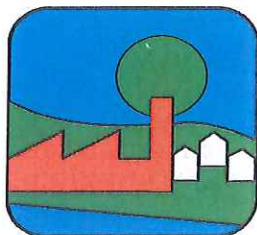


PARCO REGIONALE VALLE DEL LAMBRO



PROGETTO ESECUTIVO

OPERE DI RISTRUTTURAZIONE DEL CAVO DIOTTI IN COMUNE DI MERONE (CO)

DICEMBRE 2011

UN DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI
FIRMA DEL PROGETTISTA
Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI
CALCOLI IDRAULICI
Dott. Ing. NOEMI MARIA COLOMBO

	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	N.M. Colombo		
VERIFICA	G.B. Peduzzi		
APPROVAZIONE	G.B. Peduzzi		

ETATEC S.R.L.
SOCIETA' DI INGEGNERIA



AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO
UNI EN ISO 9001:2008
SINCERT SICIV - SC 06-647/EA 34

20133 MILANO - via Bassini, 23 - tel.(02) 26681264
fax (02) 26681553 - E-Mail: etatec@etatec.it

TITOLO

RELAZIONE DI MONITORAGGIO DELLA DIGA

Revisioni	N°	Descrizione	Data	
	1			
	2			
	3			
Numero elaborato	TIPOLOGIA PE	COMMESSA 365/02	DOCUMENTO ED	NUMERO A.03.03

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	2
3. SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA DIGA	3
3.1 CLINOMETRI / MIRE TOPOGRAFICHE	3
3.2 PIEZOMETRO	4
3.3 MISURATORE DI PORTATA	4
3.4 STAZIONE METEOROLOGICA.....	4
3.5 MISURATORI DI LIVELLO.....	5
3.6 ALTRE MISURE	5
4. CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE	6
4.1 CLINOMETRO	6
4.2 PIEZOMETRO	7
4.3 MISURATORE DI PORTATA RADAR	7
4.4 MISURATORE DI LIVELLO AD ULTRASUONI.....	11
5. CONCLUSIONI	12

RELAZIONE OPERE DI TELECONTROLLO

1. PREMESSA

In data 18 marzo 2009, presso la sede del Parco Valle del Lambro (via Vittorio Veneto, 19, Triuggio MI), è stato affidato al Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi l'incarico per la progettazione definitiva, esecutiva e alla direzione lavori delle "Opere di ristrutturazione del Cavo Diotti". Il progetto definitivo è stato consegnato nel luglio 2009, esaminato dagli enti competenti che hanno espresso i propri pareri e prescrizioni in sede di Conferenza dei Servizi, tenutasi presso il palazzo della Regione Lombardia il 31 marzo 2011.

La presente "relazione opere di monitoraggio della diga" si inserisce nell'ambito della "Progettazione esecutiva delle Opere di ristrutturazione del Cavo Diotti in comune di Merone (CO)" con l'obiettivo di descrivere il sistema e l'architettura dell'impianto di monitoraggio della diga "Cavo Diotti", come da art. 19 decreto n. 1363/1959 e s.m. e i..

Di seguito si fornisce una esposizione degli strumenti previsti e delle rindondanze degli stessi al fine di ottenere un sistema di controllo. Per la progettazione dell'architettura del sistema ci si è avvalsi di una consulenza di un Professionista abilitato, sig. Giovanni Patriarca.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il Cavo Diotti è definito una “grande diga” nonostante presenti forti anomalie rispetto ai canonici schemi di sbarramento.

Data tale definizione è necessario prevedere un registro di “osservazioni e misure”, come riportato all’art. 19 del decreto n. 1363/1959 e s.m. e i..

