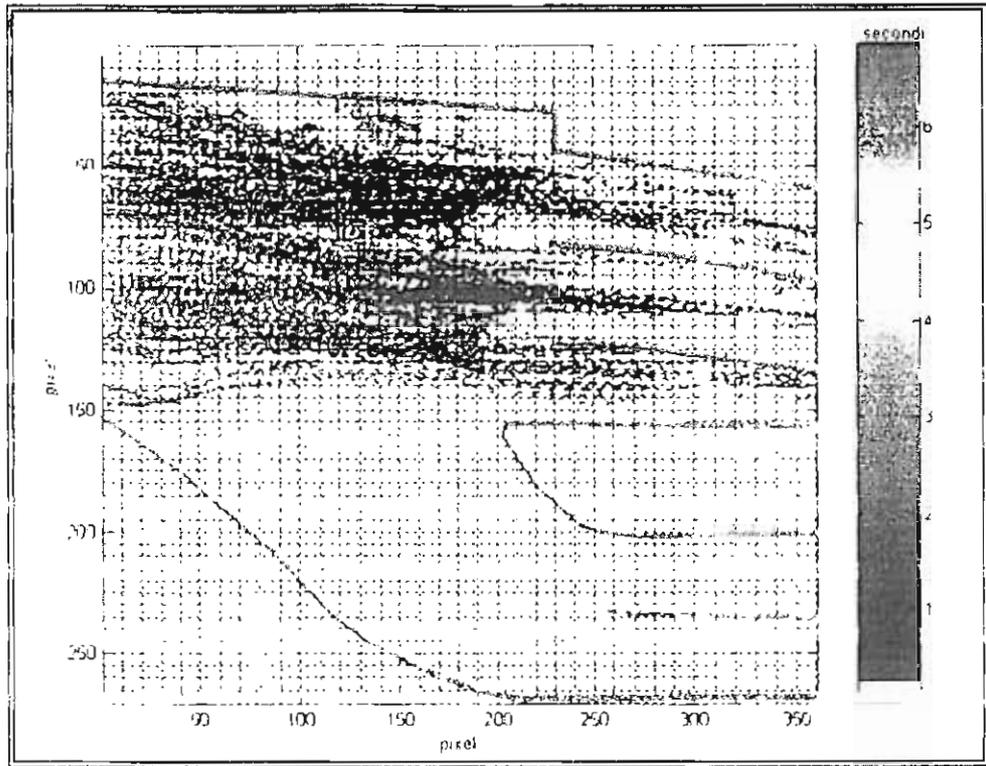
TRAIETTORIE PORTATA Q50



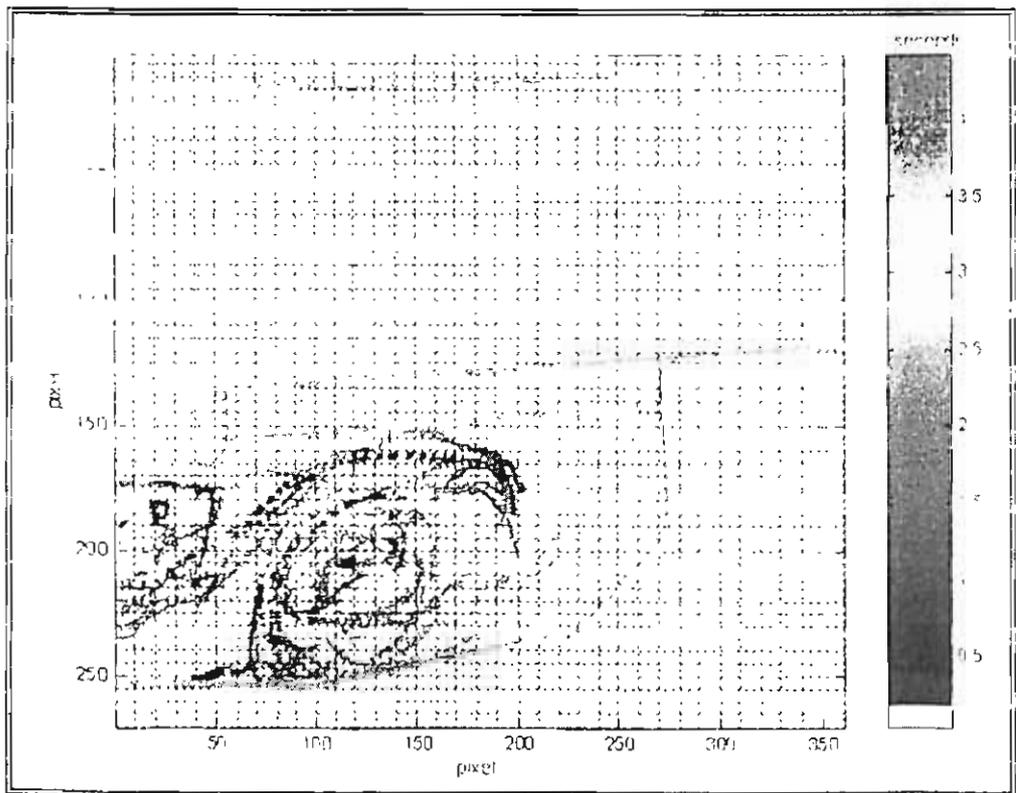
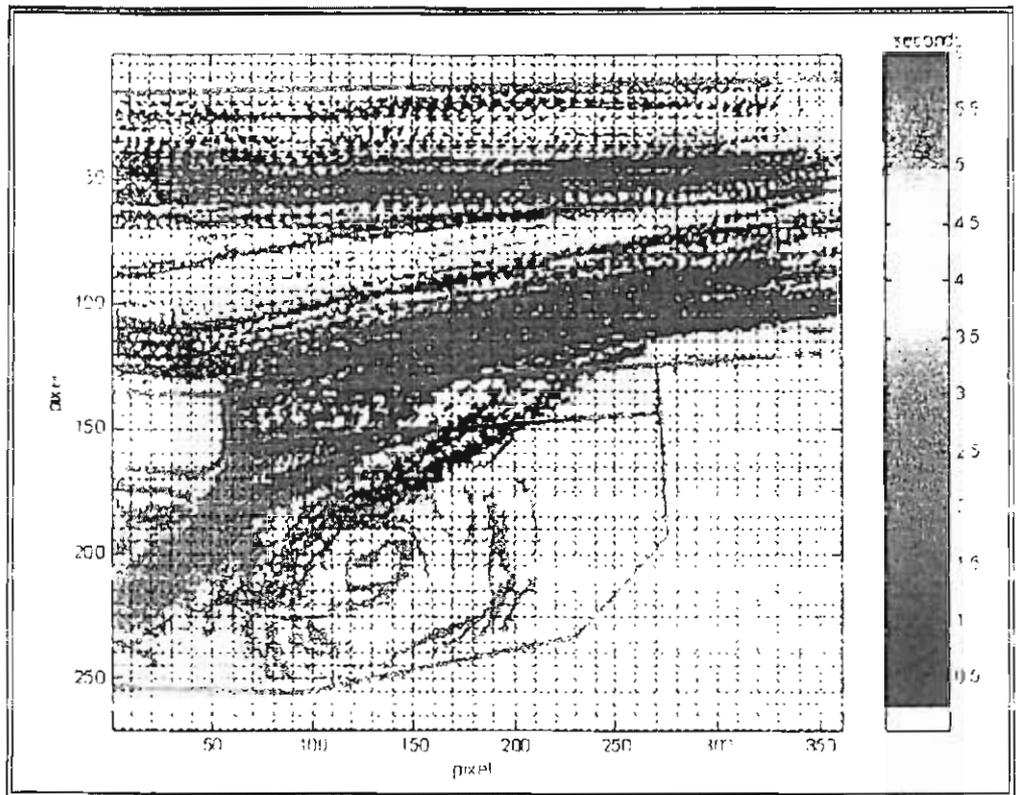


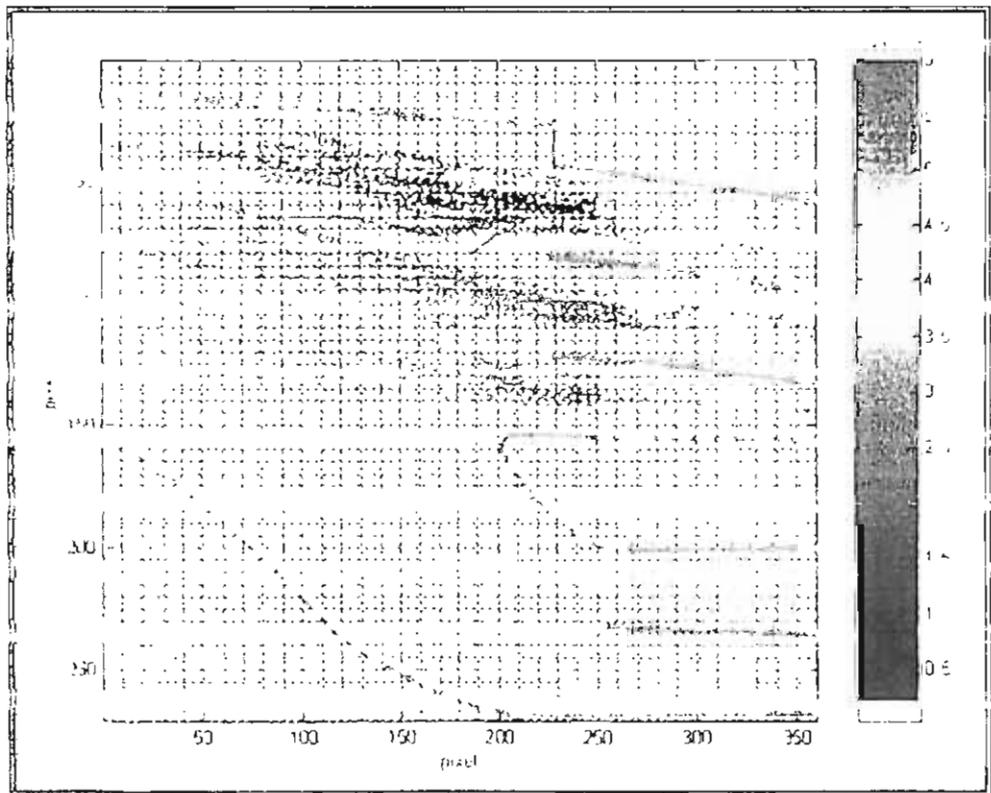
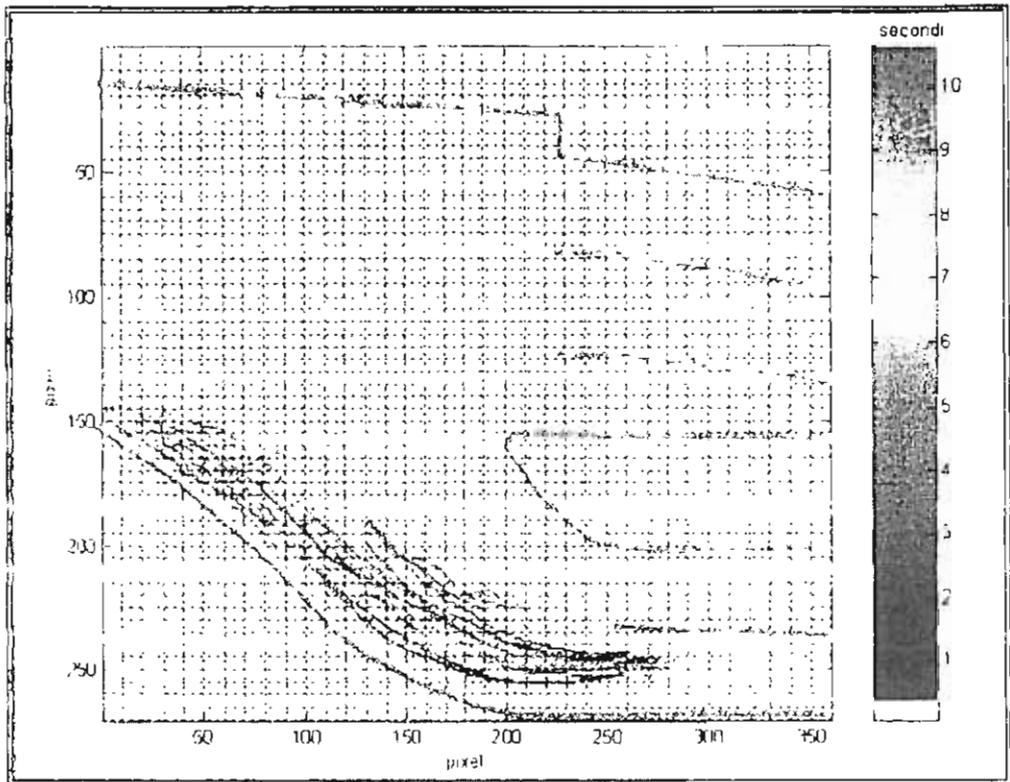
TRAIETTORIE PORTATA Q100





TRAIETTORIE PORTATA Q200

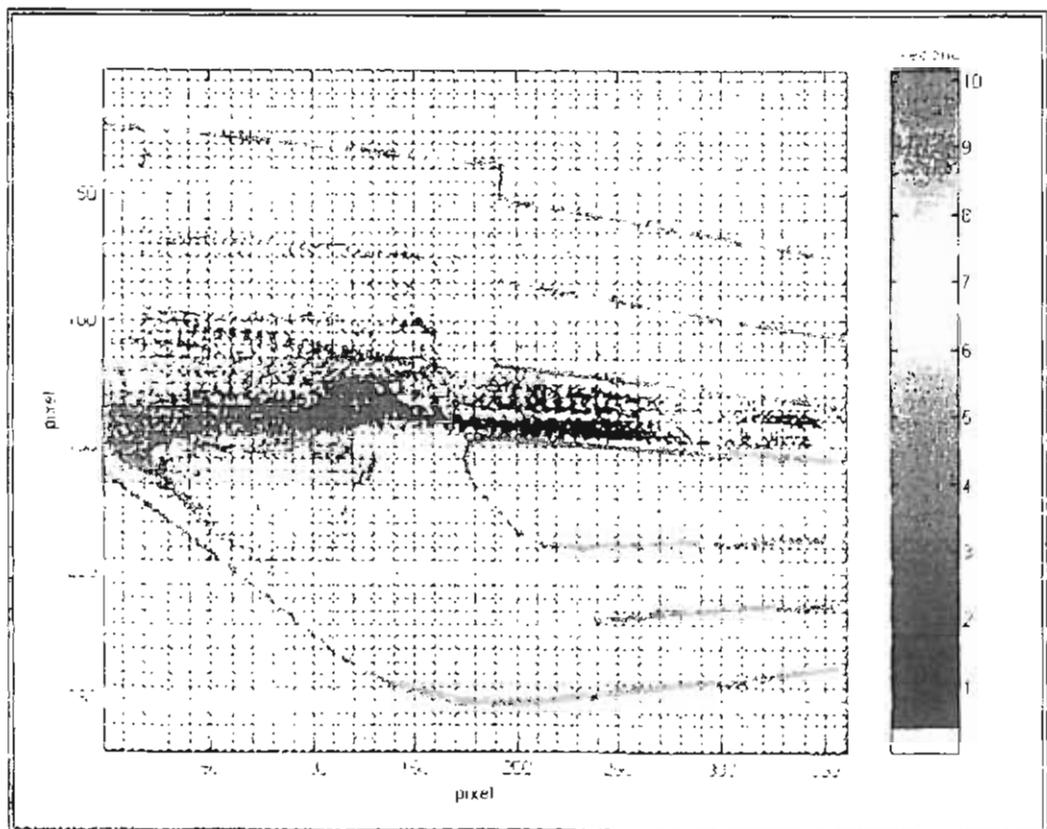
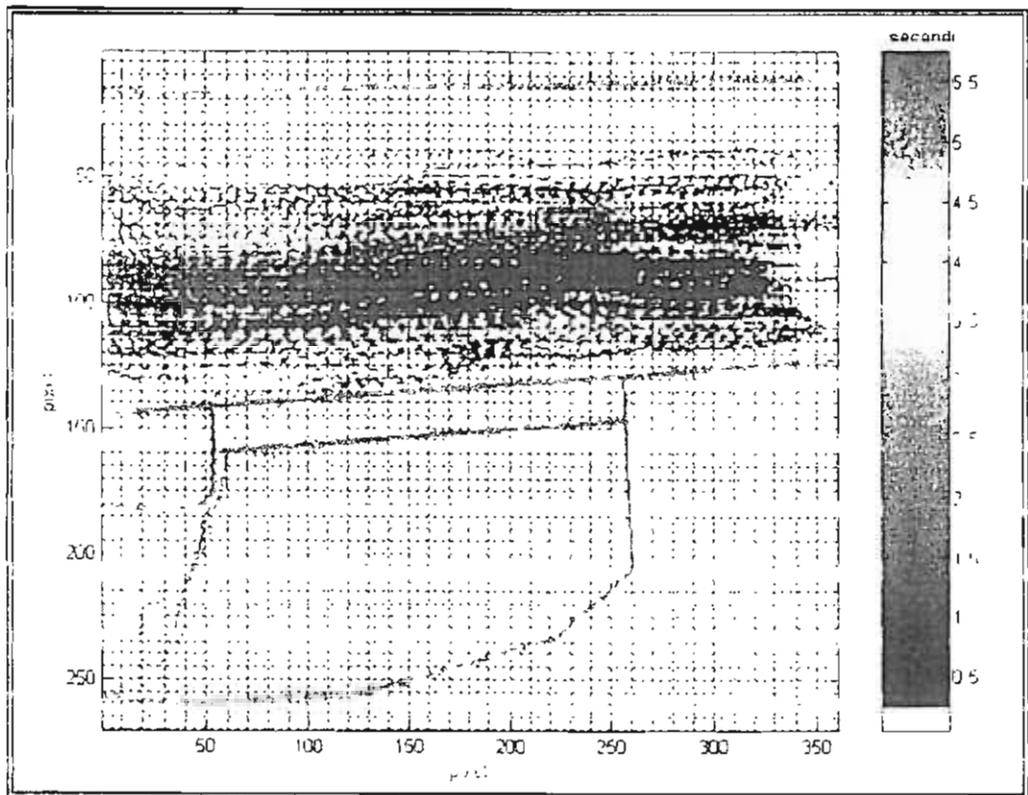


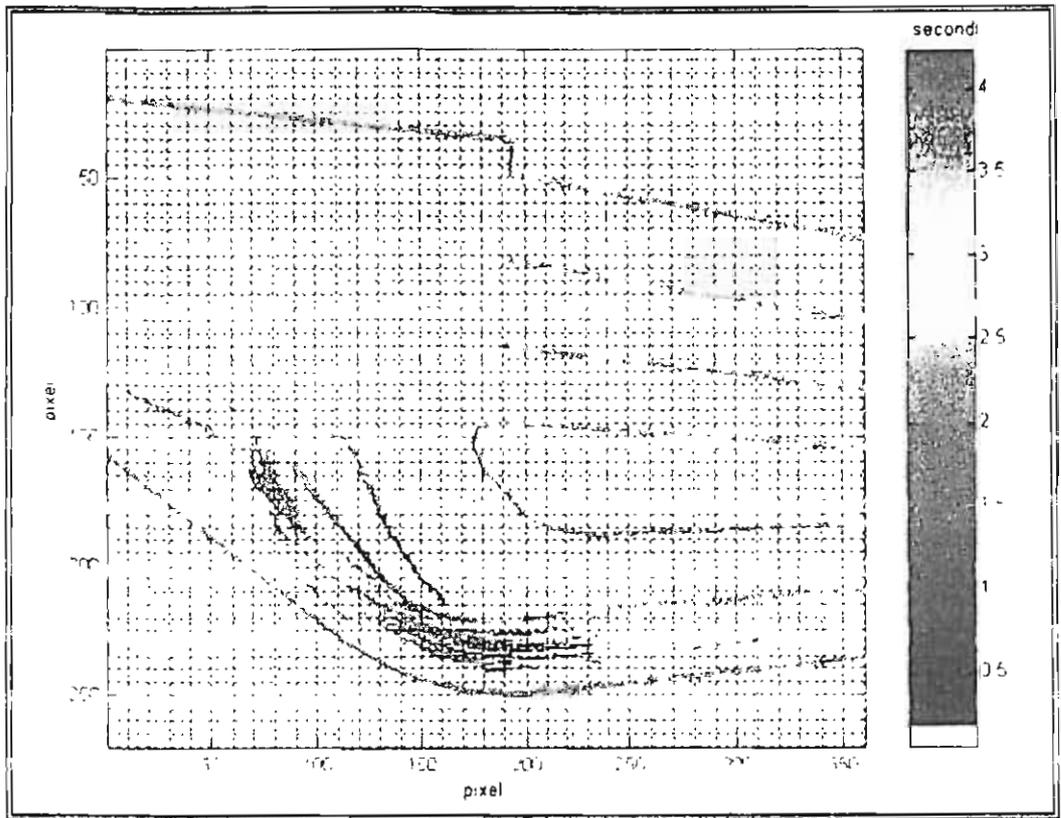


CONFIGURAZIONE	2° conf Attuale, con modifiche sfioratore senza setto allo sbocco bypass
PORTATE NOMINALI	Q20 = 165 mc/s, Q50 = 195 mc/s, Q100 = 220 mc/s, Q200 = 252 mc/s
FORMATO IMMAGINE	360 x 270 pixel
SCALA LUNGHEZZE MONTE	1 pixel = 0.155 m al reale
SCALA LUNGHEZZE VALLE	1 pixel = 0.223 m al reale
SCALA VELOCITA' MONTE	1 pixel/s = 0.0258 m/s al reale
SCALA VELOCITA' VALLE	1 pixel/s = 0.0372 m/s al reale
SCALA TEMPI	1 sec mod = 6 sec al reale
N° TRACCIANTI	300

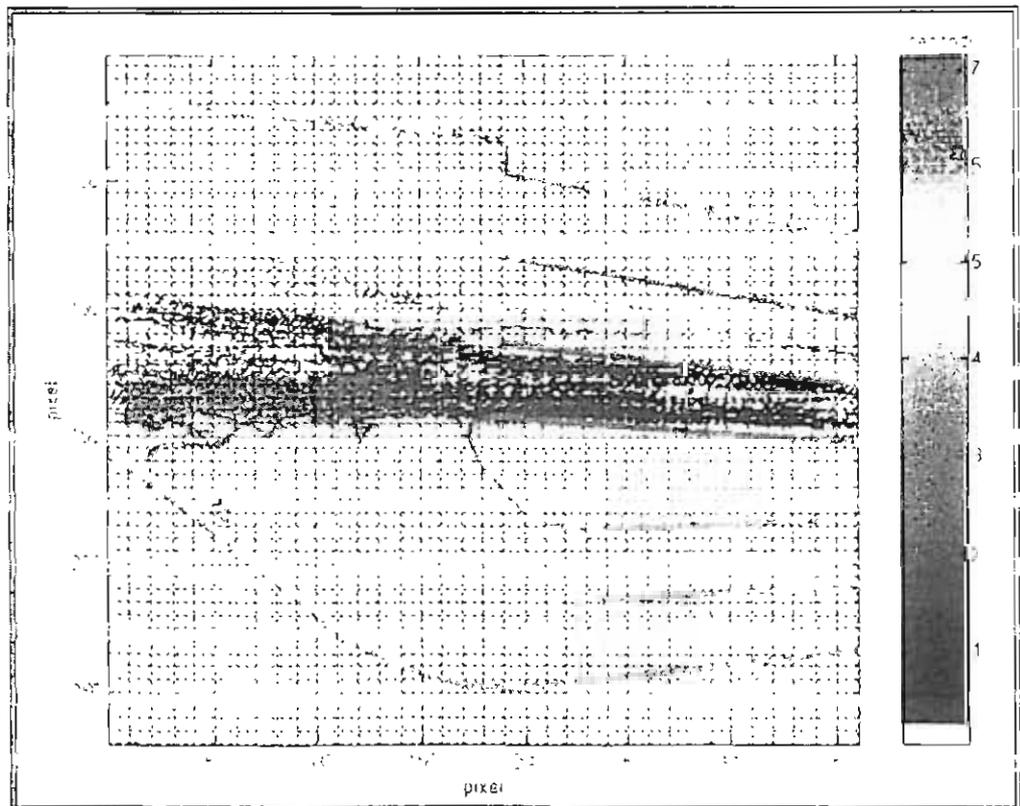
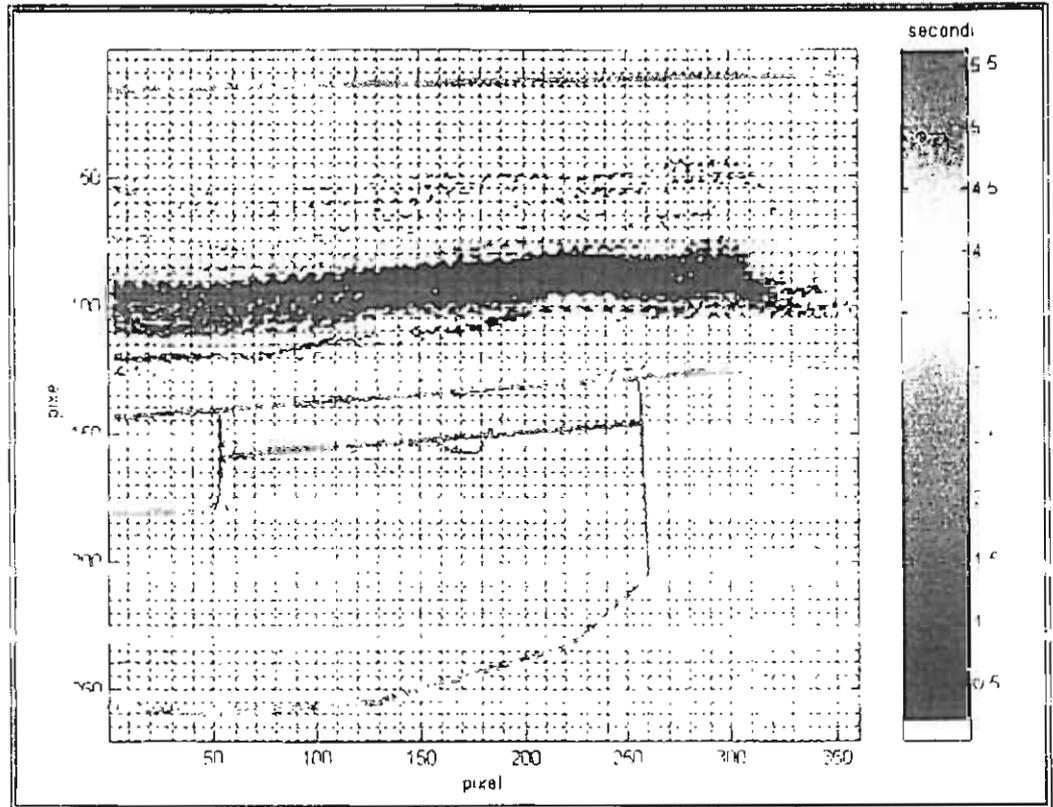
ARGINI E SFIORATORE MODELLO

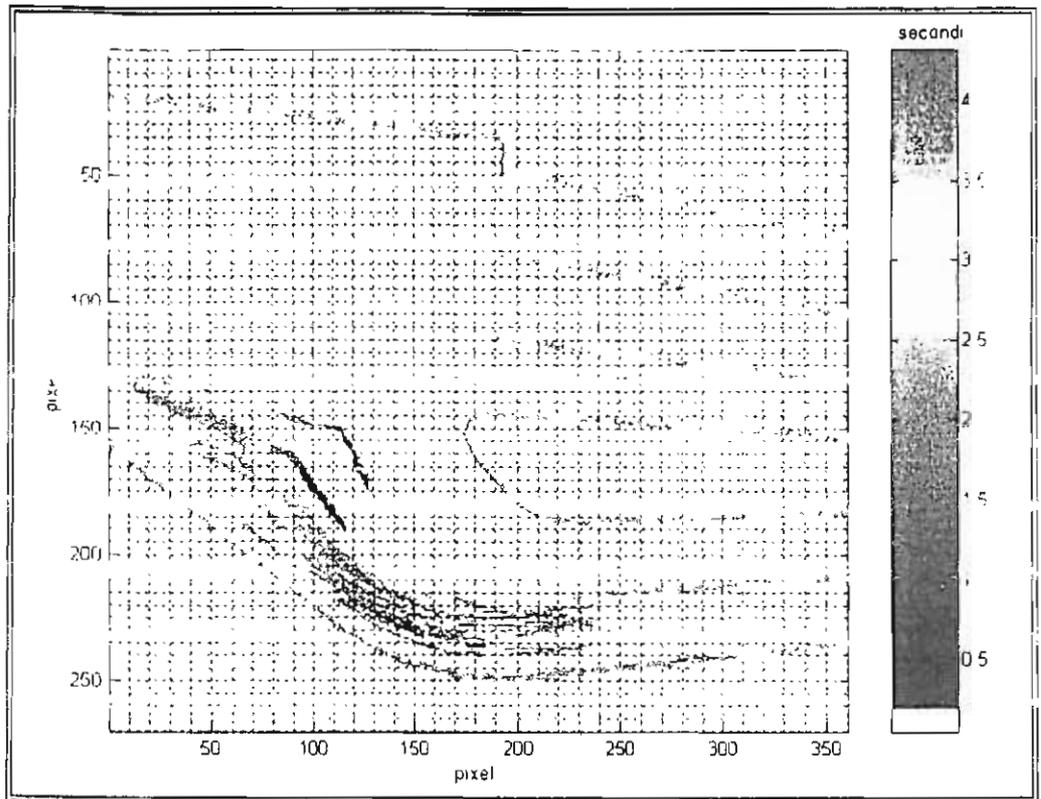
TRAIETTORIE PORTATA Q20



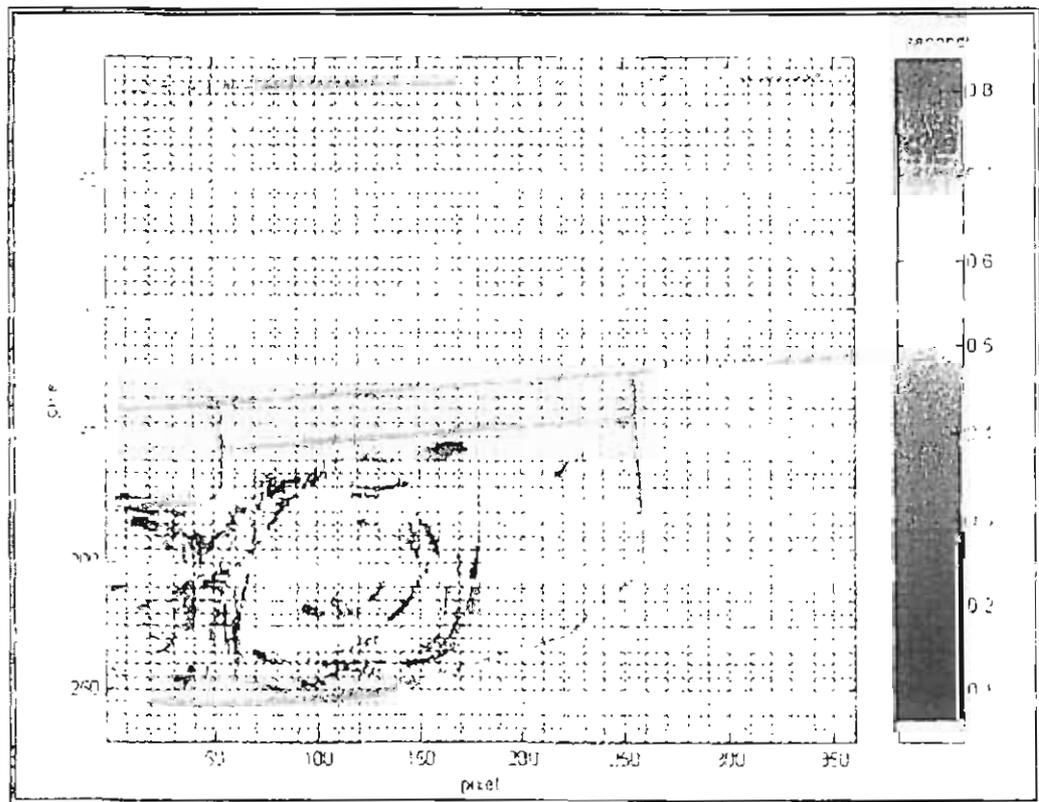
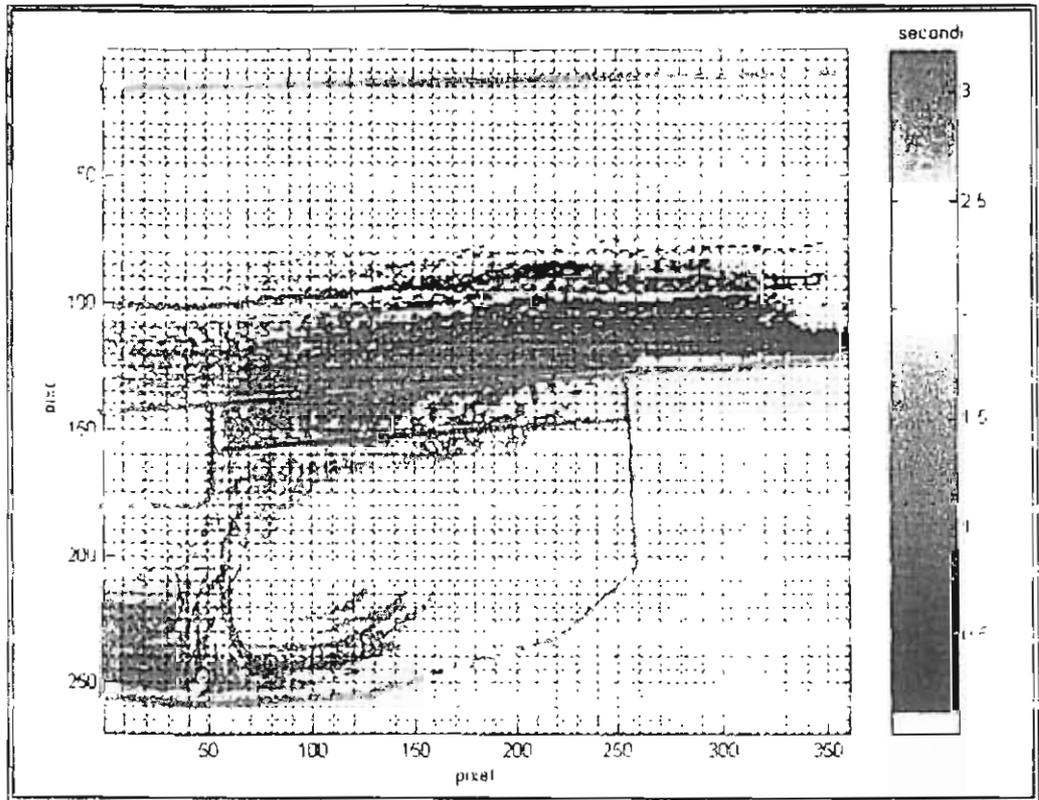


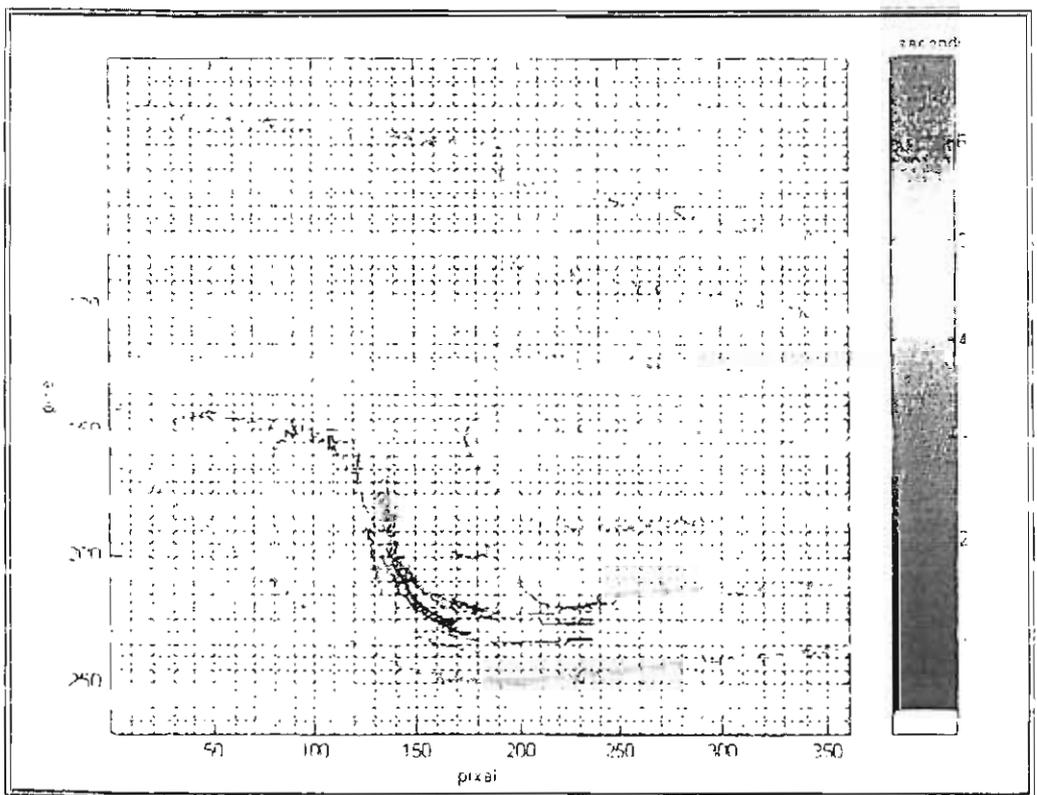
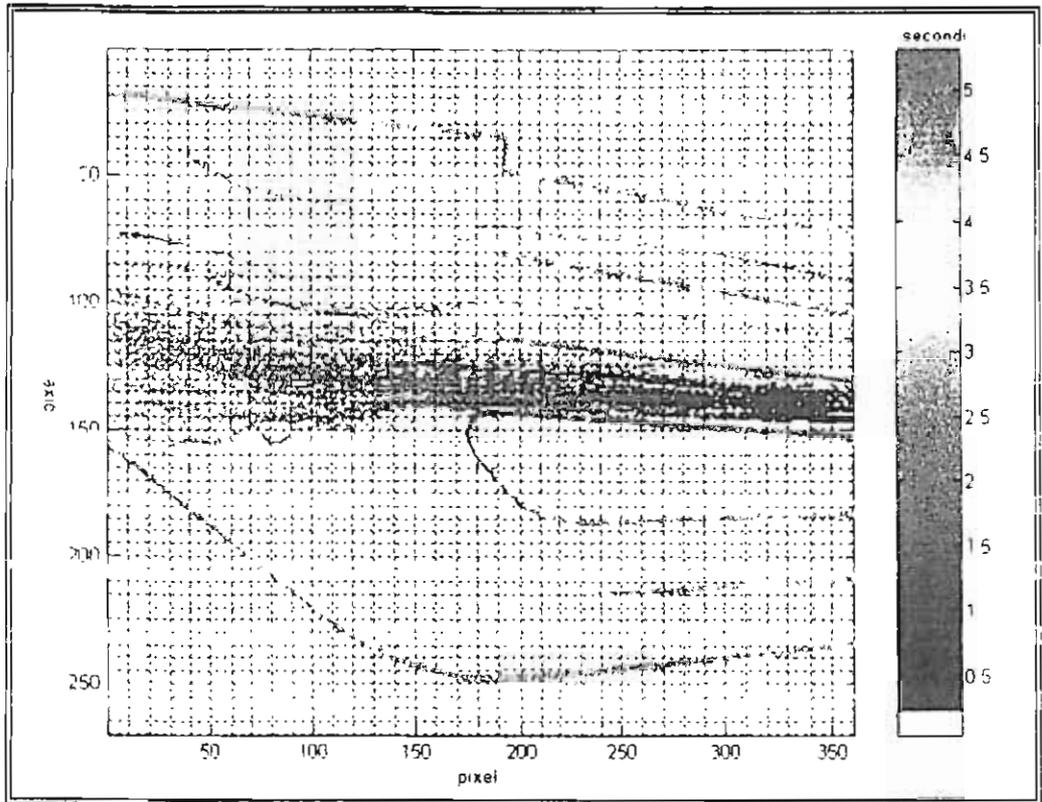
TRAIETTORIE PORTATA Q50



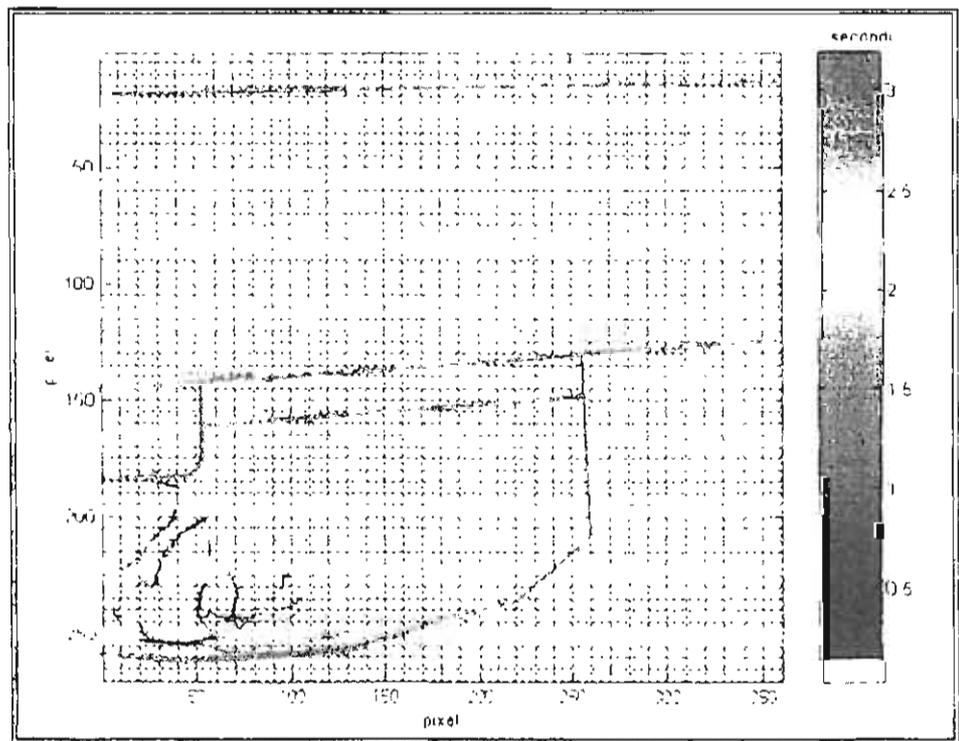
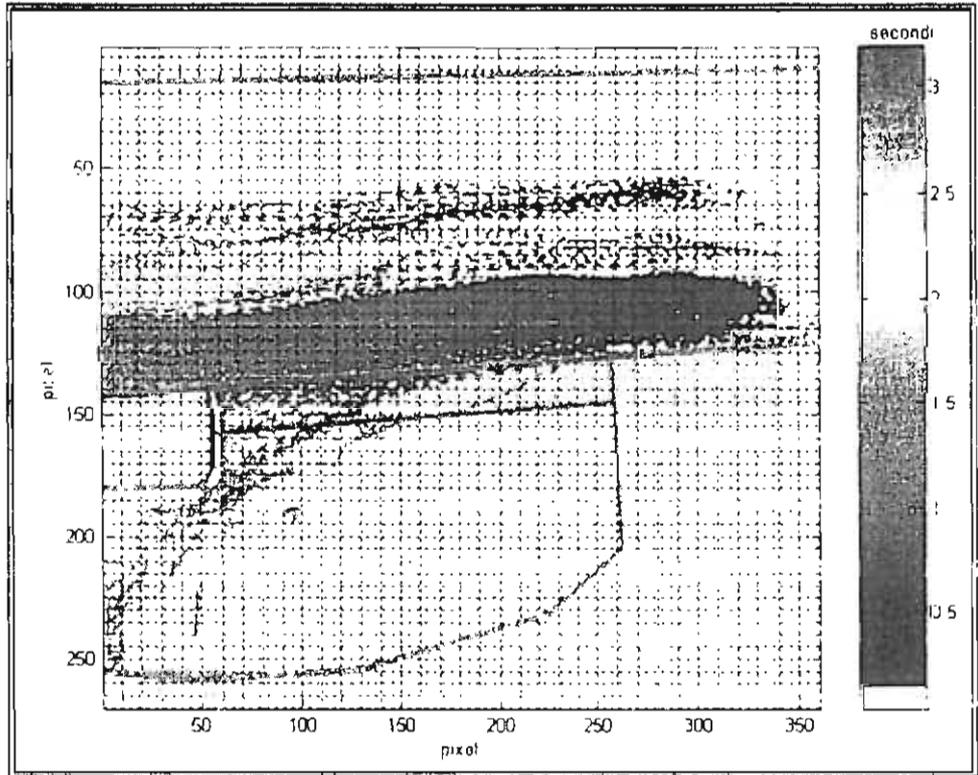


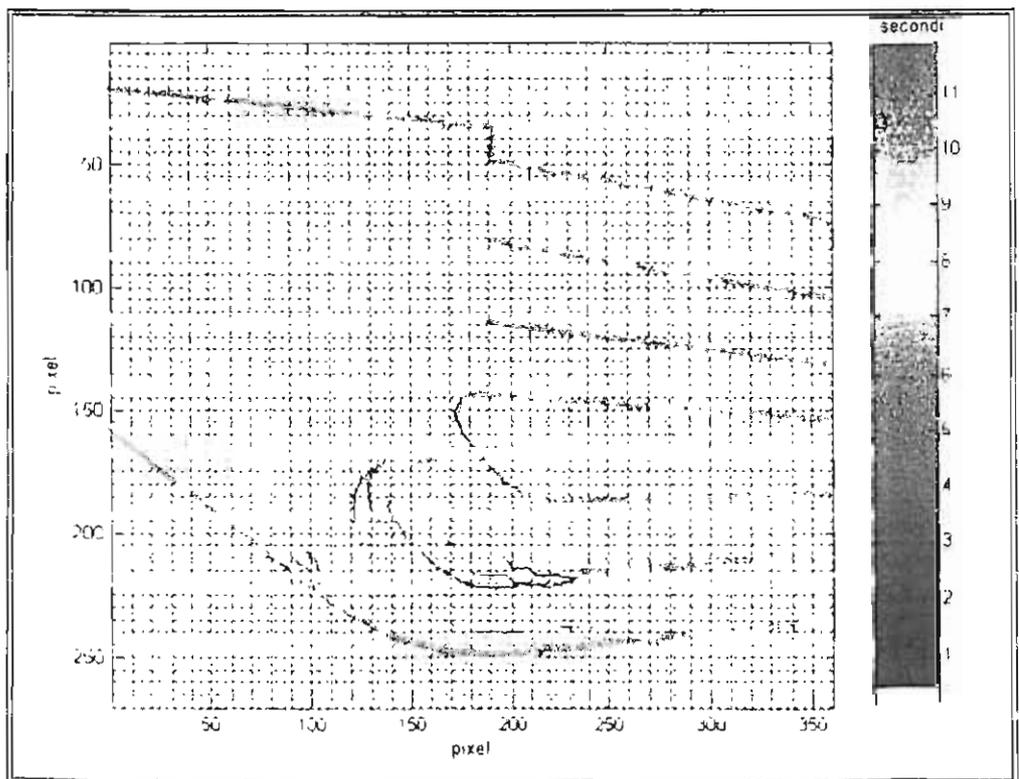
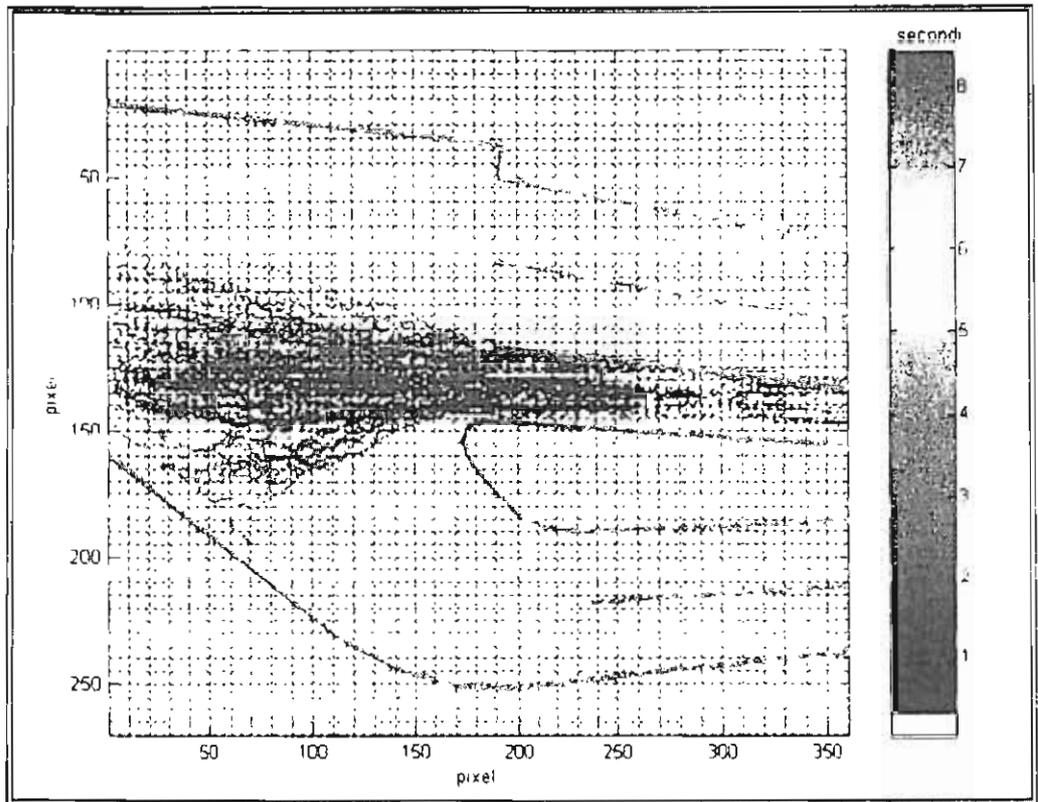
TRAIETTORIE PORTATA Q100





TRAIETTORIE PORTATA Q200





ALLEGATO 3 – Documentazione fotografica

ESECUZIONE DEI LAVORI PER L'ALLESTIMENTO DEL CIRCUITO IDRAULICO

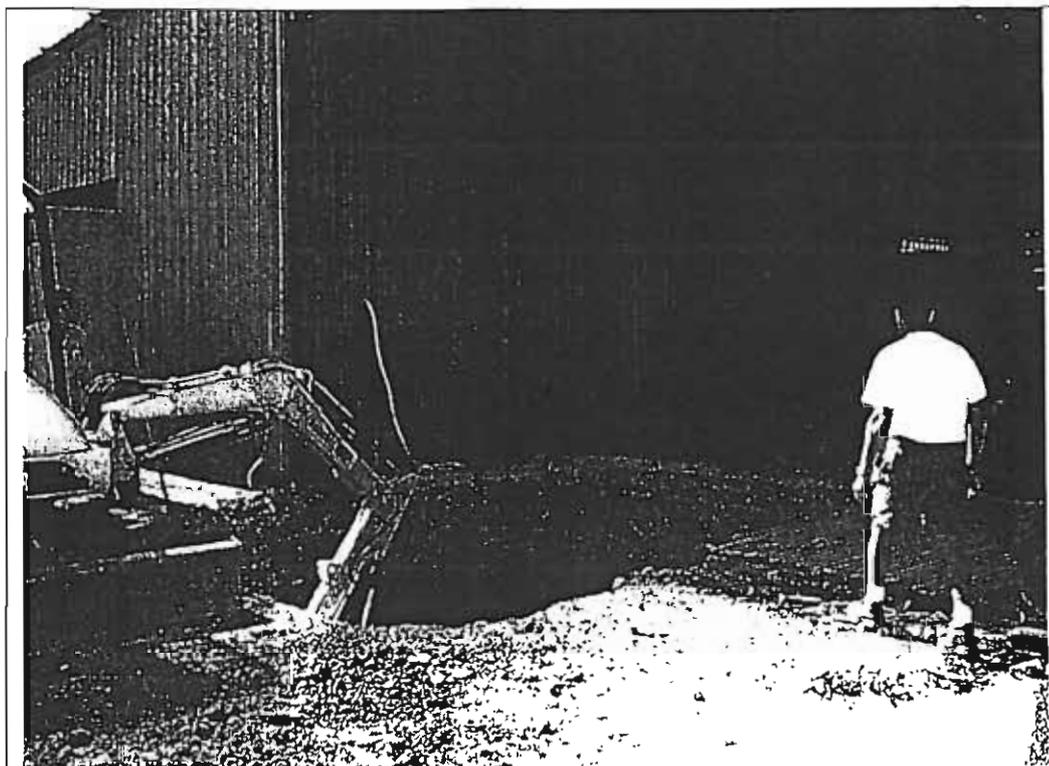


Foto 1: esecuzione scavo per posizionamento vasca interrata.