Nello stesso si legge:

“[...] Presso la casa di guardia sarà tenuto apposito registro sul quale dovranno essere riportate:

- a) le misure di controllo, che per gli sbarramenti di maggiore importanza dovranno riguardare le deformazioni e gli spostamenti della struttura e della roccia, le temperature interne della massa muraria, le sottopressioni, e, per gli sbarramenti in materiali sciolti, gli assestamenti e i livelli piezometrici nel corpo dell’opera;
- b) le misure delle perdite attraverso l’opera, la roccia e gli organi di chiusura degli scarichi;
- c) le misure giornaliere: delle temperature (massima e minima) dell’aria; della pioggia e del manto nevoso; del livello dell’acqua nel serbatoio, della temperatura dell’acqua in superficie e a cinque metri di profondità, dello spessore dello strato del ghiaccio; gli eventi meteorologici o idrologici (piene) di particolare importanza;
- d) tutte le altre misure delle quali fosse emersa la necessità;
- e) la descrizione dei lavori di manutenzione ordinaria eseguiti, l’ubicazione e le dimensioni delle eventuali lesioni che si fossero manifestate nello sbarramento e nelle opere accessorie ed i provvedimenti presi.

[...]”.

Data l’assenza della strumentazione adeguata in sito, si prevede in fase di progettazione esecutiva la realizzazione del sistema di monitoraggio che permetta l’adempimento delle misure e dei controlli sopra riportati ai punti a), b) e c).

Si ricorda che lo sbarramento è identificato nelle paratoie e nella struttura in cui sono alloggiate, come da accordi con il RUP e i Tecnici dell’Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano (RID) intercorsi all’incontro del 15/09/2011.

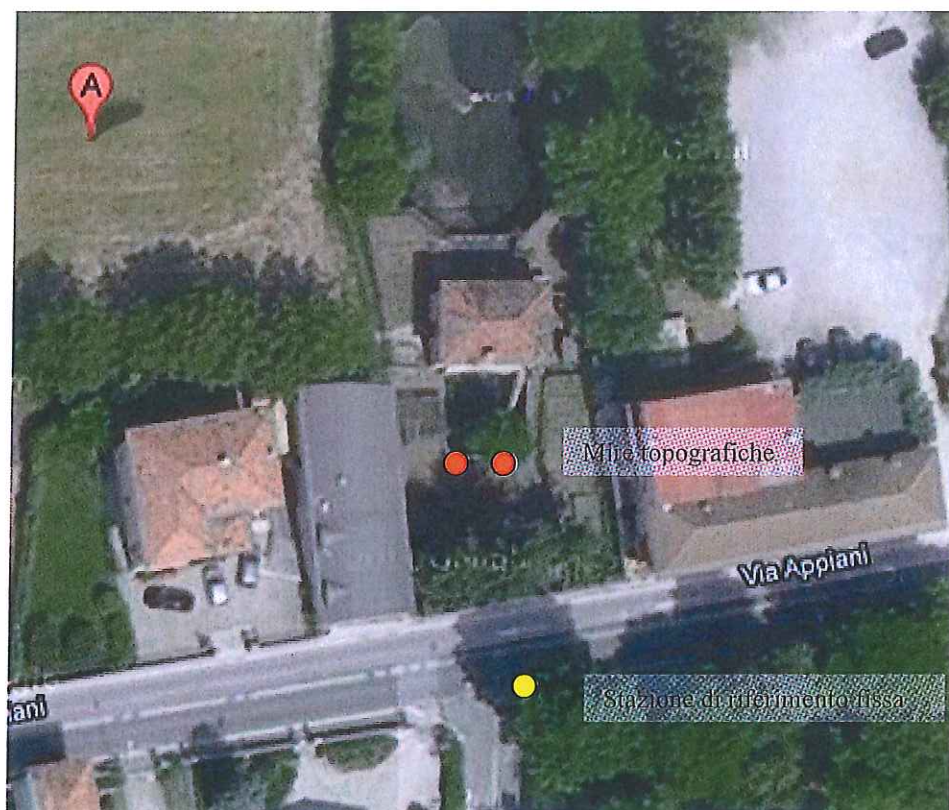
3. SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA DIGA

3.1 CLINOMETRI / MIRE TOPOGRAFICHE

In corrispondenza delle due spalle all'imbocco del tombotto si prevede l'installazione di due clinometri. Essi sono strumenti per la misura dell'inclinazione di un corpo. Sono predisposti per registrare dati in continuo, scaricabili in sito mediante opportuno PC e visualizzabili in remoto. Qualora le spalle dello sbarramento (cioè delle paratoie) dovessero subire cedimenti e/o deformazioni, lo strumento invia un sms e una e-mail di allarme mediante il sistema di TLC a cui è connesso.