Foto 2 : preparazione del piano di posa vasca interrata.

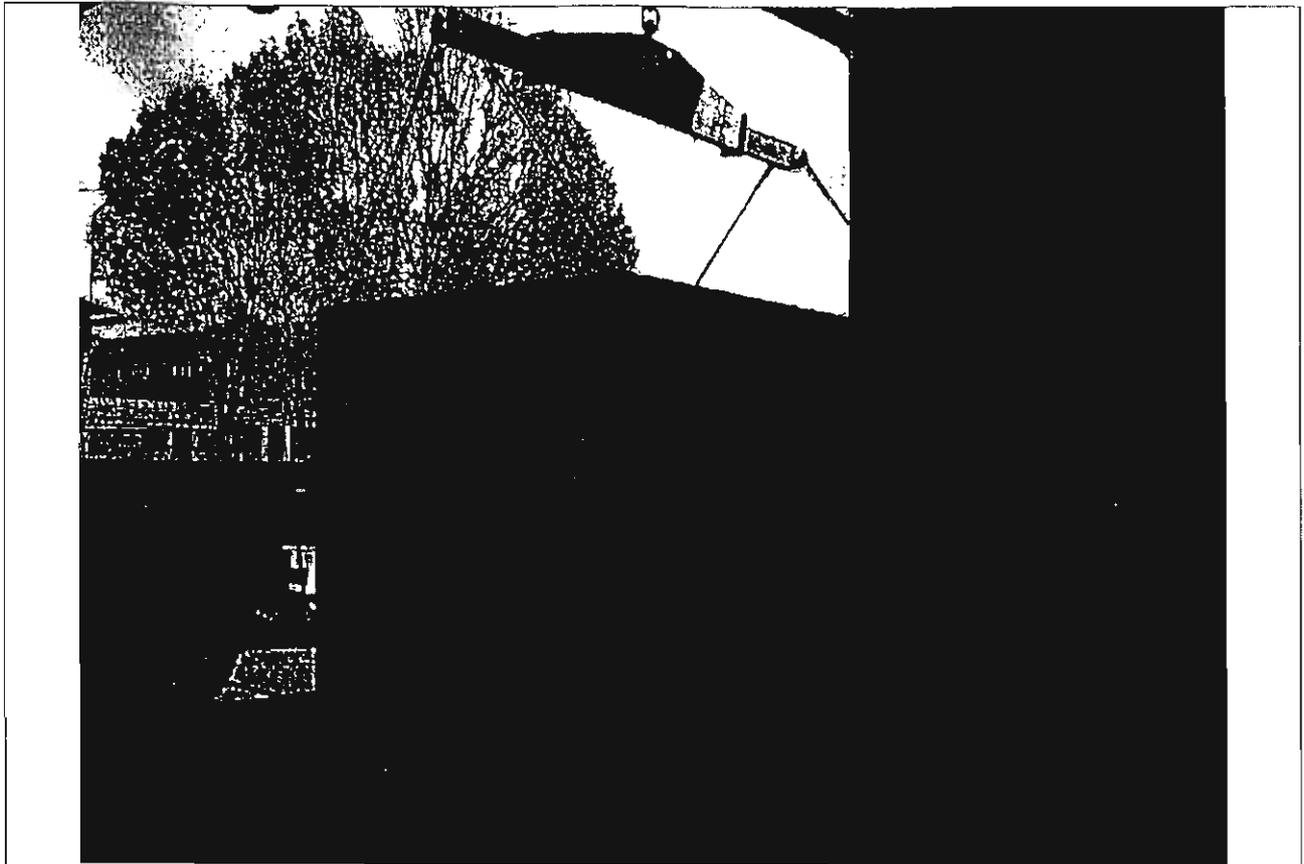


Foto 3 : calata vasca interrata.

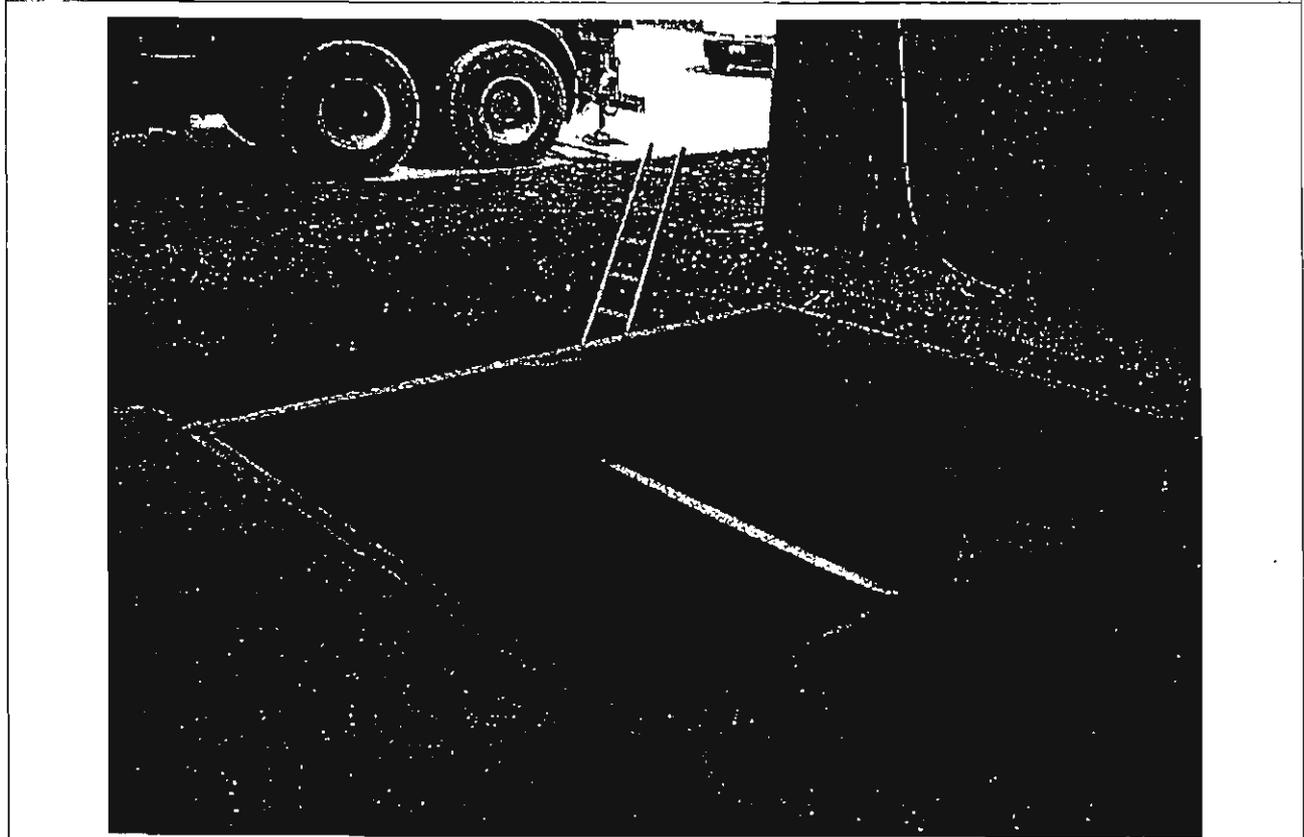


Foto 4 : posizionamento vasca interrata.



Foto 5 : struttura tubolare per il supporto piano di appoggio del modello.

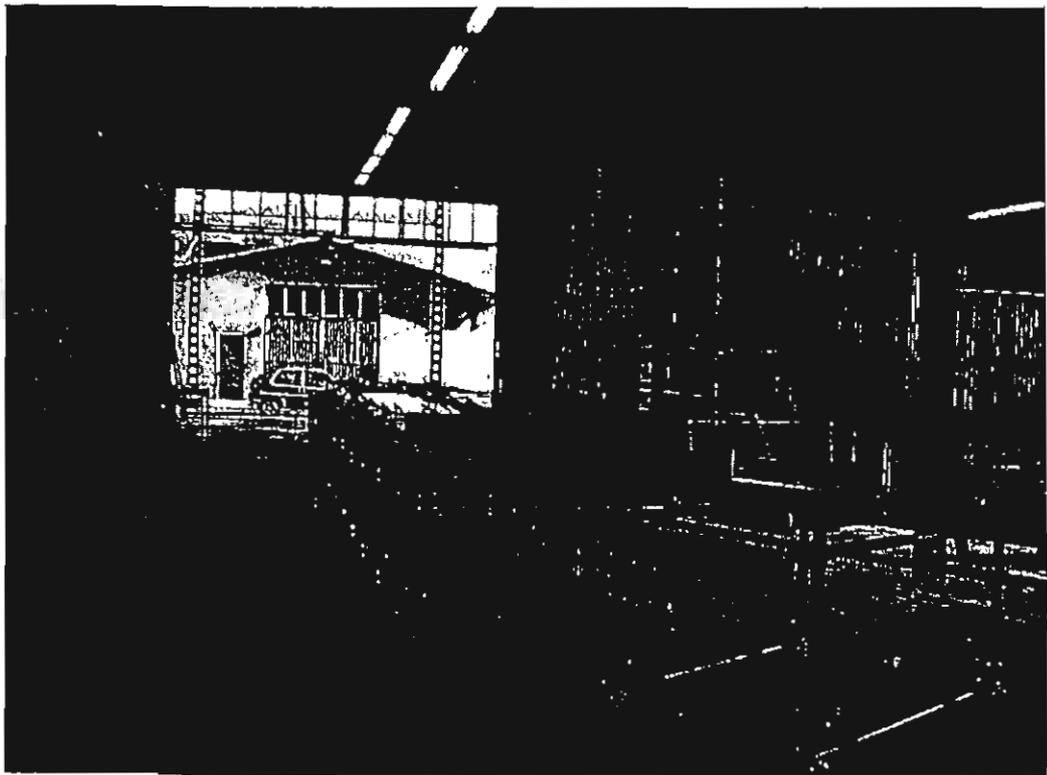


Foto 6 : tavolato in legno per piano di appoggio modello.

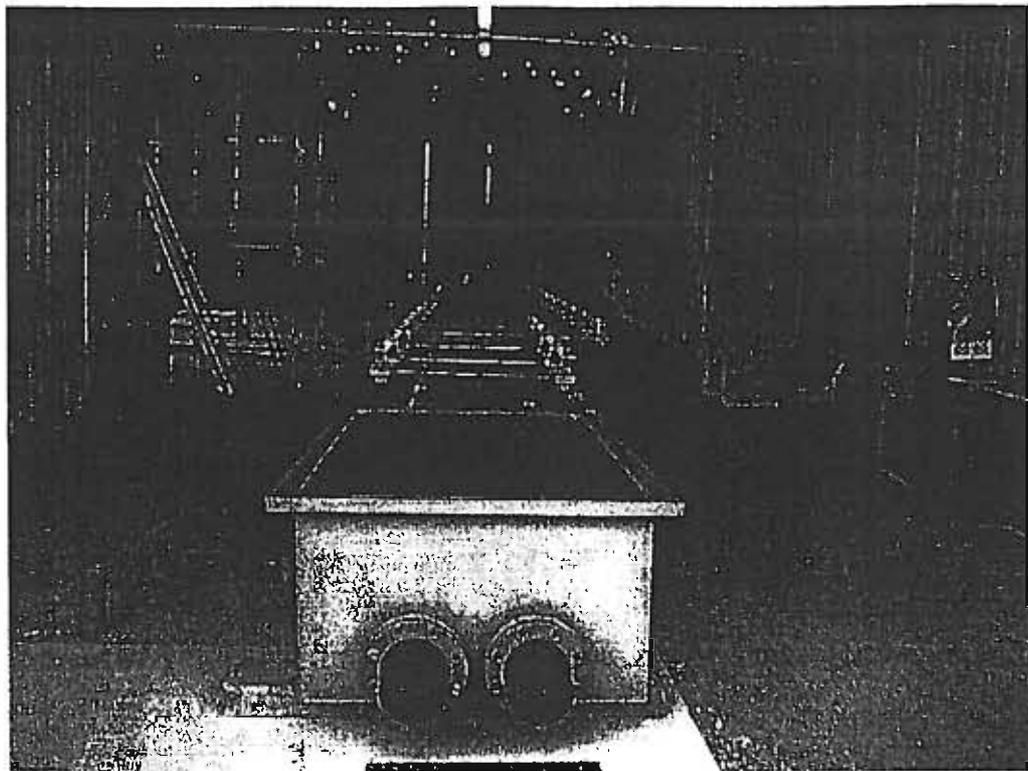


Foto 7 : vasca di scarico, da cui le acque confluiscono nella vasca interrata.



Foto 8 : vasca di carico con valvola per la regolazione delle portate.

PARTICOLARI TECNICI

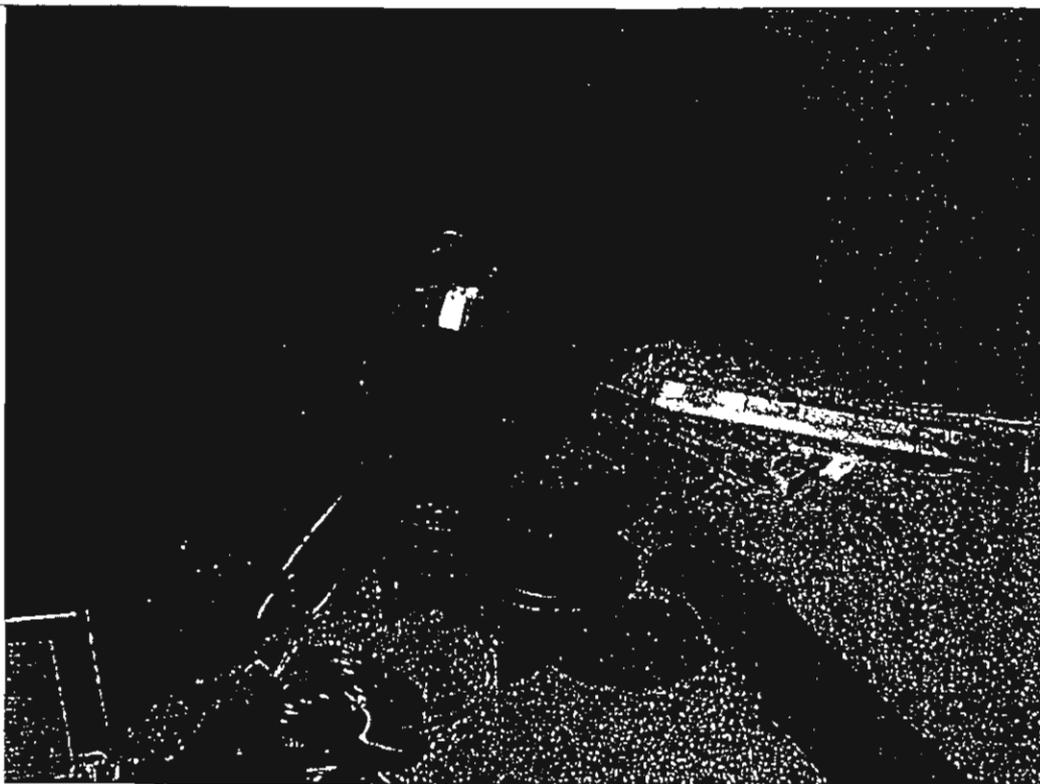


Foto 9 : elettropompa sommergibile.



Foto 10 : moduli modello in plexiglas.



Foto 11 : particolare giuntura realizzata con nastro adesivo in neoprene nero.



Foto 12 : strisce di tappetino verde sintetico utilizzate per simulare la scabrezza.

LAVORAZIONI MODELLO

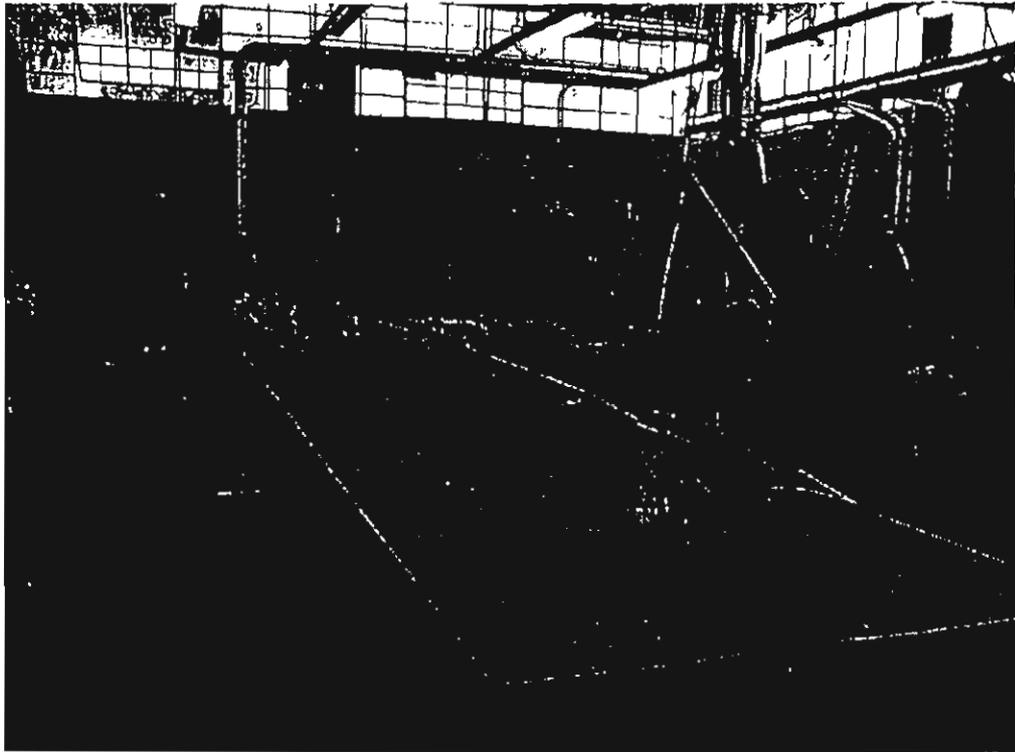


Foto 13 : fasi di lavorazione dei moduli del modello in plexiglas.

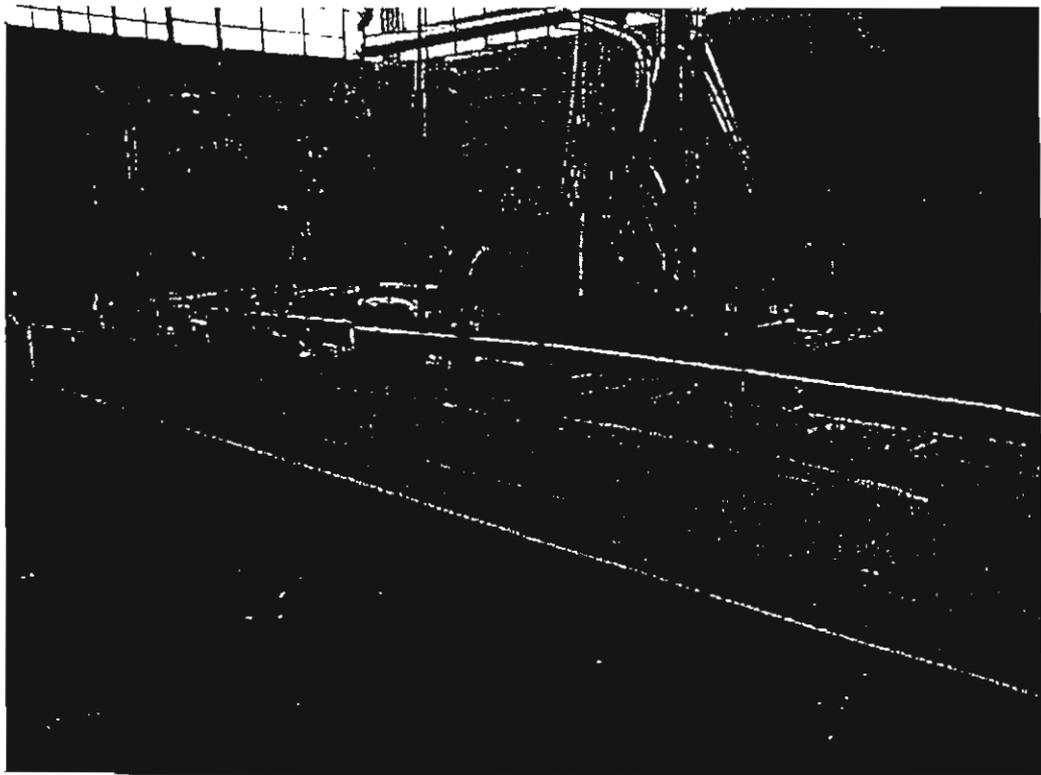


Foto 14 : particolare moduli in assemblaggio.



Foto 15 : lavorazione al tornio dei moduli.



Foto 16 : particolare lavorazione tornio.

STRUMENTAZIONI DI MISURA



Foto 17 : canne piezometriche per la lettura dei livelli idrici.

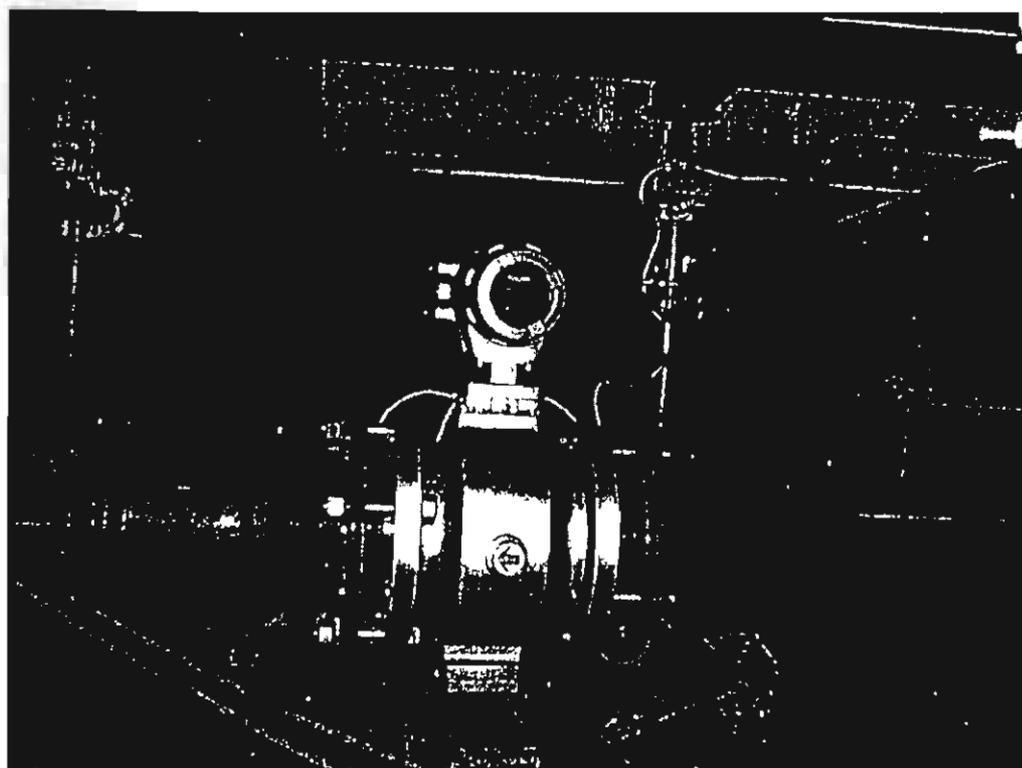


Foto 18 : misuratore di portata elettromagnetico.

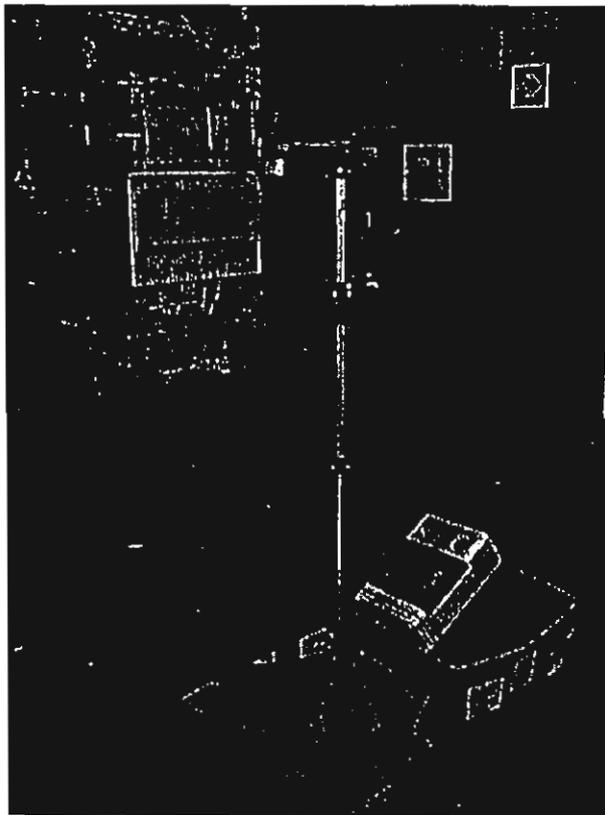


Foto 19 : catetometro, strumento di misura per la lettura dei livelli idrici.

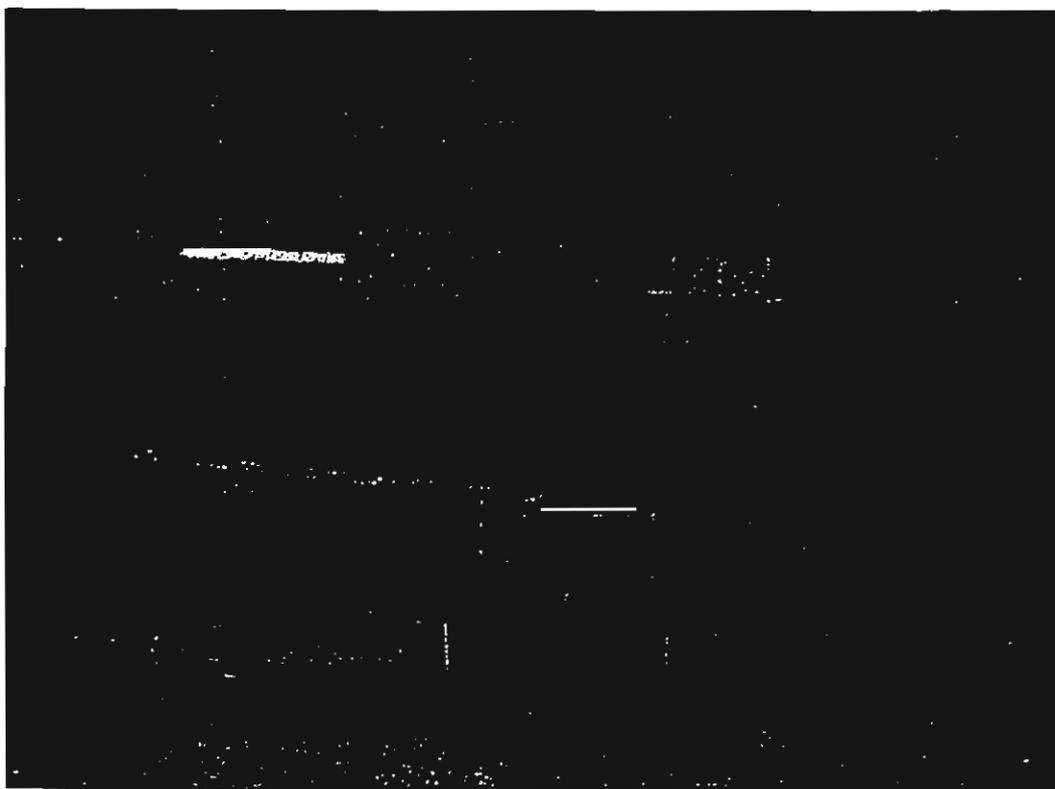


Foto 20 : aste graduate per la visualizzazione immediata dei livelli idrici.



Foto 21: micromulinello, strumento di misura della velocità della corrente superficiale.



Foto 22 : elica del micromulinello.

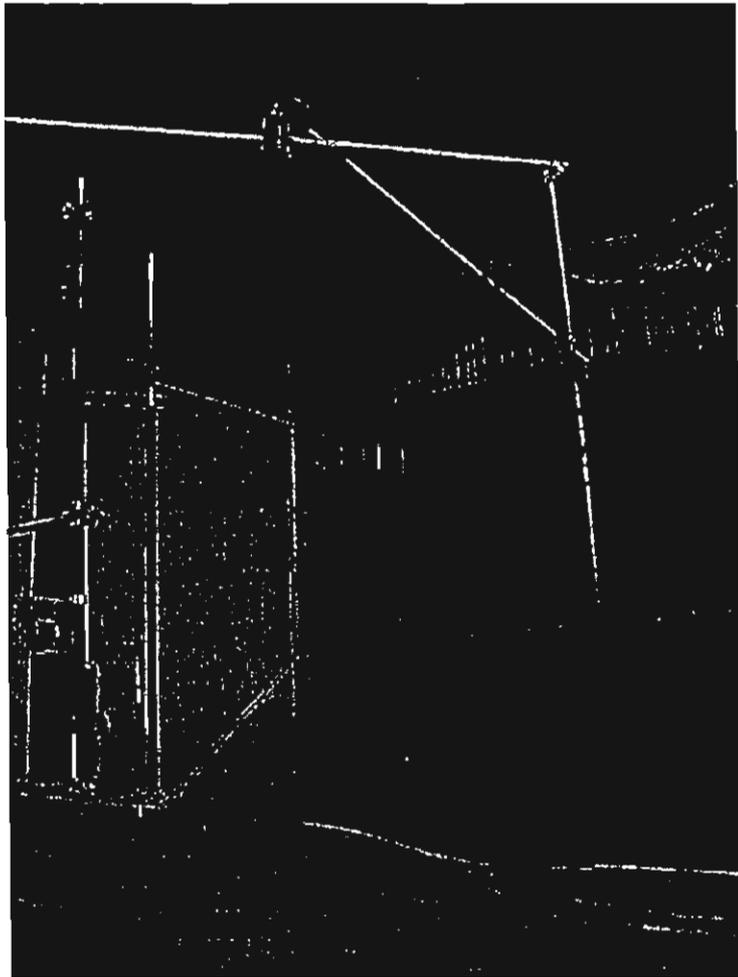


Foto 23 : telecamera per l'acquisizione di filmati per lo studio delle traiettorie e dei campi di moto.

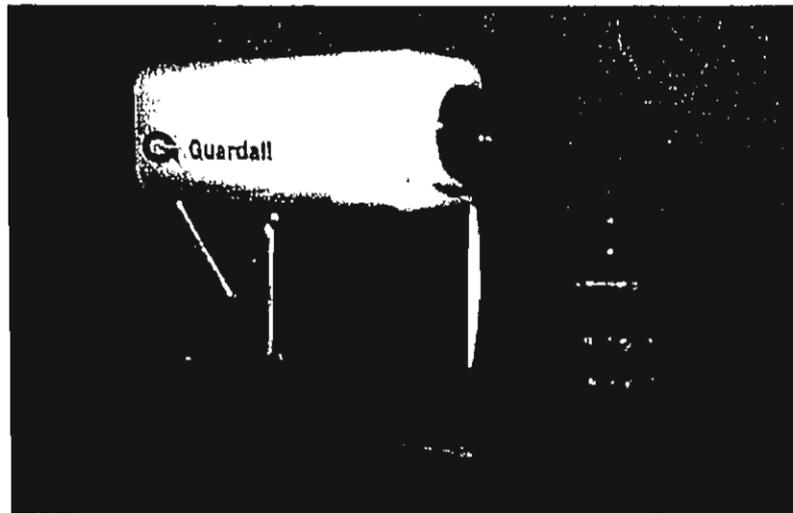


Foto 24 : particolare telecamera con obiettivo.

ELEMENTI IDRAULICI DEL MODELLO

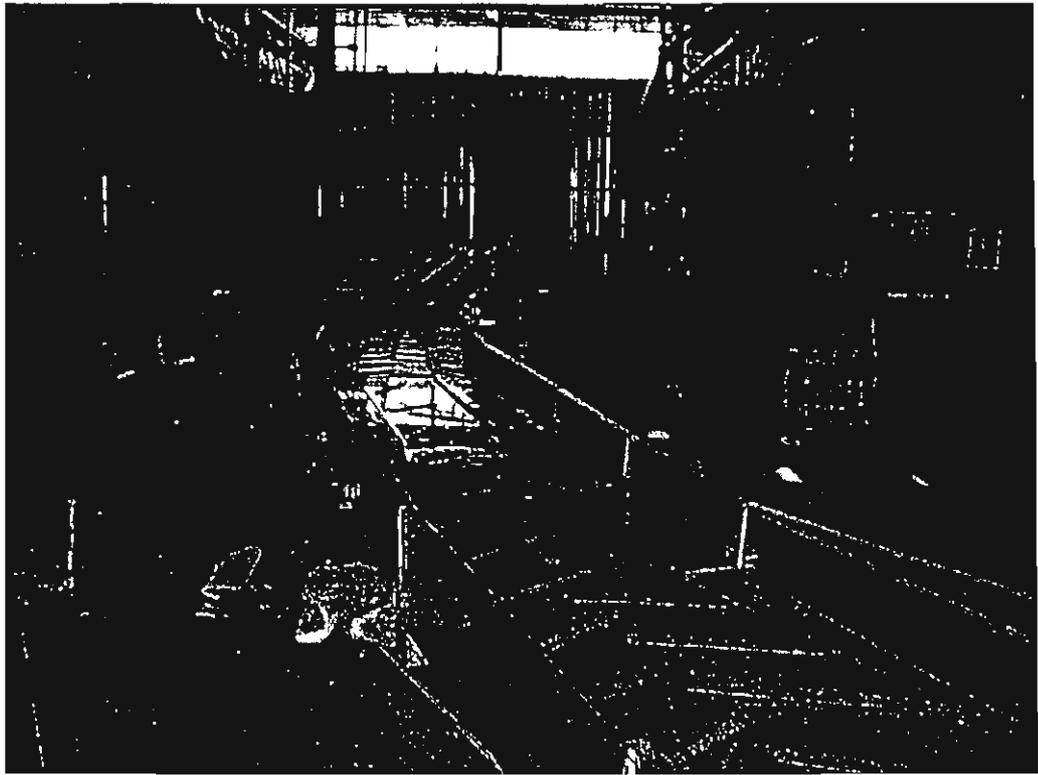


Foto 25 : vista d'insieme del modello.



Foto 26 : paratola per la regolazione della condizione di valle.



Foto 27 : imbocco vasca di carico-modello.

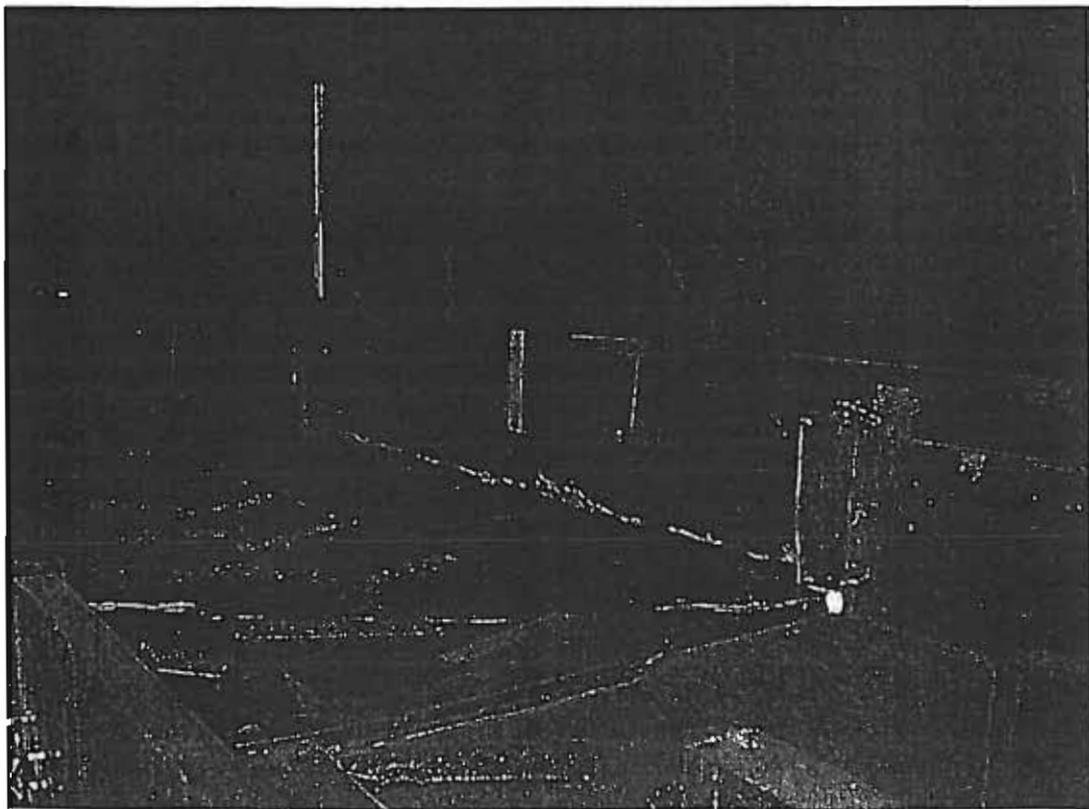


Foto 28 : sfioratore.

IMPIANTO IDRAULICO



Foto 29 : canne piezometriche in PVC per misurare il livello della falda e tubazioni in PEAD di mandata e di ritorno impianto idraulico.



Foto 30 : tubazione di mandata al torrino (in alto a sinistra), di ritorno alla vasca interrata (in basso a sinistra) e di mandata al modello (in alto a destra).

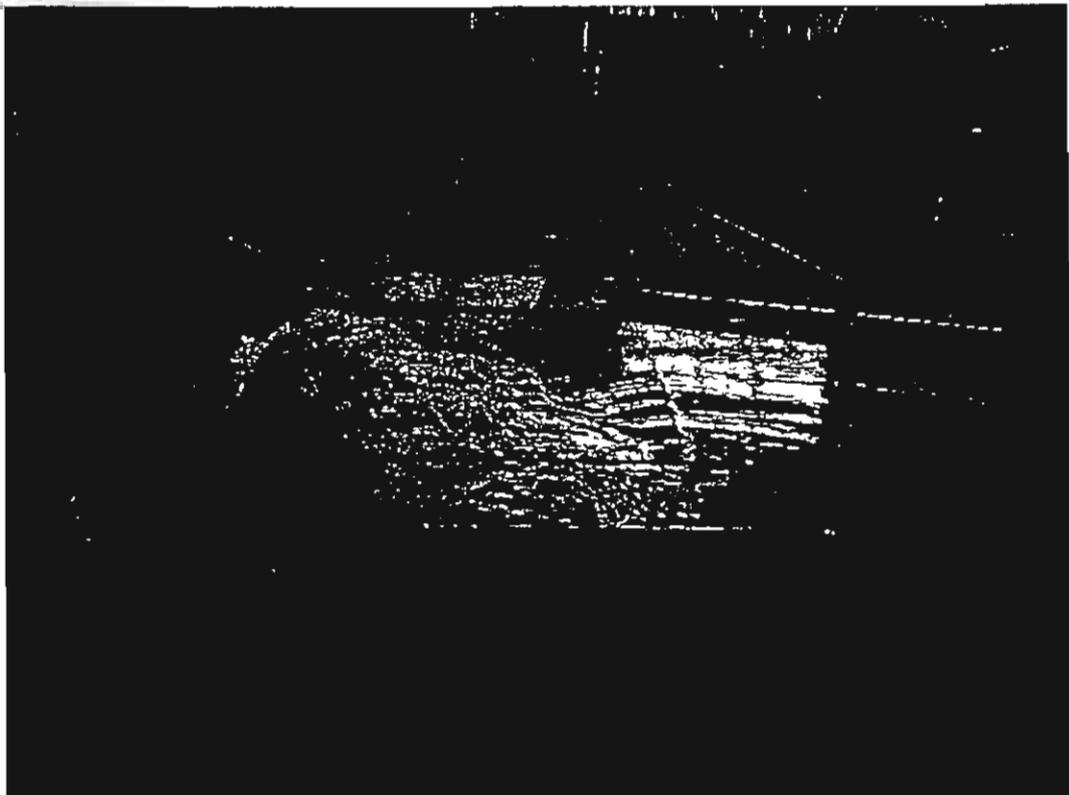
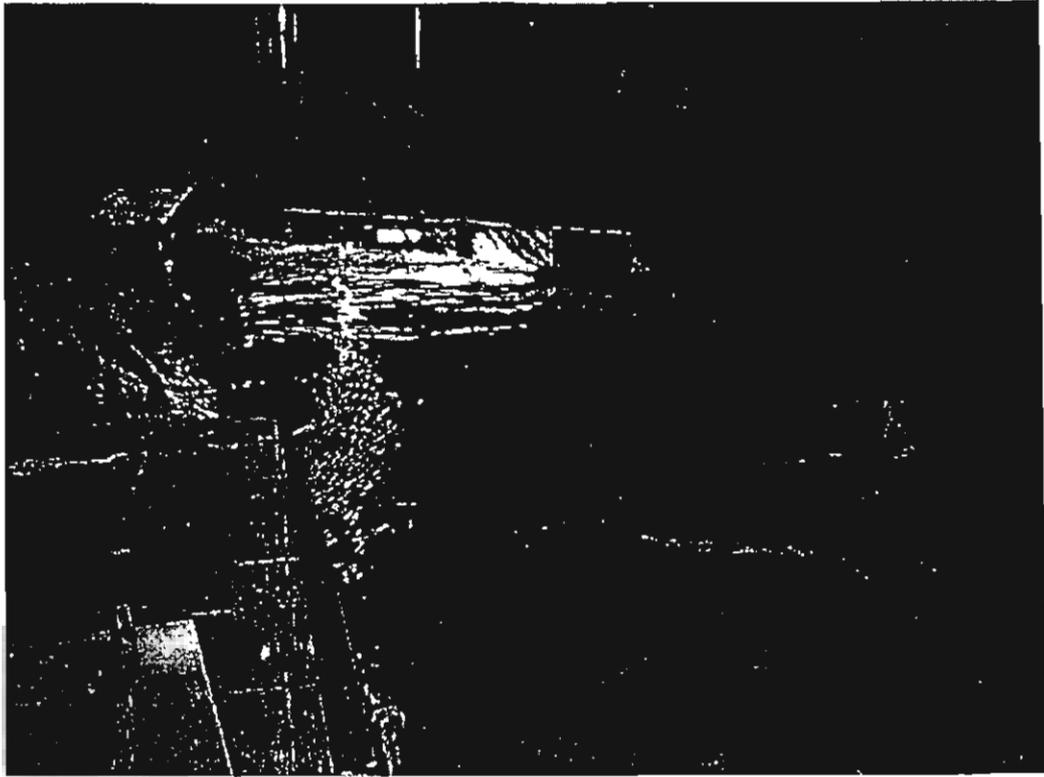


Foto 31 : vista generale del torrino.



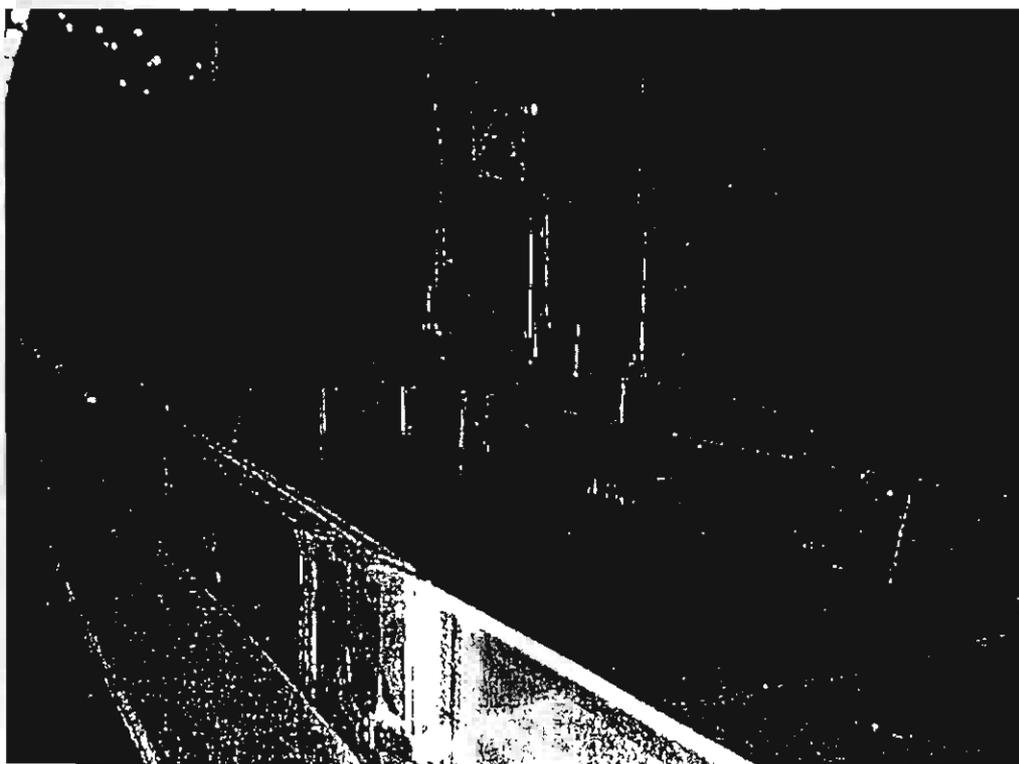
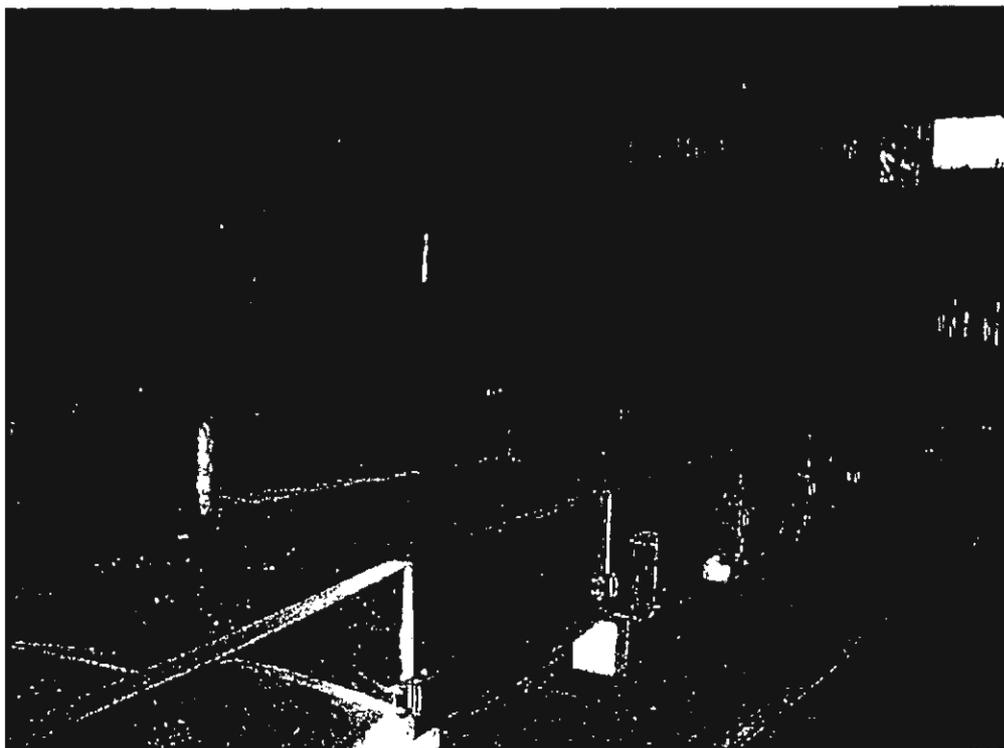
Foto 32 : vista generale dell'impianto idraulico.

SIMULAZIONI Q20 SOLO BYPASS SECONDA CONFIGURAZIONE

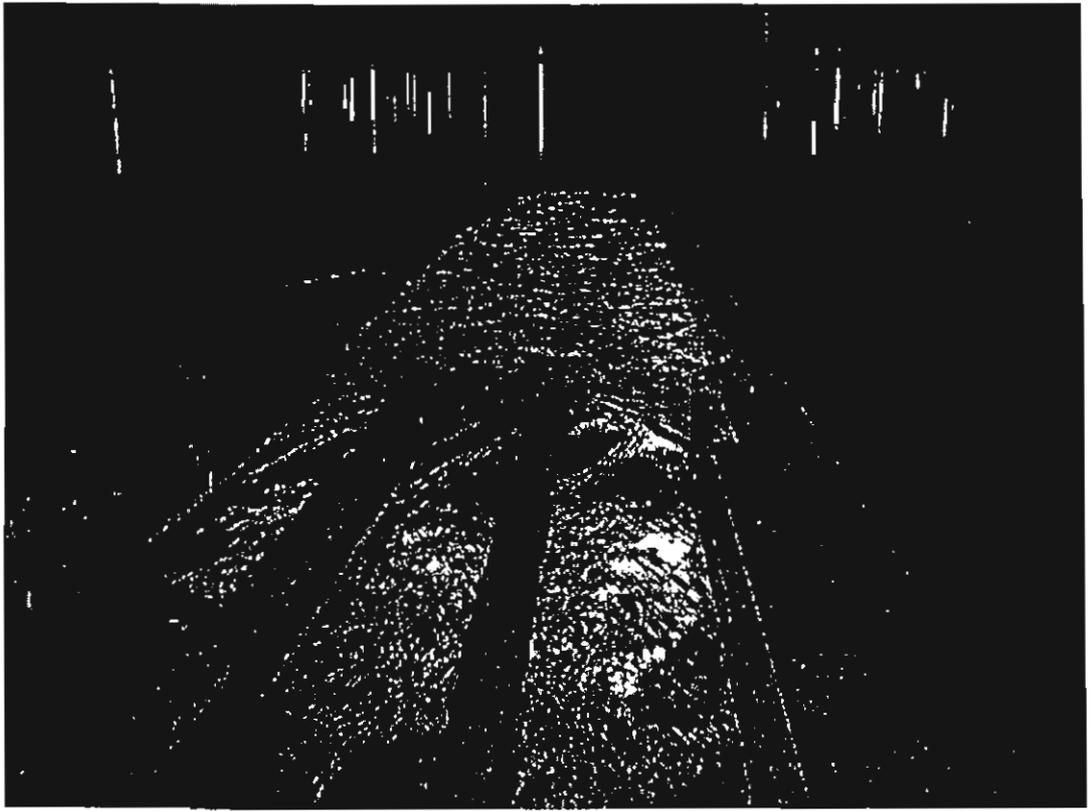




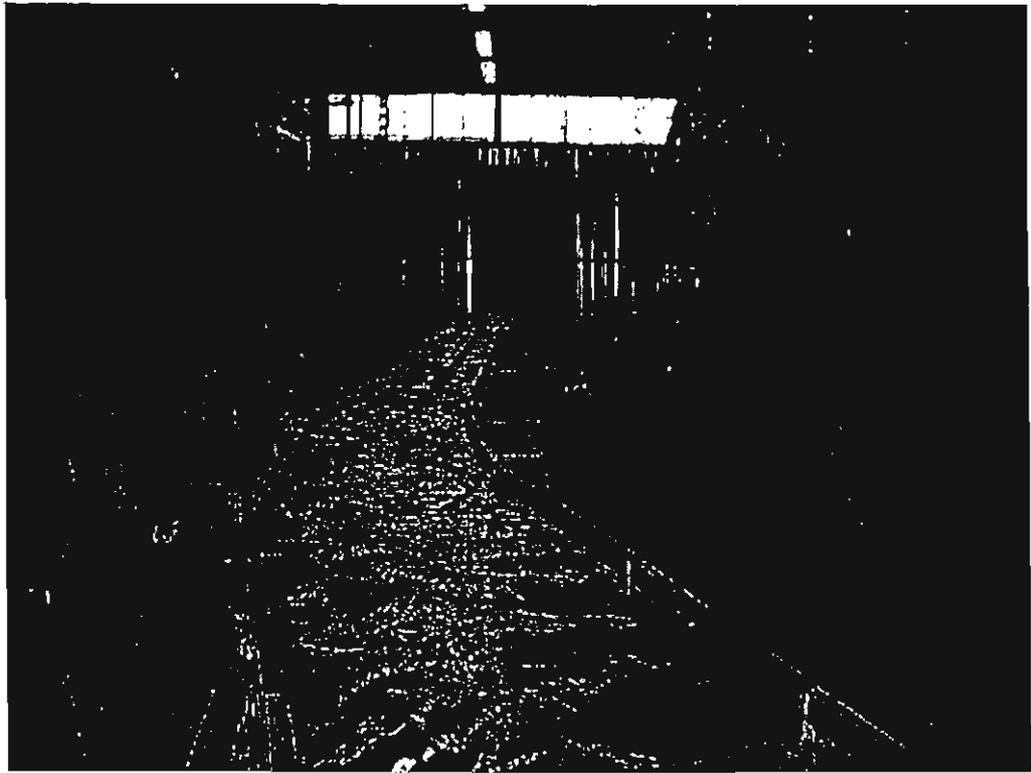
SIMULAZIONI Q20 PROGETTO MONTE SENZA BYPASS SECONDA
CONFIGURAZIONE

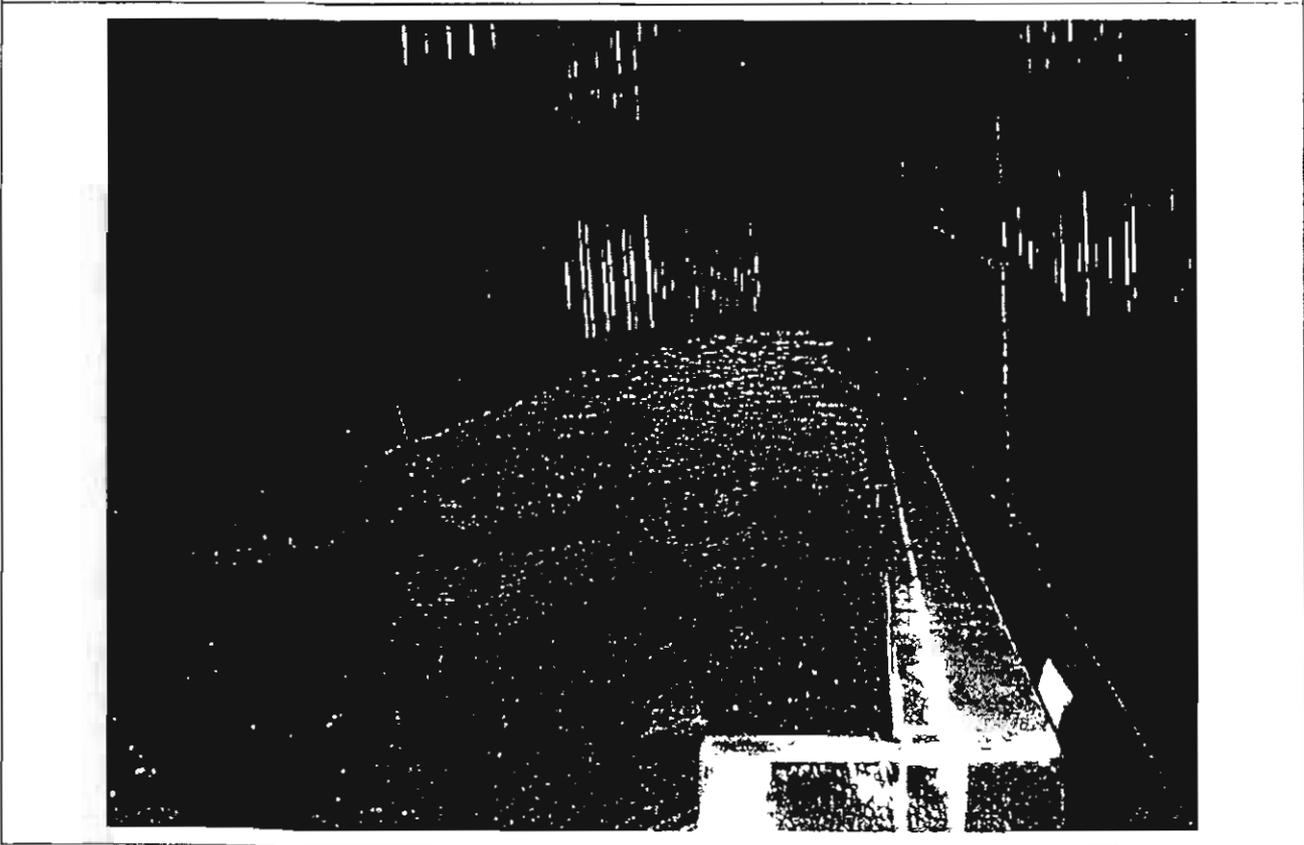
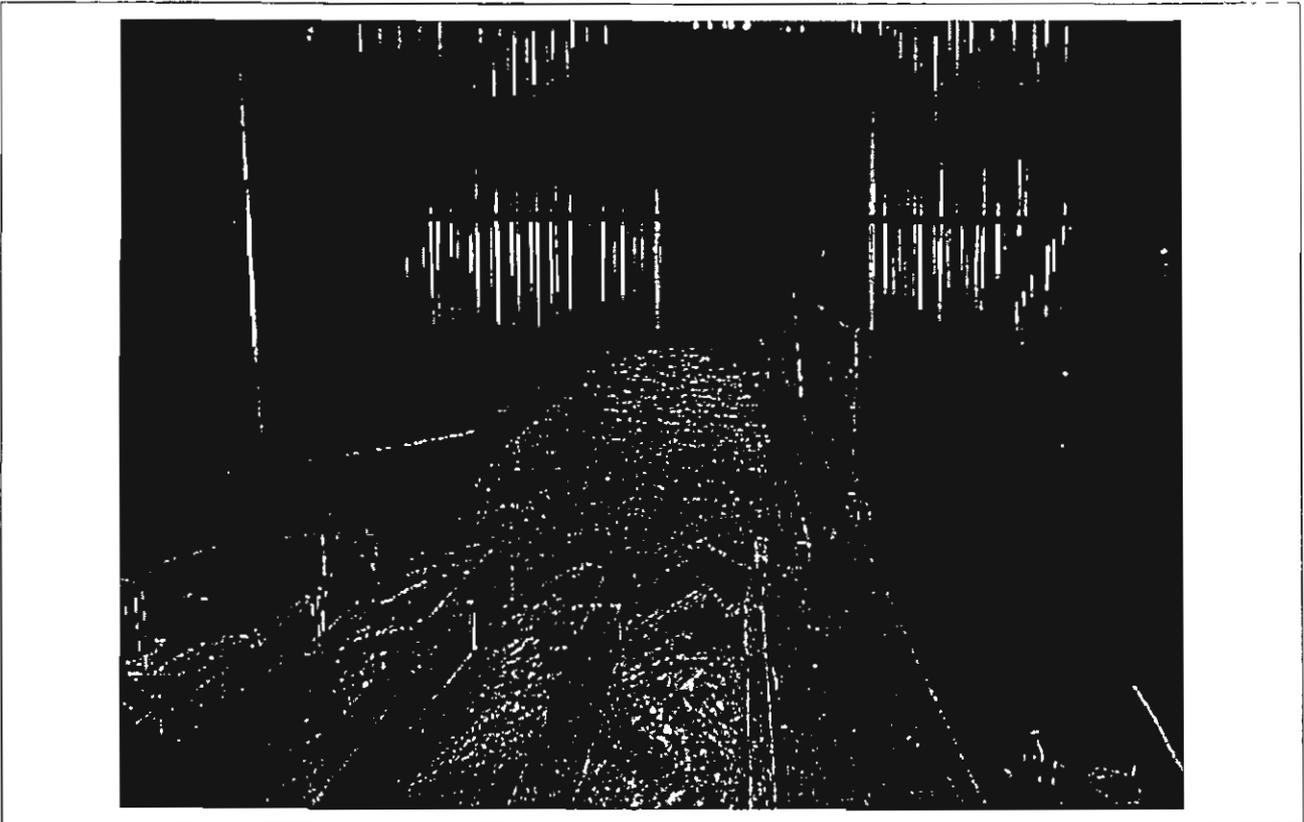




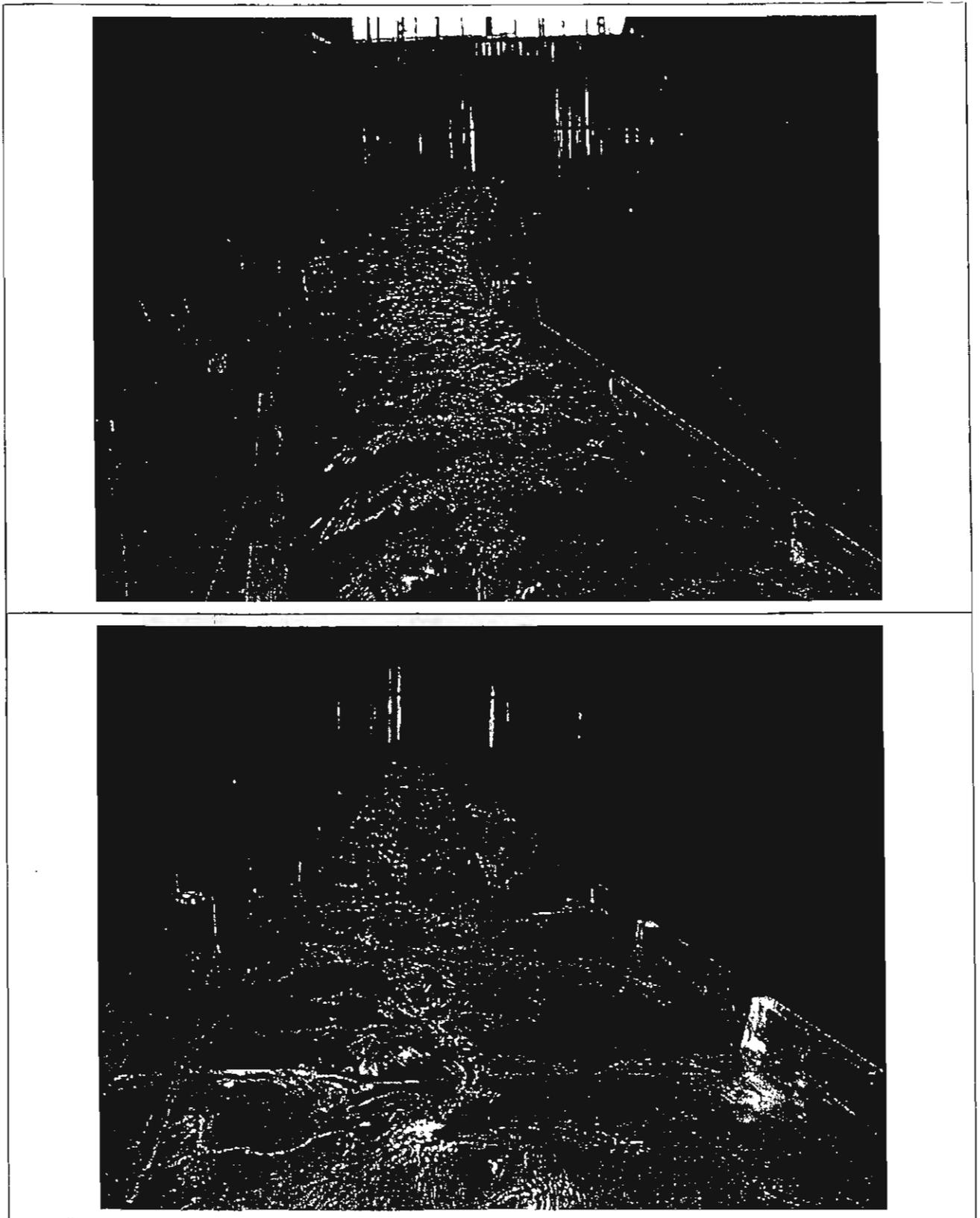


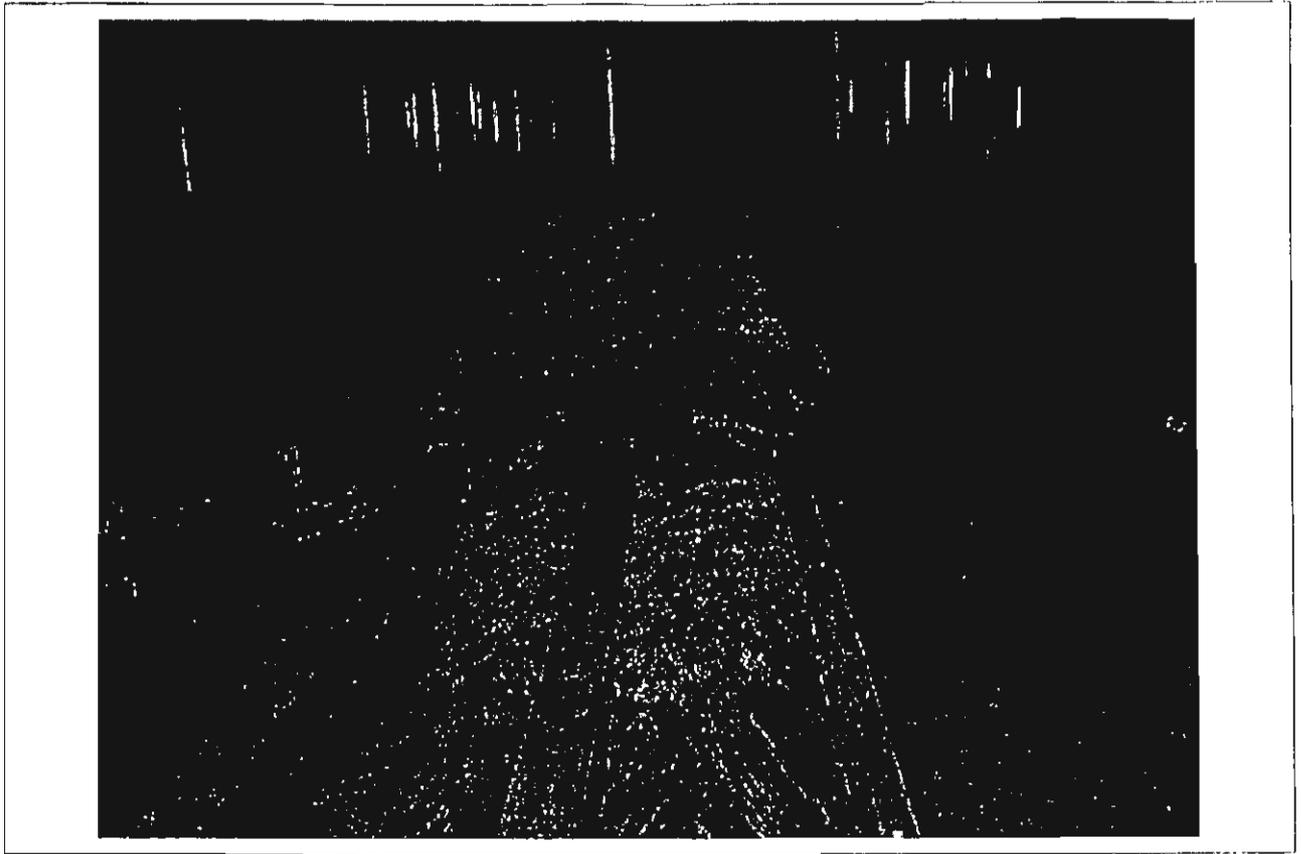
SIMULAZIONI Q50 PROGETTO MONTE SENZA BYPASS SECONDA
CONFIGURAZIONE



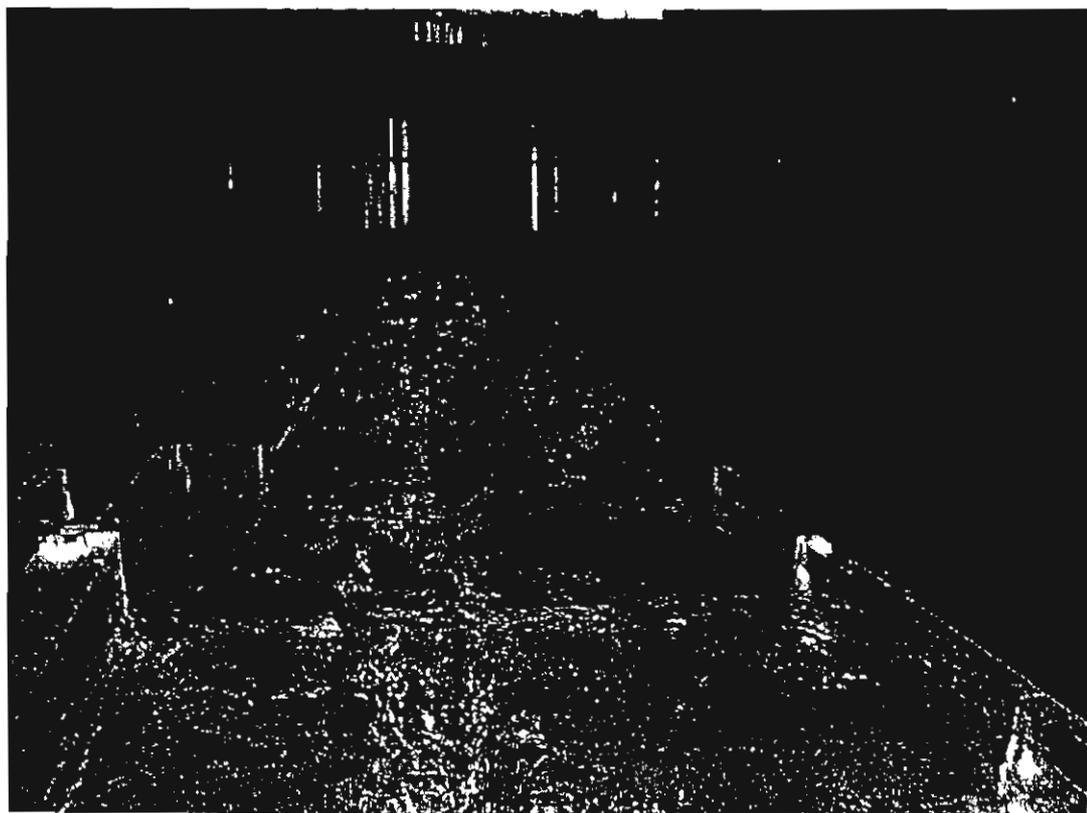
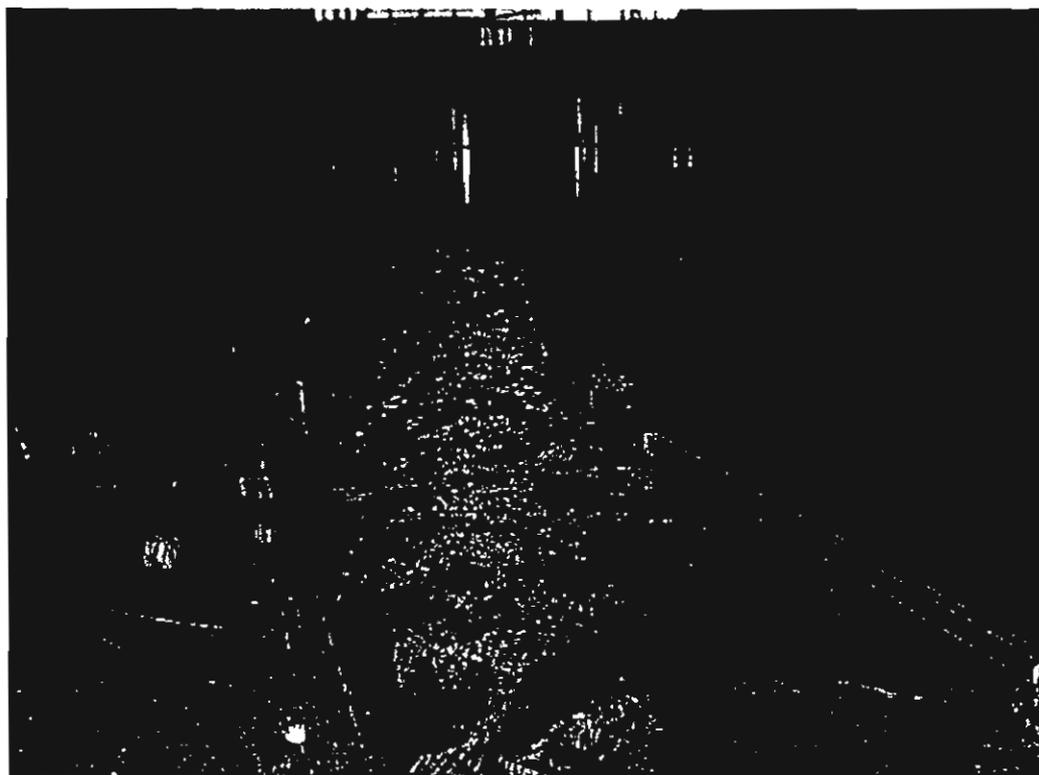


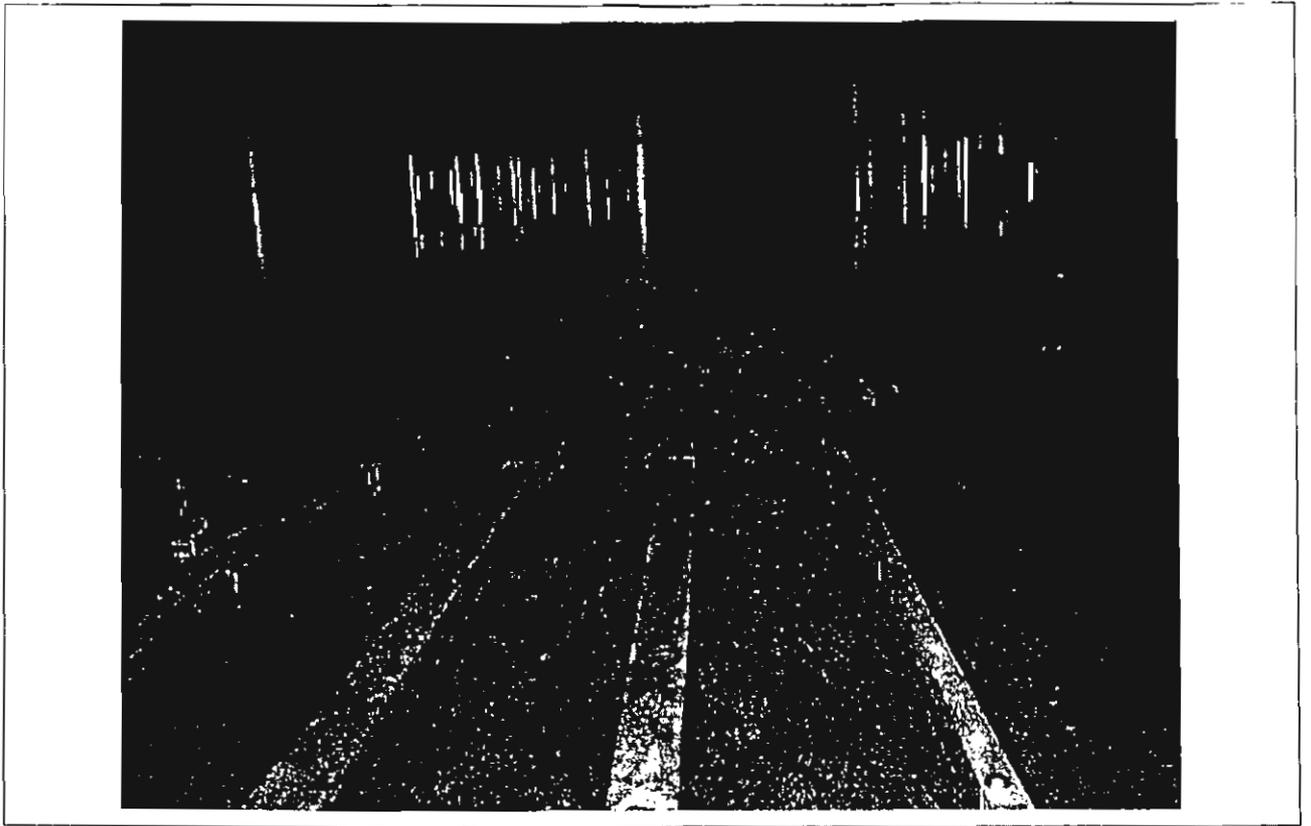
SIMULAZIONI Q100 PROGETTO MONTE SENZA BYPASS SECONDA
CONFIGURAZIONE



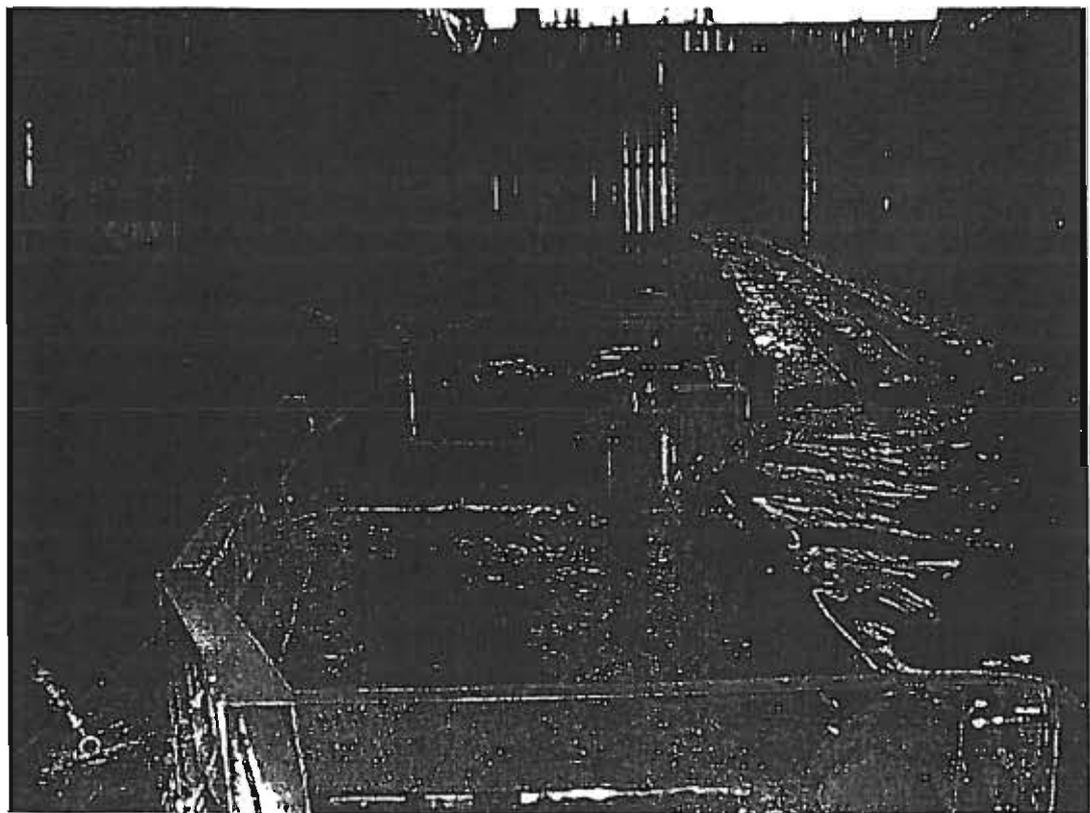


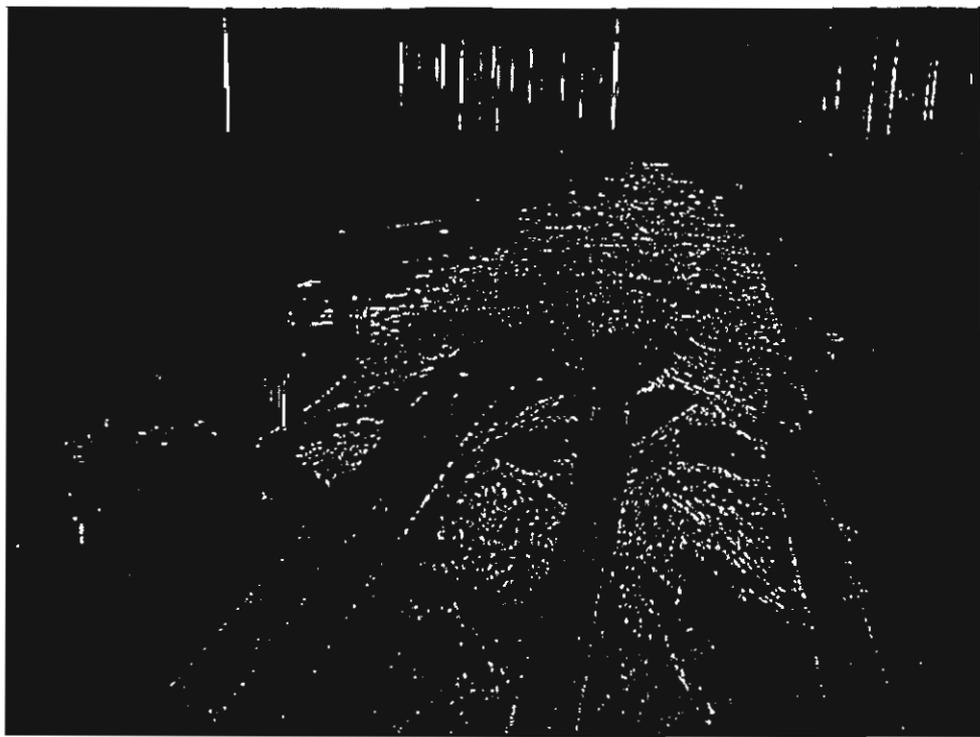
SIMULAZIONI Q200 PROGETTO MONTE SENZA BYPASS SECONDA
CONFIGURAZIONE





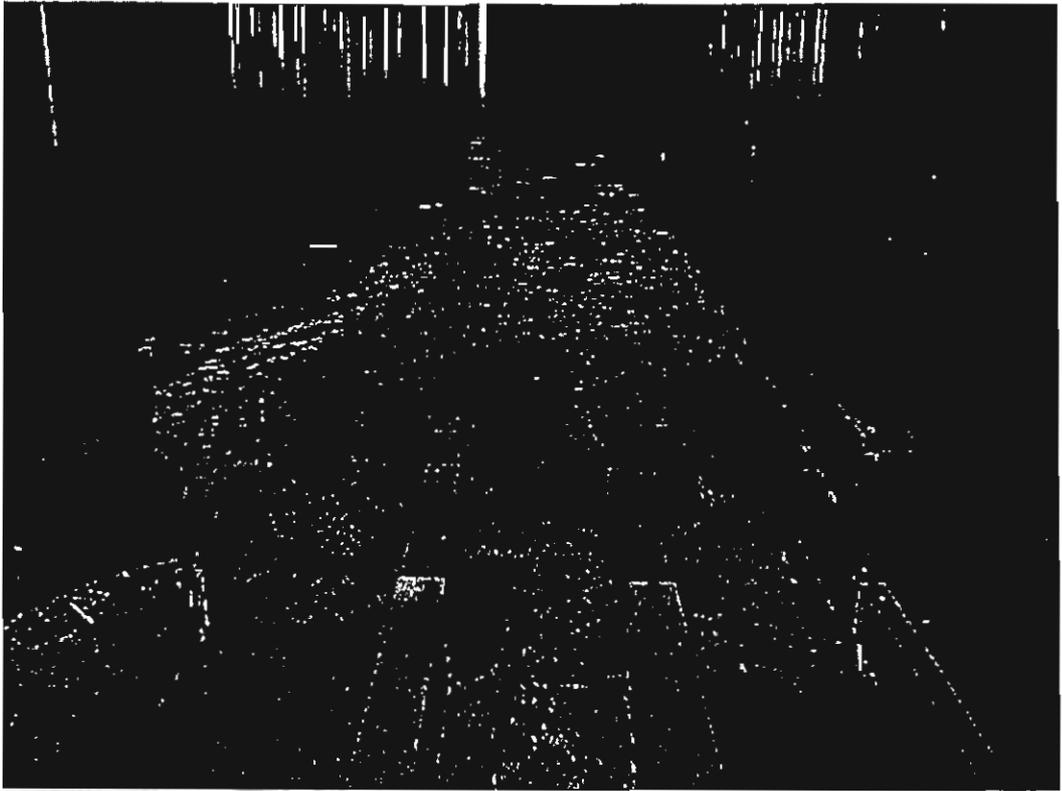
SIMULAZIONI Q20 PROGETTO MONTE CON BYPASS SECONDA
CONFIGURAZIONE



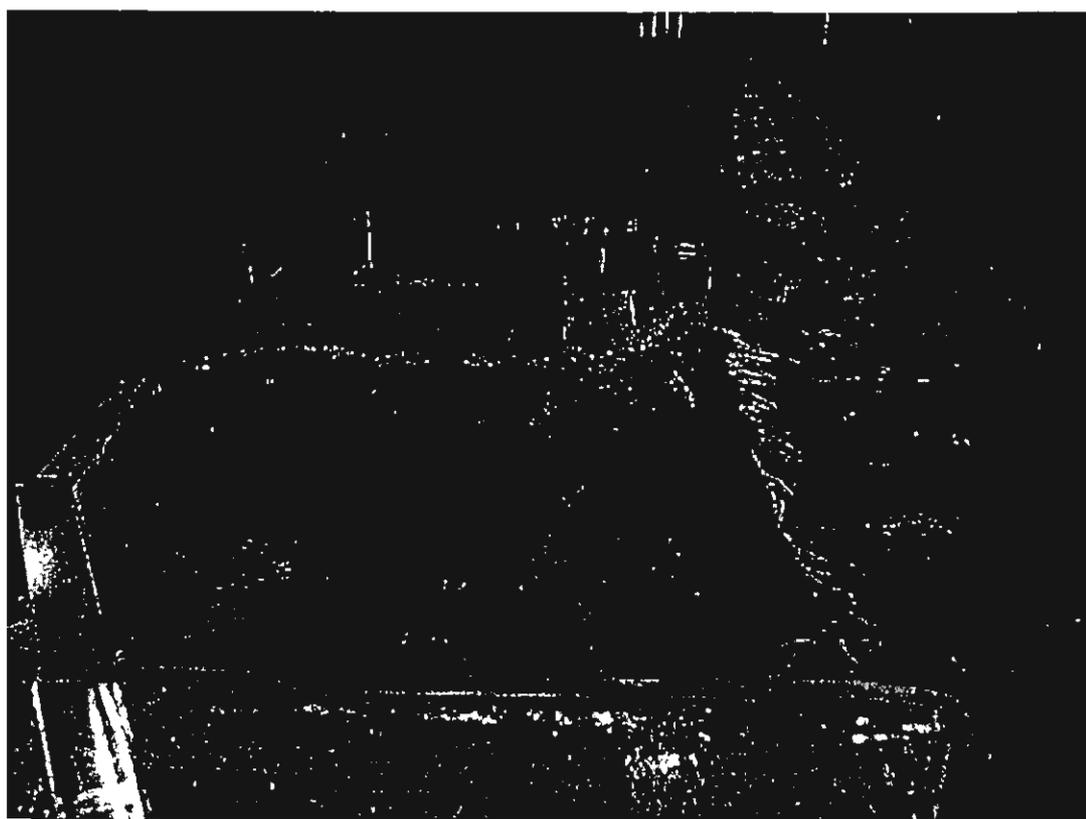
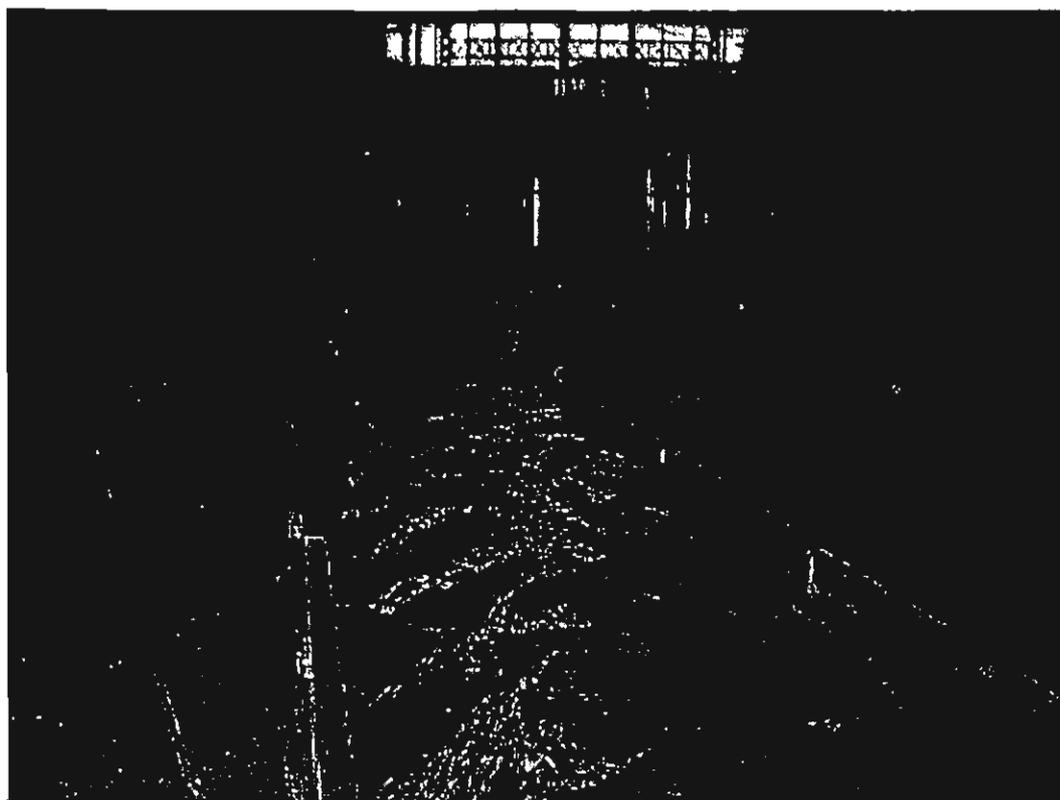


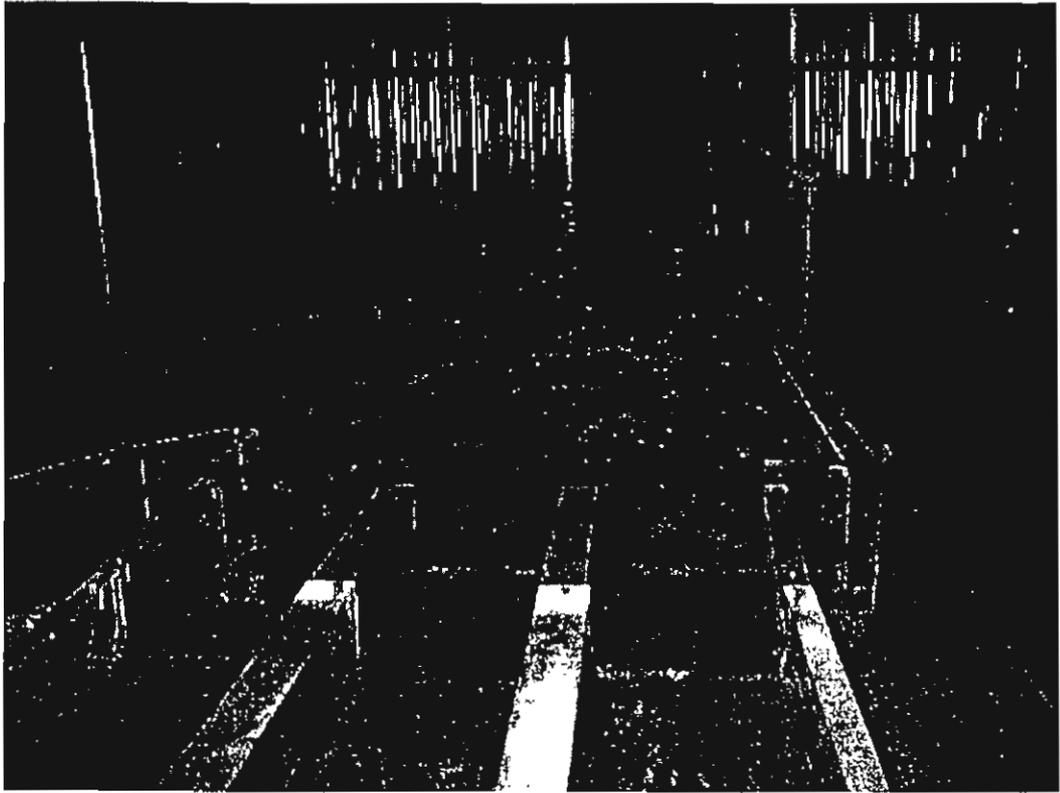
SIMULAZIONI Q50 PROGETTO MONTE CON BYPASS SECONDA
CONFIGURAZIONE





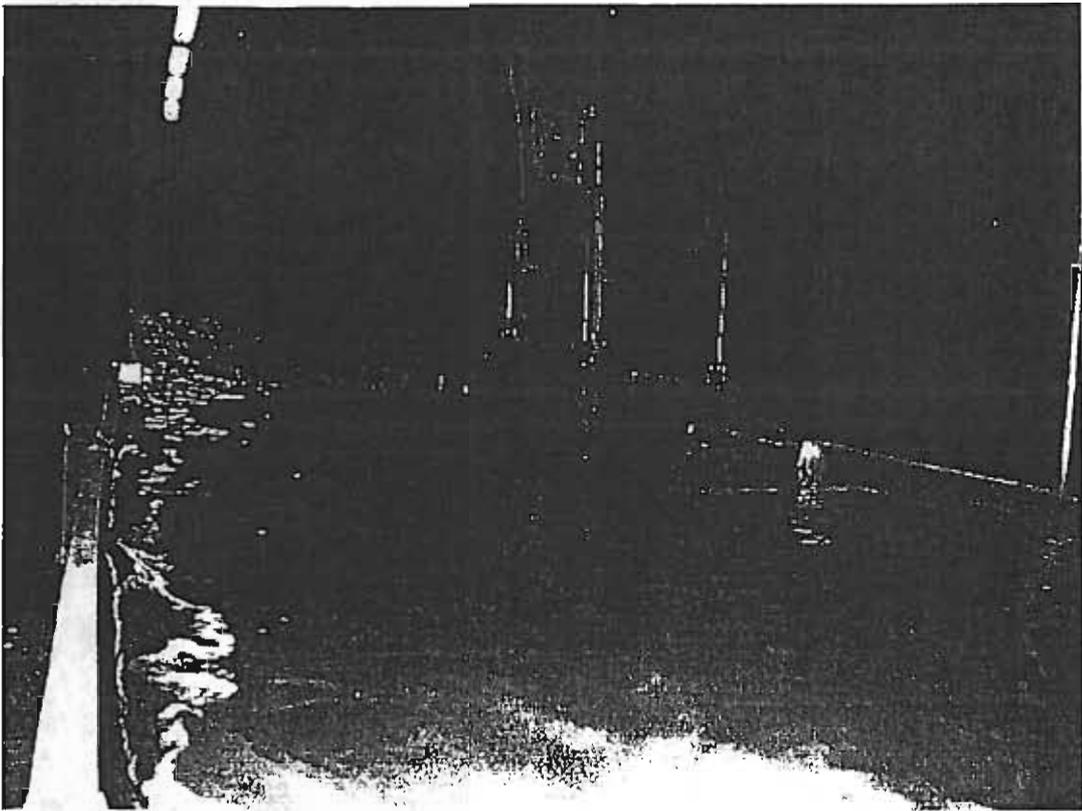
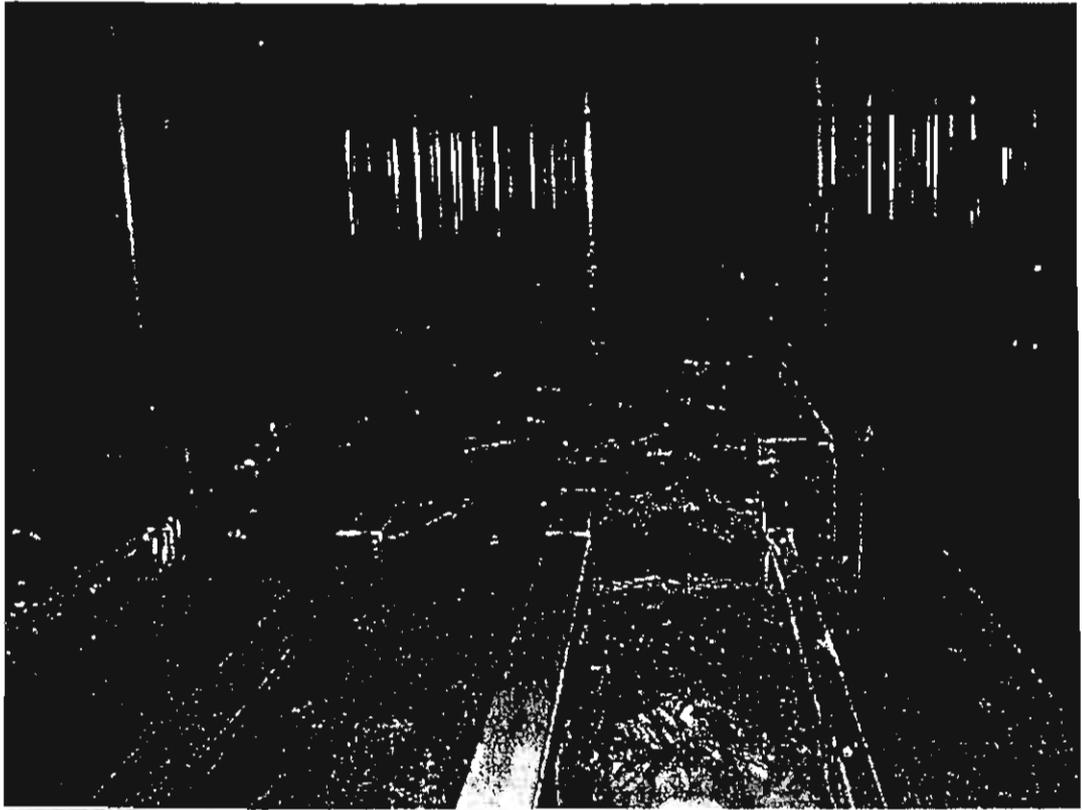
SIMULAZIONI Q100 PROGETTO MONTE CON BYPASS SECONDA
CONFIGURAZIONE





SIMULAZIONI Q200 PROGETTO MONTE CON BYPASS SECONDA
CONFIGURAZIONE





TORRENTE MUGNONE ALLO STATO ATTUALE PRESSO SANTA MARIA NOVELLA



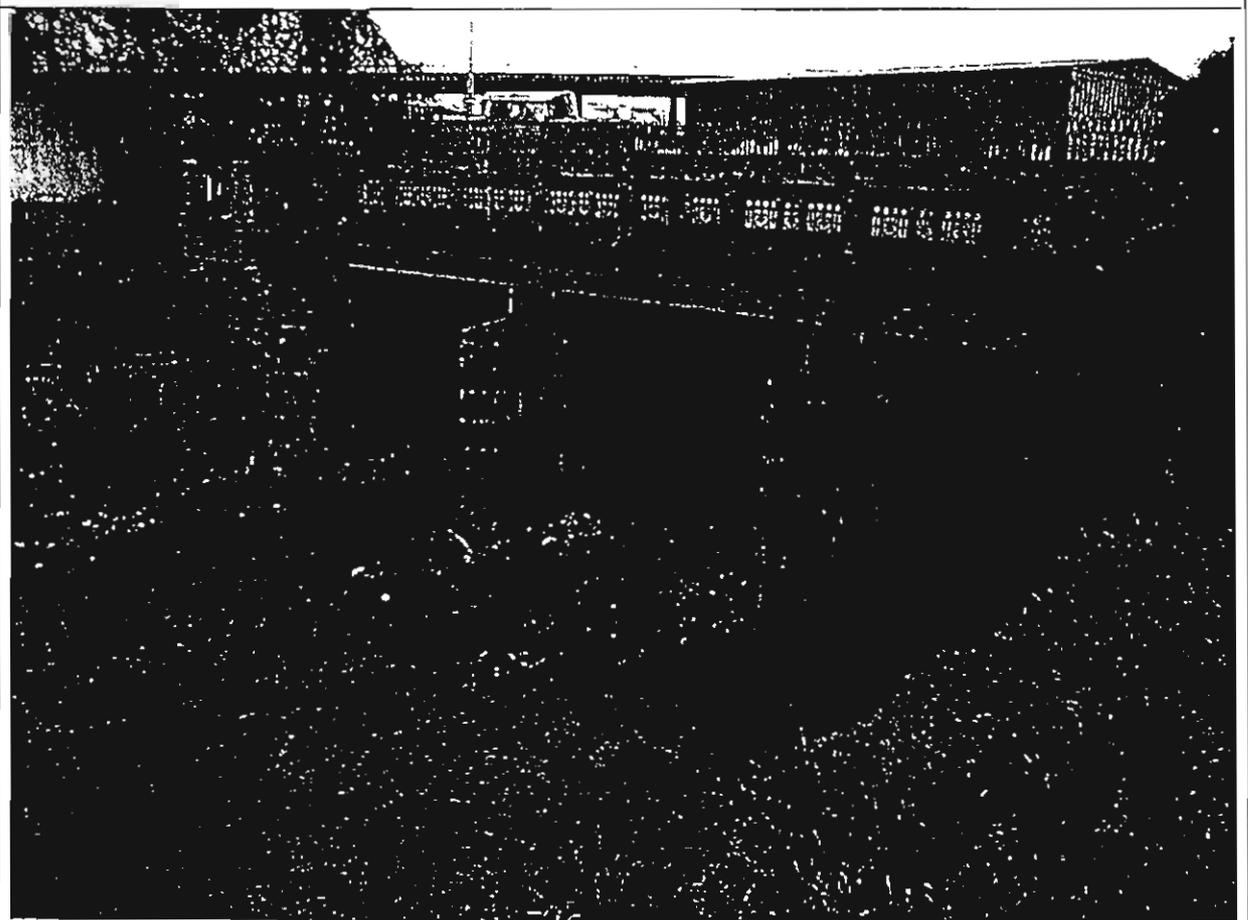
Vista dal Ponte al Romito verso valle.