Qualora la strumentazione automatizzata si guastasse o fosse temporaneamente fuori servizio per manutenzioni ordinarie, si prevede la misura manuale mediante due mire topografiche. Esse, riferite alle spalle e sopraelevate mediante opportuni pali, permettono una triangolazione con un punto fisso esterno al manufatto. Il punto fisso esterno è posto sul marciapiede meridionale di via Appiani, all'incrocio con via Croce, sul suo lato orientale.

Figura 1 – Posizione della stazione di riferimento esterna



I muri superiori non sono da considerarsi sbarramento in quanto sono semplici muri di contenimento in quote di sicurezza idraulica.

Eventuali loro assestamenti che inducono deformazioni e/o cedimenti allo sbarramento sarebbero misurati indirettamente dai clinometri e dalle mire topografiche.

Il punto a) può essere così in parte soddisfatto.

3.2 PIEZOMETRO

A tergo dello sbarramento sono presenti muri di contenimento di terreno opportunamente vagliato e riportato. Si predispone un piezometro analogico che registri i livelli di falda in continuo in tali terreni fino alla profondità del fondo del tombotto, da cui si possono indirettamente ricavare le sottopressioni a tergo dello sbarramento.

Il punto a) può essere così soddisfatto.

3.3 MISURATORE DI PORTATA

Al punto b) si richiedono le misure di “perdite” attraverso lo sbarramento. Lo sbarramento, identificato nelle paratoie e nella struttura in cui sono alloggiate, potrebbe avere delle “perdite” per difetti di chiusura dello stesso.

Il misuratore radar previsto allo sbocco del tombotto è un primo strumento di rilievo della portata in uscita e quindi trafilata dalle paratoie chiuse. Per misure più precise è necessario procedere a ordinarie prove in prossimità delle paratoie con strumentazione non fissa.

Il punto b) può così essere soddisfatto.