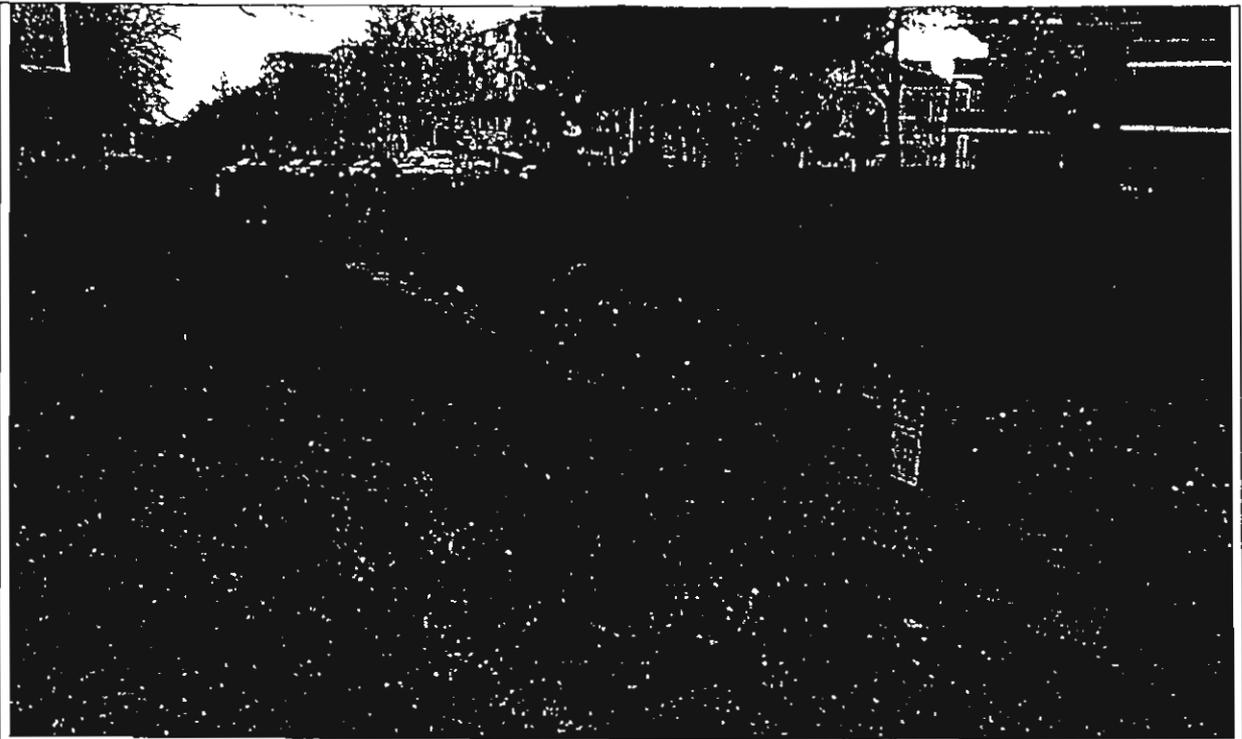
Muro in pietra caratteristico delle sponda sinistra del torrente Mugnone.



Ponte al Romito.



Fornici del sottopasso ferroviario.



Ponte all'Asse.



Tratto del torrente Mugnone a valle del sottopasso ferroviario.

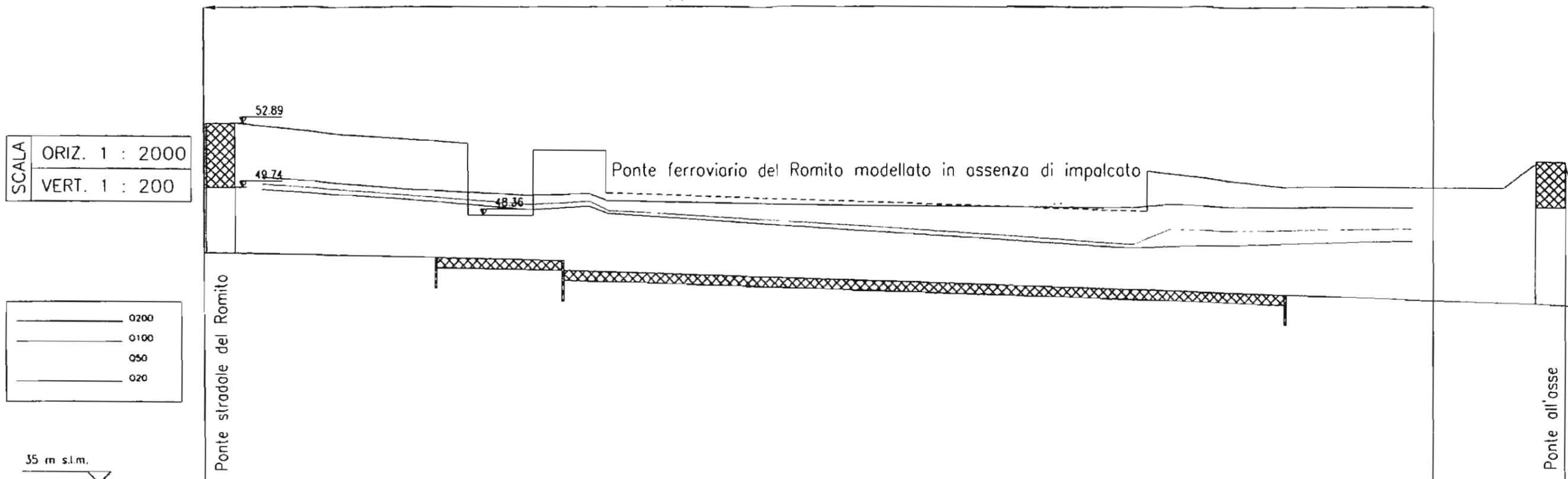
ALLEGATO 4 – Profili piezometrici

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA CIVILE di FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

ING. E.BECAGLI, ING. F.GINANNI

PROFILI IDRICI 1° CONF. PROGETTO CON SETTO ALLO SBOCCO BYPASS

tratto rappresentato nel modello fisico



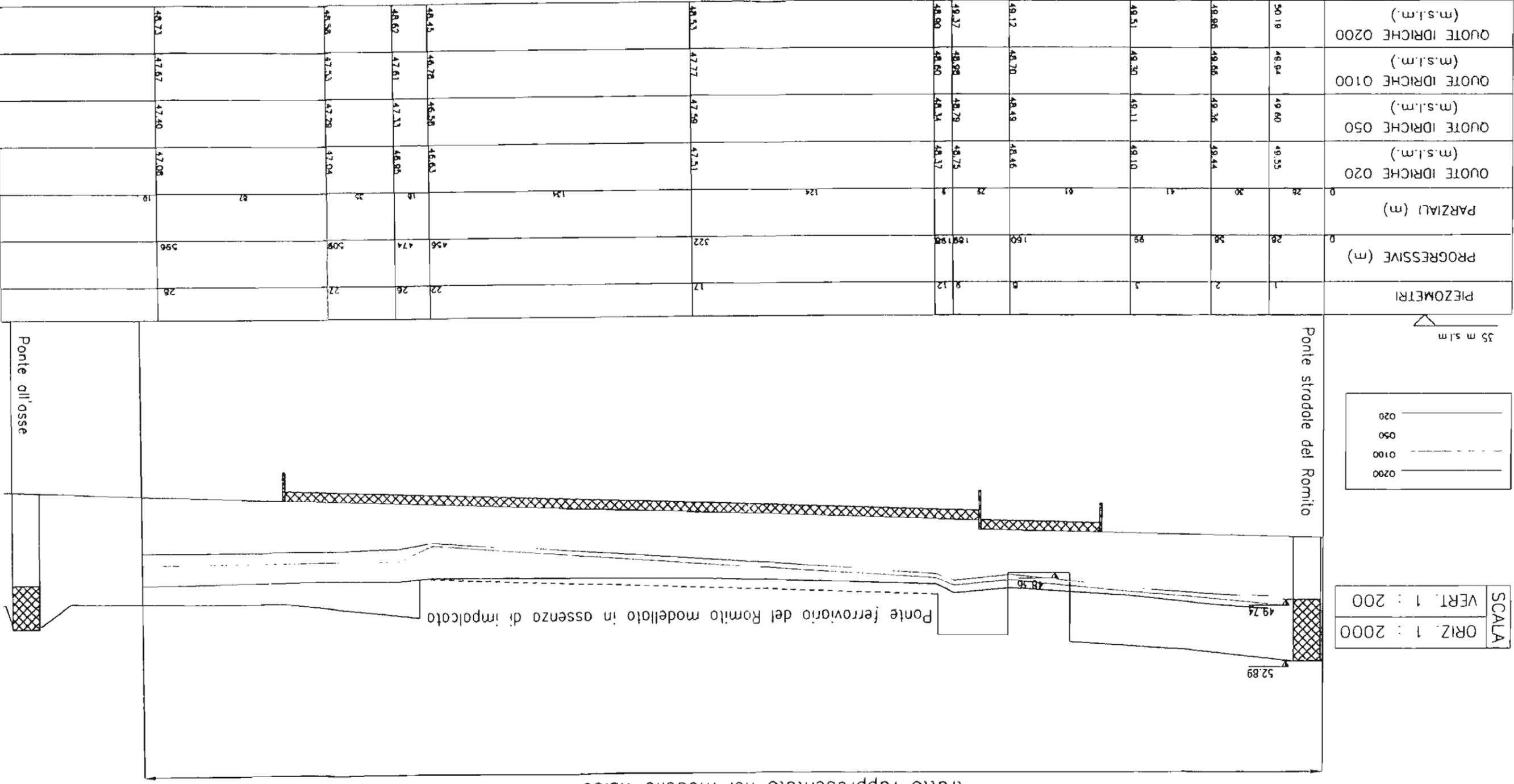
PIEZOMETRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
PROGRESSIVE (m)	0	28	58	92	124	160	198	238	280	322	364	406	448	490	532	574	616	658	700	742	784	826	868	910	952	994	1036	1078	1120	1162		
PARZIALI (m)	0	28	30	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151	161	171	181	191	201	211	221	231	241	251	261	271	281	291	301		
QUOTE IDRICHE Q20 (m.s.l.m.)		49.62	49.41	48.14	46.67	45.47	44.79	44.43	43.58	42.58	41.58	40.58	39.58	38.58	37.58	36.58	35.58	34.58	33.58	32.58	31.58	30.58	29.58	28.58	27.58	26.58	25.58	24.58	23.58	22.58	21.58	
QUOTE IDRICHE Q50 (m.s.l.m.)		49.87	49.61	48.28	46.87	45.67	45.01	44.65	43.80	42.80	41.80	40.80	39.80	38.80	37.80	36.80	35.80	34.80	33.80	32.80	31.80	30.80	29.80	28.80	27.80	26.80	25.80	24.80	23.80	22.80	21.80	
QUOTE IDRICHE Q100 (m.s.l.m.)		49.89	49.66	48.34	46.96	45.76	45.10	44.74	43.89	42.89	41.89	40.89	39.89	38.89	37.89	36.89	35.89	34.89	33.89	32.89	31.89	30.89	29.89	28.89	27.89	26.89	25.89	24.89	23.89	22.89	21.89	
QUOTE IDRICHE Q200 (m.s.l.m.)		50.22	49.98	48.64	47.32	46.12	45.46	45.10	44.25	43.25	42.25	41.25	40.25	39.25	38.25	37.25	36.25	35.25	34.25	33.25	32.25	31.25	30.25	29.25	28.25	27.25	26.25	25.25	24.25	23.25	22.25	21.25

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE DI FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

ING. E. BECAGLI, ING. F. GINANNI

PROFILI IDRICI 1° CONF. PROGETTO SENZA SETTO ALTO SBOCO BYPASS

tratto rappresentato nel modello fisico



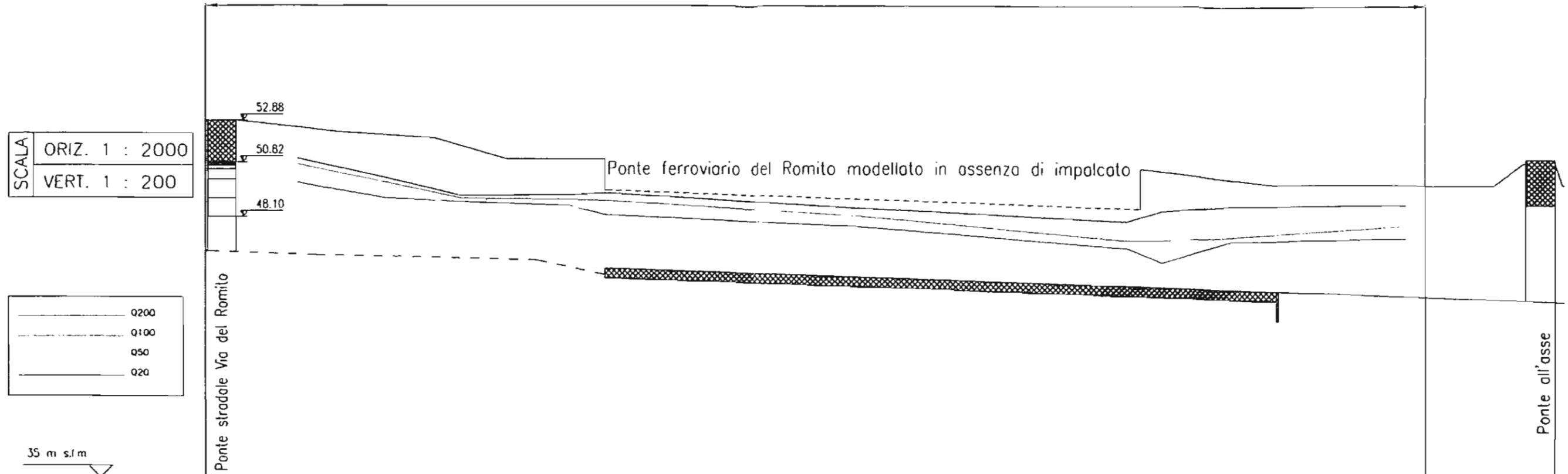
PIEZOMETRI	PROGRESSIVE (m)	PARZIALI (m)	QUOTE IDRICHE 020 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 050 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 0100 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 0200 (m.s.l.m.)
1	26	0	48.55	48.60	48.94	50.18
2	26	38	48.44	48.36	48.86	48.86
3	99	99	48.10	48.11	48.30	48.51
8	160	61	48.46	48.48	48.70	48.12
9	189	28	48.75	48.78	48.98	49.37
12	189	8	48.17	48.34	48.60	48.90
17	322	124	47.51	47.58	47.77	48.53
22	456	18	46.63	46.58	46.78	48.45
26	474	18	46.95	47.11	47.61	48.62
27	508	3	47.04	47.28	47.33	48.58
28	596	18	47.08	47.40	47.67	48.73

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA CIVILE di FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

ING. E.BECAGLI, ING. F.GINANNI

PROFILI IDRICI STATO ATTUALE SOLO MUGNONE

tratto rappresentato nel modello fisico



SCALA
 ORIZ. 1 : 2000
 VERT. 1 : 200

— Q200
 - - - Q100
 - · - Q50
 — Q20

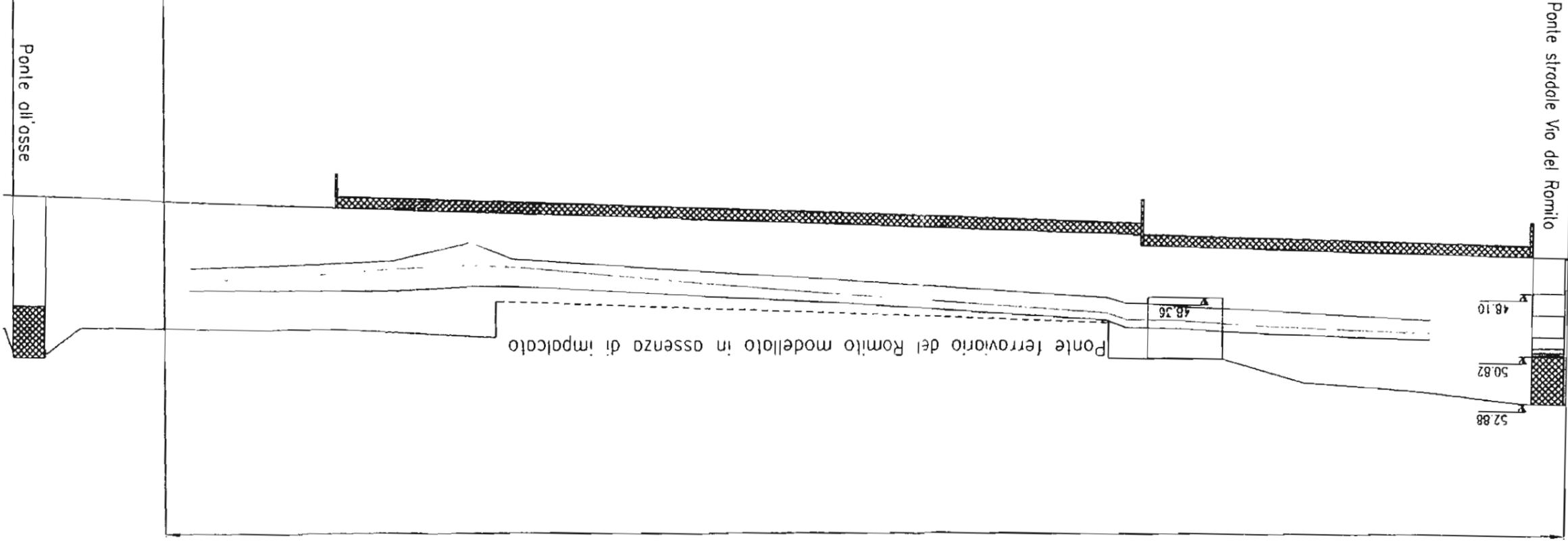
35 m s.l.m

PIEZOMETRI	1	2	3	8	12	17	22	26	27	28		
PROGRESSIVE (m)	0	45	89	126	179	198	322	456	474	509	596	
PARZIALI (m)	0	45	44	37	53	19	124	134	18	35	87	10
QUOTE IDRICHE Q20 (m.s.l.m.)		49.80	49.02	48.80	48.54	48.20	47.63	46.57	45.83	45.86	47.08	
QUOTE IDRICHE Q50 (m.s.l.m.)		50.26	49.32	48.71	48.65	48.34	47.88	46.59	46.81	46.97	47.40	
QUOTE IDRICHE Q100 (m.s.l.m.)		50.70	49.80	49.01	48.97	48.80	48.16	46.92	46.95	47.09	47.68	
QUOTE IDRICHE Q200 (m.s.l.m.)		50.99	50.03	49.15	49.21	49.28	48.56	47.87	48.40	48.63	49.23	

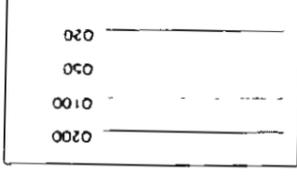
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE DI FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE
 ING. E. BECAGLI, ING. F. GINANNI

PROFILI IDRICI 2° CONF. PROG. SOLO MUGNONE

tratto rappresentato nel modello fisico



SCALA
 ORIZ. 1 : 2000
 VERT. 1 : 200



35 m s.l.m.

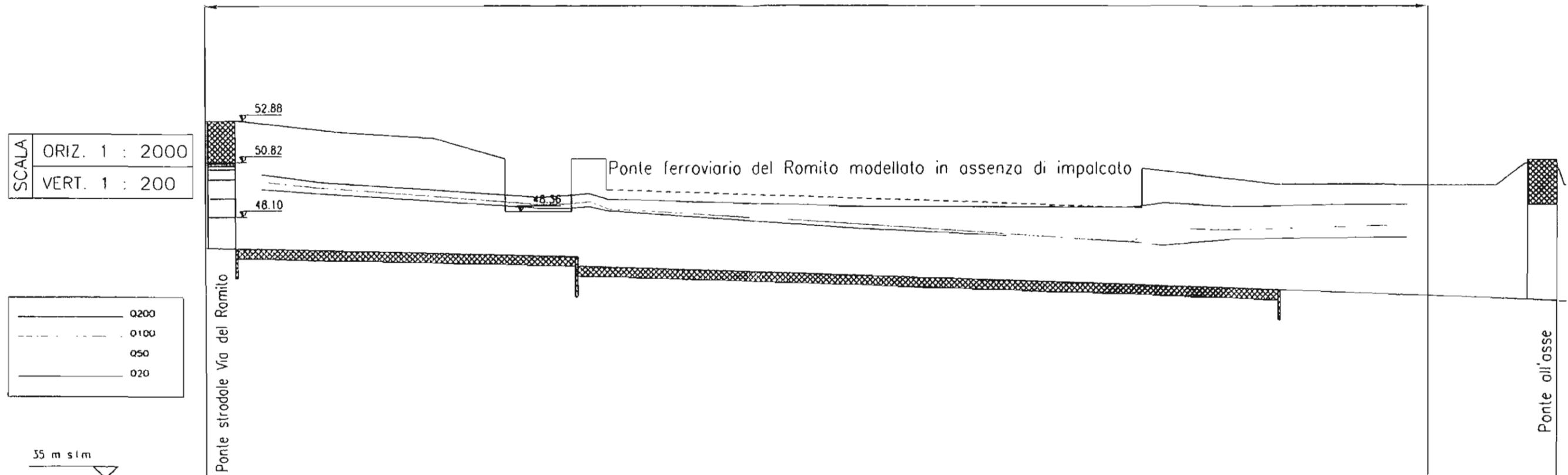
PIEZOMETRI	PROGRESSIVE (m)	PARZIALI (m)	QUOTE IDRICHE 020 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 050 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 0100 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 0200 (m.s.l.m.)
1	29	39	49.26	49.54	49.82	50.10
2	128	66	49.95	49.32	49.58	49.90
7	166	35	48.74	49.04	49.33	49.70
8	179	13	48.64	48.98	49.31	49.67
9	181	10	48.67	49.04	49.34	49.68
12	198	9	48.34	48.68	48.99	49.32
17	322	124	47.55	47.88	48.16	48.56
22	456	18	46.66	46.82	47.02	47.25
26	474	34	45.05	45.95	46.01	46.60
27	508	34	46.73	47.27	47.08	48.20
28	596	19	47.08	47.40	47.68	48.73

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA CIVILE di FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

ING. E.BECAGLI, ING. F.GINANNI

PROFILI IDRICI 2° CONF. PROGETTO CON SETTO ALLO SBOCCO BYPASS

tratto rappresentato nel modello fisico



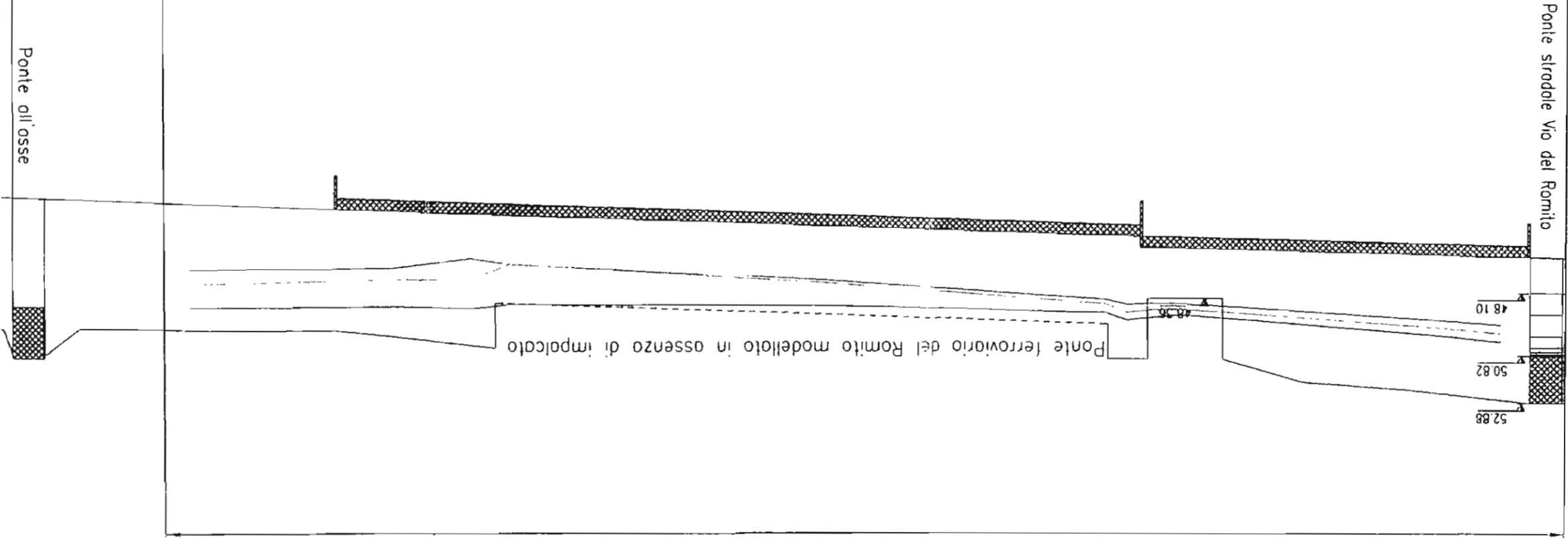
PIEZOMETRI																	
	1	2		7	8	9	12		17		22	26	27		28		
PROGRESSIVE (m)	0	26	59		166	178	189	198		322		456	474	509		596	
PARZIALI (m)	0	26	31		107		13	10	8		124		134	18	35	87	10
QUOTE IDRICHE Q20 (m.s.l.m.)		49.45	49.23		48.51	48.51	48.59	48.37		47.48		46.81	46.63	46.84		47.08	
QUOTE IDRICHE Q50 (m.s.l.m.)		49.68	49.50		48.78	48.74	48.78	48.46		47.60		46.72	47.05	47.18		47.40	
QUOTE IDRICHE Q100 (m.s.l.m.)		49.82	49.51		48.89	48.72	48.83	48.47		47.70		46.77	47.48	47.40		47.69	
QUOTE IDRICHE Q200 (m.s.l.m.)		50.20	49.80		49.06	49.16	49.22	48.91		48.58		48.52	48.77	48.58		48.73	

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE DI FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

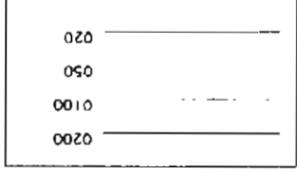
ING. E. BECAGLI, ING. F. CINANNI

PROFILI IDRICI 2° CONF. PROGETTO SENZA SETTO ALTO SBocco BYPASS

tratto rappresentato nel modello fisico



SCALA
 ORIZ. 1 : 2000
 VERT. 1 : 200



35 m s.l.m.

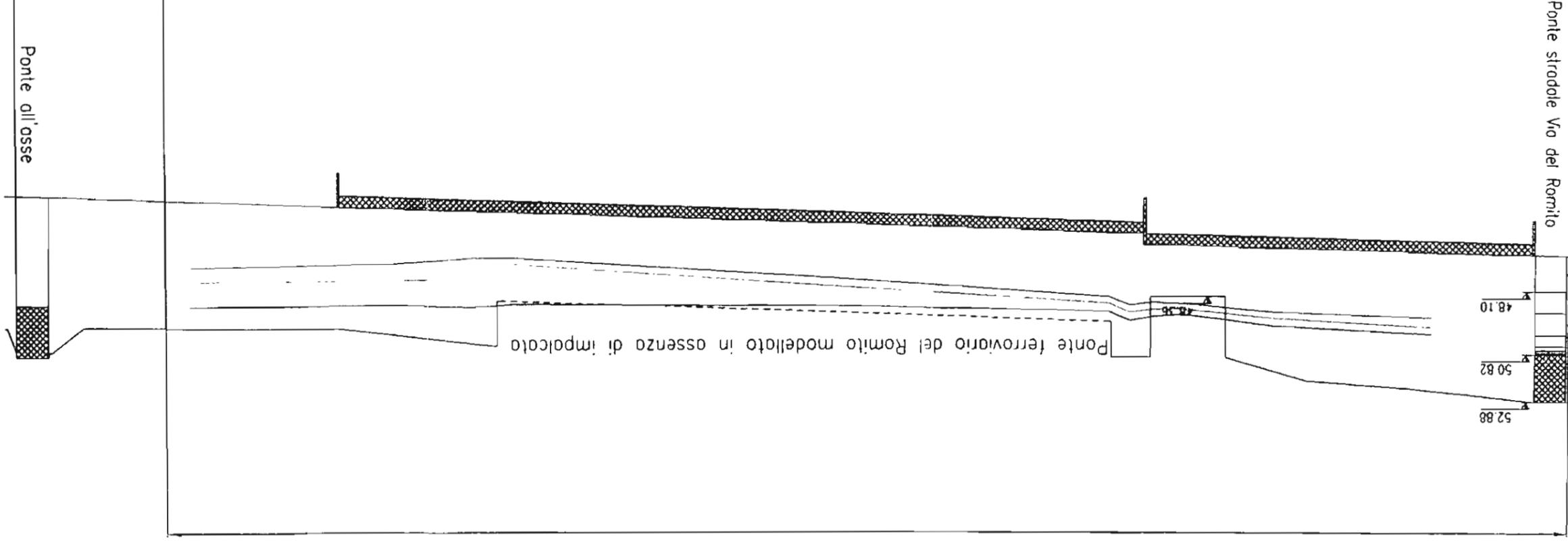
PIEZOMETRI	PROGRESSIVE (m)	PARZIALI (m)	QUOTE IDRICHE 020 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 050 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 0100 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 0200 (m.s.l.m.)
1	28	28	48.45	48.70	48.82	50.20
2	59	59	49.23	49.36	49.55	49.89
7	166	166	48.55	48.63	48.80	48.04
8	179	179	48.54	48.63	48.81	49.15
9	189	189	48.58	48.80	48.94	49.27
12	189	189	48.37	48.42	48.54	48.94
17	322	322	47.50	47.55	47.61	48.67
22	456	456	46.83	46.73	46.81	48.57
26	474	474	46.56	47.05	47.49	48.27
27	509	509	46.97	47.16	47.48	48.65
28	596	596	47.08	47.40	47.69	49.73

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE DI FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

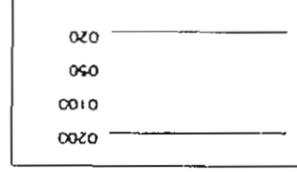
ING. E. BECAGLI, ING. F. GINANNI

PROFILI IDRICI 2° CONF. PROG. SFIOR. MODIFICATO SENZA SETTO ALTO SBocco BYPASS

tratto rappresentato nel modello fisico



SCALA
 ORIZ. 1 : 2000
 VERT. 1 : 200



35 m sim

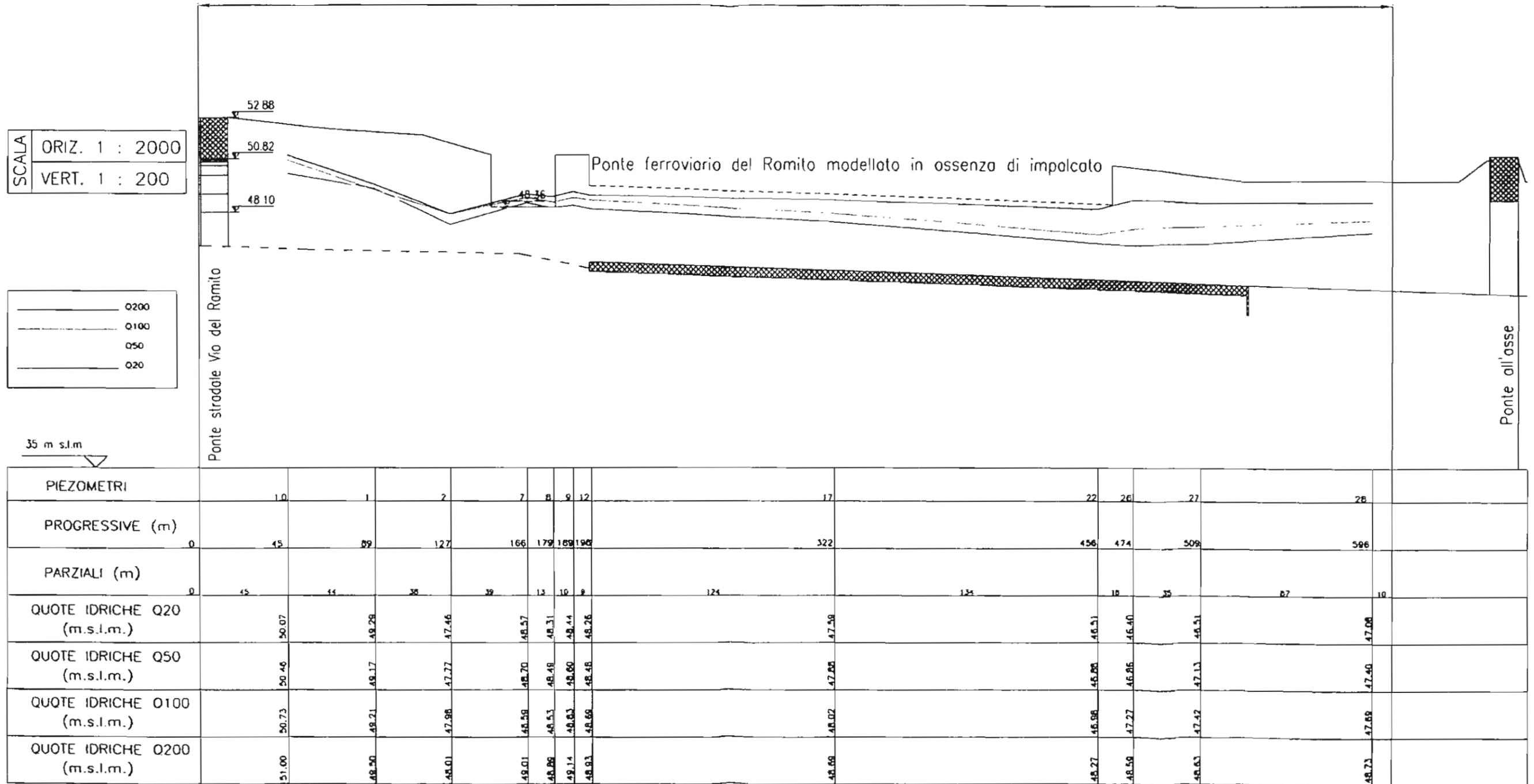
PIEZOMETRI	PROGRESSIVE (m)	PARZIALI (m)	QUOTE IDRICHE 020 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 020 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 050 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 0100 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE 0200 (m.s.l.m.)
1	28	0	48.54	48.54	48.50	48.64	48.54
2	27	35	48.01	48.01	48.08	48.27	48.02
7	26	69	48.05	48.05	48.78	48.90	48.11
8	26	113	48.57	48.57	48.76	48.90	48.21
9	26	10	48.71	48.71	48.78	48.02	48.29
12	27	8	48.34	48.34	48.46	48.62	48.08
17	27	124	47.51	47.51	47.74	47.85	48.74
22	26	18	48.64	48.64	48.78	48.91	48.68
26	27	35	48.88	48.88	47.08	47.52	48.78
27	28	87	47.08	47.08	47.40	47.68	48.68
28	28	10	47.08	47.08	47.40	47.68	48.74

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA CIVILE di FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

ING. E.BECAGLI, ING. F.GINANNI

PROFILI IDRICI 2° CONF. ATTUALE SFIOR. MODIFICATO CON SETTO ALLO SBOCCO BYPASS

tratto rappresentato nel modello fisico

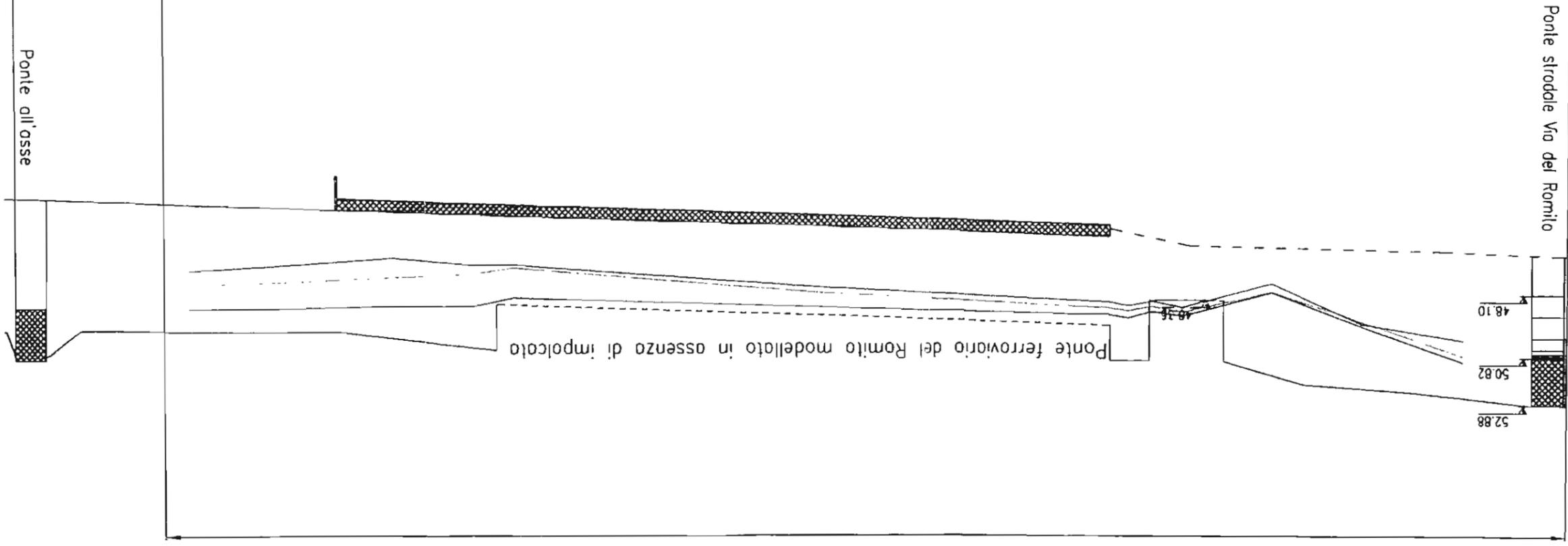


DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE DI FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

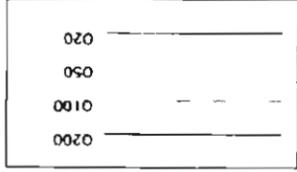
ING. E. BECAGLI, ING. F. GINANNI

PROFILI IDRICI 2° CONF. ATTUALE SFIOR. MODIFICATO SENZA SETTO ALTO SBocco BYPASS

tratto rappresentato nel modello fisico



SCALA
 ORIZ. 1 : 2000
 VERT. 1 : 200



35 m s.l.m.

PIEZOMETRI	PROGRESSIVE (m)	PARZIALI (m)	QUOTE IDRICHE Q20 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE Q50 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE Q100 (m.s.l.m.)	QUOTE IDRICHE Q200 (m.s.l.m.)
10	45	0	50.08	50.45	50.75	51.03
1	09	11	48.16	48.06	48.25	48.47
2	127	28	47.61	47.78	47.96	48.00
7	166	35	48.64	48.72	48.87	49.01
8	179	32	48.39	48.43	48.61	48.81
9	189	10	48.58	48.65	48.81	49.12
12	189	9	48.40	48.61	48.67	48.96
17	322	124	47.78	47.81	48.01	48.66
22	456	18	46.69	46.77	46.91	48.21
26	474	35	46.51	46.67	47.18	48.61
27	508	37	46.49	47.00	47.34	48.63
28	596	19	47.08	47.40	47.69	48.73



LINEA FERROVIARIA MILANO - NAPOLI NODO DI FIRENZE
PENETRAIONE URBANA LINEA A.V.
BY-PASS SUL TORRENTE MUGNONE
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO			REV	FOGLIO
FAE3	39 E	11	RI	NI0002	001 A	10 di 10

ALLEGATO B

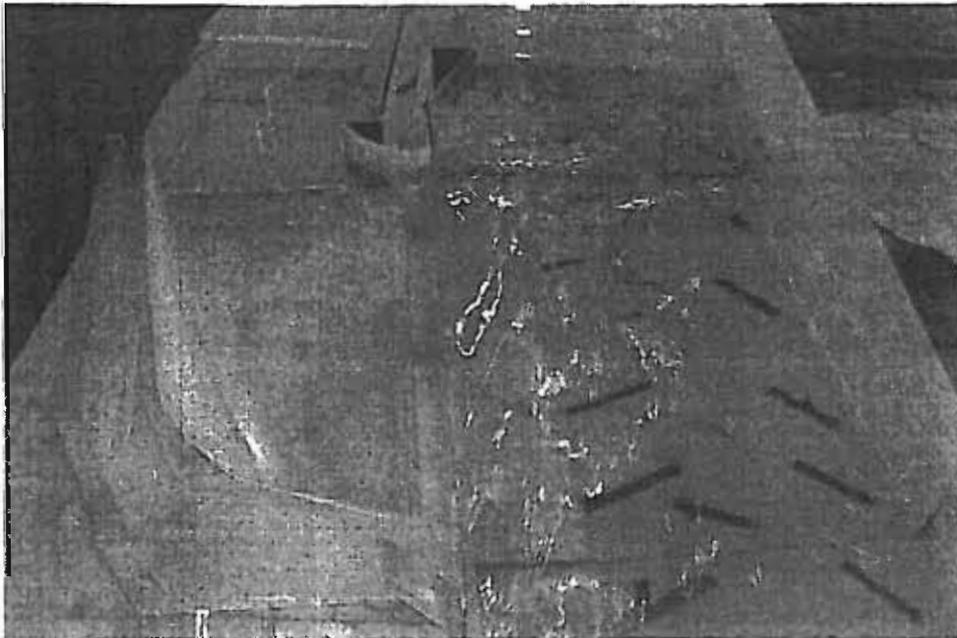


DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

**MODELLO FISICO DEL BYPASS SUL TORRENTE MUGNONE A
SANTA MARIA NOVELLA :
MODIFICHE E ANALISI DEI RISULTATI**

per conto di

Italferr S.p.a.



Relazione finale

*REALIZZAZIONE DI MODIFICHE AL MODELLO
ED ESECUZIONE DI SIMULAZIONI IDRAULICHE*

Responsabile Scientifico: prof. Ignazio Becchi

Sperimentatori: ing. Emanuele Becagli e ing. Filippo Ginanni

Responsabile misure: ing. Gianluca Giorgetti

Firenze, 8 luglio 2005

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. DESCRIZIONE GEOMETRICA ED IDRAULICA DEL MODELLO	4
2. LE SIMULAZIONI IDRAULICHE	17
3. SIMULAZIONI	22
4. SIMULAZIONI con SETTO MODULARE ALLO SBOCCO	22
5. SIMULAZIONI con SETTO PRIVO DI MODULI ALLO SBOCCO	23
6. SIMULAZIONI con SOTTOPASSO MUGNONE COPERTO	24
7. SIMULAZIONI con DEFLETTORI ALL'IMBOCCO	25
8. CONCLUSIONI	26
ALLEGATO 1 – Misure piezometriche, di portata e di velocità	
ALLEGATO 2 – Campi di moto superficiali	
ALLEGATO 3 – Documentazione fotografica	
ALLEGATO 4 – Profili piezometrici	

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica illustra lo studio idraulico in variante effettuato su modello fisico del tratto del Torrente Mugnone presso la Stazione ferroviaria di Santa Maria Novella in Firenze, previa realizzazione di modifiche al modello per ottimizzare l'efficacia dello sfioratore.

Nei primi mesi del 2003 la Società Italferr richiedeva la valutazione idraulica di un progetto riguardante la realizzazione di by-pass idraulico del ponte-cunicolo con cui il Torrente Mugnone attraversa il nodo ferroviario di S.M. Novella: a tal fine è stata stipulata apposita convenzione con il Dipartimento di Ingegneria Civile.

Si tratta di un nodo idraulico complesso, attualmente caratterizzato da un lungo tratto coperto a tre fornici presso il quale non risulta verificato il passaggio di portate di piena con elevato tempo di ritorno. Il progetto di Italferr S.p.a. prevede la realizzazione di uno sfioratore laterale a monte del sottopasso ferroviario che alimenta un bypass in grado di partire le portate di piena, consentendo il deflusso delle portate con tempi di ritorno 100 e 200 anni in condizioni di sicurezza.

Il modello fisico e il relativo impianto idraulico sono stati realizzati dal Dipartimento di Ingegneria Civile di Firenze presso una struttura dismessa del Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino, appositamente recuperata e dedicata a tale attività.

Il modello, realizzato totalmente in plexiglas, ha permesso di eseguire confronti con le simulazioni numeriche effettuate da Italferr nell'ambito del Progetto Definitivo del Nodo di Firenze – Penetrazione urbana della Linea AV ed ha consentito di indagare il campo di moto e le condizioni di deflusso laddove non simulabili numericamente.

Nella prima fase sono state realizzate diverse configurazioni, variando le caratteristiche geometriche e le condizioni idrauliche: verificata la capacità di deflusso dell'alveo nello stato attuale si è proceduto ad analizzare la funzionalità idraulica del bypass, con alveo Mugnone nello stato attuale e in quello di progetto, modificando la disposizione planimetrica dell'opera di sfioro e variandone le caratteristiche geometriche al fine di individuare la configurazione ottimale.

Le simulazioni hanno permesso la definizione delle condizioni idrauliche di deflusso sia presso il Torrente Mugnone che nel bypass, individuando le condizioni di sfioro dell'opera di alimentazione.

Alla luce dell'esigenza di ottimizzare la capacità di sfioro dell'opera di presa e di aumentare la percentuale di portata sfiorata rispetto a quella transitante nell'alveo del Mugnone, Italferr ha richiesto al DIC di individuare le necessarie modifiche da effettuare sulla condizione di progetto. A seguito di nuova convenzione stipulata tra le parti il 10/01/2005, il DIC ha provveduto a proporre le modifiche geometriche da apportare e a verificarne l'efficacia mediante simulazioni idrauliche.

In base a questa nuova serie di simulazioni e studi è stato possibile incrementare la percentuale di portate sfiorate fino a quasi raddoppiare il valore in corrispondenza di portate con tempo di ritorno di duecento anni.

1. DESCRIZIONE GEOMETRICA ED IDRAULICA DEL MODELLO

Il tratto realizzato in scala rappresenta circa 600 m al vero, riproducendo la geometria del Torrente Mugnone da valle del Ponte al Romito fino a monte del Ponte all'Asse, in condizioni di stato attuale e di progetto.

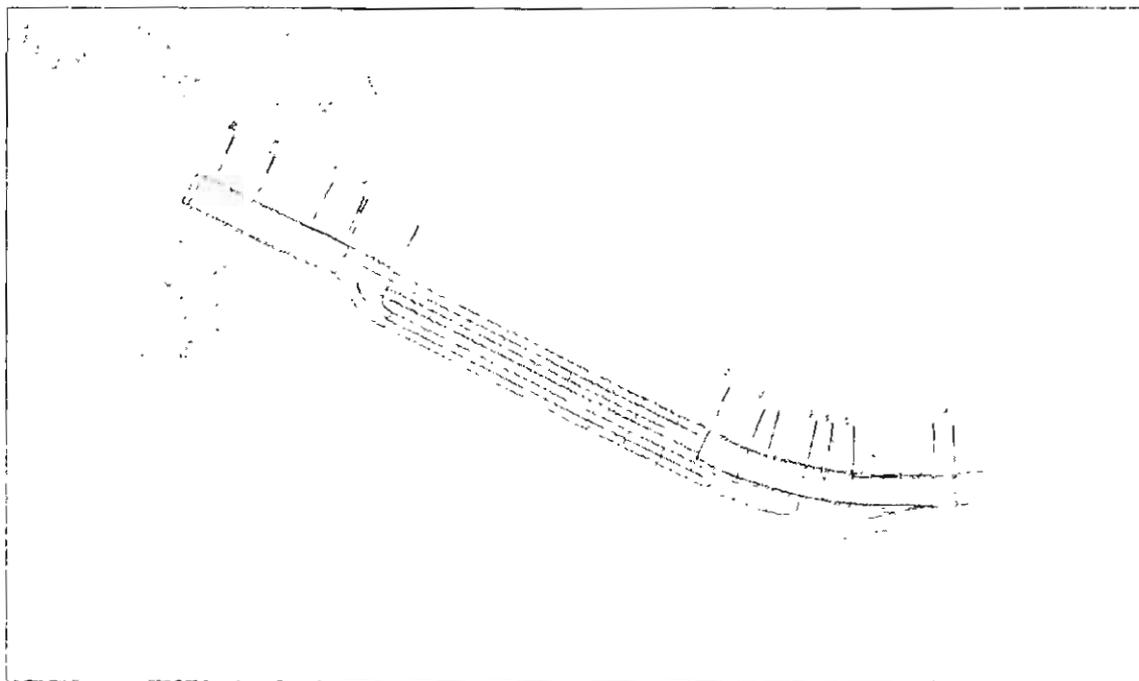


Fig. 1 Tratto riprodotto nel modello fisico.

LA SCALA

Il modello è stato progettato in similitudine di Froude, in scala geometrica isotropa 1:36. Tale valore consente la riproduzione degli elementi geometrici e altimetrici con consistente precisione; inoltre si ha un immediato strumento di misura temporale, risultando, in similitudine di Froude la scala dei tempi pari alla radice quadrata della scala geometrica. La scala delle portate corrisponde a 1.7776, ovvero alla scala geometrica elevata a 5/2.

I MATERIALI

La realizzazione del modello è stata affidata alla ditta Bucelli, specializzata in lavorazioni di materie plastiche, che lo ha realizzato interamente in PoliMetilMetAcrilato, comunemente conosciuto come plexiglas.

L'impiego del plexiglas assicura un'elevata precisione nella realizzazione dei particolari geometrici, quindi consente lavorazioni fini rispetto al cemento mentre rispetto al legno limita le dilatazioni e non ha perdite per assorbimento. Inoltre, grazie alla trasparenza propria del materiale si ha una visione planimetrica e altimetrica delle condizioni di deflusso della corrente che permette, ad esempio, l'osservazione tridimensionale di fenomeni localizzati.

Il modello è stato realizzato con moduli lunghi al massimo 80 cm, uniti l'uno all'altro con cerniere metalliche regolabili, in modo da poter stringere le guarnizioni di neoprene poste tra modulo e modulo per limitare le perdite di acqua.

La creazione dei moduli è avvenuta mediante incollaggio di lastre sagomate, sulla base degli elaborati grafici prodotti dal Dipartimento di Ingegneria Civile a partire dal progetto Italferr S.p.a.

Ogni lastra è stata sagomata utilizzando frese e torni di precisione (precisione nominale pari al centesimo di mm).

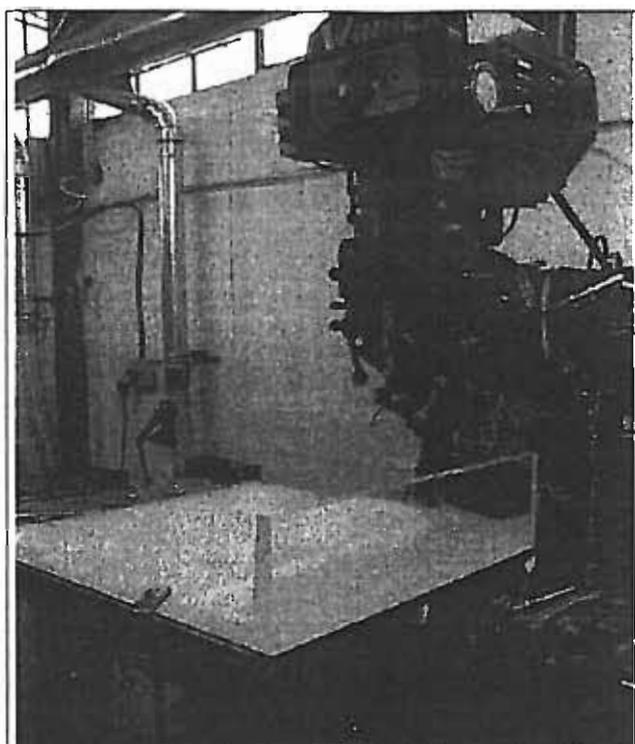


Foto 1 - Lavorazione dei moduli in plexiglas.

Ogni modulo è stato dotato di sostegni in legno di altezza tale da consentire l'esatta riproduzione delle caratteristiche altimetriche del tratto modellato.

Al fine di porre il modello ad un'altezza utile all'osservazione visiva e piezometrica, è stata realizzata una struttura con profilati circolari in acciaio (diametro tubolare 48 mm, spessore 4 mm,) dotata di piedi regolabili in altezza e in grado di costituire un solido supporto al piano di appoggio. Il piano, costituito da un tavolato in legno di elementi (2x0.5m) multistrato alti 2.5 cm, è lungo 16 metri e largo 1.5 m

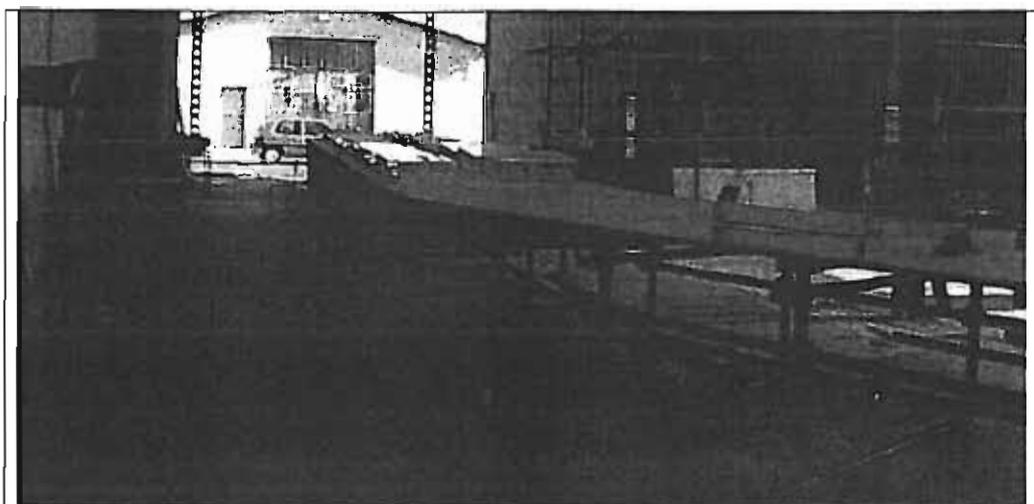


Foto 2 Piano di appoggio del modello e struttura tubolare di sostegno.

Una volta posto il modello sul piano livellato in orizzontale, è stata verificata l'esatta riproduzione in scala delle altimetrie, utilizzando un apposito strumento di livellazione (catetometro, di cui si tratterà più avanti) dotato di una precisione pari al centesimo di millimetro.

LA SCABREZZA

Le scabrezze sono state calcolate e tarate tramite simulazioni su modello numerico, sulla base di quelle fornite nello studio di Italferr. L'analisi ha tenuto conto delle indicazioni progettuali fornite dal Italferr S.p.a. per quanto riguarda le configurazioni geometriche di progetto e delle condizioni correnti dell'alveo per quanto riguarda invece le simulazioni allo stato attuale. In particolare nello stato di progetto è stato assunto un coefficiente di Manning pari a $0.022 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$, a cui è corrisposta una scabrezza equivalente sul modello realizzata con strisce di tappeto verde sintetico alte 3-4 mm e di dimensioni pari mediamente a 20-25 x 2-3 cm. Queste sono state incollate ai moduli con elastomero biadesivo e disposte con densità e geometria tali da indurre linee di carico piezometrico equivalenti a quelle individuate numericamente.



Foto 3 - La rappresentazione della scabrezza nel modello.

In entrambi i tratti coperti, sottopasso ferroviario e bypass, sono state adottate pareti lisce. Per tutte le portate di piena simulate si hanno condizioni di moto assolutamente turbolente, sia lungo l'alveo che presso la soglia dello sfioratore.

IL CIRCUITO IDRAULICO DI ALIMENTAZIONE

Il circuito idraulico di alimentazione del modello, di tipo chiuso, è alimentato da una cisterna in cemento armato interrata con estradosso del coperchio a filo piano di calpestio. Tale serbatoio, di dimensioni esterne pari a 2.5x3.2x2.8 (h) m, è stato posto su un letto di sabbia e ghiaia nel quale sono state abboccate due prese piezometriche per monitorare il livello della falda sottostante la cisterna. Dal serbatoio, che contiene circa 18 mc di acqua chiara, vengono emunte le portate di alimentazione del circuito idraulico, tramite una elettropompa sommergibile marca Ebara.

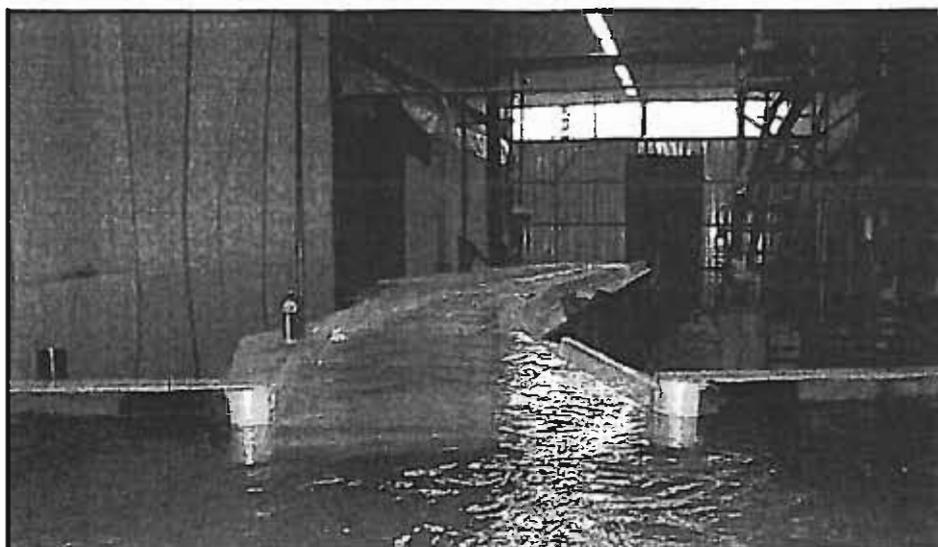


Foto 6 - L'imbocco delle portate dalla vasca di carico al modello.

Una volta che le portate hanno percorso il modello defluiscono in una vasca di valle, di dimensioni 2x1x0.7(h)m: la vasca è internamente divisa in una prima cassa di dissipazione da cui per tracimazione si ha l'imbocco delle portate di ritorno a due tubazioni DN150, che si reimmettono direttamente nella serbatoio di accumulo in cemento armato, chiudendo in questa maniera il circuito.

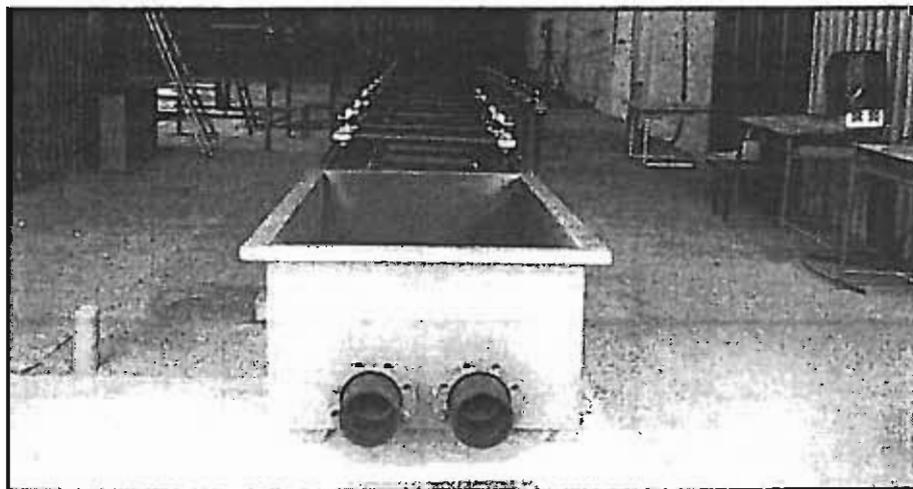


Foto 7 - Vasca di valle.

IL PROGETTO ITALFERR S.P.A.

Il modello è stato realizzato per verificare la funzionalità idraulica del bypass progettato da Italferr S.p.a. per smaltire parte delle portate di piena. Il progetto prevede la realizzazione di una soglia di sfioro laterale a monte del sottopasso ferroviario: lo sfioratore, posto in sinistra idraulica, alimenta un bypass a due fomici, che correndo parallelamente alle tre canne del sottopasso ferroviario si reimmette nell'alveo del Mugnone quando questo torna a cielo aperto.

Nel progetto Italferr si prevede la risagomatura dell'alveo sia a valle del sottopasso ferroviario che a monte con una sezione doppia trapezia con sponde sub-verticali e con alveo inciso centrale. Rispetto al fondo attuale viene eliminata la savanella laterale per il deflusso delle portate di magra e viene inserito un salto di fondo mediante taglione.

IL DEFLUSSO DELLE PORTATE NEL MODELLO FISICO

Il modello funziona a circuito chiuso. L'acqua prelevata dalla cisterna tramite elettropompa ad emungimento fisso viene convogliata al torrino che, grazie alla sua funzione di laminazione, permette l'invio di portate costanti alla vasca di carico posta a monte dell'area modello e dalla quale si ha l'immissione in alve: le portate in ingresso sono regolate da una saracinesca e misurate da uno strumento di lettura magnetico.

L'alveo riproduce geometricamente le caratteristiche dello stato attuale e di quello di progetto. Nella configurazione attuale si ha un primo tratto a sezione irregolare, caratterizzato da una savanella in sinistra idraulica per il deflusso delle portate di magra. Quindi si ha il sottopasso ferroviario, lungo al vero 266 m e in scala 7.4 m, costituito da 3 fornici a sezione pressoché uguale. Secondo quanto richiesto da Italferr S.p.a. le simulazioni sono avvenute sempre con il sottopasso ferroviario aperto. A valle di questo le acque proseguono nella geometria di progetto che prevede una sezione di tipo rettangolare con una zona centrale di alveo inciso.

La condizione di valle è regolata tramite una paratoia incernierata sul fondo del modello e posta allo sbocco dell'ultimo modulo in plexiglas.

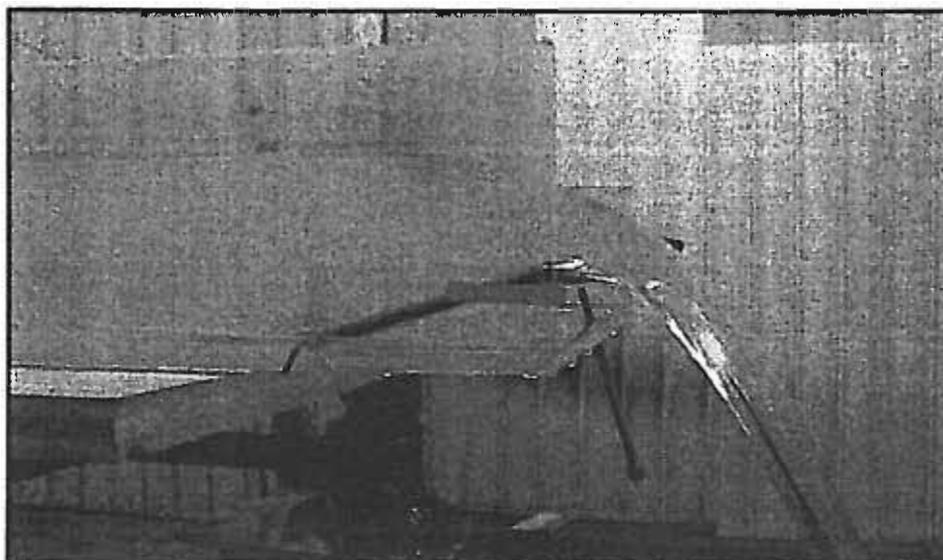


Foto 8 -- Paratoia per la regolazione delle condizioni di valle.

Nella configurazione di progetto si ha una sezione di tipo doppia trapezia con sponde sub-verticali e savanella centrale di magra per tutti i tratti a cielo aperto e un bypass coperto costituito da due canne disposte parallelamente al sottopasso ferroviario: il tratto di valle rimane nelle stesse condizioni della configurazione prevista nel Progetto Definitivo di Adeguamento idraulico del Torrente Mugnone dal sottopasso ferroviario del Romito sino alla confluenza in Arno, in corso di redazione. Il bypass è alimentato da uno sfioratore laterale a soglia fissa posto a monte del sottopasso ferroviario e si ricongiunge con l'alveo principale al termine dei tre fornici. La soglia di sfioro si estende, al vero, per 32 m ed è caratterizzato da un profilo Scimeni

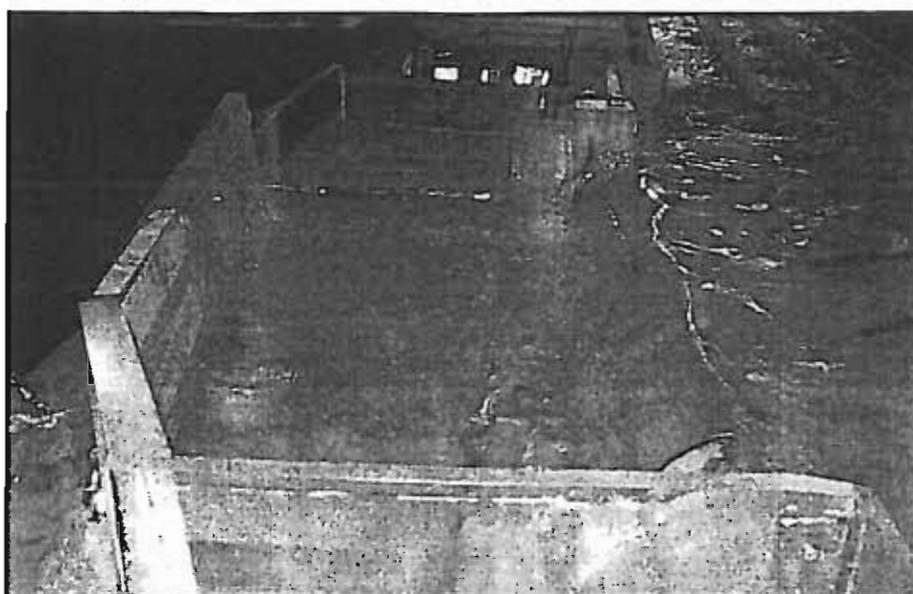


Foto 9 – Sfiatore laterale di alimentazione al bypass secondo progetto Italferr.

Lo sfioratore entra in funzione quando il livello idrico raggiunge quote superiori alla soglia di sfioro, influenzato in piccola parte dal rigurgito che si instaura a monte del sottopasso.

Presso lo sbocco del bypass, fortemente influenzato dal livello idrico nell'alveo Mugnone, nella prima tornata di simulazioni è stato inserito un setto centrale. Il setto è stato previsto al fine di consentire la realizzazione di un impalcato a struttura mista in corrispondenza dello sbocco, il quale dovrà sorreggere il parcheggio in progetto nell'ambito delle opere accessorie connesse alla realizzazione della Stazione dell'Alta Velocità di Firenze. Infatti data la luce da coprire e la necessità di ottenere un pacchetto strutturale ridotto, per consentire un tirante d'aria compatibile con i livelli idrici che si stabiliscono allo sbocco, non è possibile prevedere un ponte ad unica luce.

Durante le simulazioni si è però osservato l'effetto negativo che il setto produce sul deflusso delle portate del bypass, per cui nelle modifiche si è provveduto alla eliminazione di tale elemento e all'inserimento di un setto a divisione tra la corrente dell'alveo Mugnone e quella uscente dal Bypass.



Foto10 – Setto posto allo sbocco del bypass e del Mugnone per favorire il deflusso delle portate

Il moto riprodotto nel modello è di tipo permanente con correnti in regime assolutamente turbolento, come avviene al vero in condizioni di piena.

LA STRUMENTAZIONE DI MISURA

Nel modello vengono misurate le portate in ingresso, i profili piezometrici della corrente e le velocità: attraverso la ripresa video delle simulazioni è poi possibile individuare i campi di moto superficiali nelle zone di imbocco e sbocco del bypass.

Per la misurazione delle portate in ingresso è stato impiegato un misuratore magnetico tipo Toshiba LF400. Tale apparecchio è accreditato dalla casa produttrice avere una accuratezza pari allo $\pm 0.1-0.5\%$ della portata misurata nell'intervallo nominale di velocità 1-10 m/s (per flussi minori del 20% della massima portata si ha accuratezza 0.1%, oltre si ha 0.5%); la precisione del visualizzatore di misura è di 0.01 l/s. Durante l'esecuzione delle simulazioni si è riscontrata un'oscillazione dei valori di portata molto contenuta, compresa in 0.3 l/s.

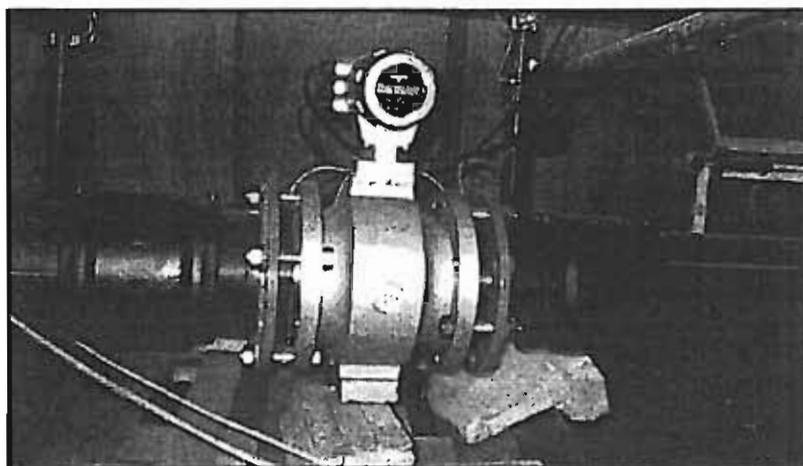


Foto 11 - Il misuratore di portata impiegato nel circuito idraulico.

La rete piezometrica è costituita da 28 prese in alveo, realizzate con elementi lunghi 8 cm di tubo d'ottone: questi su una estremità sono filettati a maschio in modo da poter essere avvitati sulla parte inferiore dei moduli, in prossimità dei fori verticali di diametro inferiore (4 mm) che raggiungono il fondo alveo (senza perturbare significativamente il moto della corrente); all'altra estremità sono allocati dei giunti a scatto utilizzati nei circuiti pneumatici che permettono l'aggancio rapido dei tubi piezometrici

In questa maniera è possibile variare rapidamente la disposizione dei piezometri, decidendo quali attivare: ciò è risultato molto utile avendo da effettuare simulazioni in diverse configurazioni geometriche. I tubi piezometrici sono di Rilsan, con spessore 1 mm e diametro interno 40 mm. I 28 tubi convergono ad altrettante canne piezometriche in policarbonato (spessore 2 mm, diametro 24 mm) alte 40 cm e disposte verticalmente l'una accanto all'altra ad interasse 40mm.

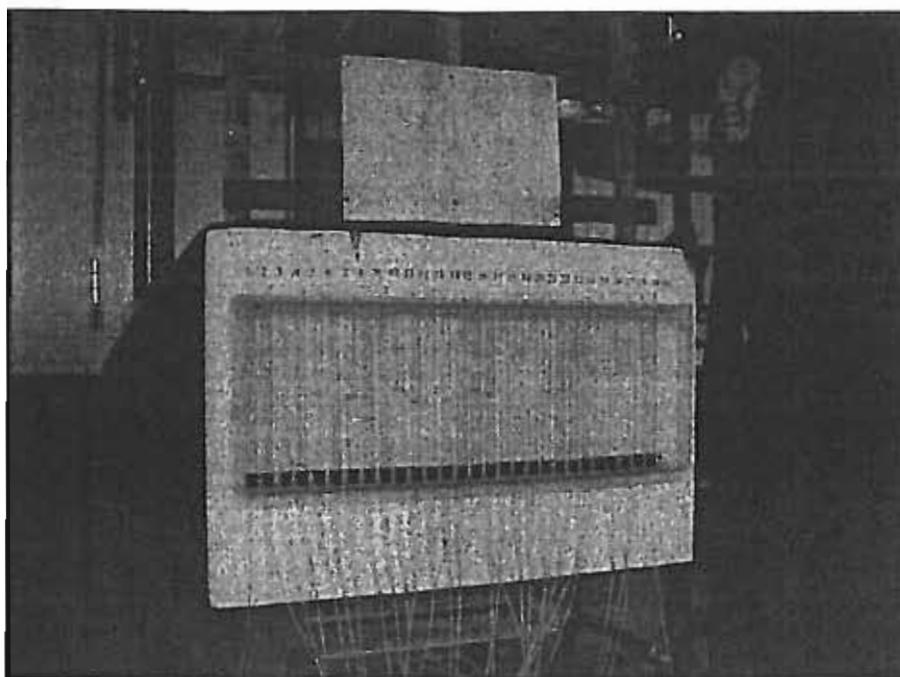


Foto 12 - Le canne piezometriche.

In questa maniera si ha la possibilità di misurare i livelli piezometrici con un qualsiasi strumento di rilevamento. Nell'esecuzione delle misure è stato utilizzato un catetometro, fornito dal laboratorio di fisica sperimentale I della Facoltà di Scienze di Firenze. Si tratta di uno strumento che posto a circa 3-4 metri dalle canne piezometriche misura la differenza di quota tra il livello idrico nelle canne e una quota di riferimento (in questo caso il piano di appoggio del modello). Il posizionamento di un cannocchiale al pari del livello idrometrico raggiunto in ogni canna, tramite scorrimento verticale su un'asta d'acciaio a sezione circolare, determina la misura della differenza di quota fornendone il valore su un led analogico: la precisione dello strumento è di 0.01 mm.



Foto 13 - Il catetometro utilizzato per la misura dei livelli idrometrici

L'utilizzo del catetometro, oltre che consentire una elevata precisione della singola misura, garantisce anche la validità della misura rispetto alle altre, essendo uguali per tutte le misure le condizioni di posizionamento dello strumento.

Per rendere immediata la lettura dei profili idrici sono state apposte delle scale doppiamente graduate sulle pareti esterne di alcuni moduli: in questa maniera è possibile visualizzare con precisione del millimetro la quota idrometrica rispetto al piano di appoggio del modello e contemporaneamente conoscere la quota al reale.

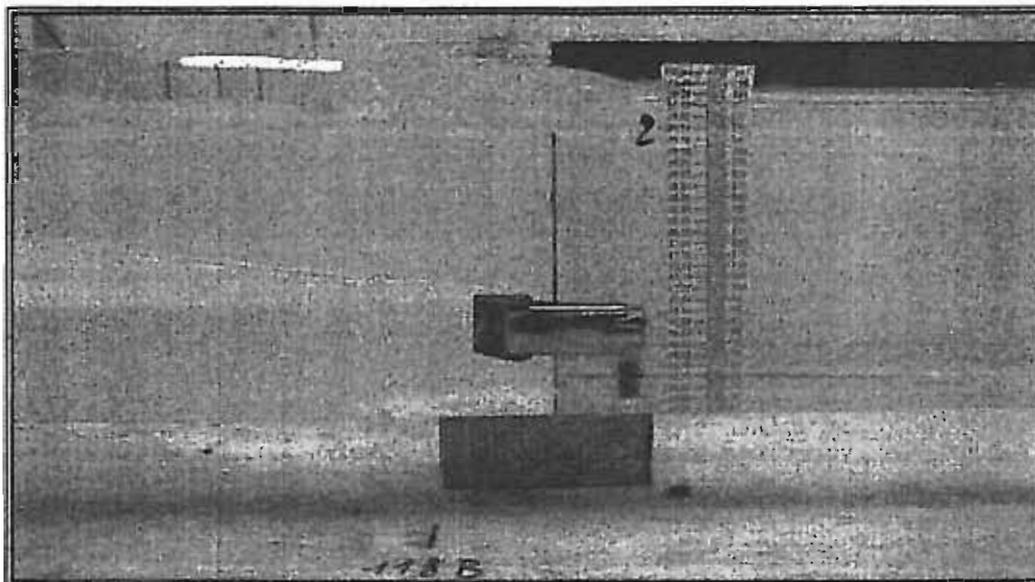


Foto 14 Esempio di scala doppiamente graduata apposta sulla parete esterna di un modulo del modello

Per quanto riguarda la misura della velocità si è impiegato un micromulinello da laboratorio. Il numero di rivoluzioni dell'elica è acquisito come segnale in frequenza (Hz) che tramite cavo BNC RG58 raggiunge un apposito misuratore. La legge di taratura del mulinello fornisce quindi il valore in m/s della velocità della corrente.

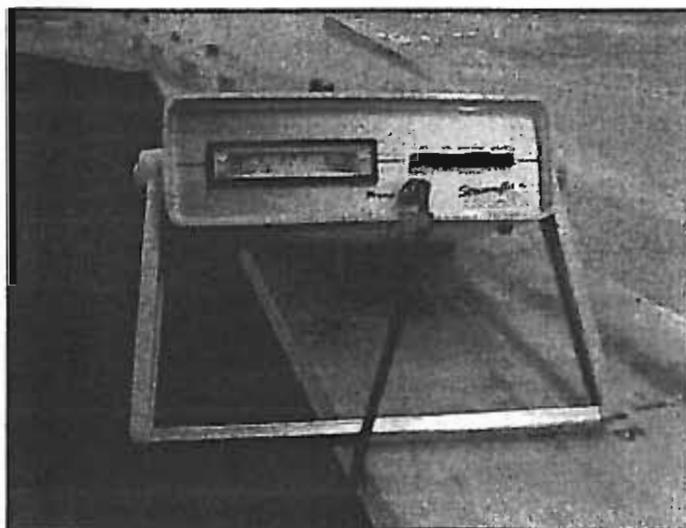


Foto 15 Il misuratore di frequenza impiegato nell'acquisizione delle velocità della corrente

Le velocità sono state misurate in corrispondenza di ogni presa piezometrica ad un'altezza tale da consentire la completa immersione dell'elica.

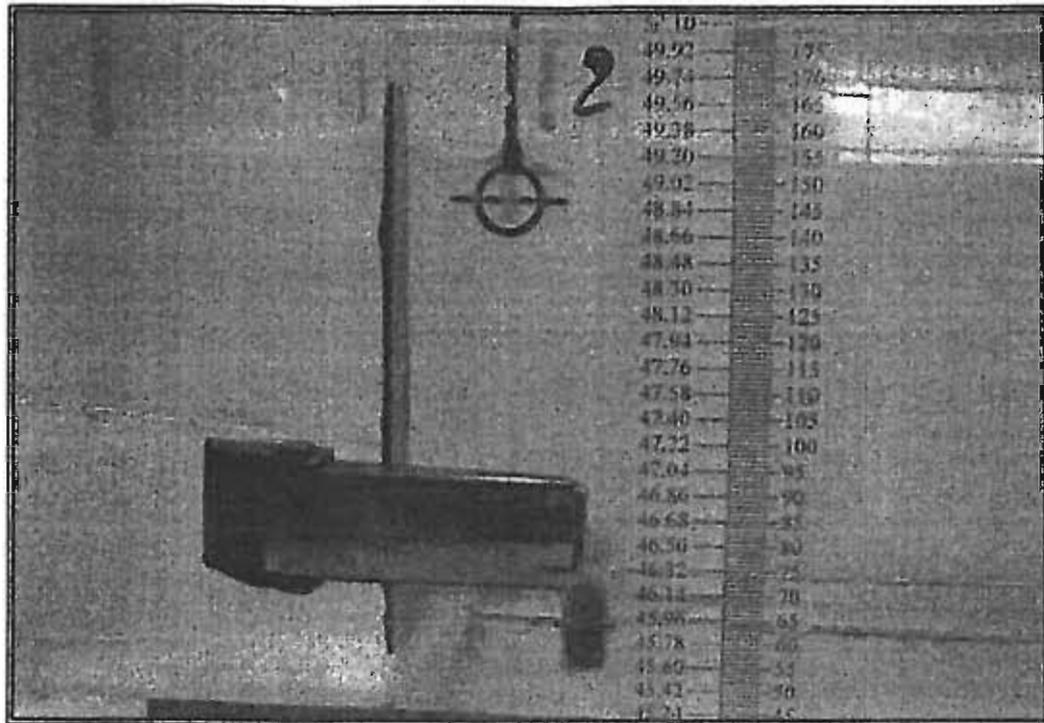


Foto 16 - Misura di velocità con micromulinello.

Infine è stato allestito un sistema di ripresa video per registrare le traiettorie superficiali tenute da traccianti immessi in alveo. Due telecamere CCD sono state posizionate in alto sopra lo sfioratore e presso lo sbocco del bypass, in modo da avere una visione in pianta del flusso della corrente e da poter descrivere, tramite elaborazione delle immagini, il campo di moto superficiale in tali aree. La metodologia di acquisizione sarà mostrata nei dettagli più avanti.

2. LE SIMULAZIONI IDRAULICHE

CONDIZIONI IDRAULICHE

Nella fase di sperimentazione sono stati presi in considerazione 4 valori di portata, secondo quanto indicato da Italferr S.p.a., in condizioni di corrente lenta in regime di moto permanente. Le portate si riferiscono a tempi di ritorno pari a 20, 50, 100 e 200 anni corrispondenti ai valori riportati in tabella.

PORTATE	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
Portata al vero [mc/s]	165	195	220	252
Portata modello [l/s]	21.22	25.08	28.29	32.41

Ad ogni portata è stata associata una condizione di valle, sulla base delle simulazioni numeriche effettuate da Italferr S.p.a.: tali elaborazioni, svolte con l'ausilio del software Hec Ras (della U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center), hanno interessato tutto il corso d'acqua ed hanno assunto come condizioni di valle i livelli idrici del fiume Arno, presso la confluenza con il torrente Mugnone.

La sezione di chiusura rappresentata nel modello è posta poco più a monte del Ponte all'Asse, tanto che i livelli piezometrici risentono del rigurgito provocato dal restringimento di sezione.

In tabella si riportano i valori numerici dei livelli presi a riferimento; le quote del modello fanno riferimento al piano d'appoggio dei moduli in plexiglas.

CONDIZIONI VALLE	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
Livello al vero [m s.l.m.]	47.07	47.40	47.69	48.72
Livello modello [mm]	96	105	113	142

L'esecuzione delle simulazioni su modello ha verificato in buona parte i livelli previsti nelle simulazioni numeriche, confermando dunque la validità delle condizioni al contorno imposte e la scelta della scabrezza.

Quest'ultima, realizzata con materiale sintetico come precedentemente descritto, è stata indicata da Italferr S.p.a. pari al vero a $0.022 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$, secondo la classificazione di Manning.

PROCEDURA DI ESECUZIONE DELLE SIMULAZIONI

Le prove sono state eseguite impiegando una procedura di svolgimento tale da consentire il raggiungimento della stabilità temporale dei parametri di osservazione. Schematicamente la procedura può essere sintetizzata nelle seguenti fasi.

verifica del circuito piezometrico. La prima operazione consiste nell'eliminazione dell'aria e delle particelle solide eventualmente depositatesi nelle canne piezometriche e nelle relative tubazioni: ciò viene ottenuto riempiendo le canne piezometriche con acqua, in modo da creare un gradiente piezometrico che mobilita il fluido nelle tubazioni. Qualora questo non risulti sufficiente si crea un gradiente maggiore collegando le canne ad un serbatoio posto a quota sufficientemente elevata. Tempo necessario 4-5 minuti, in dipendenza dello stato del circuito.

accensione del circuito idraulico. Il valore nominale della portata immessa viene raggiunto mediante l'apertura della saracinesca di regolazione e verifica numerica della portata al misuratore magnetico. La condizione di valle viene imposta mediante regolazione della paratoia. Tempo necessario 2 min.

stabilizzazione del profilo idrico. All'immissione di portate nel modello si ha una fase transitoria nei tubi piezometrici di moto oscillatorio che, con l'apparato piezometrico realizzato, si

smorza dopo qualche minuto. E' necessario dunque lasciar stabilizzare il circuito per almeno 10 minuti.

prima serie di letture. Questa fase prevede sequenzialmente la lettura della portata immessa ad intervalli di 15 secondi per 2 minuti, la lettura del livello nelle canne piezometriche con il catetometro (richiede almeno 10 minuti), la misura della velocità presso le prese piezometriche (richiede 8-10 minuti) ed infine una ulteriore lettura delle portate (questo permette di verificare se durante la lettura delle canne e delle velocità sono accidentalmente avvenute consistenti variazioni della portata immessa). Tempo necessario totale 25 min.

seconda serie di letture. Tra la fine della prima serie di letture e la seconda si attendono circa 15 minuti. La seconda lettura avviene con la stessa procedura della prima.

terza serie di letture (eventuale). In alcuni casi, quando tra la prima e la seconda lettura si avvertono variazioni non trascurabili, è necessario procedere ad una ulteriore serie di letture, onde verificare l'esatta stima dei parametri di osservazione.

riprese video. Al termine della prova e comunque in condizioni di oscurità, vengono immessi traccianti fosforescenti in alveo: le telecamere attive sulle zone critiche (imbocco e sbocco del bypass) registrano il passaggio dei traccianti, consentendo nella post elaborazione delle immagini la definizione delle caratteristiche del campo di moto superficiale. Le fasi riguardano la preparazione dei traccianti, la messa a punto del sistema di acquisizione, la registrazione dei filmati ed il recupero degli elementi immessi. Tempo necessario 15-20 minuti.

chiusura della prova. La fase finale riguarda la chiusura dei circuiti, iniziando da quello idraulico, l'apertura dello scarico della vasca di monte, il recupero di tutta la strumentazione impiegata, la copertura del modello. Tempo necessario 15 min.

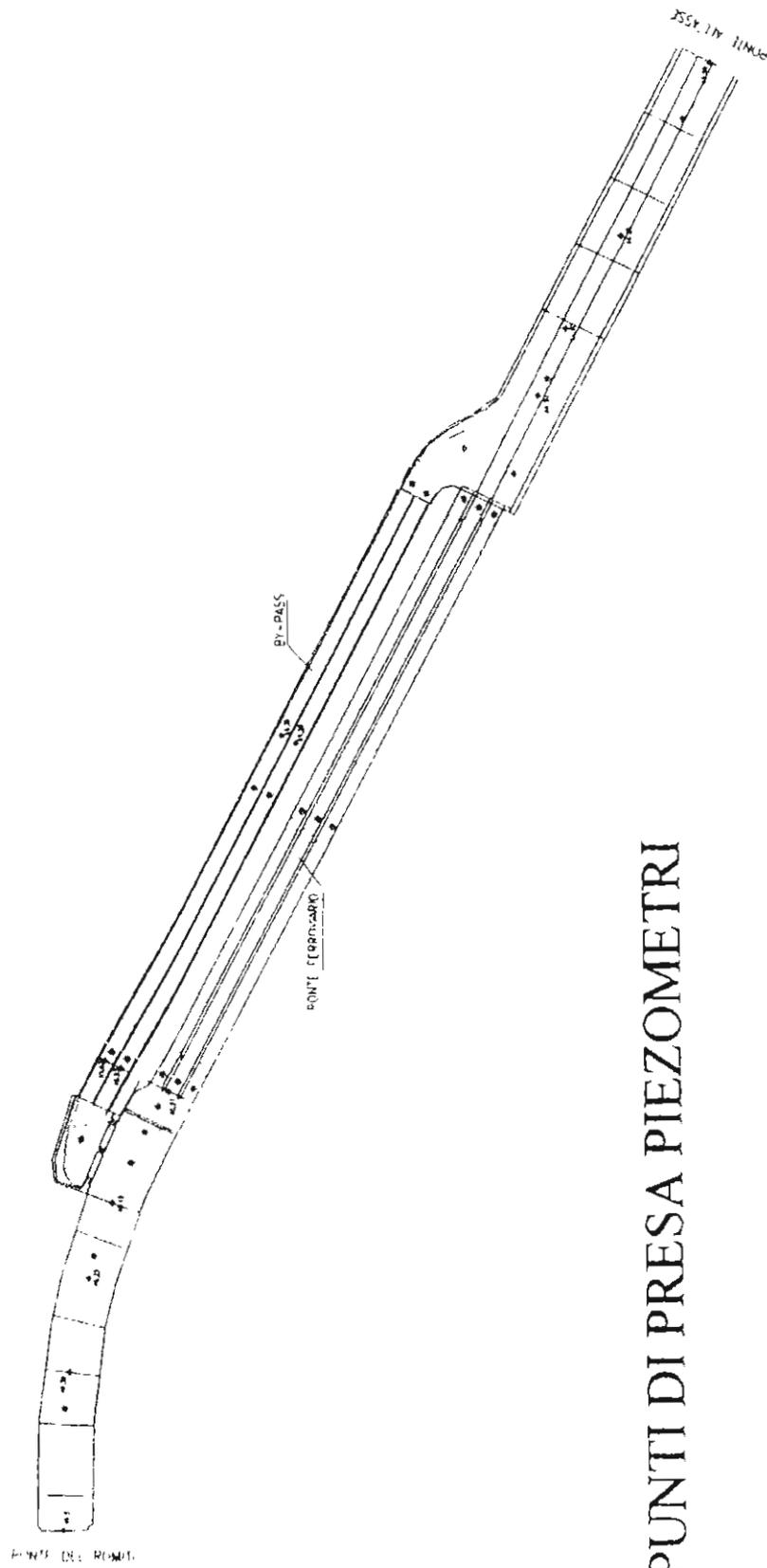
Alcuni test effettuati nella fase preliminare alle simulazioni, dove si è verificata il corretto funzionamento degli apparati di misura, hanno indicato una ottima riproducibilità delle simulazioni, mostrando differenze tra una simulazione e l'altra (a parità di condizioni) dell'ordine della precisione di misura. Inoltre non è mai stato necessario effettuare tre serie di letture, in quanto il circuito, grazie al funzionamento del torino idraulico, risulta transitare una portata d'acqua mediamente costante.

II. RILEVAMENTO DI MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITÀ

Misure piezometriche

Per svolgere un'analisi accurata delle condizioni idrauliche presenti in alveo, è stata realizzata una rete piezometrica in grado di delineare il pelo idrico superficiale lungo il corso d'acqua principale e il suo bypass.

I piezometri sono stati disposti, a seconda delle configurazioni, nei punti critici, laddove si hanno brusche variazioni della quota idrica. Sono state utilizzate 28 prese piezometriche contemporaneamente, come riportato nel seguente schema planimetrico.



PUNTI DI PRESA PIEZOMETRI

La misura piezometrica è avvenuta utilizzando il catetometro, mediante rilevamento della differenza di quota con il piano di appoggio del modello. Come precedentemente, descritto il posizionamento del cannocchiale del catetometro al pari del livello idrometrico raggiunto in ogni canna, tramite scorrimento verticale su un'asta d'acciaio a sezione circolare, determina la misura della differenza di quota fornendone il valore su un led analogico.

Ogni valore letto dall'operatore è stato scritto su apposite schede di misura e quindi trasferito su supporto informatico dove è stato convertito nella misura corrispondente al reale.

Misure di velocità

In corrispondenza di ogni presa piezometrica si è misurata la velocità della corrente mediante un micromulinello da laboratorio ad asta rigida. Per ogni sezione è stata effettuata una misura a completa immersione dell'elica, in asse al corso d'acqua e in corrispondenza del punto di massima velocità sulla verticale. In alcuni casi sono state prese misure aggiuntive, onde verificare le caratteristiche della corrente in punti particolari.

Per ogni misura si è tenuto immerso il mulinello almeno per 15 secondi.

In generale si è avuto modo di effettuare le misure senza particolari difficoltà, salvo in alcuni punti dove l'andamento oscillatorio della velocità ha richiesto una maggiore permanenza dello strumento in posizione.

In alcune simulazioni non è stato possibile rilevare la velocità della corrente sopra la soglia di sfioro, in quanto si è verificato un battente idrico insufficiente a garantire l'immersione completa dell'elica.

Sulla base delle misure effettuate è stata ricavata la velocità media sulla verticale, valore poi considerato significativo per il calcolo della portata nella sezione. La velocità media è stata calcolata considerando sia il profilo parabolico della velocità lungo la verticale, sia la distribuzione parabolica planimetrica.

Linee di carico

Sulla base delle misure piezometriche e della velocità, si sono calcolate le linee dei carichi piezometrici e di quelli totali, utilizzando la relazione.

$$z_t + h + u^2/2g = H$$

dove z_t = quota rispetto ad un punto di riferimento, individuato nel piano di appoggio del modello
 h = altezza d'acqua sul fondo alveo
 u = velocità della corrente
 g = accelerazione di gravità
 H = carico totale o livello energetico

IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE VIDEO

Il sistema di ripreso video ha visto l'utilizzo di 2 telecamere in grado di inviare le proprie immagini a personal computer.

Le telecamere, digitali a colori CCD 1/3" con ottica multifocale 3.5-9 mm, inviano i filmati ad una scheda di acquisizione esterna. Le telecamere riprendono 2 distinte zone dell'alveo, corrispondenti all'area di imbocco e di sbocco al bypass. Questo consente di osservare con una risoluzione di 720x540 pixels tratti di alveo estesi longitudinalmente 1.5 m e trasversalmente 1.2 m. Per ottenere una simile risoluzione le telecamere sono state poste a due metri dal pelo libero in posizione a "lampadario". Questa particolare disposizione consente, nella fase di processamento delle immagini, di individuare ogni particella-tracciante con 3-5 pixels (che in termini di lunghezza dei pixels corrisponde ad 0.4 cm per lato), condizione necessaria per l'esatto riconoscimento video.

I TRACCIANTI

La scelta del tipo di tracciante assume come condizione principale la capacità di seguire le correnti superficiali presenti nel campo di moto senza cambiare le proprie caratteristiche (tracciante passivo). In secondo luogo è necessario che il tracciante sia rilevabile a video anche in condizioni di illuminazione non ottimali e che ogni elemento sia distinguibile singolarmente.

La metodologia eseguita per l'acquisizione e il processamento delle immagini si è basata sulle procedure di tecnica PIV (Particle Image Velocimetry) che, applicata in un contesto diverso da quello di laboratorio, ha comportato un'attenta analisi dei parametri ambientali e ottico-geometrici nonché un accurato studio sulla scelta dei traccianti da immettere.

La tecnica PIV stima la velocità di particelle traccianti su una sezione interna al campo di flusso, con traccianti di dimensioni del micrometro e appropriate condizioni di luminosità; non essendoci le condizioni necessarie per applicare tale metodologia, è stato realizzato un metodo alternativo in grado di riprodurre la situazione idonea per una registrazione PIV, in relazione anche al tipo di traccianti usati nel modello. A questo proposito, occorre sottolineare che la scelta del tipo di tracciante è risulta condizionata da due caratteristiche: la capacità di seguire le correnti superficiali presenti nel campo di moto senza cambiare le caratteristiche (tracciante passivo); la rilevabilità a video di ogni singolo elemento anche in condizioni di illuminazione non ottimali (all'esterno). In base a queste considerazioni sono state eseguite prove in assenza di luce, nelle ore notturne, per evitare l'effetto del riflesso della radiazione solare sulla superficie liquida e sono stati impiegati dei traccianti fosforescenti in grado di produrre autonomamente una sufficiente intensità luminosa, distinguibile al buio dal sistema di ripresa e di processamento.

I traccianti sono costituiti da capsule cilindriche (diametro 3 mm, lunghezza 25 mm) di materiale plastico contenenti polvere luminescente. Innescando l'emissione di luce di questi oggetti (mediante incrinatura e agitazione della capsula) e immettendoli ripetutamente in alveo è stato possibile ottenere risultati soddisfacenti in termini di riconoscimento dell'immagine. Per migliorare la qualità delle immagini ottenute, queste sono state filtrate (in fase di elaborazione) mediante dei filtri sulla luminosità e sul contrasto. Quindi sono state segmentate con una soglia pari a un livello di grigio che corrisponde alla media tra la massima e la minima intensità presente nell'immagine.

PROCESSAMENTO DELLE IMMAGINI E DELINEAMENTO DEL CAMPO DI MOTO

Il processamento dei filmati è avvenuto mediante programma di calcolo in ambiente MatLab, sulla base di software esistente e opportunamente modificato.

Il processamento delle immagini, in ambiente Matlab, è stato realizzato tramite frammentazione e confronto di coppie di frames in sottoimmagini, dette finestre di interrogazione, in grado di contenere un numero pari a 20÷30 particelle traccianti. Il confronto è stato eseguito considerando un passo di 8 pixels per ogni finestra di interrogazione. La stima dello spostamento all'interno delle varie finestre di interrogazione è invece stato calcolato usando l'algoritmo MQD (che fa uso della tecnica dei minimi quadrati): questo algoritmo, basato sulla tecnica dei minimi quadrati, stima lo spostamento delle particelle come minimo delle differenze delle distribuzioni dei livelli di grigio di un gruppo di pixels (di dimensioni note) tra l'immagine al tempo t e l'immagine al tempo $t+dt$ (con $dt=40$ millisecondi). Considerando due sottoimmagini G , al tempo t , G' , al tempo $t+dt$, di dimensioni $M \times N$ pixels di elementi g_{ij}, g'_{ij} , (livelli di grigio), il grado di somiglianza tra le due parti di immagini è dato dalla seguente relazione:

al variare di m ed n ; $g(i,j), g'(i,j)$ sono i valori dei livelli di grigio dei pixels nella posizione (i,j)

$$D(m,n) = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (g(i,j) - g'(i+m, j+n))^2$$

nei due frame, separati da un intervallo di tempo dt ; (m,n) è la posizione di G' relativa a G . Lo spostamento corretto nella posizione (m^*, n^*) è dato dal minimo tra tutti i $D(m,n)$. In definitiva dunque il programma utilizza come input due fotogrammi del filmato registrati in un intervallo temporale Δt e offre come output la stima del campo di spostamenti e di velocità. Ripetendo la procedura per tutti gli intervalli che compongono il filmato si ha la ricostruzione del campo di moto.

3. SIMULAZIONI

Le simulazioni sono avvenute con la configurazione geometrica di progetto secondo quanto indicato da Italferr: in particolare, in riferimento alla precedente tornata di prove, si ha il posizionamento dello sfioratore a ridosso del sottopasso, non si ha la presenza di setto allo sbocco tra le due canne del bypass, la configurazione di monte e di valle al sottopasso sono quelle di progetto.

Le configurazioni allestite in questa seconda tornata di simulazioni riguardano accorgimenti geometrici proposti dal Dipartimento di Ingegneria Civile sia allo sbocco che all'imbocco del bypass, per ottimizzarne la capacità di deflusso a seguito dei risultati ottenuti nella configurazione precedente.

4. SIMULAZIONI con SETTO MODULARE ALLO SBOCCO

DESCRIZIONE GEOMETRICA

Il primo accorgimento effettuato riguarda l'abbassamento della quota dello sfioratore che è stata portata dai previsti 48.36 m s.l.m. a 47.60 m s.l.m. in modo da consentire una maggiore partizione delle portate a favore del bypass. La soglia presente a valle dello sfioratore, nell'alveo del Mugnone è stata rastremata, per favorire l'immissione nel sottopasso. È stata poi modificata la cassa di sfioro riducendone l'ampiezza e creando una sorta di canale a forma ovoidale che raccordandosi alla soglia di sfioro convoglia tramite curvature a diverso raggio le portate sfiorate verso le canne. Lo scopo di questo intervento è quello di eliminare le arce di ristagno e diminuire le zone vorticose, incrementando la velocità nelle casse a fronte di una diminuzione dei fenomeni dissipativi.

In parallelo si è posto in opera un setto di separazione tra le portate uscenti dal bypass e quelle che attraversano l'attuale sottopasso. Lo scopo è quello di convogliare le portate del bypass nell'alveo del Mugnone riducendo l'impatto tra le due correnti che altrimenti dà luogo a rigurgito sul bypass. Il setto ha una funzione strutturale ben definita che riguarda il sostentamento dell'impalcato previsto dal progetto Italferr: per verificare l'efficacia del setto, stante una lunghezza minima necessaria per adempiere alle citate esigenze di carattere strutturale, si è provveduto a realizzare moduli componibili per allungare la struttura e poter così valutare la lunghezza ottimale per la funzionalità idraulica. Sono dunque stati creati tre moduli per poter allungare il setto di base di circa 13 m.

Le simulazioni sono state svolte con la portata duecentennale, in quanto quella più condizionata dalla presenza del setto, in 4 configurazioni diverse (senza moduli, con 1,2,3 moduli); il sottopasso del Mugnone è rimasto scoperto, come effettuato nella prima tornata di prove.