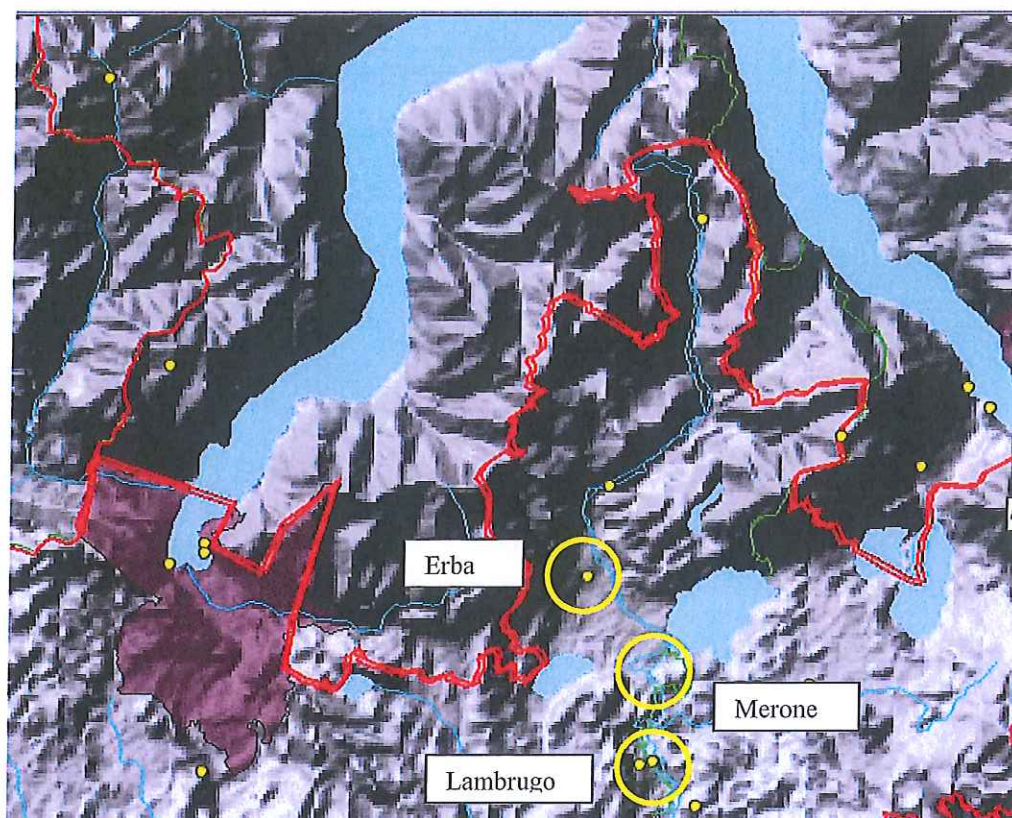
3.4 STAZIONE METEOROLOGICA

Per le misure relative a temperatura dell'aria, della pioggia e del manto nevoso si fa riferimento alla stazione meteorologica della rete di stazioni ARPA più prossima alla diga.

Il contesto urbano in cui la diga si inserisce non permette infatti il posizionamento di una stazione le cui misure risultino incondizionate dalla presenza degli edifici vicini. Essi costituiscono degli ostacoli che influenzano vento, correnti d'aria, inclinazione della pioggia, ecc., e quindi le misure.

Assodate invece le vite di servizio dei misuratori presenti a Lambrugo e Erba, si assumono le stesse come stazioni meteorologiche di riferimento. Registrano in continuo e sono già disponibili in remoto sul portale della Protezione Civile della regione Lombardia per i tecnici autorizzati.

Figura 2 – Posizione delle stazioni di riferimento meteorologiche



Il punto c) può essere così in parte soddisfatto.

3.5 MISURATORI DI LIVELLO

Si prevedono due misuratori di livello rispettivamente a monte e valle del Cavo Diotti. Il misuratore di monte, già descritto alla relazione A.03.02, permette di misurare in continuo il livello dell'acqua nel "serbatoio" della grande diga.

Le quote di posizionamento della diga (255÷265 m s.m.) sono caratteristiche di un paesaggio collinare in cui non vi è presenza di ghiacciai o in cui si instaurano escursioni di temperatura tali da generare fenomeni di gelo/disgelo significativi in serbatoio e quindi di necessario monitoraggio.

Il punto c) può essere così soddisfatto.

3.6 ALTRE MISURE

In accordo con il RUP e i Tecnici dell'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano (RID) in riferimento all'incontro del 15/09/2011, non si evidenziano ulteriori parametri di cui si necessita il monitoraggio in continuo.

4. CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE

4.1 CLINOMETRO

Ogni punto dello sbarramento può essere soggetto a due tipi di movimento:

- traslazionale
- rotazionale

Il primo crea un movimento orizzontale o verticale rispetto al piano di riferimento; il secondo si può rappresentare come un piano che ruota attorno a un punto fisso posto di riferimento e che in un certo intervallo di tempo varia la sua inclinazione con il piano orizzontale.

A titolo di esempio, per esplicitare la logica di funzionamento, si descrive un modello di misuratore: clinometro a bolla Kinematics TM1-A.

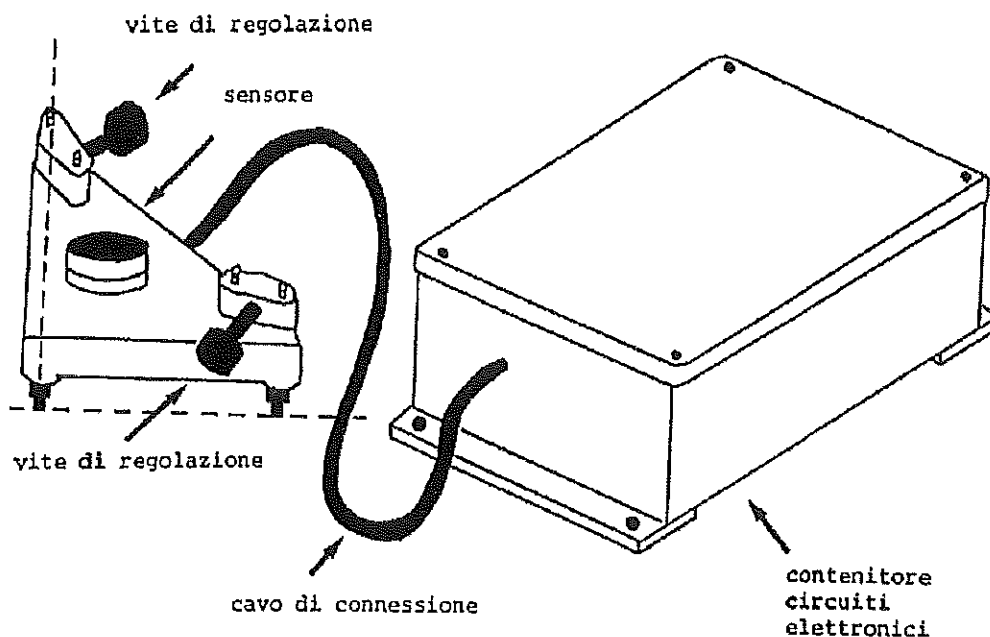
L'equipaggio elettronico amplifica, filtra e demodula il segnale che esce dai ponti sensori.