MISURE

In questa configurazione sono state attivate 28 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici.

Non sono state eseguite riprese video in quanto i risultati delle misure piezometriche hanno immediatamente mostrato la condizione ottimale, senza rendere necessario lo studio dei campi di moto in funzione del numero di moduli aggiunti.

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

Osservando i livelli idrici tenuti dai piezometri dell'area di sbocco (dal 20 al 27) si riscontra in maniera evidente che l'aggiunta di moduli peggiora le condizioni di deflusso.

Infatti se si tiene conto dei piezometri che riguardano la corrente transitante nel bypass (piez. 20,21,25,27) si nota come il pelo libero diminuisce aggiungendo moduli: ciò è dovuto al fatto che la presenza di una struttura "preserva" la corrente del bypass da quella del Mugnone e quindi il deflusso nel bypass avviene più agevolmente. Effetto opposto si ha allo sbocco del Mugnone (piez.

22,23,24,26) dove i livelli invece aumentano: questo è dovuto al rigurgito indotto dal setto per il restringimento di sezione che si viene a creare con la presenza di 2,3 moduli.

In base a queste osservazioni si può dedurre che pur facilitando il deflusso delle portate nel bypass setti troppo lunghi provocano fenomeni di rigurgito allo sbocco del Mugnone: tali fenomeni vanno a peggiorare la condizione di deflusso nelle tre canne diminuendo il franco di sicurezza. Ovviamente le considerazioni fatte sono da intendersi come meramente interpretative del fenomeno: per considerazioni di carattere progettuale si deve tener conto che i trend e le variazioni citate sono quantitativamente poco significative, in quanto dell'ordine di qualche centimetro e comunque comprese in 10 centimetri tra la configurazione con zero moduli e quella con tre.

In altre parole seppur risultando negativo per il deflusso delle portate transitanti nel Mugnone, il setto nelle sue configurazioni più estese produce piccoli incrementi del pelo libero, che non inficerebbero la funzionalità idraulica dell'opera nel suo complesso.

Nell'ottica di ottimizzare la funzionalità si è comunque proceduto alle successive modifiche del modello basandosi sulla condizione minima di setto, ovvero senza moduli aggiuntivi.

5. SIMULAZIONI con SETTO PRIVO DI MODULI ALLO SBOCCO

DESCRIZIONE GEOMETRICA

Questo tipo di configurazione è volto alla misura dei parametri idraulici nelle condizioni ottimali di cui al precedente punto, ovvero con setto privo di moduli aggiuntivi e la cassa di sfioro modificata come precedentemente descritto, in modo da consentire una maggiore partizione delle portate a favore del bypass.

Le simulazioni sono state svolte con le quattro portate previste, con il sottopasso Mugnone scoperto.

MISURE

In questa configurazione sono state attivate 28 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici e, tramite micromulinello, le velocità.

Sono inoltre state eseguite riprese video per analizzare il campo di moto superficiale.

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

A seguito di numerose prove per verificare la ripetibilità delle stesse e quindi validare i risultati, si sono potuti riscontrare marcati miglioramenti rispetto alle configurazioni analizzate nella prima tornata di simulazioni. In particolare con le modifiche apportate si ottiene un netto aumento delle portate sfiorate con incremento dunque della partizione a favore del bypass. In termini numerici si riscontrano i primi vantaggi già al passaggio di portate con più basso tempo di ritorno: la Q20 vede infatti uno sfioro di circa l' 11% delle portate rispetto a valori intorno al 6% della precedente tornata di prove, per la Q50 si ha invece una percentuale ancora più alta, pari a circa il 14% contro l'11% precedente. Risultati ancora più confortanti si hanno per la Q100 e la Q200 che raggiungono rispettivamente il 19 e il 25 contro il 14 e il 17% delle precedenti simulazioni.

Si fa osservare che l'elevato incremento percentuale delle portate sfiorate con la Q20 è da imputarsi all'abbassamento della soglia di sfioro.

L'incremento delle portate nel bypass è ripartito a netto favore della canna sinistra (quella esterna), specie per il passaggio di bassi carichi: ciò è dovuto alla presenza di vortici dissipativi in prossimità dell'imbocco alla canna più interna che orientano la corrente principale nella canna sinistra. Nelle canne del sottopasso del Mugnone la ripartizione è invece pressoché equivalente: si nota tuttavia che per portate con alto tempo di ritorno (Q200) si inverte la tendenza che si ha per portate minori (Q100, Q50, Q20) ovvero quella di privilegiare le canne da sinistra verso destra. Il fenomeno è riconducibile al progressivo aumento della percentuale di ripartizione di portate nel bypass che raggiungendo il suo massimo con la Q200 vede il prevalere della corrente uscente dal bypass su

quella proveniente dal sottopasso Mugnone: dunque la ripartizione all'interno del Mugnone si inverte favorendo la canna destra sottoposta alla minor influenza della corrente del bypass nella zona di reimmissione nell'alveo principale.

L'analisi dei campi di moto mette in risalto la diminuzione di interferenza tra le due correnti allo sbocco: il setto assolve la sua funzione di favorire la confluenza delle portate bypass-Mugnone convogliando le portate uscenti dalle due canne del bypass con minore angolo di incidenza. Le curvature adottate hanno mostrato per tutti i regimi di portata un buon accompagnamento dei filetti fluidi senza fenomeni di distacco.

Presso la cassa di sfioro si osserva una diminuzione delle aree vorticose, con la totale eliminazione dell'area di ristagno che precedentemente si instaurava nella zona di monte. Le portate sfiorate vengono agevolmente convogliate verso le canne salvo la presenza di una zona vorticosa presso l'imbocco della canna destra che ne riduce la capacità di deflusso.

6. SIMULAZIONI con SOTTOPASSO MUGNONE COPERTO

DESCRIZIONE GEOMETRICA

In questa serie di prove si è adottata la stessa configurazione geometrica di cui al precedente punto salvo inserire l'esatto profilo dell'impalcato del sottopasso Mugnone. Sulla base del rilievo allo stato attuale dell'intradosso dell'impalcato fornito da Italferr è stata creata la struttura di copertura del sottopasso ferroviario e dunque sono state eseguite simulazioni con alveo coperto.

Le simulazioni sono state svolte con le quattro portate previste, ma si sono riportate solo quelle inerenti la portata duecentennale, in quanto per portate inferiori non si hanno variazioni rispetto alla precedente configurazione geometrico-idraulica.

MISURE

Anche in questa configurazione sono state attivate 28 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici e, mediante micromulinello, delle velocità.

Particolare attenzione è stata posta nel rilevare le altezze d'acqua visto che in un buon tratto dei tre forni del Mugnone si sono instaurate condizioni prossime al moto in pressione.

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

L'apposizione dell'impalcato sui tre forni non ha causato il temuto passaggio in pressione del moto all'interno delle tre canne del Mugnone: questo è il primo evidente e importante risultato. Nella parte più a valle il pelo libero lambisce l'impalcato non lasciando dunque alcun franco di sicurezza, ma non si ha l'istaurarsi di correnti in pressione. Confrontando i livelli del profilo idrico nel tratto coperto con quelli ottenuti in assenza di copertura si riscontra però un generico incremento, valutabile in 10-20 cm: ciò denota dunque la presenza di un effetto di rigurgito, fenomeno indotto in buona parte dalla condizione di valle determinata dal restringimento di sezione presso Ponte all'Asse.

Questo rigurgito induce una diversa ripartizione delle portate sfiorate e di quelle invece transitive nel Mugnone: nel bypass si ha un incremento ulteriore delle portate sfiorate che raggiunge quasi il 30% di quelle immesse. A sua volta l'aumento di portata nel bypass rallenta nella zona di sbocco la corrente uscente dal Mugnone inducendo un ulteriore rigurgito a catena. Una volta stabilizzata la situazione di transitorio iniziale si ottiene quanto misurato, ovvero un aumento dei livelli idrometrici nelle tre canne del Mugnone seguito da una maggiore percentuale di portate transitive nel bypass.

La ripartizione delle portate all'interno delle canne rimane invariata (se non per la diminuzione di percentuale sul totale) con la preferenza della canna destra in quanto meno soggetta all'influsso della confluenza delle portate del bypass.

7. SIMULAZIONI con DEFLETTORI ALL'IMBOCCO

DESCRIZIONE GEOMETRICA

L'ultima configurazione ha visto il tentativo di migliorare la ripartizione delle portate nel bypass, apponendo due deflettori nella zona di vortice al fine di convogliare maggiori portate nella canna destra (interna). I deflettori, inclinabili per permettere l'ottimizzazione della configurazione, sono stati costituiti da due pannelli verticali piani.

Al fine di ottimizzare la ripartizione delle portate sono state provate diverse angolature che sostanzialmente hanno mostrato come i due deflettori possano convogliare all'una o all'altra canna le maggiori portate. Alla fine è stata scelta la configurazione che favorisce un maggiore deflusso nella canna interna delle portate di sfioro della Q200.

Le simulazioni sono state svolte con le quattro portate previste.

MISURE

Anche in questa configurazione sono state attivate 28 prese piezometriche, presso le quali sono state effettuate le misure dei livelli idrici e, mediante micromulinello, delle velocità.

Sono inoltre state eseguite riprese video per analizzare il campo di moto superficiale.

Si riportano in allegato le misure rilevate.

CONSIDERAZIONI

In termini di portate sfiorate i risultati sono analoghi a quelli misurati senza la presenza di deflettori, salvo un aumento delle portate nel bypass per la Q200 dove si è raggiunta la quota del 30.3% delle portate immesse. L'inserimento dei deflettori infatti favorisce il convogliamento delle acque sfiorate nella canna interna che vede, in corrispondenza della Q200, passare più del 20% della portata totale con peso 2:1 rispetto alla canna sinistra. La necessità di favorire il passaggio nella canna destra viene dalla volontà di convogliare con minor angolo di incidenza possibile la corrente proveniente dal bypass con quella proveniente dal Mugnone. L'aumento di portata sfiorata ha premiato questo tipo di scelta.

Da notare come per portate con basso tempo di ritorno, Q20 e Q50, rimanga la tendenza a preferire la canna sinistra del bypass, anche se con minori margini: in termini idraulici ciò significa che l'effetto dei deflettori diventa rilevante per portate maggiori alla Q100; la condizione generale del deflusso per le massime portate rimane comunque limitata a causa del rigurgito di valle provocato dal Ponte all'Asse.

I campi di moto superficiali confermano le deduzioni effettuate sulla base delle portate, indicando nella cassa di sfioro la preferenza dei filetti fluidi per la canna destra. Allo sbocco si osserva una migliore confluenza con la corrente proveniente dal sottopasso Mugnone e la totale scomparsa dei vortici presenti nelle prime edizioni.

TABELLA RIASSUNTIVA

Configurazione	Portata simulata [mc/s]		% portata sfiorata	Livello idrico a monte del sottopasso Mugnone [m s.l.m.]	Livello idrico a valle del sottopasso Mugnone [m s.l.m.]
	Q20	Q50			
SIMULAZIONI con SETTO PRIVO DI MODULI ALLO SBOCCO	Q20	21.04	11.3	48.55	47.66
	Q50	25.45	13.8	48.8	47.98
	Q100	28.42	18.5	49	48.17
	Q200	32.15	24.8	49.38	48.98
SIMULAZIONE con SETTO PRIVO di MODULI ALLO SBOCCO, MUGNONE COPERTO	Q200	32.31	29.6	49.51	49.02
SIMULAZIONI con DEFLETTORI ALL'IMBOCCO	Q20	21.23	9.7	48.57	47.56
	Q50	25.41	13.3	48.77	47.85
	Q100	28.15	18.7	48.95	48.1
	Q200	32.41	30.3	49.37	48.91

8. CONCLUSIONI

La seconda tornata di prove idrauliche sul modello fisico ha potuto verificare l'efficacia di alcune modifiche geometriche volte a ottimizzare la capacità di sfioro e deflusso all'interno del bypass. Le modifiche apportate riguardano in primo luogo la soglia e la cassa di sfioro.

La soglia dello sfioratore è stata portata dai previsti 48.36 m s.l.m. a 47.60 m s.l.m. in modo da consentire una maggiore partizione delle portate a favore del bypass. La cassa di sfioro è stata ridotta creando una sorta di canale a fondo concavo che raccordandosi alla soglia convogliava tramite curvature a diverso raggio le portate sfiorate verso le canne. Lo scopo di questo intervento è stato quello di eliminare le aree di ristagno e diminuire le zone vorticose, incrementando la velocità nelle canne a fronte di una diminuzione dei fenomeni dissipativi.

A seguito di questi accorgimenti si è registrato un aumento delle portate sfiorate, che è rimasto comunque sempre dipendente dalla condizione di valle e dalla pendenza esigua delle due canne del bypass.

Per favorire il deflusso a valle dello sbocco si è posto in opera un setto di separazione tra le portate uscenti dal bypass e quelle che attraversano l'attuale sottopasso. Lo scopo è stato quello di convogliare le portate del bypass nell'alveo del Mugnone riducendo l'impatto tra le due correnti che altrimenti dà luogo a rigurgito sul bypass. L'introduzione di questo elemento, non più tra le due canne del bypass come nella precedente tornata di misure ma a separazione tra le canne del Mugnone e quelle del bypass, è avvenuta con un modulo base e altri tre componibili, in modo da valutare l'estensione ottimale per la funzionalità idraulica. Le simulazioni hanno messo in evidenza la necessità di ridurre al minimo il modulo mostrando effetti di rigurgito nel sottopasso Mugnone, dovuti al restringimento di sezione provocato subito a valle dello sbocco.

Con la presenza del setto e degli accorgimenti alla zona di sfioro si raggiunge per la portata duecentennale una partizione del 25% sul bypass e il restante nel Mugnone, conseguendo dunque un aumento consistente rispetto alle precedenti configurazioni.

Una serie di simulazioni è stata poi eseguita apponendo la copertura del Mugnone in corrispondenza dell'area ferroviaria di S.M. Novella, secondo il rilievo dell'intradosso dell'impalcato attualmente presente. Questa configurazione ha mostrato come il moto all'interno dei tre forni del Mugnone sia prossimo ad andare in pressione, ma senza raggiungere tale stadio. Si è osservato infatti come il pelo libero lambisca l'impalcato, annullando qualsiasi franco di sicurezza, ma senza innescare passaggi in pressione. Il rigurgito indotto dall'impalcato per la diminuzione di sezione libera nelle canne del Mugnone favorisce un maggiore sfioro nel bypass che a sua volta rallenta la corrente principale nella zona di sbocco mentre la condizione generale del deflusso per le massime portate rimane comunque limitata a causa del rigurgito di valle provocato dal Ponte all'Asse. Tale configurazione risulta avere influenze positive sul deflusso delle portate nel bypass, portando la percentuale di portate sfiorate a quasi il 30% della portata duecentennale.

Un ulteriore accorgimento con conseguente serie di simulazioni è avvenuto per ottimizzare la ripartizione delle portate sfiorate nelle due canne del bypass: sono stati posti due deflettori nella zona di vortice a monte del bypass al fine di convogliare maggiori portate nella canna destra (interna). Tale soluzione ha permesso di raggiungere l'obiettivo preposto (rapporto portate pari a circa 2:1 a favore della canna destra in condizioni di portata duecentennale) favorendo così anche il deflusso nella zona di sbocco e reimmissione della corrente bypass in quella del Mugnone. Si è dunque raggiunto e di poco superata la soglia del 30% di portate sfiorate, rispetto alla portata con tempo di ritorno 200 anni.

In termini di franchi di sicurezza, nella condizione ottimizzata si registra un franco che oscilla tra 70 e 80 cm con portata centennale nella zona più critica del sottopasso Mugnone, mentre si annulla con il passaggio di portate duecentennali. Nel bypass i franchi sono invece maggiori sia per la portata centennale che per quella duecentennale in quanto si raggiungono al minimo (sulla Q200) franchi di 60-70 cm per arrivare a oltre 1 metro con portate centennali.

In definitiva dunque, mediante una serie coordinata di accorgimenti geometrici sia nella cassa di sfioro che nella zona di sbocco, si è ottenuto una migliore capacità di deflusso nel bypass, riducendo molte delle zone soggette alla presenza di vortici dissipativi: in termini idraulici si è raggiunta una partizione della portata duecentennale che vede un deflusso nelle due canne del bypass di circa il 30% del totale immesso, quasi raddoppiando dunque i risultati ottenuti nella prima tornata di prove.

I risultati ottenuti, in quanto vincolati a caratteristiche geometriche non modificabili (pendenza del bypass, posizionamento dello sfioratore, zona di reimmissione del bypass,...) per esigenze di natura diversa da quella idraulica, sono da considerarsi alquanto soddisfacenti, in considerazione anche delle basse portate sfiorate registrate nelle precedenti configurazioni.

Ulteriori accorgimenti dal punto di vista idraulico potrebbero essere effettuati per cercare di aumentare ancora la percentuale di portate sfiorate, salvo preservare le esigenze architettonico-strutturali del progetto Italferr.

Per quanto riguarda il setto separatore questo potrebbe essere ridotto fino a non interferire con la sezione utile di deflusso a valle dello sbocco del sottopasso Mugnone. Per non far mancare l'appoggio all'impalcato di progetto Italferr potrebbe anche essere sufficiente creare una sorta di finestra nel setto che favorisca così il deflusso della corrente principale del Mugnone per portate duecentennali.

Presso la zona di imbocco invece si potrebbero realizzare deflettori da porre sulla soglia di sfioro o pennelli sulla sponda destra del Mugnone in corrispondenza dello sfioratore per convogliare maggiore portata nel bypass.

Accorgimenti di questo tipo devono però tener conto che le condizioni idrauliche all'interno delle due canne del bypass non sono "forzabili" più di tanto: in altre parole velocità e tirante idrico sono comunque fortemente condizionati dalla pendenza del fondo e dalla zona di sbocco, per cui l'immissione di maggiori portate nella cassa di sfioro non comporterebbe automaticamente un equivalente incremento del deflusso nelle canne del bypass.

L'ultima indicazione che si intende porre riguarda invece la funzionalità complessiva del nodo idraulico che risulta fortemente vincolato dalla condizione di valle, costituita dal rigurgito presso il Ponte all'Asse la cui importanza emersa nel corso delle prove con la copertura. La riduzione di circa 1 metro del rigurgito prodotto dalla portata duecentennale nell'impatto con il ponte consentirebbe infatti un deflusso nelle tre canne del Mugnone in condizioni di maggiore sicurezza, come risulta dalle simulazioni richieste da Italferr che vedono l'instaurarsi di un franco di 60 cm per la portata duecentennale. Si sottolinea dunque l'importanza strategica dal punto di vista idraulico di adeguare il ponte all'Asse mediante l'eliminazione della pila centrale e il rialzamento dell'impalcato: sotto queste ipotesi il deflusso nei 5 fornici del Mugnone-Bypass avverrebbe in condizioni di maggiore sicurezza idraulica.

In conclusione dunque questa seconda tornata di prove ha permesso di individuare alcuni accorgimenti geometrici in grado di permettere un sfioro intorno al 30% della portata di piena con tempo di ritorno duecento anni: i franchi ottenuti nel sottopasso Mugnone sono tendenti a zero per tale portate ma risultano di circa 70 cm per portate centennali. Ulteriori accorgimenti potrebbero essere realizzati per cercare di incrementare di qualche altro punto percentuale le portate sfiorate, ma il presupposto essenziale che risulta vincolare il nodo idraulico è la condizione di deflusso presso il Ponte all'Asse, che così rimanendo induce alti tiranti idrici nel tratto coperto del Mugnone.

Il responsabile scientifico
Prof. Ing. Ignazio Becchi

Gli sperimentatori
Ing. Emanuele Becagli

Ing. Filippo Ginanni

ALLEGATO 1 – Misure piezometriche, di portata e di velocità

SIMULAZIONI con SETTO MODULARE ALLO SBOCCO

CONFIGURAZIONE	setto presso sbocco con 0,1,2,3 moduli
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	19 maggio 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'										
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	0 modulo		1 modulo		2 moduli		3 moduli	
			livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]
1	monte sez 117D	59	181	50.14	181	50.14	181	50.14	181	50.14
2	valle sez 117D	128	169.5	49.72	169.5	49.72	169.5	49.72	169.5	49.72
3	sez 118A	166	140.5	48.68	140.5	48.68	140.5	48.68	140.5	48.68
4	presa in cassa sfioro	168	133	48.41	132.9	48.40	132.8	48.40	133	48.41
5	sfioratore monte	154	129.5	48.28	129.5	48.28	129.5	48.28	129.5	48.28
6	sfioratore medio	165	131.5	48.35	131.3	48.35	130.9	48.33	130.8	48.33
7	sfioratore valle	176	156	49.24	156	49.24	155	49.20	155	49.20
8	valle sez 118A	179	157.5	49.29	157.5	49.29	157.5	49.29	157.5	49.29
9	monte sez 118B	189	161.5	49.43	161.5	49.43	161.5	49.43	161.5	49.43
10	inizio bypass coperto	198	145	48.84	145	48.84	145	48.84	144.5	48.82
11	inizio bypass coperto	198	135	48.48	134.5	48.46	134	48.44	133	48.41
12	inizio sottopasso	198	158	49.31	157.8	49.30	158	49.31	157.8	49.30
13	inizio sottopasso	198	157	49.27	157	49.27	157	49.27	157	49.27
14	inizio sottopasso	198	157.5	49.29	157.5	49.29	158	49.31	158	49.31
15	metà bypass coperto	322	143.5	48.79	143.5	48.79	143	48.77	142.5	48.75
16	metà bypass coperto	322	133.5	48.43	132.5	48.39	131.5	48.35	128.5	48.25
17	metà sottopasso	322	152.5	49.11	153.5	49.15	154	49.16	154.3	49.17
18	metà sottopasso	322	152	49.09	152.5	49.11	153	49.13	153.1	49.13
19	metà sottopasso	322	147.5	48.93	150	49.02	150	49.02	149.5	49.00
20	fine bypass coperto	456	139.5	48.64	138.8	48.62	138.5	48.61	137.7	48.58
21	fine bypass coperto	456	138.5	48.61	137.9	48.58	137.5	48.57	136.2	48.52
22	fine sottopasso	456	150	49.02	151	49.06	152	49.09	152	49.09
23	fine sottopasso	456	149	48.98	149.5	49.00	151	49.06	151.7	49.08
24	fine sottopasso	456	147	48.91	147.5	48.93	149	48.98	149.4	49.00
25	sbocco bypass	480	140	48.66	139.5	48.64	138.5	48.61	137.8	48.58
26	valle sottopasso	474	151.5	49.07	152	49.09	153	49.13	153.5	49.15
27	5 m valle sez 118C	509	141	48.70	140.8	48.69	140.5	48.68	140	48.66
28	monte paraloia CV	596	142	48.73	142.1	48.74	142.5	48.75	142.5	48.75

SIMULAZIONI con SETTO PRIVO DI MODULI ALLO SBOCCO

CONFIGURAZIONE	setto presso sbocco senza moduli
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	26 maggio 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	161.00	49.42	0.52	3.11	5.80	6.29
2	valle sez 117D	128	151.00	49.06	0.42	2.53	5.44	5.76
3	sez. 118A	166	122.00	48.01	0.81	4.86	4.39	5.59
4	presa in cassa sfioro	168	86.40	46.73	0.10	0.59	3.11	3.13
5	sfioratore monte	154	120.50	47.96	0.42	2.53	4.34	4.66
6	sfioratore medio	165	121.50	47.99	0.42	2.53	4.37	4.70
7	sfioratore valle	176	130.90	48.33	0.39	2.34	4.71	4.99
8	valle sez 118A	179	133.00	48.41	0.58	3.50	4.79	5.41
9	monte sez 118B	189	136.90	48.55	0.68	4.08	4.93	5.78
10	inizio bypass coperto	198	94.80	47.03	0.24	1.47	3.41	3.52
11	inizio bypass coperto	198	91.50	46.91	0.07	0.40	3.29	3.30
12	inizio sottopasso	198	131.00	48.34	0.58	3.50	4.72	5.34
13	inizio sottopasso	198	127.00	48.19	0.58	3.50	4.57	5.20
14	inizio sottopasso	198	130.00	48.30	0.55	3.31	4.68	5.24
15	metà bypass coperto	322	97.00	47.11	0.23	1.37	3.49	3.59
16	metà bypass coperto	322	93.50	46.99	0.07	0.40	3.37	3.37
17	metà sottopasso	322	115.50	47.78	0.71	4.28	4.16	5.09
18	metà sottopasso	322	111.50	47.63	0.68	4.08	4.01	4.86
19	metà sottopasso	322	105.50	47.42	0.68	4.08	3.80	4.65
20	fine bypass coperto	456	93.80	47.00	0.20	1.18	3.38	3.45
21	fine bypass coperto	456	93.50	46.99	0.07	0.40	3.37	3.37
22	fine sottopasso	456	109.30	47.55	0.71	4.28	3.93	4.87
23	fine sottopasso	456	107.80	47.50	0.65	3.89	3.88	4.65
24	fine sottopasso	456	106.80	47.46	0.58	3.50	3.84	4.47
25	sbocco bypass	480	92.50	46.95	0.07	0.40	3.33	3.34
26	valle sottopasso	474	112.20	47.66	0.49	2.92	4.04	4.47
27	5 m valle sez 118C	509	91.50	46.91	0.74	4.47	3.29	4.31
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.55	3.31	3.46	4.01

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.79	13.90	8.9	11.3
Portata Bypass canna destra	0.48	3.77	2.4	
Portata Mugnone canna sinistra	6.66	51.76	33.2	88.7
Portata Mugnone canna centrale	5.84	45.42	29.1	
Portata Mugnone canna destra	5.29	41.12	26.4	
Portata totale immessa	20.06	155.97	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.04	variazione rispetto media	+ 0.11 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	4.67 %		

CONFIGURAZIONE	setto presso sbocco senza moduli
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	26 maggio 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	168.00	49.67	0.55	3.31	6.05	6.61
2	valle sez 117D	128	157.50	49.29	0.52	3.11	5.67	6.16
3	sez 118A	166	121.50	47.99	0.87	5.25	4.37	5.78
4	presa in cassa sfioro	168	88.50	46.81	0.36	2.14	3.19	3.42
5	sfioratore monte	154	120.50	47.96	0.65	3.89	4.34	5.11
6	sfioratore medio	165	128.60	48.25	0.74	4.47	4.63	5.65
7	sfioratore valle	176	135.70	48.51	0.49	2.92	4.89	5.32
8	valle sez 118A	179	139.50	48.64	0.68	4.08	5.02	5.87
9	monte sez 118B	189	143.90	48.80	0.68	4.08	5.18	6.03
10	inizio bypass coperto	198	105.00	47.40	0.36	2.14	3.78	4.01
11	inizio bypass coperto	198	99.50	47.20	0.16	0.98	3.58	3.63
12	inizio sottopasso	198	137.00	48.55	0.58	3.50	4.93	5.56
13	inizio sottopasso	198	134.50	48.46	0.58	3.50	4.84	5.47
14	inizio sottopasso	198	138.00	48.59	0.65	3.89	4.97	5.74
15	metà bypass coperto	322	105.00	47.40	0.33	1.95	3.78	3.97
16	metà bypass coperto	322	102.40	47.31	0.08	0.50	3.69	3.70
17	metà sottopasso	322	126.00	48.16	0.81	4.86	4.54	5.74
18	metà sottopasso	322	119.00	47.90	0.74	4.47	4.28	5.30
19	metà sottopasso	322	113.50	47.71	0.78	4.66	4.09	5.19
20	fine bypass coperto	456	102.00	47.29	0.33	1.95	3.67	3.87
21	fine bypass coperto	456	101.50	47.27	0.08	0.50	3.65	3.67
22	fine sottopasso	456	115.50	47.78	0.78	4.66	4.16	5.27
23	fine sottopasso	456	115.20	47.77	0.68	4.08	4.15	5.00
24	fine sottopasso	456	115.00	47.76	0.65	3.89	4.14	4.91
25	sbocco bypass	480	106.80	47.46	0.10	0.59	3.84	3.86
26	valle sottopasso	474	121.00	47.98	0.49	2.92	4.36	4.79
27	5 m valle sez 118C	509	100.50	47.24	0.78	4.66	3.62	4.73
28	monte paratoia CV	596	105.00	47.40	0.58	3.50	3.78	4.40

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [Vs]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.96	23.03	11.1	13.8
Portata Bypass canna destra	0.72	5.60	2.7	
Portata Mugnone canna sinistra	8.85	68.82	33.1	86.2
Portata Mugnone canna centrale	7.23	56.20	27.0	
Portata Mugnone canna destra	6.98	54.26	26.1	
Portata totale immessa	26.74	207.92	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [Vs]	25.45	variazione rispetto media	± 0.24 Vs
errore percentuale rispetto portata calcolata	5.06 %		

CONFIGURAZIONE	setto presso sbocco senza moduli
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	25 maggio 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezometro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	174.00	49.88	0.62	3.69	6.26	6.96
2	valle sez 117D	128	163.50	49.51	0.55	3.31	5.89	6.44
3	sez 118A	166	130.50	48.32	0.94	5.63	4.70	6.32
4	presa in cassa sfioro	168	81.70	46.56	0.29	1.76	2.94	3.10
5	sfioratore monte	154	120.80	47.97	0.81	4.86	4.35	5.55
6	sfioratore medio	165	124.50	48.10	0.84	5.05	4.48	5.78
7	sfioratore valle	176	146.00	48.88	0.49	2.92	5.26	5.69
8	valle sez 118A	179	144.30	48.81	0.71	4.28	5.19	6.13
9	monte sez 118B	189	149.50	49.00	0.68	4.08	5.38	6.23
10	inizio bypass coperto	198	113.00	47.69	0.33	1.95	4.07	4.26
11	inizio bypass coperto	198	107.80	47.50	0.20	1.18	3.88	3.95
12	inizio sottopasso	198	143.30	48.78	0.71	4.28	5.16	6.09
13	inizio sottopasso	198	140.50	48.68	0.71	4.28	5.06	5.99
14	inizio sottopasso	198	142.50	48.75	0.68	4.08	5.13	5.98
15	metà bypass coperto	322	112.50	47.67	0.36	2.14	4.05	4.28
16	metà bypass coperto	322	109.50	47.56	0.18	1.08	3.94	4.00
17	metà sottopasso	322	131.00	48.34	0.74	4.47	4.72	5.73
18	metà sottopasso	322	124.50	48.10	0.74	4.47	4.48	5.50
19	metà sottopasso	322	123.50	48.07	0.71	4.28	4.45	5.38
20	fine bypass coperto	456	109.80	47.57	0.36	2.14	3.95	4.19
21	fine bypass coperto	456	109.50	47.56	0.10	0.59	3.94	3.96
22	fine sottopasso	456	123.00	48.05	0.78	4.66	4.43	5.54
23	fine sottopasso	456	121.20	47.98	0.74	4.47	4.36	5.38
24	fine sottopasso	456	122.00	48.01	0.74	4.47	4.39	5.41
25	sbocco bypass	480	109.80	47.57	0.10	0.59	3.95	3.97
26	valle sottopasso	474	126.50	48.17	0.55	3.31	4.55	5.11
27	5 m valle sez 118C	509	108.00	47.51	0.78	4.66	3.89	5.00
28	monte paratoia CV	596	112.00	47.65	0.65	3.89	4.03	4.80

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	3.69	28.66	12.5	18.5
Portata Bypass canna destra	1.77	13.74	6.0	
Portata Mugnone canna sinistra	8.71	67.72	29.6	81.5
Portata Mugnone canna centrale	7.84	60.95	26.6	
Portata Mugnone canna destra	7.47	58.10	25.4	
Portata totale immessa	29.47	229.16	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.42	variazione rispetto media	± 0.21 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.70 %		

CONFIGURAZIONE	setto presso sbocco senza moduli
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	25 maggio 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	180.00	50.10	0.61	3.68	6.48	7.17
2	valle sez 117D	128	168.50	49.69	0.55	3.32	6.07	6.63
3	sez 118A	166	138.50	48.61	0.83	4.97	4.99	6.24
4	presa in cassa sfioro	168	134.80	48.47	0.71	4.23	4.85	5.77
5	sfioratore monte	154	131.00	48.34	0.77	4.60	4.72	5.80
6	sfioratore medio	165	128.50	48.25	0.83	4.97	4.63	5.88
7	sfioratore valle	176	158.80	49.34	0.34	2.03	5.72	5.93
8	valle sez 118A	179	152.00	49.09	0.09	0.56	5.47	5.49
9	monte sez 118B	189	160.00	49.38	0.64	3.87	5.76	6.52
10	inizio bypass coperto	198	144.50	48.82	0.40	2.40	5.20	5.50
11	inizio bypass coperto	198	133.50	48.43	0.19	1.11	4.81	4.87
12	inizio sottopasso	198	156.30	49.25	0.55	3.32	5.63	6.19
13	inizio sottopasso	198	155.00	49.20	0.58	3.50	5.58	6.20
14	inizio sottopasso	198	154.80	49.19	0.64	3.87	5.57	6.34
15	metà bypass coperto	322	123.00	48.05	0.49	2.95	4.43	4.87
16	metà bypass coperto	322	137.00	48.55	0.15	0.93	4.93	4.98
17	metà sottopasso	322	151.80	49.08	0.52	3.13	5.46	5.97
18	metà sottopasso	322	150.00	49.02	0.55	3.32	5.40	5.96
19	metà sottopasso	322	146.00	48.88	0.64	3.87	5.26	6.02
20	fine bypass coperto	456	138.50	48.61	0.43	2.58	4.99	5.33
21	fine bypass coperto	456	136.00	48.52	0.12	0.75	4.90	4.92
22	fine sottopasso	456	148.00	48.95	0.49	2.95	5.33	5.77
23	fine sottopasso	456	146.20	48.88	0.52	3.13	5.26	5.76
24	fine sottopasso	456	129.80	48.29	0.64	3.87	4.67	5.44
25	sbocco bypass	480	138.80	48.62	0.09	0.56	5.00	5.01
26	valle sottopasso	474	149.00	48.98	0.49	2.95	5.36	5.81
27	5 m valle sez 118C	509	139.50	48.64	0.58	3.50	5.02	5.65
28	monte paratoia CV	596	141.50	48.71	0.49	2.95	5.09	5.54

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	5.89	45.84	18.0	24.8
Portata Bypass canna destra	2.21	17.15	6.7	
Portata Mugnone canna sinistra	7.75	60.27	23.7	75.2
Portata Mugnone canna centrale	7.92	61.56	24.2	
Portata Mugnone canna destra	8.94	69.53	27.3	
Portata totale immessa	32.71	254.34	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.15	variazione rispetto media	± 0.26 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	1.74 %		

SIMULAZIONI con SOTTOPASSO MUGNONE COPERTO

CONFIGURAZIONE	setto presso sbocco senza moduli, sottopasso Mugnone coperto
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	31 maggio 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	179.50	50.08	0.58	3.50	6.46	7.09
2	valle sez 117D	128	168.00	49.67	0.58	3.50	6.05	6.67
3	sez 118A	166	143.50	48.79	0.83	4.97	5.17	6.42
4	presa in cassa sfioro	168	137.20	48.56	0.46	2.77	4.94	5.33
5	sfioratore monte	154	134.80	48.47	0.77	4.60	4.85	5.93
6	sfioratore medio	165	135.20	48.49	0.89	5.34	4.87	6.32
7	sfioratore valle	176	154.20	49.17	0.58	3.50	5.55	6.18
8	valle sez 118A	179	160.50	49.40	0.64	3.87	5.78	6.54
9	monte sez 118B	189	163.50	49.51	0.55	3.32	5.89	6.45
10	inizio bypass coperto	198	148.80	48.98	0.34	2.03	5.36	5.57
11	inizio bypass coperto	198	136.50	48.53	0.19	1.11	4.91	4.98
12	inizio sottopasso	198	160.50	49.40	0.49	2.95	5.78	6.22
13	inizio sottopasso	198	158.80	49.34	0.55	3.32	5.72	6.28
14	inizio sottopasso	198	158.00	49.31	0.64	3.87	5.69	6.45
15	metà bypass coperto	322	148.00	48.95	0.43	2.58	5.33	5.67
16	metà bypass coperto	322	143.00	48.77	0.20	1.21	5.15	5.22
17	metà sottopasso	322	156.40	49.25	0.46	2.77	5.63	6.02
18	metà sottopasso	322	153.50	49.15	0.52	3.13	5.53	6.03
19	metà sottopasso	322	152.50	49.11	0.58	3.50	5.49	6.11
20	fine bypass coperto	456	142.00	48.73	0.40	2.40	5.11	5.41
21	fine bypass coperto	456	141.70	48.72	0.15	0.93	5.10	5.15
22	fine sottopasso	456	149.00	48.98	0.37	2.22	5.36	5.61
23	fine sottopasso	456	147.80	48.94	0.43	2.58	5.32	5.66
24	fine sottopasso	456	146.00	48.88	0.46	2.77	5.26	5.65
25	sbocco bypass	480	142.00	48.73	0.12	0.75	5.11	5.14
26	valle sottopasso	474	150.00	49.02	0.37	2.22	5.40	5.65
27	5 m valle sez 118C	509	142.30	48.74	0.55	3.32	5.12	5.68
28	monte paratoia CV	596	142.50	48.75	0.43	2.58	5.13	5.47

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	6.88	53.52	20.5	29.6
Portata Bypass canna destra	3.05	23.73	9.1	
Portata Mugnone canna sinistra	7.16	55.71	21.4	70.4
Portata Mugnone canna centrale	7.75	60.27	23.1	
Portata Mugnone canna destra	8.66	67.37	25.9	
Portata totale immessa	33.51	260.59	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.31	variazione rispetto media	± 0.13 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.72 %		

SIMULAZIONI con DEFLETTORI ALL'IMBOCCO

CONFIGURAZIONE	imbocco con deflettori
PORTATA NOMINALE	Q20 = 165 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 giugno 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	165.00	49.56	0.49	2.92	5.94	6.37
2	valle sez 117D	128	153.00	49.13	0.45	2.73	5.51	5.89
3	sez 118A	166	124.00	48.08	0.87	5.25	4.46	5.87
4	presa in cassa sfioro	168	90.50	46.88	0.55	3.31	3.26	3.82
5	sfioratore monte	154	122.50	48.03	0.39	2.34	4.41	4.69
6	sfioratore medio	165	122.50	48.03	0.52	3.11	4.41	4.90
7	sfioratore valle	176	130.00	48.30	0.45	2.73	4.68	5.06
8	valle sez 118A	179	134.00	48.44	0.65	3.89	4.82	5.59
9	monte sez 118B	189	137.50	48.57	0.68	4.08	4.95	5.80
10	inizio bypass coperto	198	88.80	46.82	0.26	1.56	3.20	3.32
11	inizio bypass coperto	198	88.00	46.79	0.07	0.40	3.17	3.18
12	inizio sottopasso	198	131.00	48.34	0.62	3.69	4.72	5.41
13	inizio sottopasso	198	126.20	48.16	0.71	4.28	4.54	5.48
14	inizio sottopasso	198	131.00	48.34	0.68	4.08	4.72	5.57
15	metà bypass coperto	322	90.50	46.88	0.23	1.37	3.26	3.35
16	metà bypass coperto	322	90.00	46.86	0.07	0.40	3.24	3.25
17	metà sottopasso	322	110.00	47.58	0.78	4.66	3.96	5.07
18	metà sottopasso	322	109.00	47.54	0.74	4.47	3.92	4.94
19	metà sottopasso	322	103.50	47.35	0.78	4.66	3.73	4.83
20	fine bypass coperto	456	89.50	46.84	0.20	1.18	3.22	3.29
21	fine bypass coperto	456	88.00	46.79	0.07	0.40	3.17	3.18
22	fine sottopasso	456	100.00	47.22	0.71	4.28	3.60	4.53
23	fine sottopasso	456	104.50	47.38	0.71	4.28	3.76	4.69
24	fine sottopasso	456	100.50	47.24	0.68	4.08	3.62	4.47
25	sbocco bypass	480	89.00	46.82	0.13	0.79	3.20	3.24
26	valle sottopasso	474	109.50	47.56	0.87	5.25	3.94	5.34
27	5 m valle sez 118C	509	88.50	46.81	0.84	5.05	3.19	4.49
28	monte paratoia CV	596	96.00	47.08	0.65	3.89	3.46	4.23

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	1.55	12.05	7.5	9.7
Portata Bypass canna destra	0.45	3.48	2.2	
Portata Mugnone canna sinistra	6.61	51.41	32.2	90.3
Portata Mugnone canna centrale	6.12	47.57	29.8	
Portata Mugnone canna destra	5.81	45.16	28.3	
Portata totale immessa	20.53	159.67	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	21.23	variazione rispetto media	± 0.18 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	3.28 %		

CONFIGURAZIONE	imbocco con deflettori
PORTATA NOMINALE	Q50 = 195 mc/s
DATA SIMULAZIONE	29 giugno 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	167.00	49.63	0.55	3.31	6.01	6.57
2	valle sez 117D	128	157.00	49.27	0.45	2.73	5.65	6.03
3	sez 118A	166	125.50	48.14	0.87	5.25	4.52	5.92
4	presa in cassa sfioro	168	82.00	46.57	0.62	3.69	2.95	3.65
5	sfioratore monte	154	120.20	47.95	0.71	4.28	4.33	5.26
6	sfioratore medio	165	122.10	48.02	0.74	4.47	4.40	5.41
7	sfioratore valle	176	131.00	48.34	0.65	3.89	4.72	5.49
8	valle sez 118A	179	138.50	48.61	0.65	3.89	4.99	5.76
9	monte sez 118B	189	143.00	48.77	0.65	3.89	5.15	5.92
10	inizio bypass coperto	198	90.00	46.86	0.42	2.53	3.24	3.57
11	inizio bypass coperto	198	89.00	46.82	0.36	2.14	3.20	3.44
12	inizio sottopasso	198	131.20	48.34	0.62	3.69	4.72	5.42
13	inizio sottopasso	198	133.00	48.41	0.65	3.89	4.79	5.56
14	inizio sottopasso	198	137.50	48.57	0.58	3.50	4.95	5.57
15	metà bypass coperto	322	93.80	47.00	0.29	1.76	3.38	3.53
16	metà bypass coperto	322	94.00	47.00	0.16	0.98	3.38	3.43
17	metà sottopasso	322	118.00	47.87	0.84	5.05	4.25	5.55
18	metà sottopasso	322	115.90	47.79	0.78	4.66	4.17	5.28
19	metà sottopasso	322	109.00	47.54	0.78	4.66	3.92	5.03
20	fine bypass coperto	456	92.20	46.94	0.26	1.56	3.32	3.44
21	fine bypass coperto	456	90.50	46.88	0.13	0.79	3.26	3.29
22	fine sottopasso	456	108.80	47.54	0.74	4.47	3.92	4.94
23	fine sottopasso	456	111.50	47.63	0.71	4.28	4.01	4.95
24	fine sottopasso	456	108.30	47.52	0.68	4.08	3.90	4.75
25	sbocco bypass	480	98.00	47.15	0.13	0.79	3.53	3.56
26	valle sottopasso	474	117.50	47.85	0.52	3.11	4.23	4.72
27	5 m valle sez 118C	509	95.00	47.04	0.84	5.05	3.42	4.72
28	monte paratoia CV	596	105.50	47.42	0.65	3.89	3.80	4.57

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.14	16.66	8.5	13.3
Portata Bypass canna destra	1.20	9.35	4.8	
Portata Mugnone canna sinistra	8.18	63.63	32.5	86.7
Portata Mugnone canna centrale	7.18	55.85	28.5	
Portata Mugnone canna destra	6.45	50.17	25.6	
Portata totale immessa	25.16	195.65	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	25.41	variazione rispetto media	± 0.16 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	0.98 %		

CONFIGURAZIONE	imbocco con deflettori
PORTATA NOMINALE	Q100 = 220 mc/s
DATA SIMULAZIONE	30 giugno 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	173.00	49.85	0.58	3.48	6.23	6.85
2	valle sez 117D	128	164.50	49.54	0.58	3.48	5.92	6.54
3	sez 118A	166	131.50	48.35	0.95	5.73	4.73	6.40
4	presa in cassa sfioro	168	80.00	46.50	0.65	3.89	2.88	3.65
5	sfioratore monte	154	120.00	47.94	0.78	4.71	4.32	5.45
6	sfioratore medio	165	123.50	48.07	0.99	5.93	4.45	6.24
7	sfioratore valle	176	137.20	48.56	0.48	2.87	4.94	5.36
8	valle sez. 118A	179	142.00	48.73	0.72	4.30	5.11	6.05
9	monte sez 118B	189	148.00	48.95	0.72	4.30	5.33	6.27
10	inizio bypass coperto	198	103.00	47.33	0.27	1.65	3.71	3.85
11	inizio bypass coperto	198	104.00	47.36	0.31	1.85	3.74	3.92
12	inizio sottopasso	198	142.20	48.74	0.72	4.30	5.12	6.06
13	inizio sottopasso	198	138.80	48.62	0.68	4.09	5.00	5.85
14	inizio sottopasso	198	140.00	48.66	0.68	4.09	5.04	5.89
15	metà bypass coperto	322	105.50	47.42	0.24	1.44	3.80	3.90
16	metà bypass coperto	322	107.00	47.47	0.31	1.85	3.85	4.03
17	metà sottopasso	322	131.00	48.34	0.75	4.50	4.72	5.75
18	metà sottopasso	322	122.70	48.04	0.72	4.30	4.42	5.36
19	metà sottopasso	322	113.20	47.70	0.68	4.09	4.08	4.93
20	fine bypass coperto	456	104.00	47.36	0.21	1.24	3.74	3.82
21	fine bypass coperto	456	100.20	47.23	0.24	1.44	3.61	3.71
22	fine sottopasso	456	120.50	47.96	0.78	4.71	4.34	5.47
23	fine sottopasso	456	120.20	47.95	0.75	4.50	4.33	5.36
24	fine sottopasso	456	117.50	47.85	0.68	4.09	4.23	5.08
25	sbocco bypass	480	105.00	47.40	0.10	0.63	3.78	3.80
26	valle sottopasso	474	124.50	48.10	0.55	3.28	4.48	5.03
27	5 m valle sez 118C	509	106.10	47.44	0.89	5.32	3.82	5.26
28	monte paratoia CV	596	112.00	47.65	0.65	3.89	4.03	4.80

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	2.21	17.17	8.1	18.7
Portata Bypass canna destra	2.91	22.60	10.6	
Portata Mugnone canna sinistra	8.77	68.19	32.1	81.3
Portata Mugnone canna centrale	7.34	57.10	26.9	
Portata Mugnone canna destra	6.09	47.38	22.3	
Portata totale immessa	27.32	212.45	100.0	100.0

PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	28.15	variazione rispetto media	± 0.07 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	2.95 %		

CONFIGURAZIONE	imbocco con deflettori
PORTATA NOMINALE	Q200 = 252 mc/s
DATA SIMULAZIONE	30 giugno 2005

MISURE PIEZOMETRICHE E DI VELOCITA'								
n° piezo metro	corrispondente posizionamento su scala reale	progressiva [m]*	livello medio misurato [mm]	livello al reale [m s.l.m.]	velocità media misurata [m/s]	velocità al reale [m/s]	carico piezometrico [m]*	carico totale [m]
1	monte sez 117D	59	180.50	50.12	0.34	2.03	6.50	6.71
2	valle sez 117D	128	168.50	49.69	0.34	2.03	6.07	6.28
3	sez 118A	166	141.80	48.72	0.86	5.15	5.10	6.46
4	presa in cassa sfioro	168	128.00	48.23	0.06	0.38	4.61	4.62
5	sfioratore monte	154	124.00	48.08	0.86	5.15	4.46	5.82
6	sfioratore medio	165	126.50	48.17	0.83	4.97	4.55	5.81
7	sfioratore valle	176	158.80	49.34	0.77	4.60	5.72	6.80
8	valle sez 118A	179	150.30	49.03	0.64	3.87	5.41	6.17
9	monte sez 118B	189	159.80	49.37	0.64	3.87	5.75	6.52
10	inizio bypass coperto	198	132.00	48.37	0.25	1.48	4.75	4.86
11	inizio bypass coperto	198	136.00	48.52	0.49	2.95	4.90	5.34
12	inizio sottopasso	198	155.50	49.22	0.55	3.32	5.60	6.16
13	inizio sottopasso	198	142.50	48.75	0.61	3.68	5.13	5.82
14	inizio sottopasso	198	153.50	49.15	0.68	4.05	5.53	6.36
15	metà bypass coperto	322	136.20	48.52	0.22	1.30	4.90	4.99
16	metà bypass coperto	322	138.20	48.60	0.46	2.77	4.98	5.37
17	metà sottopasso	322	155.00	49.20	0.46	2.77	5.58	5.97
18	metà sottopasso	322	148.00	48.95	0.52	3.13	5.33	5.83
19	metà sottopasso	322	144.00	48.80	0.58	3.50	5.18	5.81
20	fine bypass coperto	456	136.00	48.52	0.19	1.11	4.90	4.96
21	fine bypass coperto	456	135.50	48.50	0.40	2.40	4.88	5.17
22	fine sottopasso	456	147.50	48.93	0.49	2.95	5.31	5.75
23	fine sottopasso	456	145.20	48.85	0.46	2.77	5.23	5.62
24	fine sottopasso	456	142.50	48.75	0.52	3.13	5.13	5.63
25	sbocco bypass	480	137.80	48.58	0.28	1.66	4.96	5.10
26	valle sottopasso	474	147.00	48.91	0.43	2.58	5.29	5.63
27	5 m valle sez 118C	509	140.00	48.66	0.58	3.50	5.04	5.66
28	monte paratoia CV	596	141.50	48.71	0.52	3.13	5.09	5.59

nota *: la distanza progressiva è valutata dalla sezione di valle del ponte del Romito

nota **: il carico piezometrico è valutato sulla quota di riferimento fondo modello = 43.62 m s.l.m.