Il clinometro è collegato ad un sistema di registrazione digitale per rappresentare i segnali.

La risoluzione varia con il tipo di strumento.

Il Kinematics TM1-A ha un campo di $6000 \mu\text{rad}$ con una risoluzione di $0.008 \mu\text{rad}$, alla frequenza di 1 Hz. La deriva strumentale è di circa $0.5 \mu\text{rad}$ al mese.

Figura 3 – Sonda misuratrice del tirante idrico e della velocità di flusso



4.2 PIEZOMETRO

Il piezometro sarà disposto per un duplice funzionamento: con guida per la misura manuale attraverso sondino della falda e misura in automatico mediante piezometro elettrico fisso.

Si prevede l'installazione di un piezometro elettrico con le caratteristiche tecniche di riferimento delle celle piezometriche, riportate nella seguente tabella.

Tabella 1 – Caratteristiche tecniche dei trasduttori

Campo misura	0 ÷ 10 bar
Risoluzione	0.1 % fondo scala
Precisione	0.3% fondo scala
Pressione massima ammissibile	20 bar
Sovraccarico	30% fondo scala
Segnale elettrico in uscita	4 ÷ 20 mA
Temperatura d'esercizio	-10 ÷ +55°C
Materiale	acciaio inox

La centralina elettrica di misura, elaborazione, memorizzazione e restituzione dei dati fornirà in modo continuo i valori numerici ed i grafici analogici ottenuti.

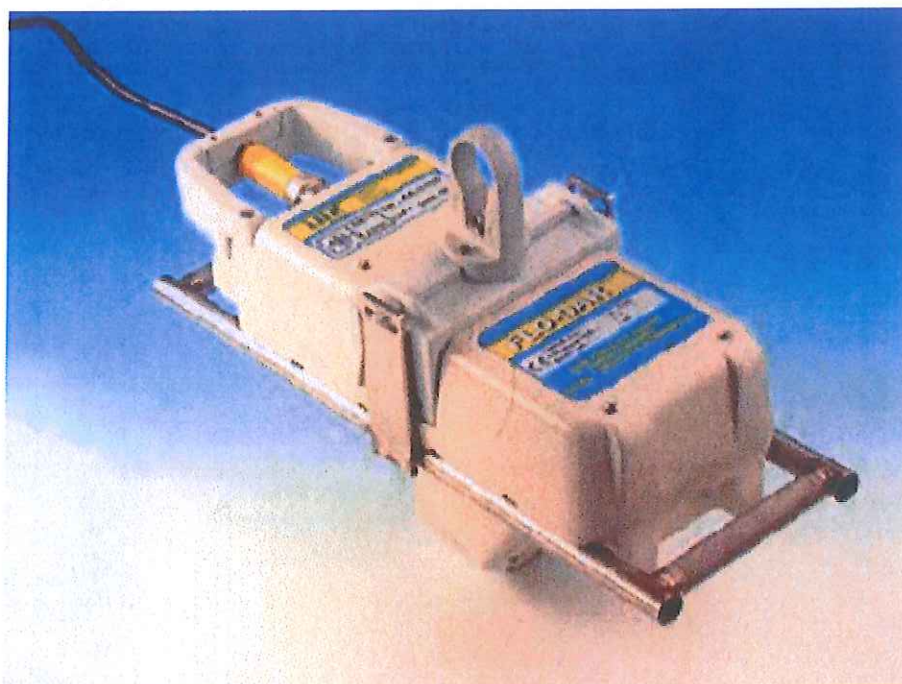
4.3 MISURATORE DI PORTATA RADAR

A titolo di esempio, per esplicitare la logica di funzionamento, si descrive un modello di misuratore: Flo-Dar SR, di produzione Marsh-McBirney Europe.