PORTATE calcolate	Q modello [l/s]	Q reale [mc/s]	% rispetto alla portata immessa	
Portata Bypass canna sinistra	3.05	23.71	9.5	30.3
Portata Bypass canna destra	6.65	51.70	20.8	
Portata Mugnone canna sinistra	7.07	54.95	22.1	69.7
Portata Mugnone canna centrale	7.32	56.94	22.9	
Portata Mugnone canna destra	7.92	61.56	24.7	
Portata totale immessa	32.00	248.85	100.0	100.0

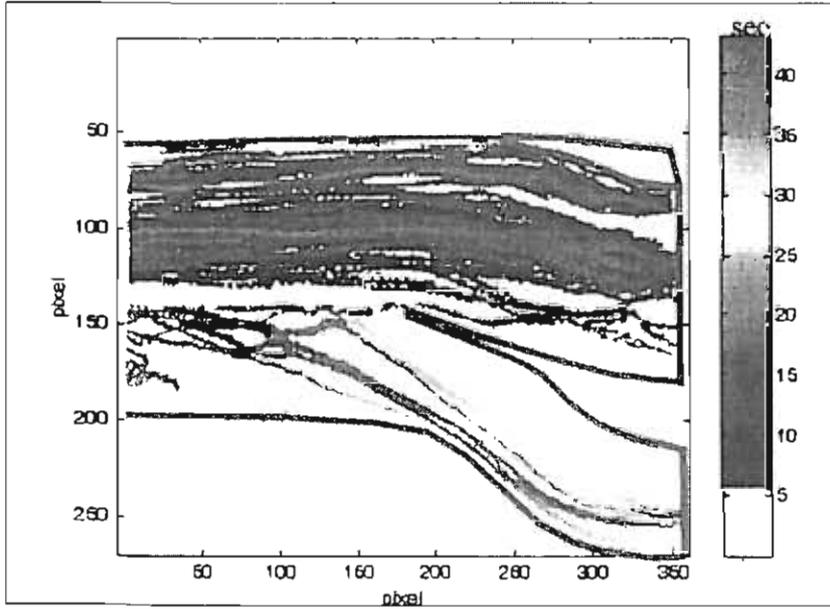
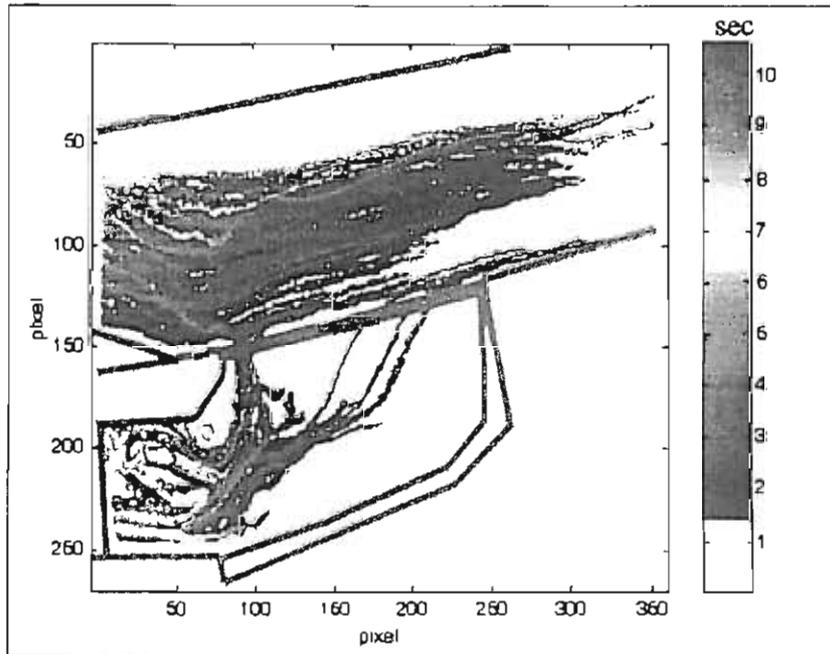
PORTATA IMMESSA media misurata [l/s]	32.41	variazione rispetto media	± 0.14 l/s
errore percentuale rispetto portata calcolata	1.26 %		

ALLEGATO 2 – Campi di moto superficiali

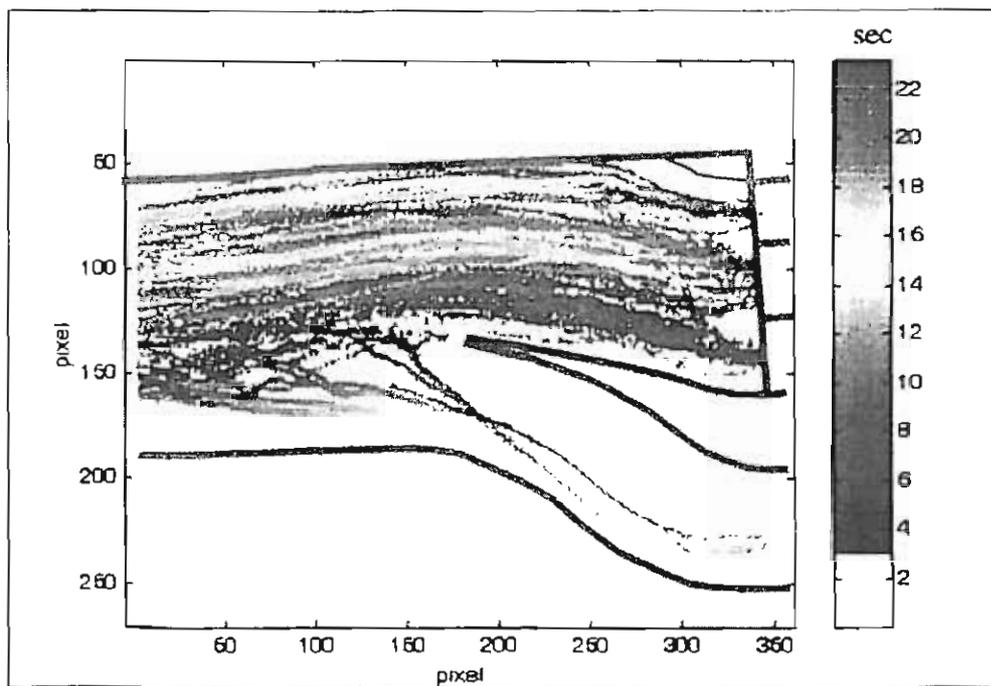
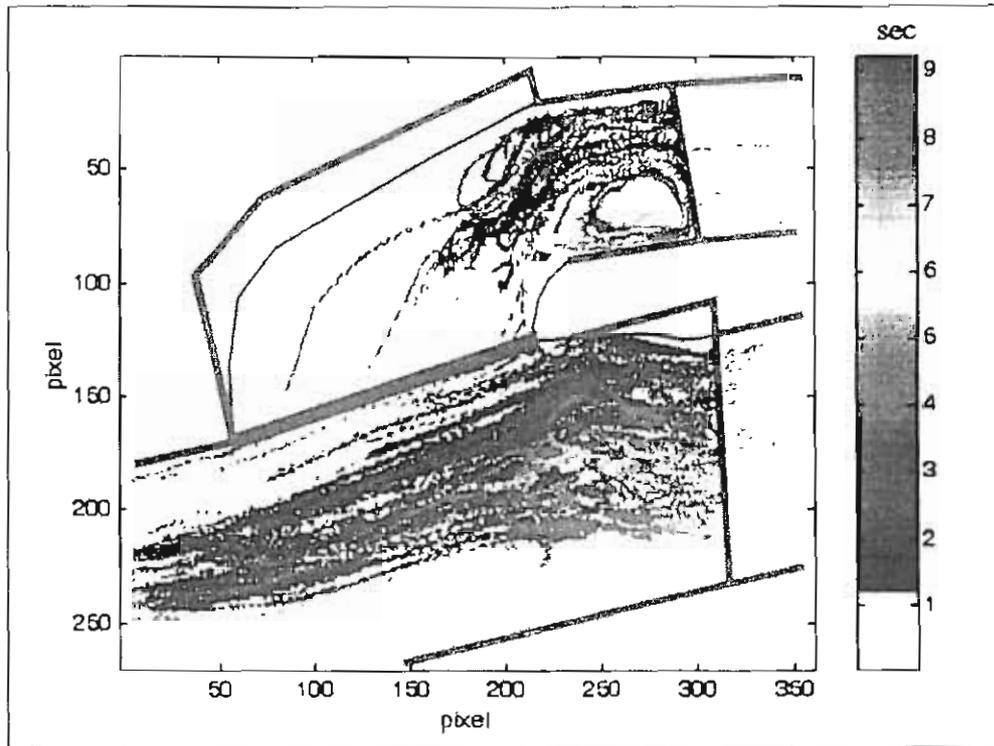
CONFIGURAZIONE	2° conf. Progetto, con setto modificato allo sbocco bypass
PORTATE NOMINALI	Q20 = 165 mc/s, Q50 = 195 mc/s, Q100 = 220 mc/s, Q200 = 252 mc/s
FORMATO IMMAGINE	360 x 270 pixel
SCALA LUNGHEZZE MONTE	1 pixel = 0.19 m al reale
SCALA LUNGHEZZE VALLE	1 pixel = 0.205 m al reale
SCALA VELOCITA' MONTE	1 pixel/s = 0.032 m/s al reale
SCALA VELOCITA' VALLE	1 pixel/s = 0.0342 m/s al reale
SCALA TEMPI	1 sec mod. = 6 sec. al reale
N° TRACCIANTI	300

————— ARGINI E SFIORATORE MODELLO

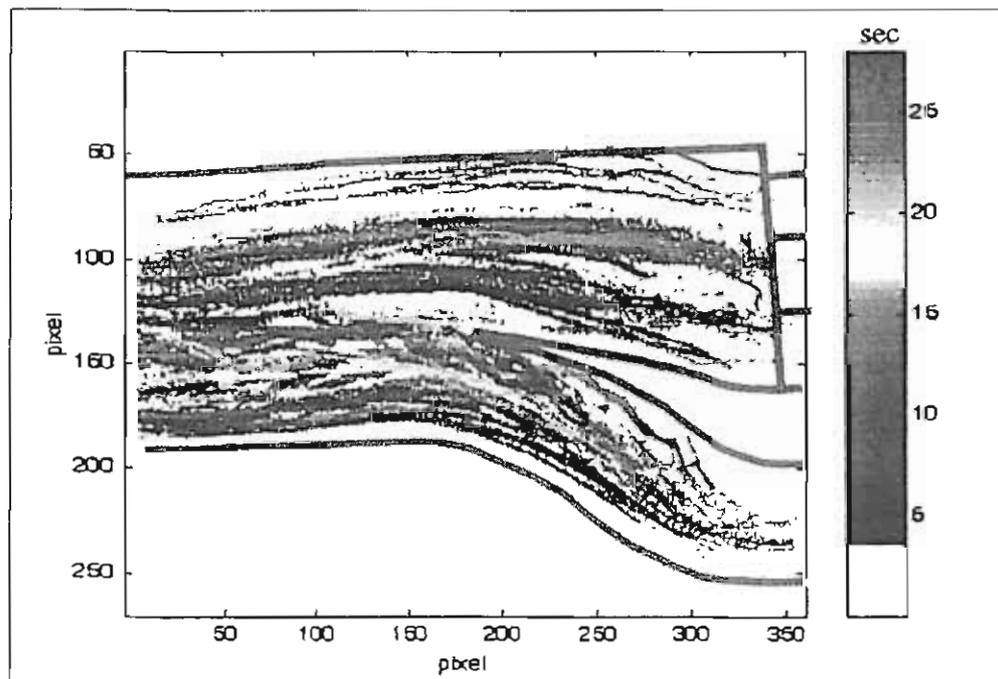
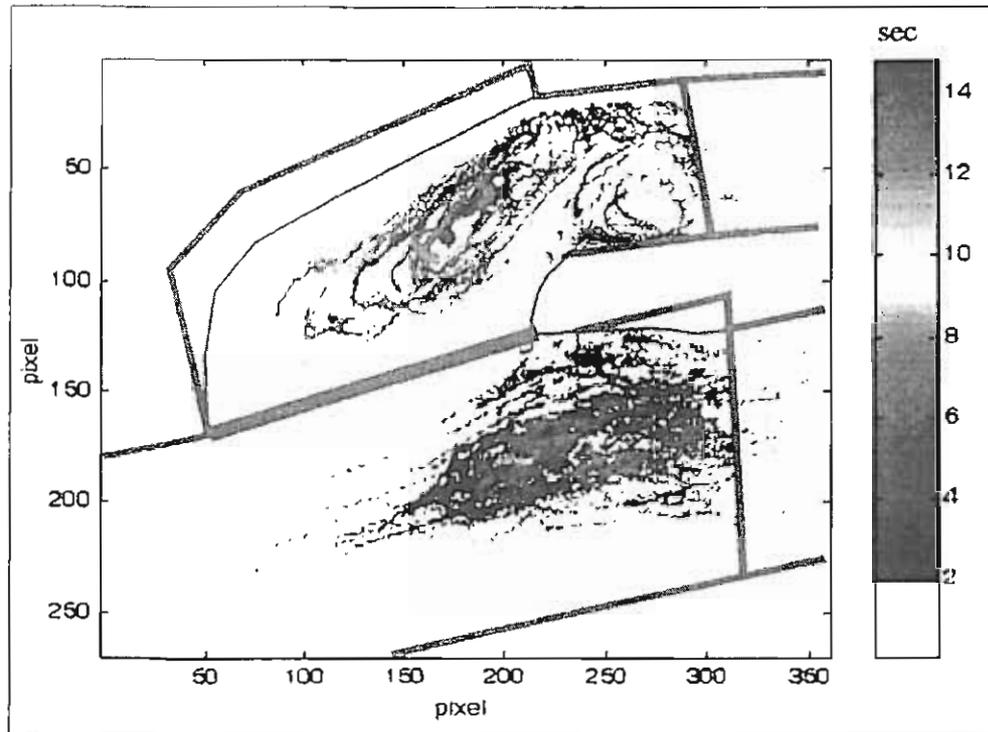
TRAIETTORIE PORTATA Q20



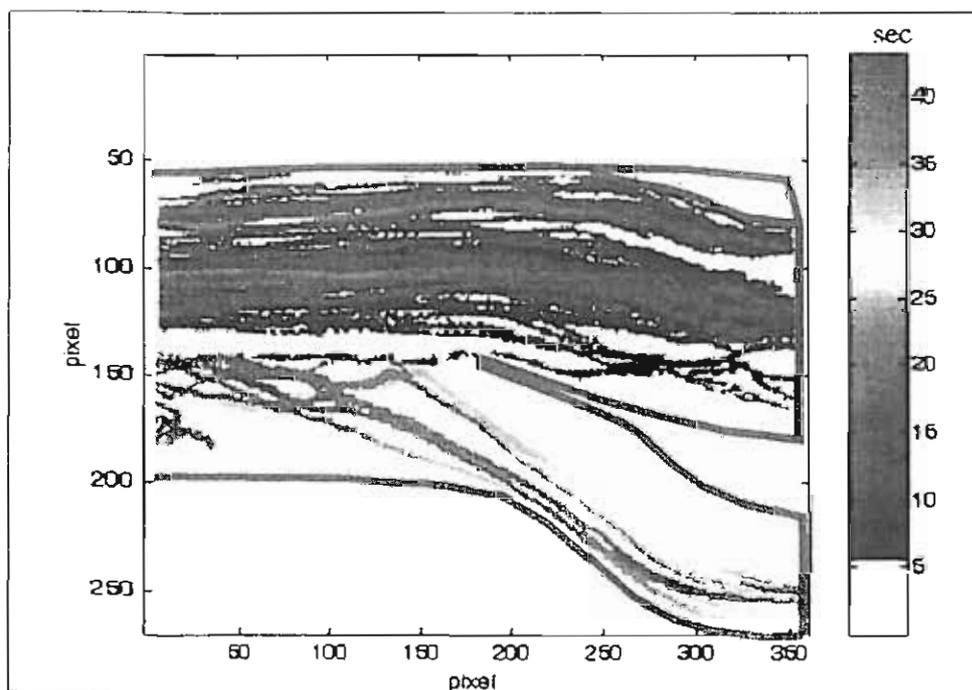
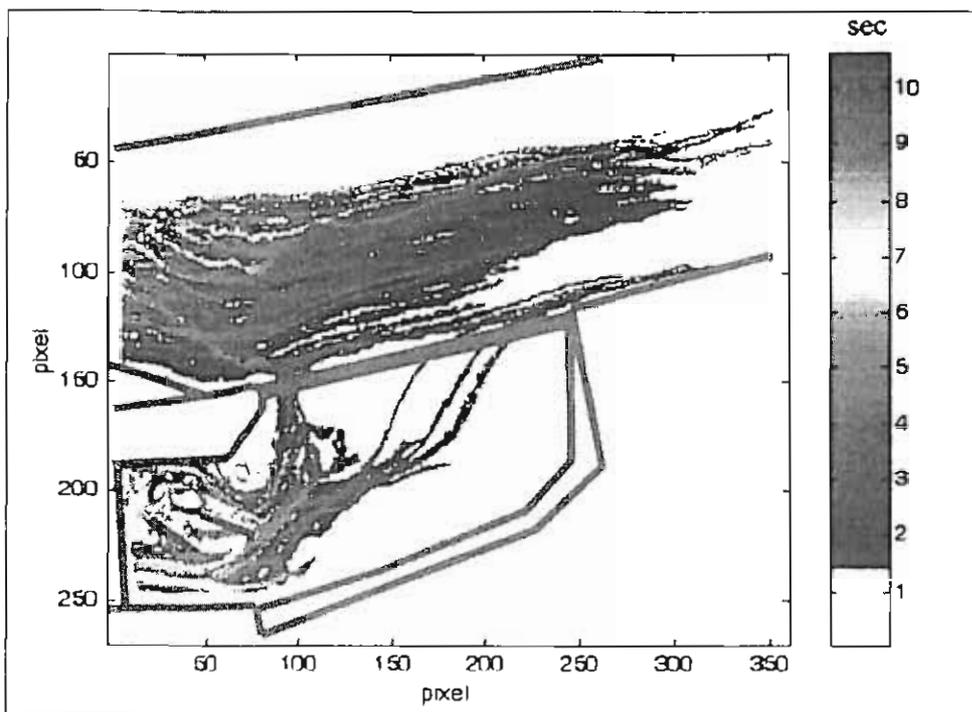
TRAIETTORIE PORTATA Q50



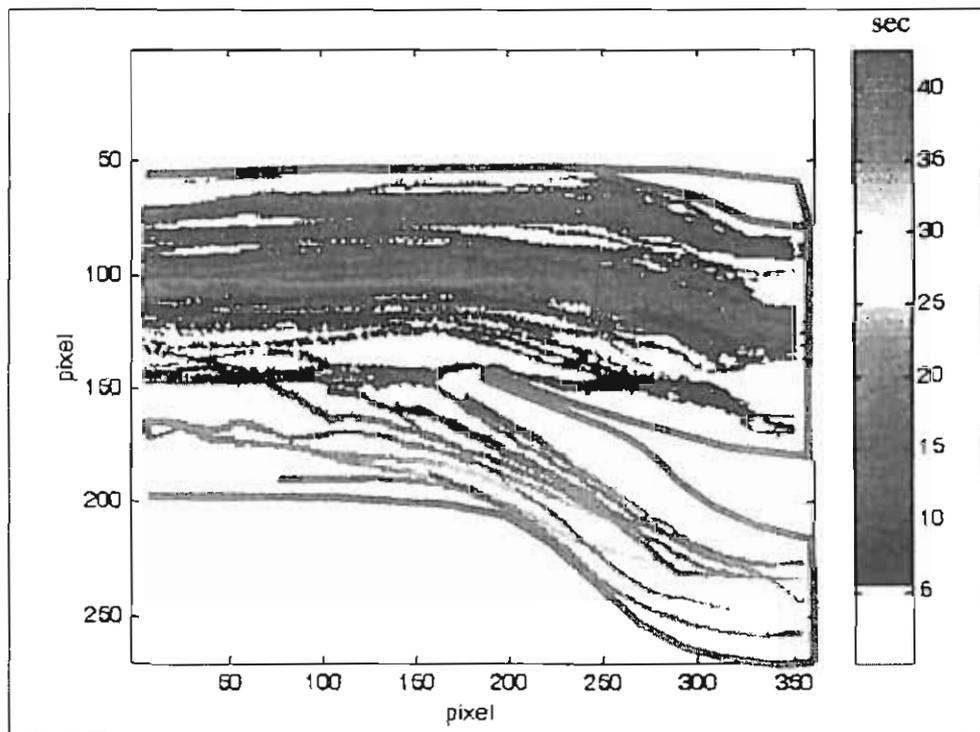
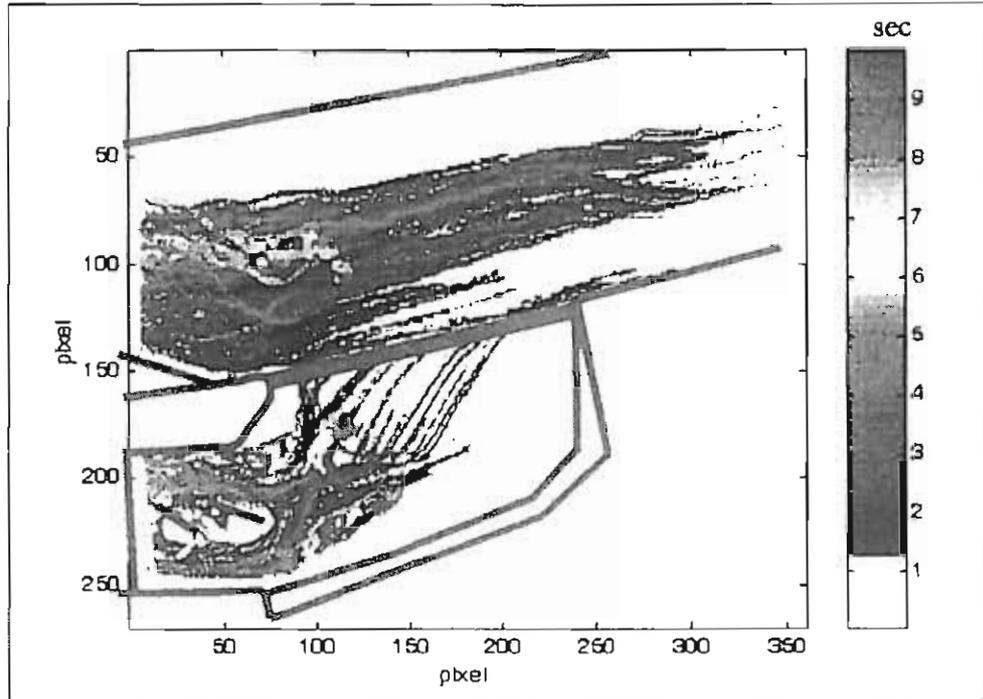
TRAIETTORIE PORTATA Q200



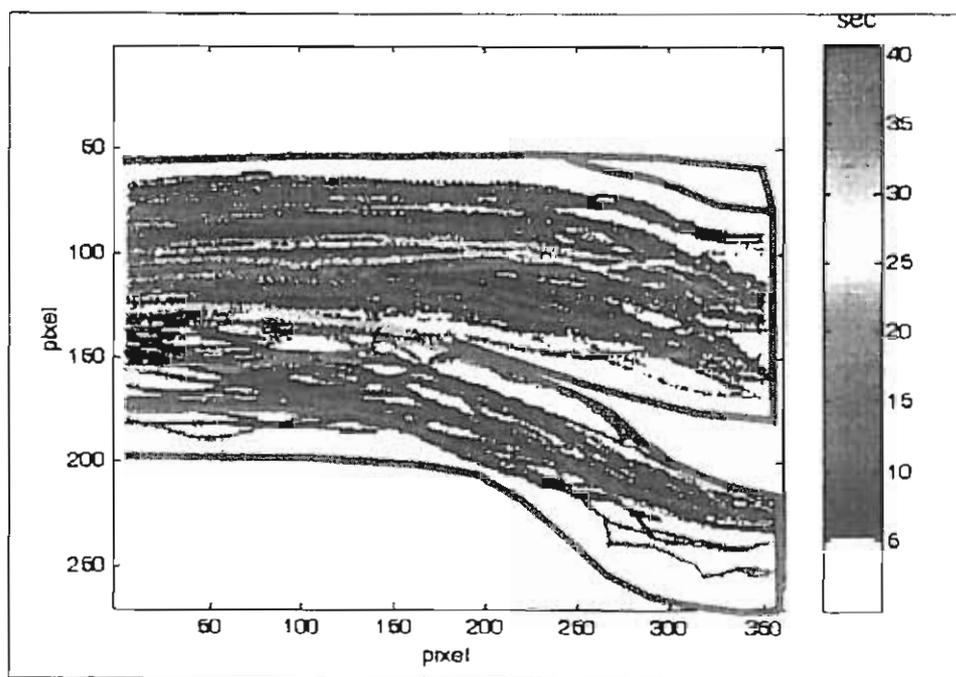
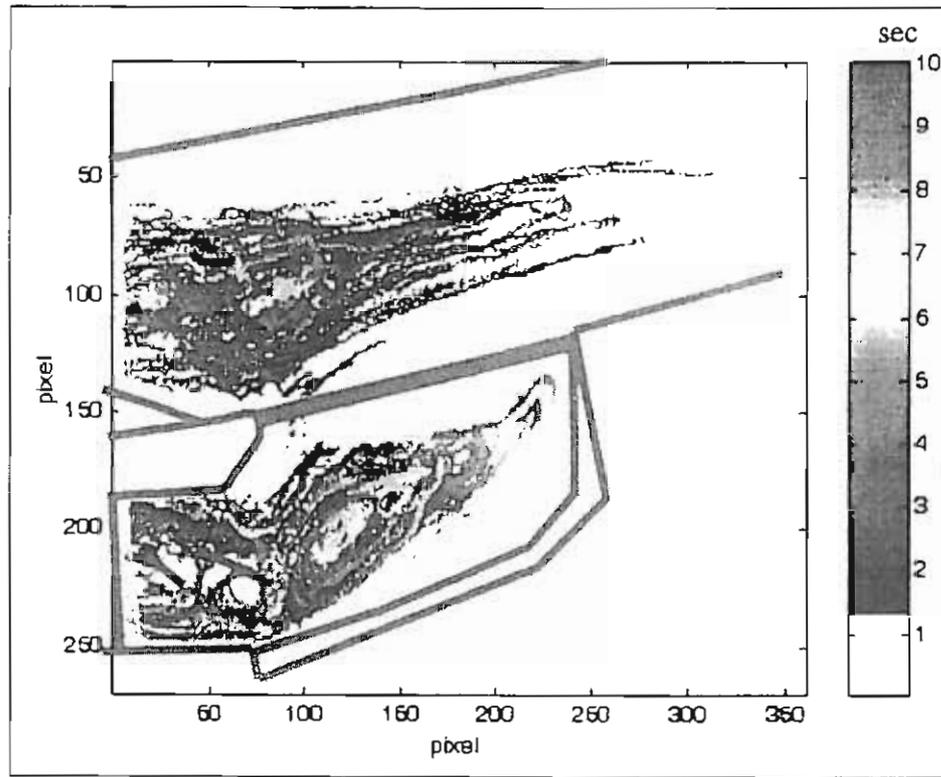
TRAIETTORIE PORTATA Q20



TRAIETTORIE PORTATA Q50



TRAIETTORIE PORTATA Q200



ALLEGATO 3 – Documentazione fotografica

STRUMENTAZIONI DI MISURA

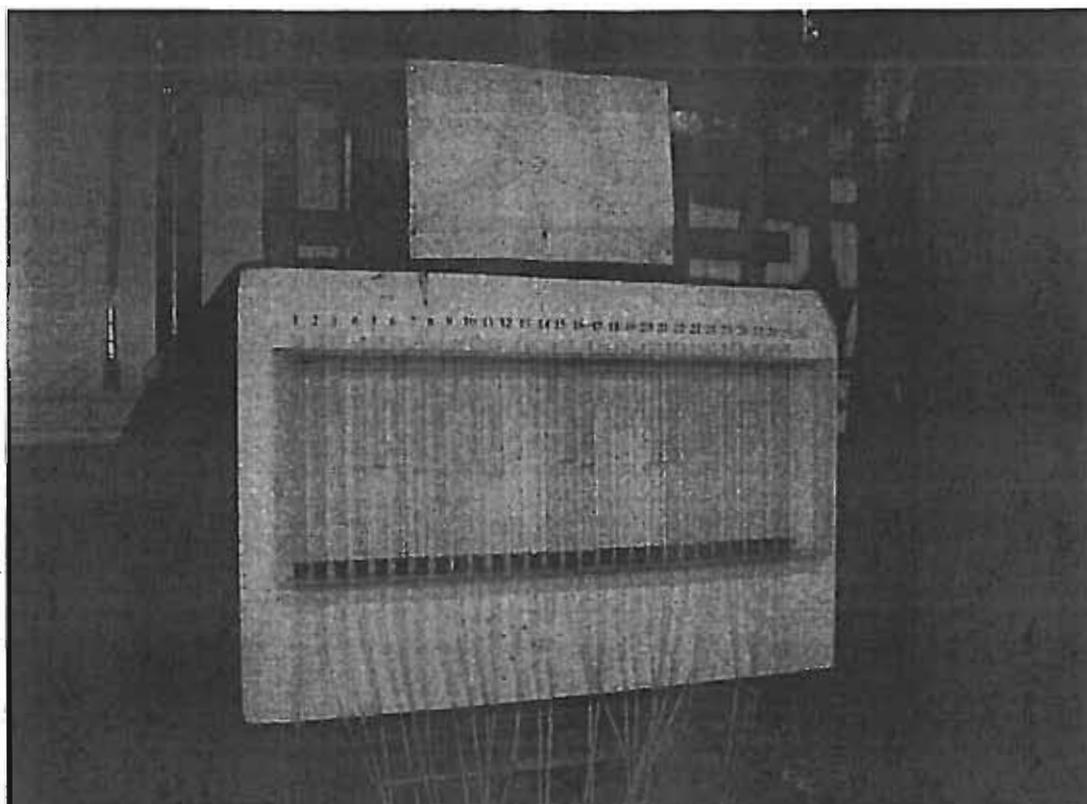


Foto 17 : canne piezometriche per la lettura dei livelli idrici.

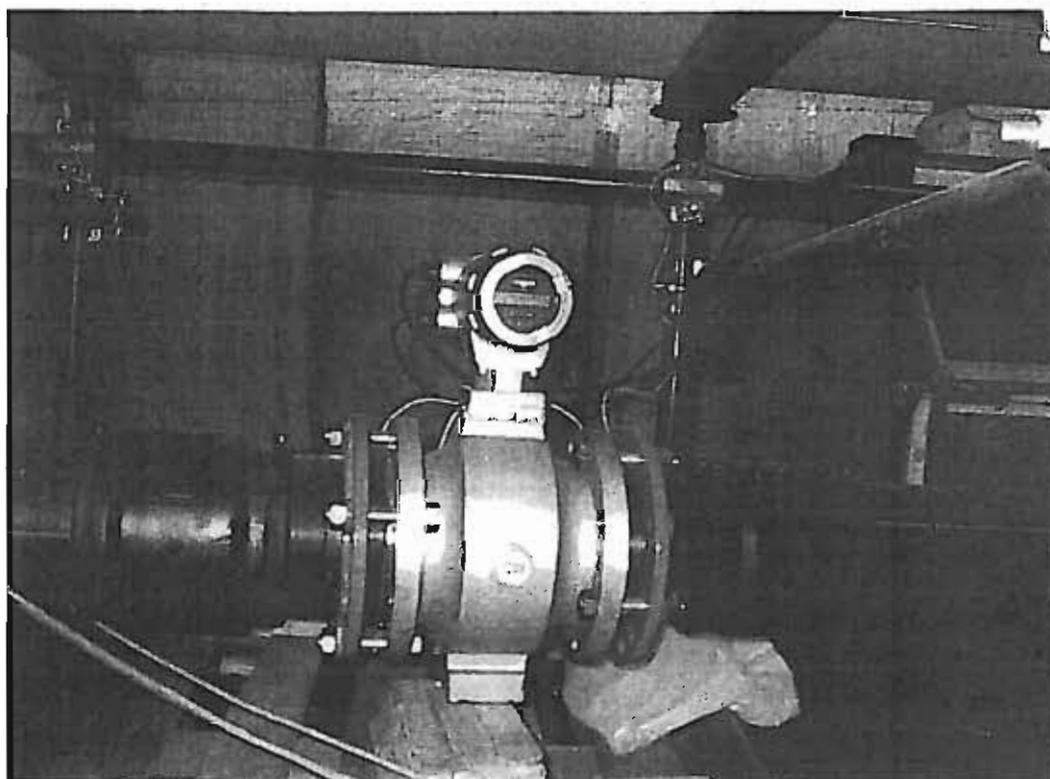


Foto 18 : misuratore di portata elettromagnetico.



Foto 19 : catetometro, strumento di misura per la lettura dei livelli idrici.

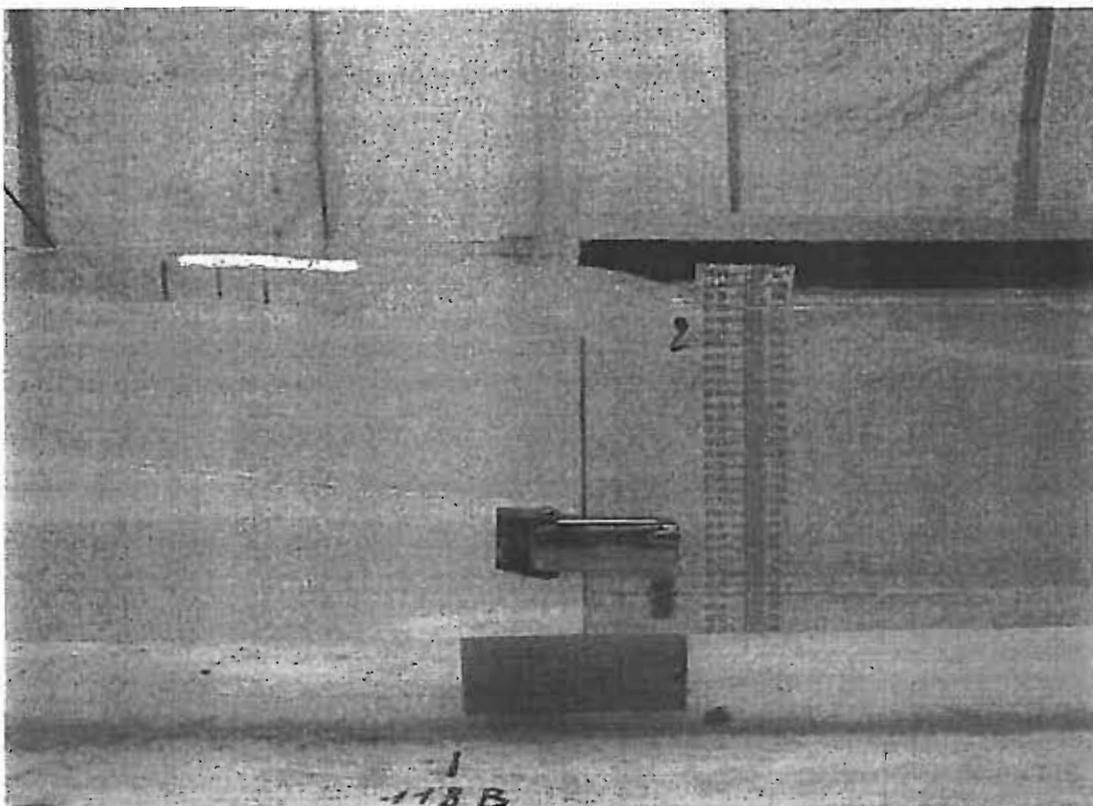


Foto 20 : aste graduate per la visualizzazione immediata dei livelli idrici.

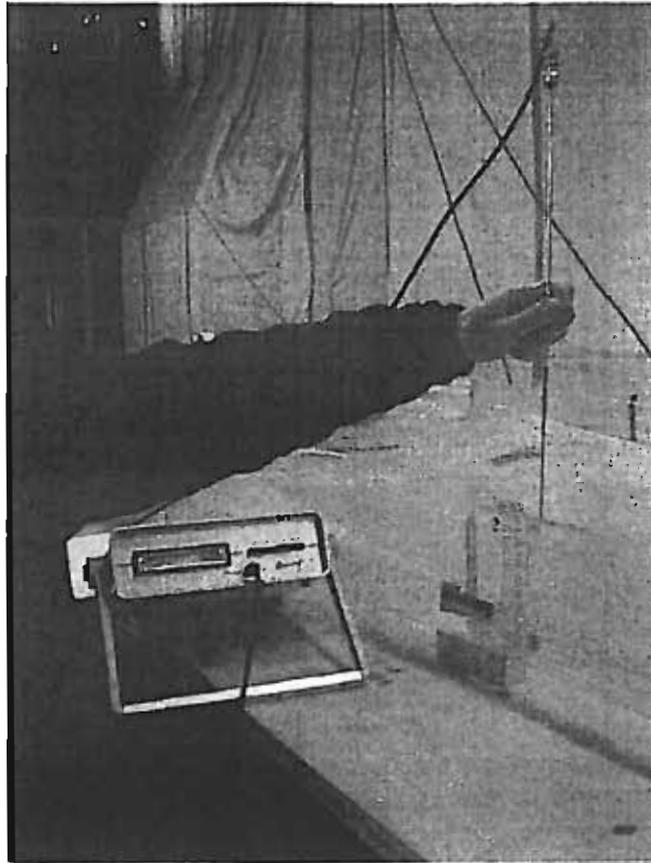


Foto 21: micromulinello, strumento di misura della velocità della corrente superficiale.

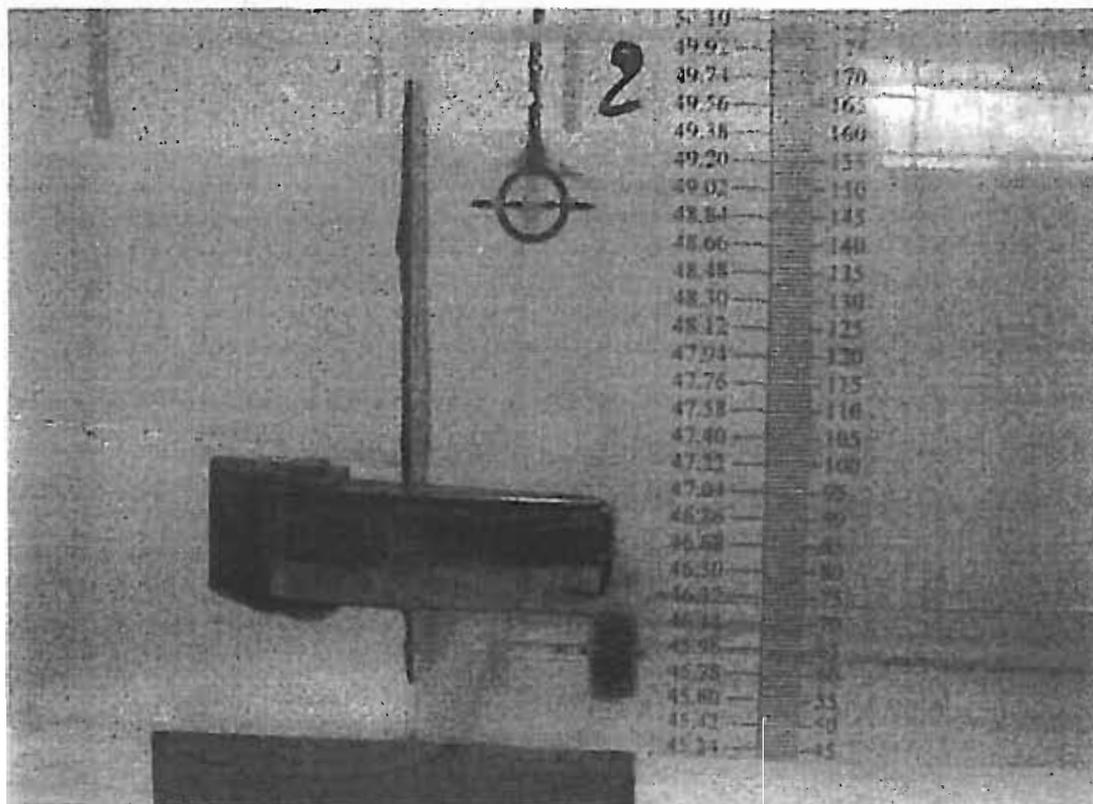


Foto 22 : elica del micromulinello.

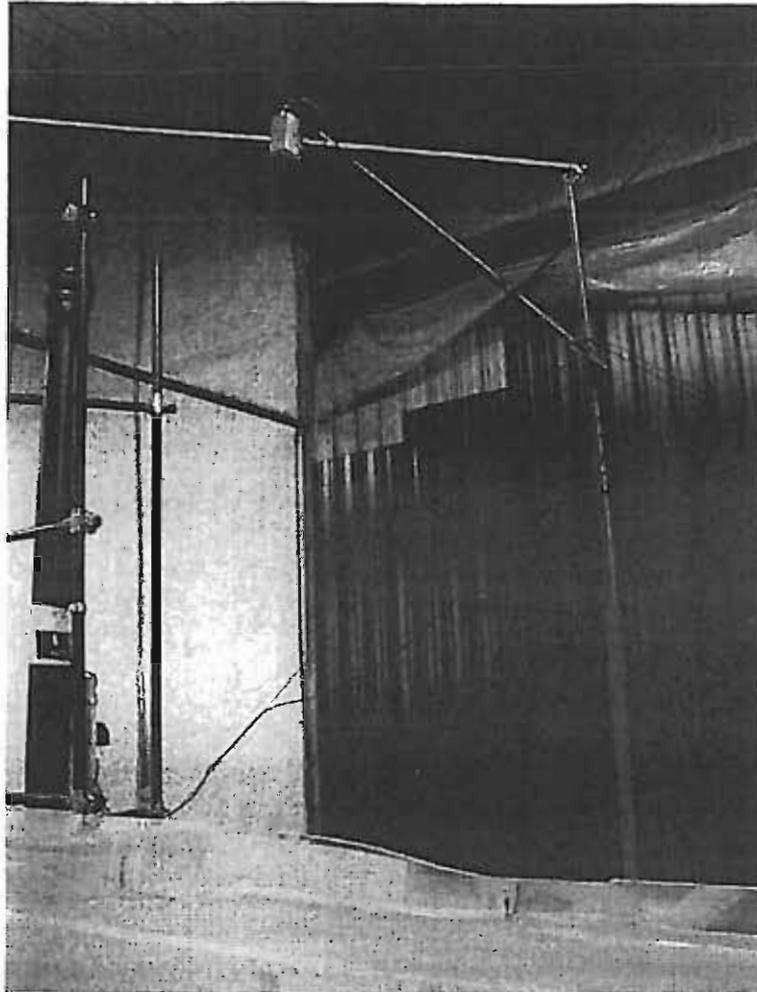


Foto 23 : telecamera per l'acquisizione di filmati per lo studio delle traiettorie e dei campi di moto.

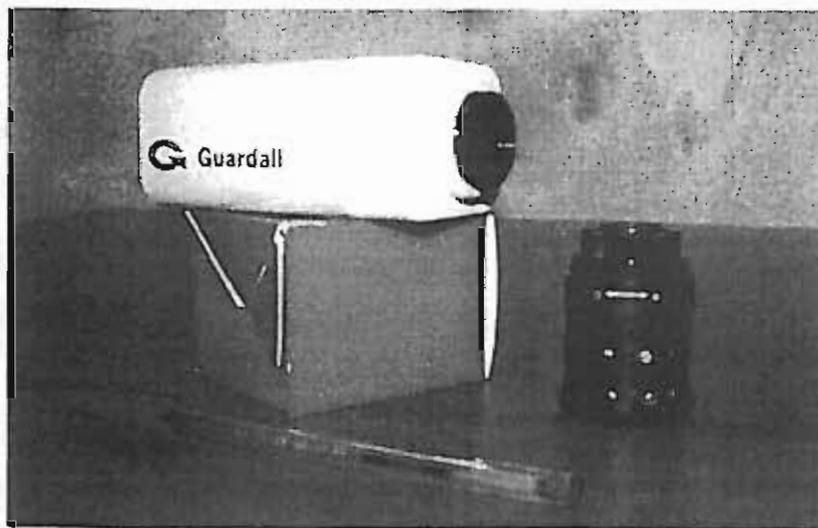


Foto 24 : particolare telecamera con obiettivo.

ELEMENTI IDRAULICI DEL MODELLO

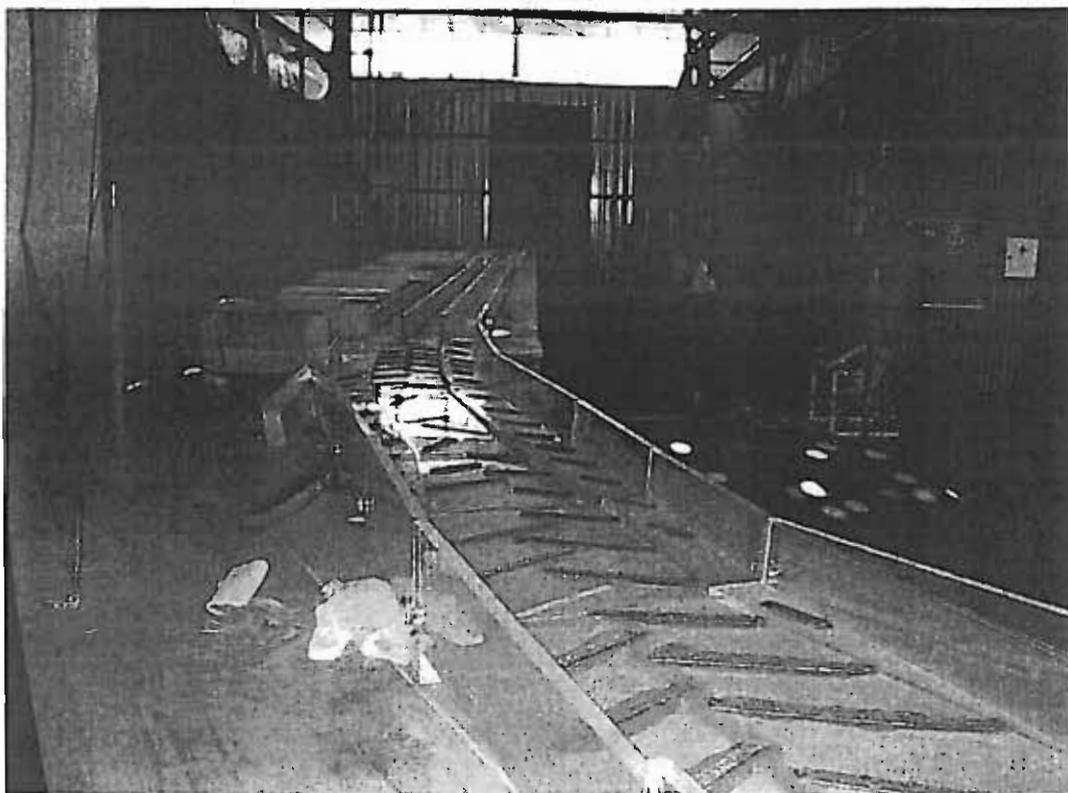


Foto 25 : vista d'insieme del modello.

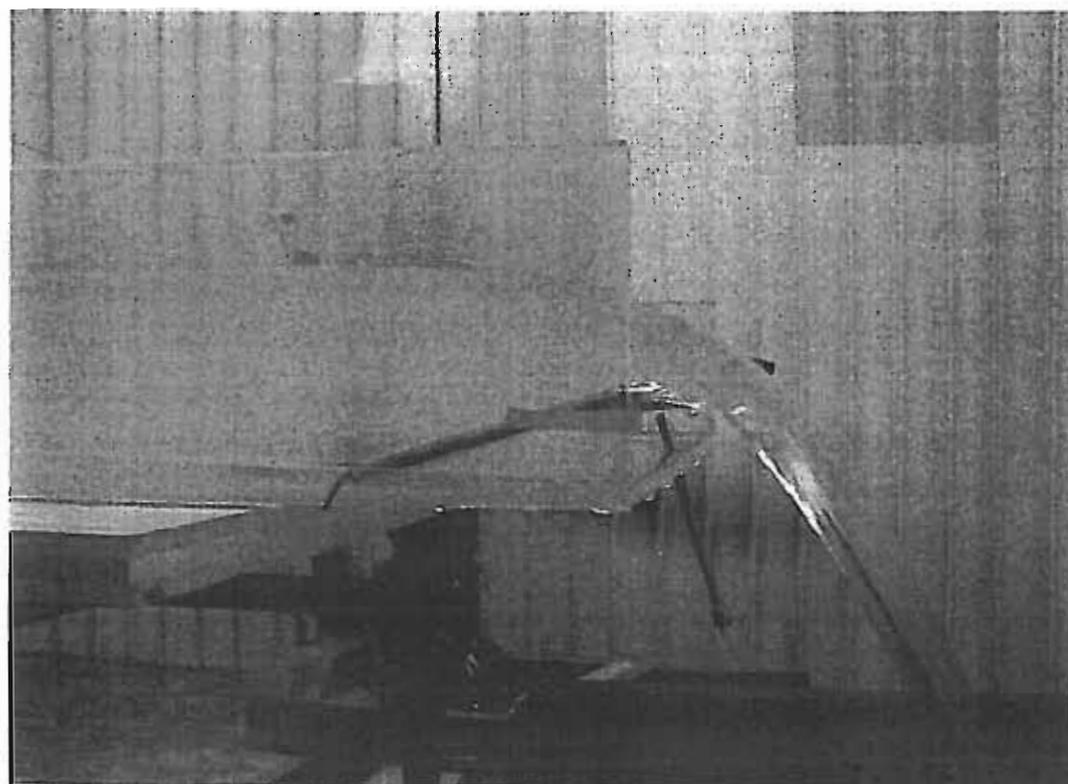


Foto 26 : paratoia per la regolazione della condizione di valle.

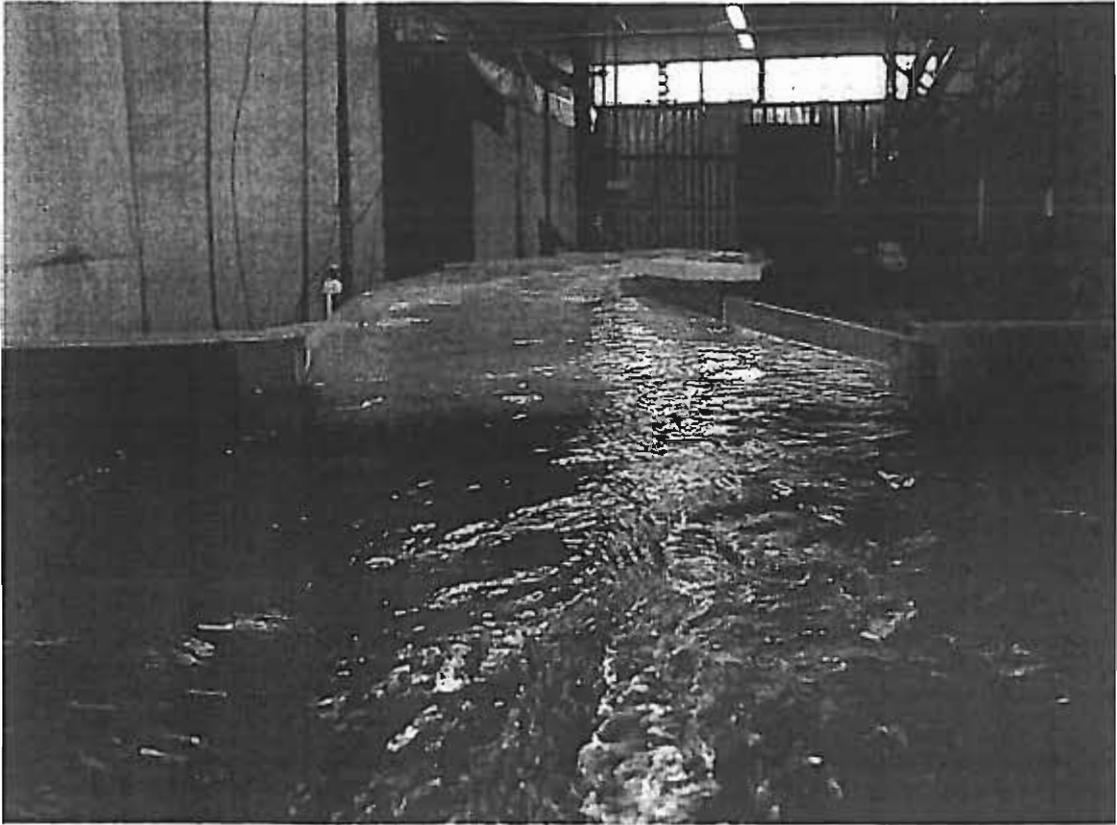


Foto 27 : imbocco vasca di carico-modello.

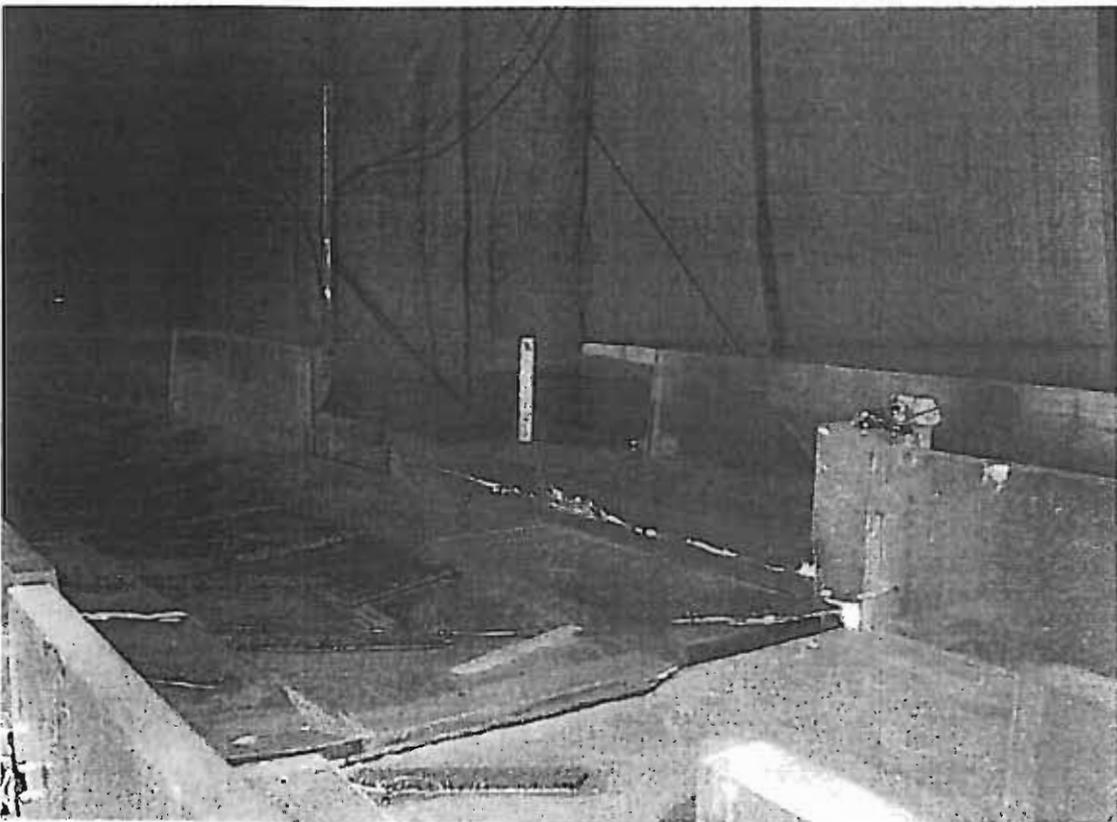


Foto 28 : sfioratore.

IMPIANTO IDRAULICO

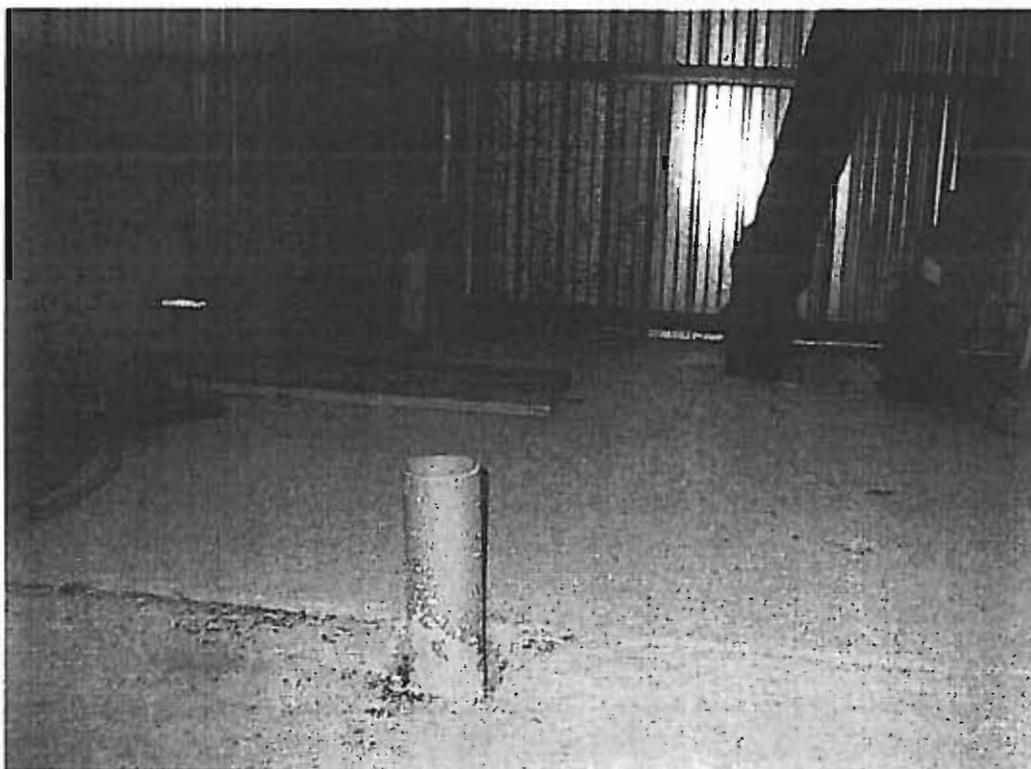


Foto 29 : canne piezometriche in PVC per misurare il livello della falda e tubazioni in PEAD di mandata e di ritorno impianto idraulico.

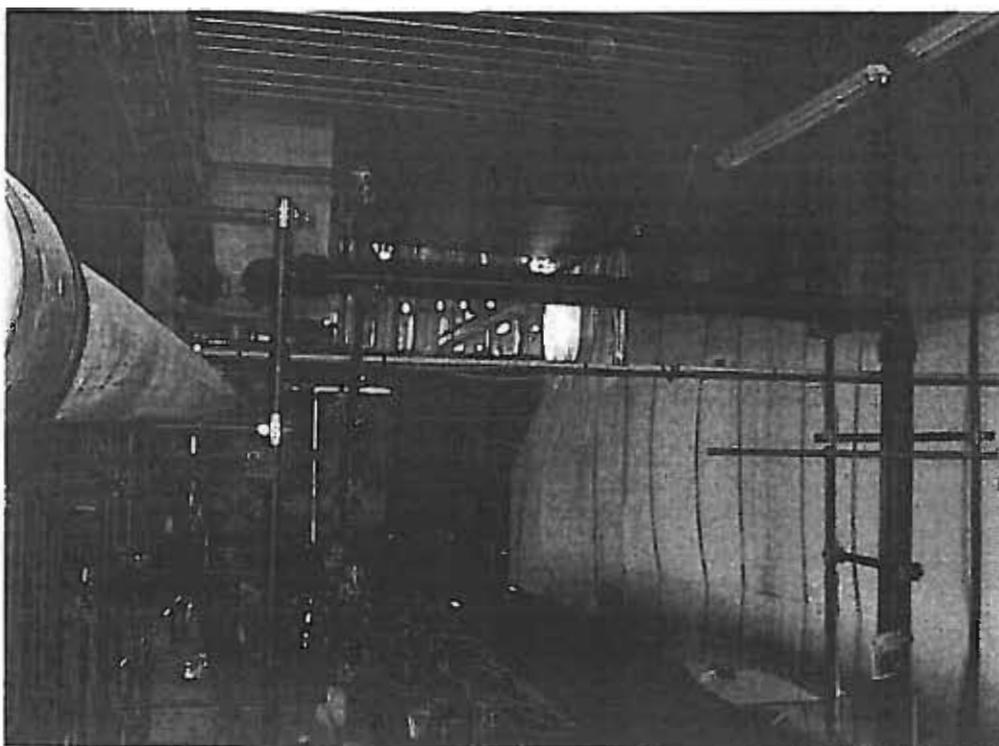


Foto 30 : tubazione di mandata al torrino (in alto a sinistra), di ritorno alla vasca interrata (in basso a sinistra) e di mandata al modello (in alto a destra).



Foto 31 : vista generale del torrino.

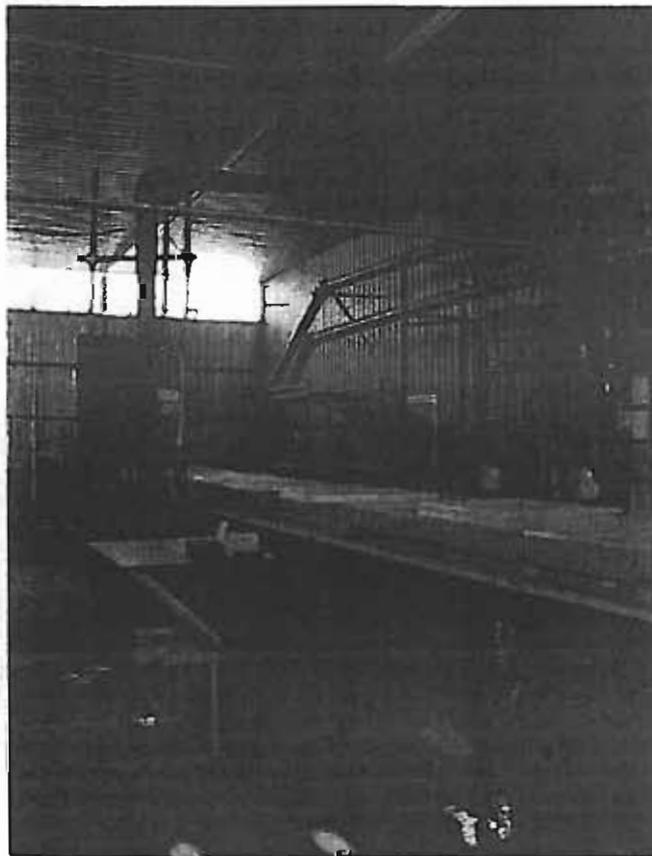
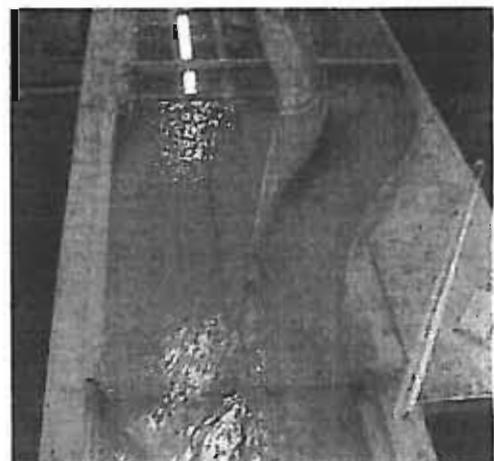
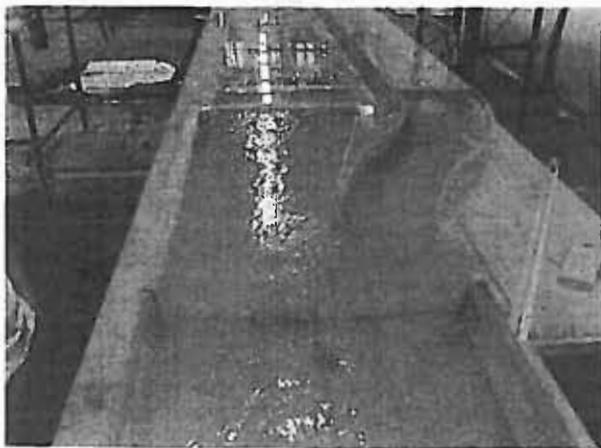
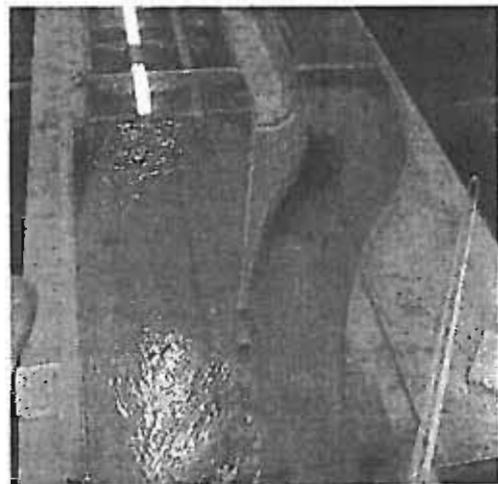
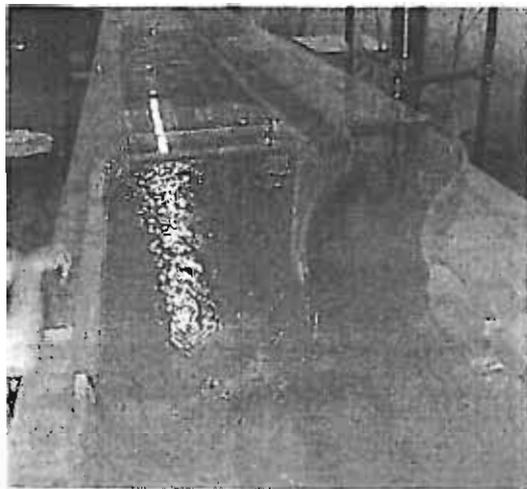
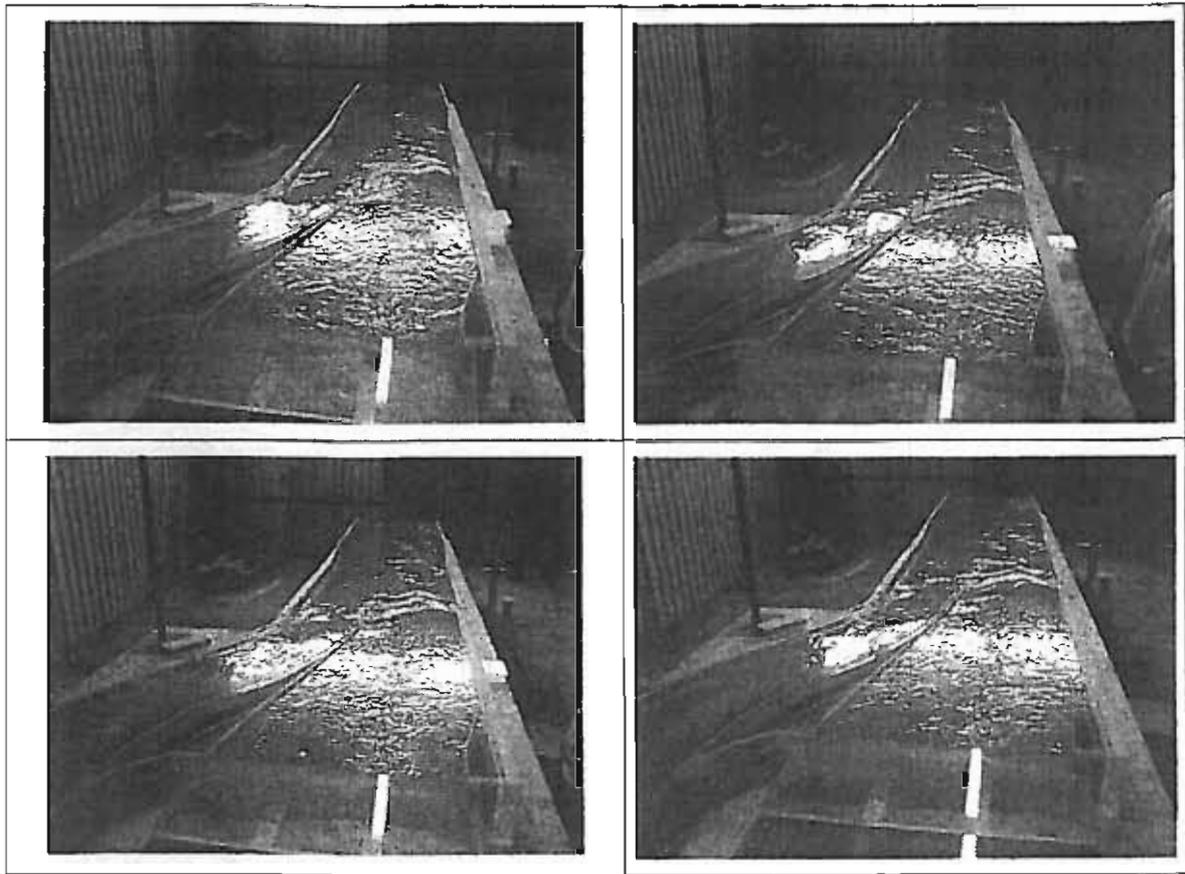


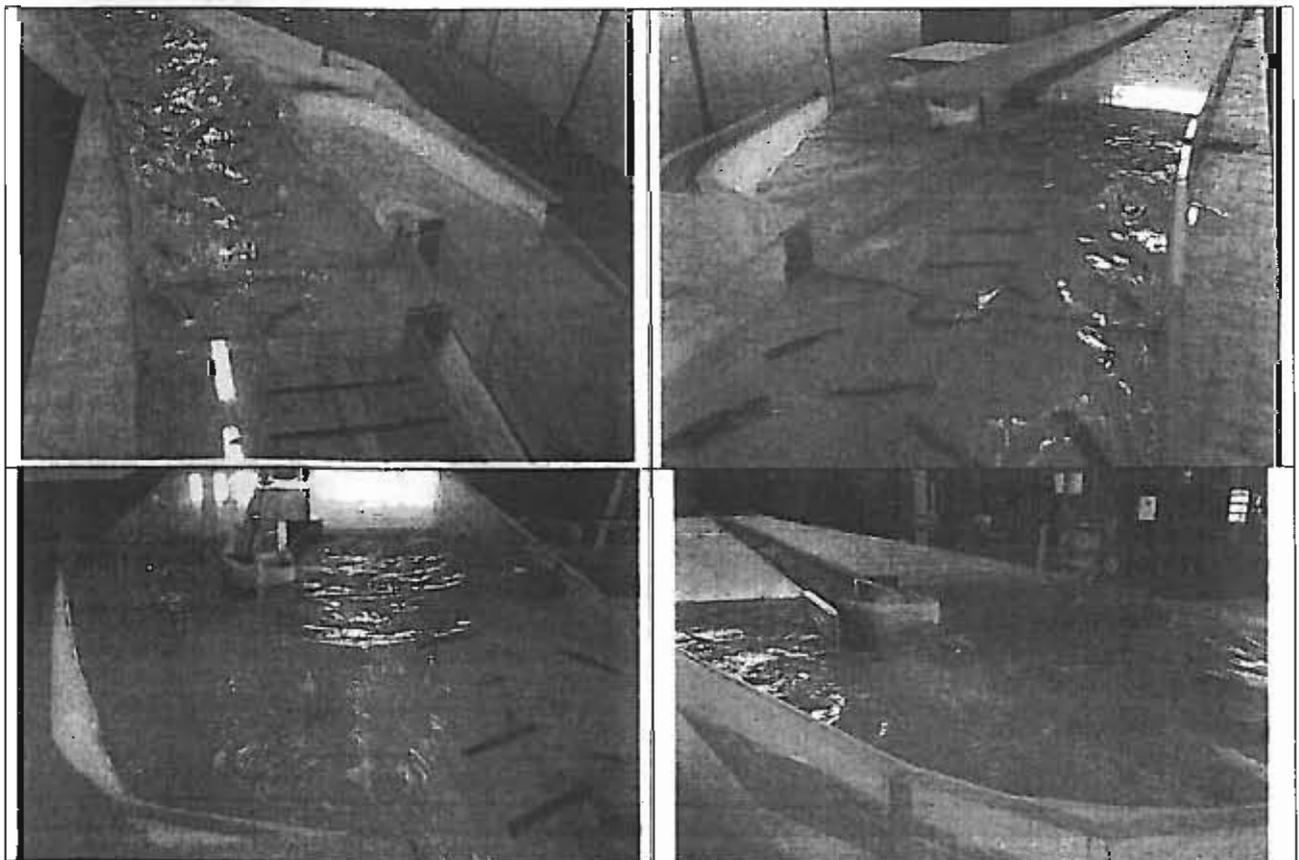
Foto 32 : vista generale dell'impianto idraulico.

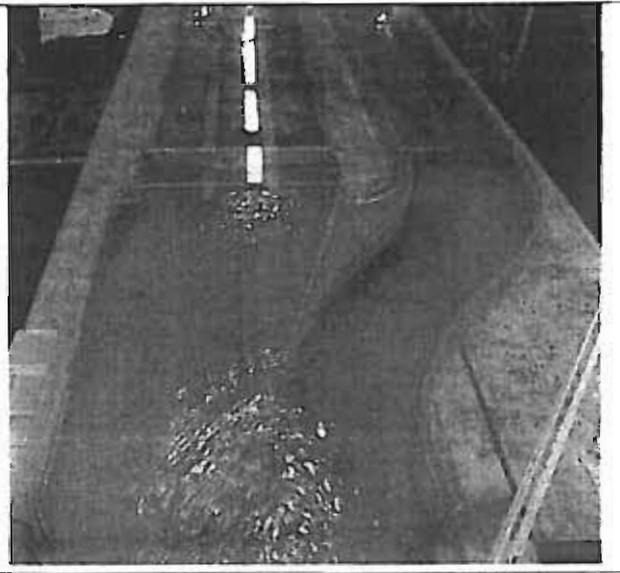
SIMULAZIONI con SETTO MODULARE ALLO SBOCCO



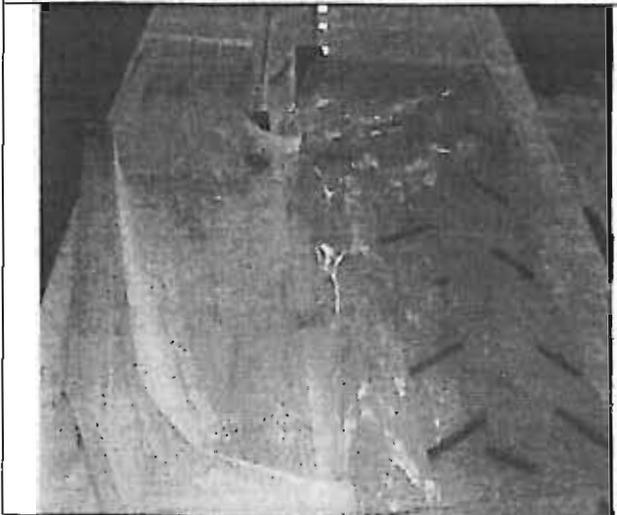
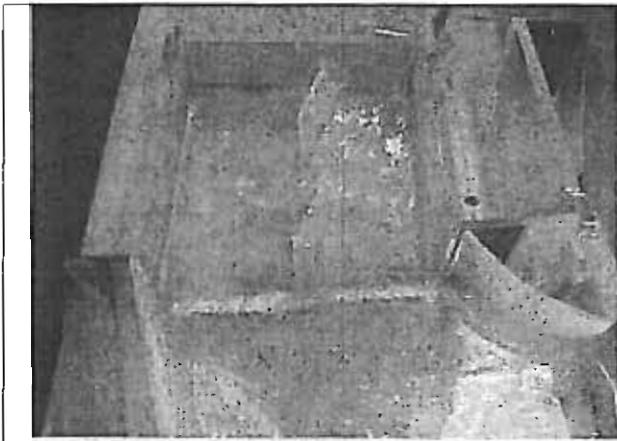


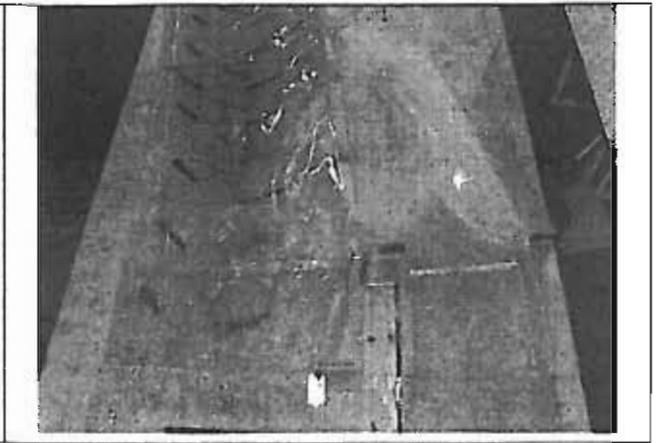
SIMULAZIONI con SETTO PRIVO DI MODULI ALLO SBOCCO





SIMULAZIONI con DEFLETTORI ALL'IMBOCCO





ALLEGATO 4 – Livelli idrici e particolari tecnici modifiche bypass

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA CIVILE di FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE

ING. E.BECAGLI, ING. F.GINANNI

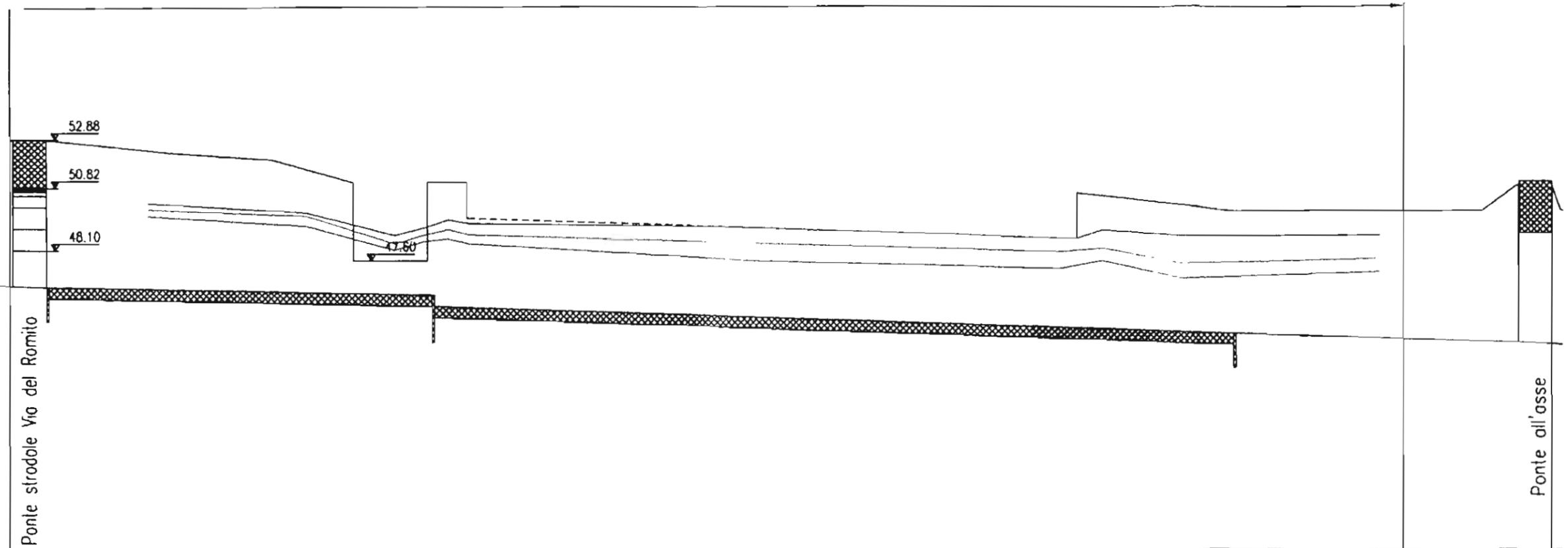
PROFILI IDRICI CON DEFLETTORI IMBOCCO BYPASS

tratto rappresentato nel modello fisico

SCALA
 ORIZ. 1 : 2000
 VERT. 1 : 200

— 0200
 - - 0100
 - · - 050
 — 020

35 m s.l.m.

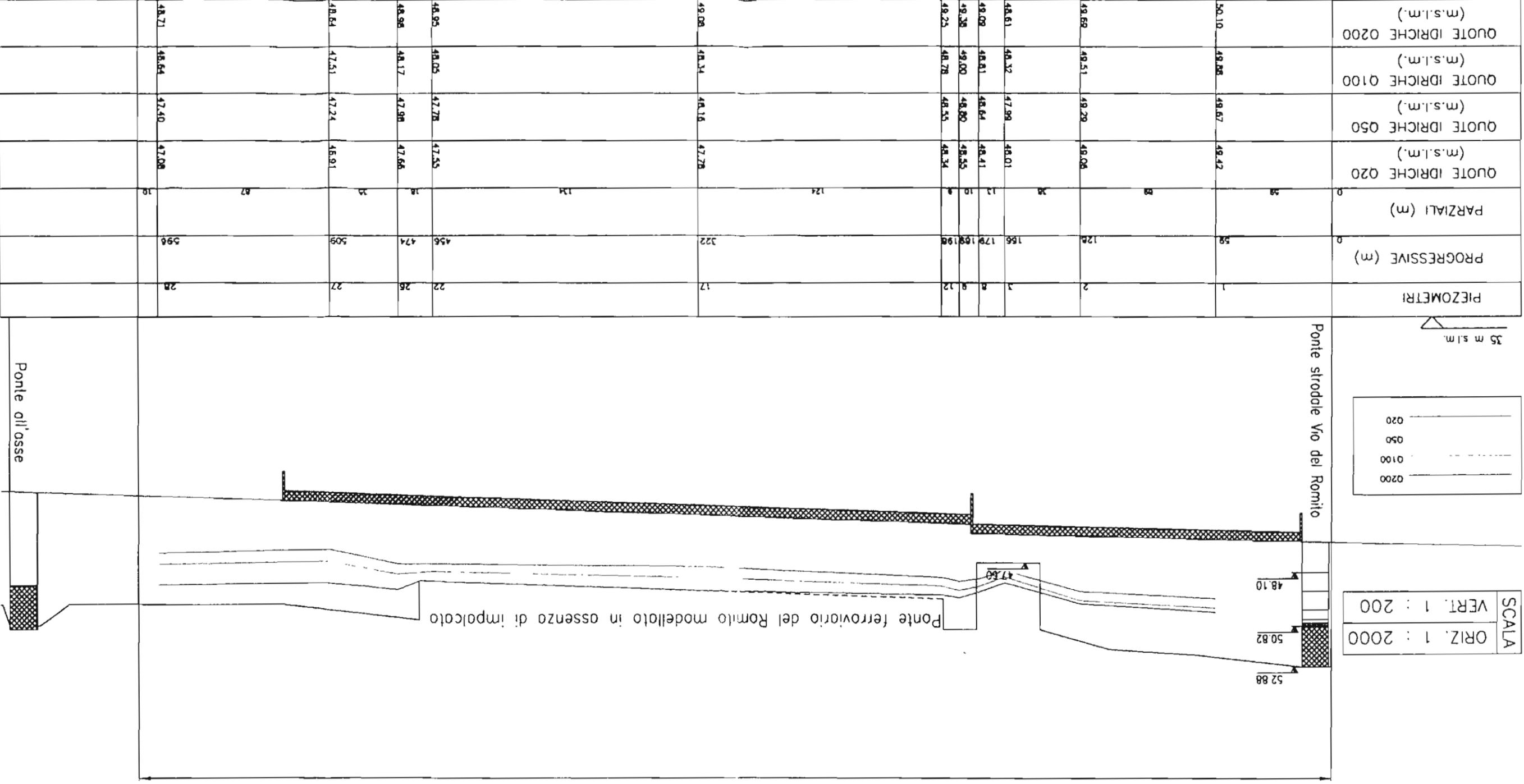


PIEZOMETRI		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		17		22	26	27		28
PROGRESSIVE (m)	0	59	128	166	179	189	198							322		456	474	509			596
PARZIALI (m)	0	59	68	36	13	10	8						124		134	18	35		87		10
QUOTE IDRICHE Q20 (m.s.l.m.)		49.56	49.13	48.08	48.44	48.57	48.34						47.58		47.22	47.56	46.81				47.08
QUOTE IDRICHE Q50 (m.s.l.m.)		49.63	49.27	48.18	48.61	48.77	48.34						47.87		47.54	47.85	47.04				47.42
QUOTE IDRICHE Q100 (m.s.l.m.)		49.85	49.54	48.35	48.73	48.85	48.74						48.34		47.86	48.10	47.44				47.65
QUOTE IDRICHE Q200 (m.s.l.m.)		50.12	49.69	48.72	49.03	49.37	49.22						48.20		48.83	48.91	48.66				48.71

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE DI FIRENZE
 MODELLO FISICO IDRAULICO BYPASS TORRENTE MUGNONE
 ING. E. BECAGLI ING. F. GNANNI

PROFILI IDRICI CON SETTO PRIVO DI MODULI ALLO SBOCO

tratto rappresentato nel modello fisico

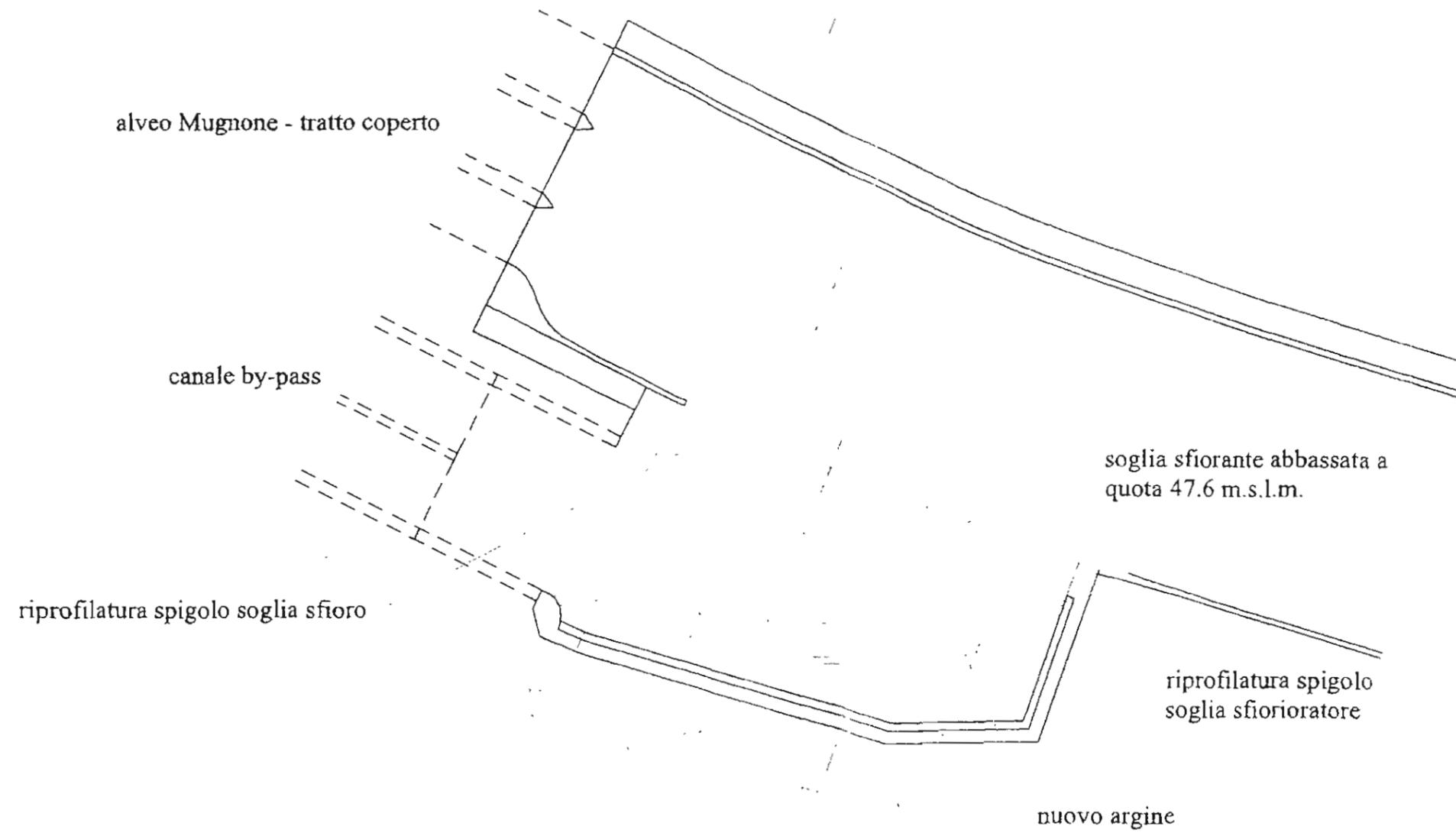


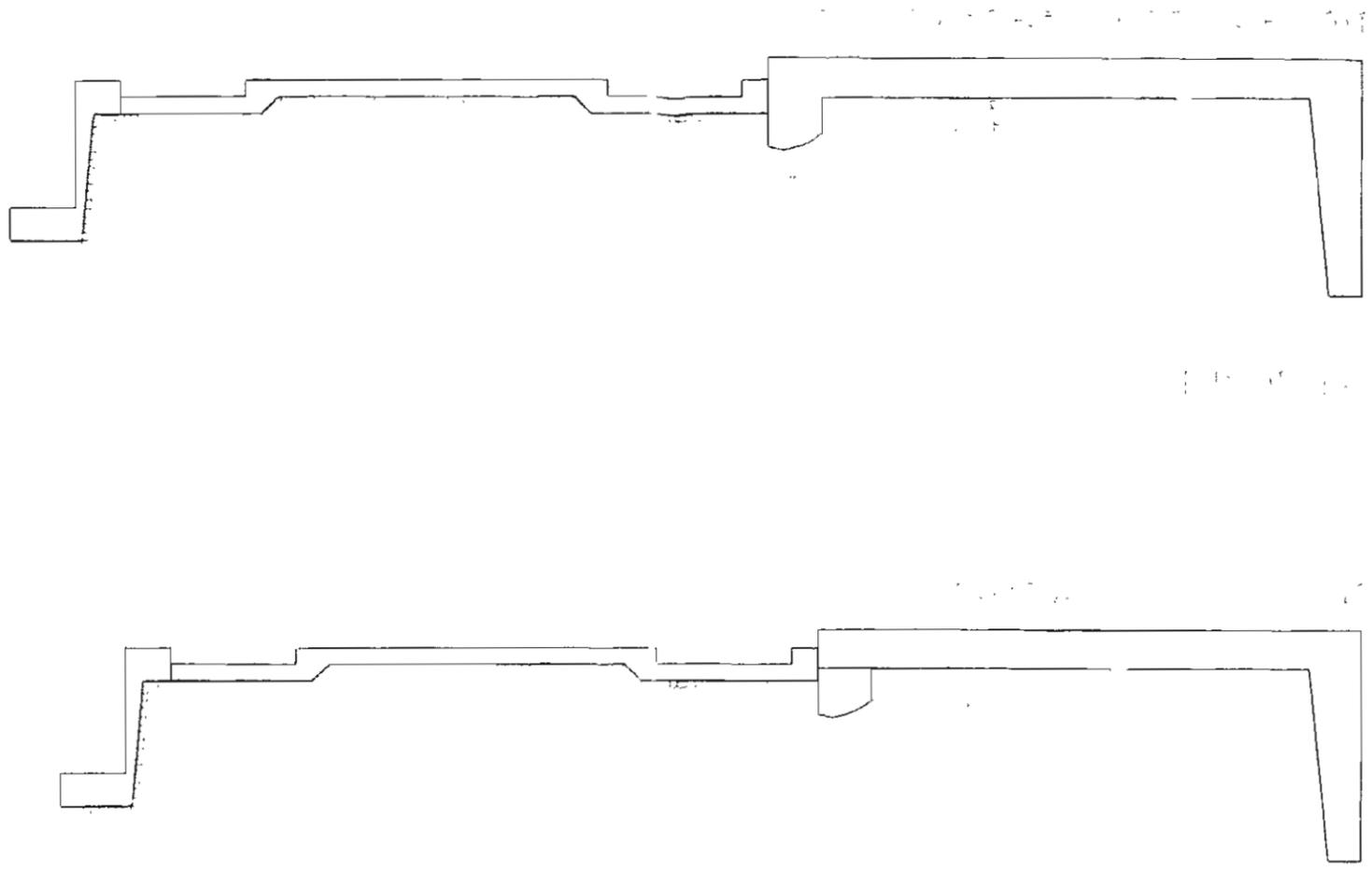
DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE
DI FIRENZE

Progetto modifiche al bypass
del Torrente Mugnone a S.M.Novella

lav. 1 - PLANIMETRIA IMBOCCO scala 1.400

committente Italferr - ing. C. Cancellara
progettisti ing. E. Becagli, ing. F. Ginanni
responsabile scientifico, prof. I. Becchi





DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE
DI FIRENZE
Progetto modifche al bypass
del Torrente Mugnone a S.M. Novella
tav. 2 SEZIONI I.L. scala 1/200
committente Italferr - ing. C. Cancellara
progettista ing. E. Becchi, ing. F. Gnanani
responsabile scientifico prof. I. Becchi

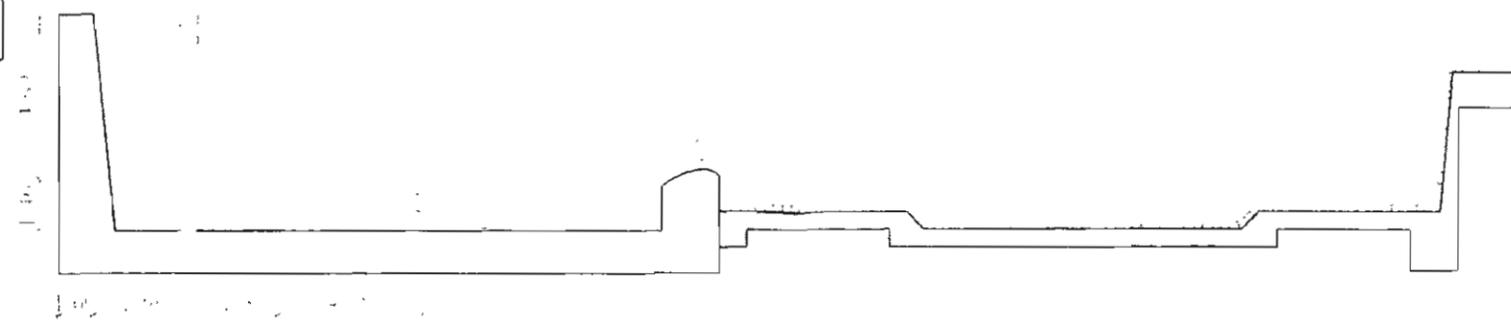
DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE
DI FIRENZE

Progetto modifiche al bypass
del Torrente Mugnone a S.M.Novella

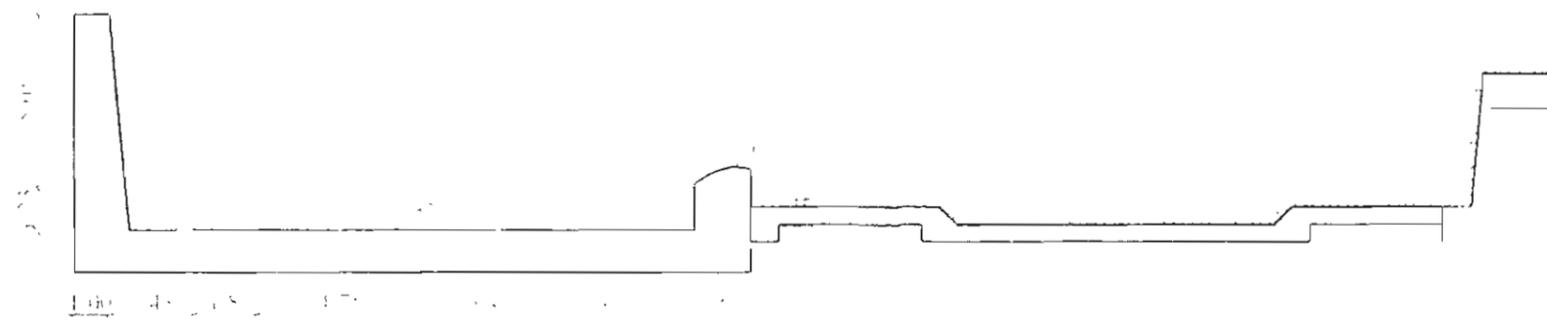
tav.3: SEZIONI M,N,P scala 1:200

committente Italferr - ing. C. Cancellara
progettisti: ing. E. Becagli, ing. F. Ginanni
responsabile scientifico: prof. I. Becchi

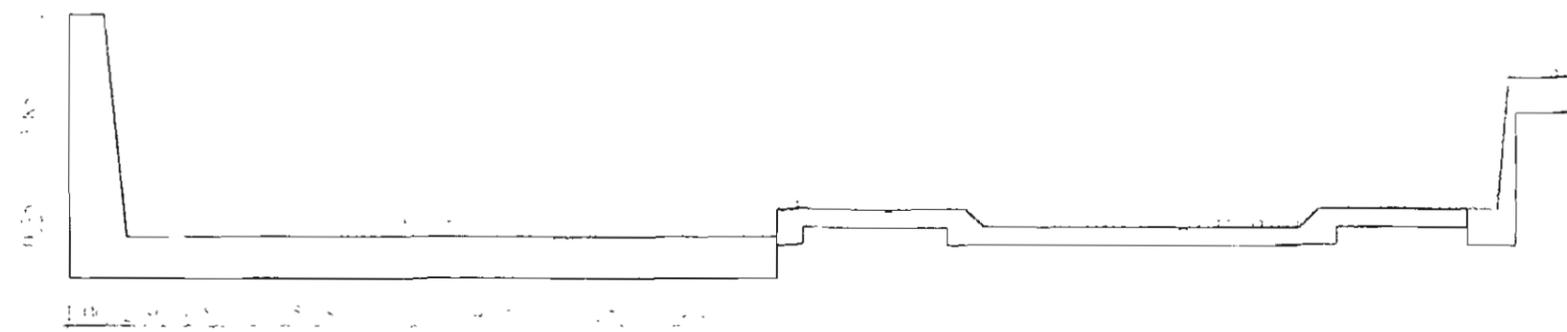
SEZIONE M



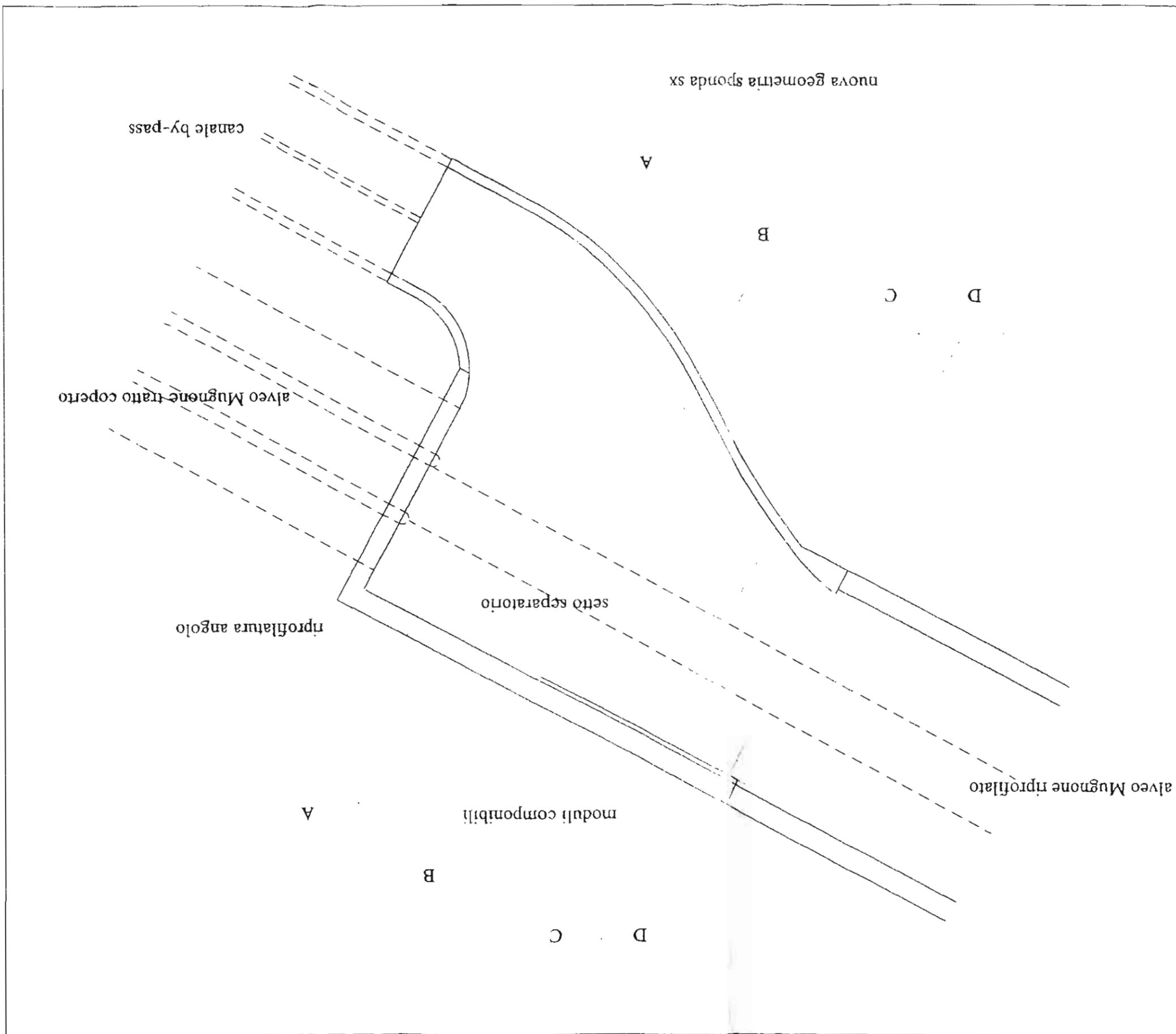
SEZIONE N



SEZIONE P



DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE
 DI FIRENZE
 Progetto modifche al bypass
 del Torrente Mugnone a S.M. Novella
 lav. 4 - PLANIMETRIA SBODCO scala 1:400
 committente Inalter - ing. C. Cancellara
 progettisti ing. E. Becegh, ing. F. Giamani
 responsabile scientifico, prof. I. Recchi



DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE
DI FIRENZE

Progetto modifiche al bypass
del Torrente Mugnone a S.M. Novella

tav.5: SEZIONI SBOCCO scala 1:200

committente: Italferr - ing. C. Cancellara
progettisti: ing. E. Becagli, ing. F. Ginanni
responsabile scientifico: prof. I. Becchi

riprofilatura angolo

setto separatorio

SEZIONE D

setto separatorio

canale
by-pass

alveo
Mugnone

canale by-pass

alveo Mugnone

setto separatorio

canale
by-pass

alveo
Mugnone

setto separatorio

canale
by-pass

alveo Mugnone