Lo strumento è composto sostanzialmente da due parti: la sonda e il registratore di flusso.

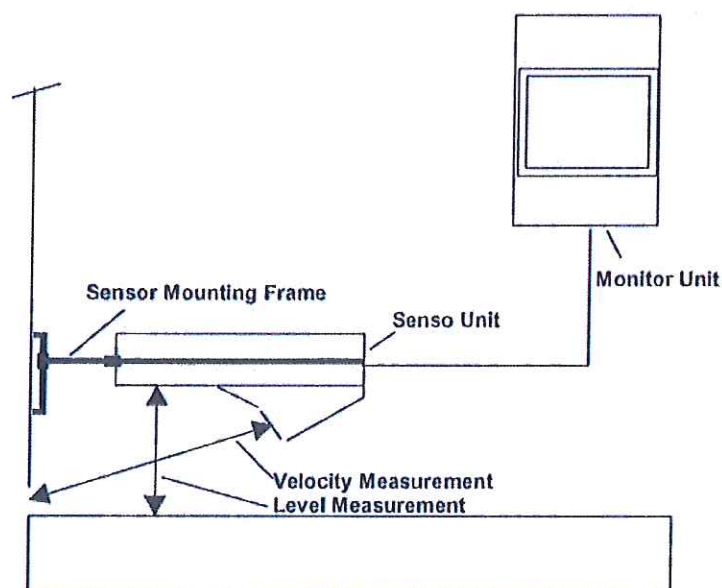
La sonda è dotata di un sensore di portata combinato radar/ultrasuoni, in grado di misurare la velocità media e il tirante idrico della corrente. Si ricava la portata dalla conoscenza dell'area bagnata e della velocità media.

Figura 4 – Sonda misuratrice del tirante idrico e della velocità di flusso



Lo strumento lavora in modo adeguato lontano da singolarità e turbolenze dovute a geometrie particolari. Viene infatti installato allo sbocco del tombotto a valle di 98 m di canale a sezione chiusa e rettilineo e a monte della confluenza dove il convogliamento di portate da diverse direzioni da avvio a moti poco regolari.

Figura 5 – Schema di funzionamento della strumentazione di misura



Il sensore si basa su un sonar, collocato sulla faccia orizzontale inferiore dello strumento, ad impulsi ultrasonici in grado di rilevare il livello idrico, garantendo una buona precisione e stabilità della misura, (compresi effetti di non linearità, isteresi e temperatura); la condizione

affinché lo strumento lavori in tal modo, adeguatamente, è che il livello della superficie libera si mantenga ad una distanza non inferiore ai 10 cm dallo strumento. Qualora il misuratore venga sommerso la continuità della misura del tirante idrico viene garantita attraverso la misura della pressione; la metodologia che si innesca è la medesima descritta per il primo misuratore di portata.

Lo stesso blocco di lavoro misura la velocità con il metodo radar, attraverso un sensore collocato sulla faccia obliqua inferiore dello strumento. Lo strumento viene posizionato in modo tale che le microonde proiettate dal radar riescano a coprire l'intera luce libera del condotto afferente. La misura della velocità si basa sulla differenza tra l'onda di input e l'onda di risposta riflessa dalla superficie libera. Qualora lo strumento venga sommerso, la misura della velocità sarebbe interrotta.

Inoltre il modello Flo-Dar SR viene applicato a valle della condotta, risultando minimamente ingombrante, evitando problemi di installazione, ed al tetto della condotta evitando problemi di misure erronee causate da fenomeni di sedimentazione.

I dati salienti dello strumento sono riportati nella Tabella 2.

Tabella 2 – Sonda standard del registratore di flusso Flo-Dar SR

Dimensioni	41 x 17,5 x 30 cm
Peso	5 kg (cavo -9 m- compreso)
Lunghezza del cavo	9 m estendibile a 30 m
Temperatura di funzionamento	-10° ÷ 50° C
Temperatura di memorizzazione	-20° ÷ 60° C
Range di misura del tirante	0,01 ÷ 1,5 m
Livello massimo ammissibile	3,5 m
Precisione misura livelli a 25° C	± 1% del valore di lettura (stabilità 0)
Risoluzione	0,001 m
Stabilità zero	± 0.005 m
Minima profondità per la misura di velocità	10 cm
Range misura velocità	0,1 ÷ +6 m/s
Precisione misura velocità	± 0,5% del valore di lettura (stabilità 0)
Risoluzione	0,001 m/s
Stabilità zero	± 0.03 m/s

Entrambi i dati, livello e velocità della corrente, sono inviati via cavo ad una memoria interna del registratore di flusso con passo temporale regolabile. Il registratore di flusso è in grado di fornire la portata istantanea transitante attraverso il prodotto dell'area bagnata per la velocità

media rilevata.

La modalità di gestione dell'acquisizione dati avviene in maniera periodica con memorizzazione locale delle informazioni e scaricamento delle stesse tramite PC portatile o acquisitore dati ed in continuo attraverso i sistemi di telecontrollo descritti nel relativo atto (A.01.04).

I dati salienti del registratore sono riportati nella Tabella 3.

Tabella 3 – Registratore di flusso Flo-Logger 1000-1PT

Dimensioni registratore di flusso	Ø 20 cm x 34 cm
Temperatura di funzionamento	-10° ÷ 50° C
Temperatura di memorizzazione	-20° ÷ 60° C
Capacità di memoria dati	64 K

Figura 6 – Registratore di flusso modello Flo-Logger 1000-1PT



4.4 MISURATORE DI LIVELLO AD ULTRASUONI

Il misuratore è ad ultrasuoni e si basa quindi sul fenomeno di riflessione delle onde inviate dallo strumento stesso, riflessi che vengono analizzati dal ricevitore e quindi forniscono la distanza della superficie libera riflettente. Il livello dell'acqua deriva successivamente da una semplice operazione geometrica che dalla distanza tra strumento e fondo alveo sottrae la lunghezza misurata tra superficie libera e ricevitore.

Lo strumento è caratterizzato da un'uscita analogica in corrente 4-20mA per la misura continua di livello.

Il campo di misura varia da 0,4 a 7 m e quindi troverà difficoltà ed imprecisioni di misura qualora il battente sia troppo basso o, viceversa, tenda a sommergere lo strumento.

Il grado di protezione dello strumento è IP 67, completo di indicatore autoalimentato per montaggio, con eventuale parete LC.

Le misure in uscita possono essere programmate o in tempo reale secondo l'automatismo prescelto. A titolo di esempio si presenta un'immagine di una tipologia di misuratore di livello ad ultrasuoni attualmente in servizio presso il ponte di via Dante, Lambrugo, posato per il monitoraggio dello stesso fiume Lambro.

Figura 7 – Registratore di livello posto in via Dante a Lambrugo



5. CONCLUSIONI

Preso atto che il Cavo Diotti è definito come grande diga essa deve essere dotata di tutta la strumentazione necessaria a garantire la misura e la registrazione dei parametri definiti dalla normativa ed in particolare all'art. 19 del decreto n. 1363/1959 e s.m. e i..

La strumentazione si compone quindi di:

- 2 clinometri;
- 1 piezometro;
- 1 misuratore di portata;
- 2 stazioni meteorologiche;
- 1 misuratore di livello al "serbatoio".

I misuratori sono connessi al sistema del TLC come esposto nelle relazioni A.03.01 e A.03.02, e sono in grado di inviare allarmi via sms e e-mail ai tecnici reperibili.

Le misure occasionalmente necessarie e/o definite da condizioni di esercizio non usuali, che non si riferiscono quindi alla strumentazione prevista, devono essere raccolte con opportuni dispositivi appositamente portati in sito. Il sistema di monitoraggio della diga si ritiene completo ed efficace per la raccolta dei dati richiesti.

Milano, dicembre 2011

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi