

FABIO GEMITI (\*)

## LE SORGENTI SARDOS E L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DELLA PROVINCIA DI TRIESTE

### RIASSUNTO

*Le sorgenti Sardos, situate a breve distanza delle più famose risorgive del Timavo di S. Giovanni di Duino (provincia di Trieste), sono state utilizzate per l'approvvigionamento idrico dal 1922 al 2001. Particolarmente prezioso il loro contributo negli anni '70, in corrispondenza degli intensi episodi di inquinamento del Timavo. In quelli anni sono state svolte accurate indagini sulla composizione, portata e alimentazione di queste sorgenti con particolare riferimento al Timavo e alle vicine sorgenti del Moschenizze. I risultati di tali indagini, sintetizzati nella presente memoria, evidenziano i collegamenti idrici tra le sorgenti Sardos, le sorgenti Moschenizze S, le risorgive del Timavo. Le diverse caratteristiche di qualità delle acque del Timavo e del Sardos, i diversi livelli idrometrici e i risultati delle manovre delle paratoie al Timavo, mettono in luce l'esistenza di collegamenti idrici attivi nella direzione Sardos-Timavo. Travasi delle acque del Timavo nel Sardos sono invece eccezionali, avvengono solo durante le maggiori piene e a notevole distanza dalle sorgenti. Viene discussa un'ipotesi di alimentazione idrica che offre una spiegazione plausibile ai complessi fenomeni idrologici che si riscontrano nella zona di S. Giovanni di Duino.*

### SUMMARY

#### THE SARDOS SPRINGS AND THE WATER SUPPLY IN PROVINCE OF TRIESTE

*The Sardos springs, located quite close to the more famous Timavo groundwater discharges of San Giovanni di Duino (province of Trieste), were used for the water supply from 1922 to 2001. Their water contribution was deemed particularly precious in the Seventies, during the pollution incidents that affected the Timavo River. During those years, thorough surveys on the composition, flow and feeding of these springs were conducted, with particular reference to the Timavo River and to the nearby Moschenizze springs. The results of the above-mentioned studies, summarized below in this paper, draw attention to the water connections existing between the Sardos, the southern Moschenizze, and the Timavo springs. The different quality characteristics of the Timavo and Sardos waters, the different hydrometric data, and the results of Timavo floodgates manoeuvring, highlight the existence of active water connections along the Sardos-Timavo route. Cases of transfer of Timavo waters into Sardos ones are not frequent: they only occur during major floods and at a high distance from the springs. This paper proposes a hypothesis on water feeding that allows for a plausible explanation of the complex hydrological phenomena occurring in the area of San Giovanni di Duino.*

---

(\*) Chimico, Via Tedeschi 3, I-34123 Trieste, gemiti@tin.it.

## POVZETEK

### IZVIRI SARDOS KOT ZAJETJE PITNE VODE V POKRAJINI TRST

*Izviri Sardos, ki se nahajajo v neposredni bližini znamenitih izvirov Timave v Štivanu pri Devinu (pokrajina Trst), so služile kot zajetje za pitno vodo od leta 1922 do 2001. Posebno dragocen je bil njihov doprinos v sedemdesetih letih, ko je bila Timava večkrat močno onesnažena. V tistih letih so bile izvedene skrbne raziskave o sestavi, pretoku in izvoru teh izvirov, posebno kar se tiče Timave in z bližnjih izvirov Moščenice. Rezultati teh raziskav, ki jih opisuje pričujoči članek, kažejo na povezavo med izviri Sardos, izviri Moščenice jug in izviri Timave. Razlike v kvaliteti Timave in Sardosa, različne višine vodne gladine in rezultati odpiranja in zapiranja zatvornic na Timavi, kažejo na aktivno povezavo v smeri Sardos-Timava. Prelevi vode iz Timave v Sardos pa so zelo redki in do njih pride le med najvišjimi vodostanji in še to daleč od izvirov. Članek obravnava model vodnega pretakanja, ki logično razloži zapletene hidrološke pojave v Štivanu in okolici.*

## Introduzione

Le sorgenti Sardos, indicate nei vecchi testi anche come sorgenti Sardoc o Sardotsch, dal nome dei proprietari dell'antico mulino che traeva la forza motrice dalla sorgente principale, sgorgano a poche centinaia di metri di distanza dalle risorgive del Timavo. Talvolta vengono indicate con il nome di sorgenti Randaccio, in quanto si trovano nell'area dell'impianto di potabilizzazione che la città di Trieste ha realizzato nel 1929 e ha dedicato alla memoria del Magg. Giovanni Randaccio, medaglia d'oro, caduto nei pressi durante la 1° guerra mondiale.

Le sorgenti Sardos appartengono ad una serie di sorgenti, considerate dal Boegan (1) "scarichi del Timavo", che in numero di 18 si sviluppavano tra le risorgive del Timavo e il mulino del Moschenizze (vedi figura 1).

Le cinque sorgenti più vicine al Timavo, dette appunto sorgenti Sardos e contrassegnate nella planimetria della fig. 1 con i numeri 4,5,6,7,8, sono state imbrigliate per l'approvvigionamento idrico. Quelle più lontane (indicate con i numeri dal 9 al 15), situate nel Vallone di Moschenizze, scaricano l'acqua nell'omonimo canale e vengono indicate con il nome di Moschenizze Sud. Sia queste sorgenti che le ultime tre sono state notevolmente rimaneggiate a seguito dei lavori di costruzione dell'autostrada Trieste-Udine e dei relativi svincoli per Monfalcone e Gorizia. Delle tre sorgenti più settentrionali, rimane solo la più produttiva, indicata con il nome di Moschenizze Nord. Si trova entro lo svincolo autostradale e nel 1984 è stata imbrigliata e dotata di impianti di captazione per l'utilizzo idropotabile.

## L'approvvigionamento idrico della città di Trieste

La risoluzione dell'annoso problema dell'approvvigionamento idrico della città di Trieste cominciò a delinearsi solo agli inizi del 900, quando i responsabili del comune di Trieste misero da parte i progetti, più o meno arditissimi e fantasiosi, di deviare verso la città le acque sotterranee del Timavo o addirittura quelle della Recca (alto Timavo). Evidentemente, a causa della scarsità di energia di allora, l'idea di alimentare con acqua naturalmente in pressione l'intera città doveva essere particolarmente allettante tant'è che questo è stato l'obiettivo di tutti gli studi e le indagini condotte nell'800.

I costi proibitivi necessari per la realizzazione di lunghe gallerie nel massiccio carsico, le difficoltà tecniche connesse e alcuni insuccessi esplorativi (grotta dei Morti presso il valico di Trebiciano) spinsero i maggiori della città ed il governo centrale a prendere in considerazione altre ipotesi di captazione alternative. L'attenzione si rivolse allora alle sorgenti Sardos, che fornivano un'acqua microbiologicamente pura e non andavano soggette alle forti torbide che caratterizzavano il vicino Timavo.

Il primo utilizzo di queste acque risale al 1922, quando venne realizzato “l’acquedotto sussidiario di Medeazza” per aumentare la capacità di produzione di acqua potabile dell’acquedotto di Aurisina, che a causa della limitata portata delle sorgenti non poteva erogare più di 25.000 mc di acqua al giorno per una popolazione superiore ai 200.000 abitanti. Furono imbrigliate tre delle sorgenti Sardos e venne realizzata una stazione di pompaggio che inviava 6.000 mc/giorno di acqua greggia fino agli impianti di Aurisina per la sua filtrazione e disinfezione.

Nel 1929 venne realizzato l’impianto di Randaccio, con una potenzialità iniziale di 20.000 mc/giorno. Era costituito da una nuova stazione di presa con 4 elettropompe, da un bacino di decantazione interrato della capacità di 2400 mc, provvisto di un sistema di flocculazione dell’acqua con allumina, da un edificio contenente la sala filtri (inizialmente 6 filtri rapidi, successivamente portati a 10), dal bacino dell’acqua filtrata, dal trattamento di disinfezione dell’acqua con cloro gas, dalle pompe di sollevamento e dal sistema di alimentazione elettrica. Per l’adduzione dell’acqua potabile in città fu posata una condotta del diametro di 900 mm, provvista di torre piezometrica all’altezza di Sistiana e fu realizzata la strada costiera fino a Barcola.

Nel 1938 l’acquedotto Randaccio erogava 40.000 mc/giorno, insufficienti per le esigenze di una città di 270.000 abitanti; si rendeva pertanto necessario un suo ampliamento che, a causa degli eventi bellici, fu realizzato solo negli anni 1947 - 1952.

Furono potenziati i primi sollevamenti con elettropompe in grado di prelevare dalle sorgenti Sardos un massimo di 100.000 mc di acqua al giorno e fu installata una presa sul 2° ramo del Timavo. Fu realizzato un nuovo bacino di decantazione della capacità di 4.500 mc, venne ampliato l’impianto di filtrazione con la costruzione di altri 10 filtri rapidi e venne potenziato il sollevamento verso la città.

Il vertiginoso aumento dei consumi d’acqua per usi civili e industriali degli anni ’60 richiese ulteriori interventi di potenziamento:

- installazione di nuove prese al secondo e terzo ramo del Timavo;
- costruzione di un nuovo bacino di decantazione da 6.000 mc;
- ampliamento del salone dei filtri e costruzione di altri 16 filtri rapidi;
- costruzione di una seconda sala di risollevarimento ed installazione di 4 elettropompe;
- posa di una condotta del diametro di 1300 mm da Randaccio alla nuova torre di equilibrio in località Medeazza e, dalla torre, al Villaggio del Pescatore;
- posa di una condotta sottomarina, sempre del diametro di 1.300 mm, dal Villaggio del Pescatore al porto franco vecchio, per una lunghezza di 18 Km.

Con il completamento di queste opere nella primavera del 1971 i consumi d’acqua della città ebbero una brusca impennata e raggiunsero in pochi anni i 210.000 mc/giorno, con punte di 240.000 in alcune giornate estive. A titolo di confronto si fa rilevare che attualmente la quantità di acqua potabilizzata è mediamente di 150.000 mc/giorno; il forte decremento è riconducibile ad una drastica riduzione degli utilizzi industriali, al contenimento delle perdite e ad un più attento utilizzo per scopi civili, legato all’aumento delle tariffe, inclusive degli oneri di convogliamento e depurazione delle acque reflue.

Dalla primavera del 1971, quando fu messa in esercizio la condotta sottomarina, fu necessario ricorrere al prelievo sempre più massiccio delle acque del Timavo le cui caratteristiche di qualità, non certo ottimali, erano ben note ma non tali da pregiudicarne l’uso per scopi potabili. Proprio nell’autunno 1971, in occasione di una piena, si verificò il primo ed imponente episodio di inquinamento del Timavo che costrinse l’ACEGAT a ridurre l’erogazione dell’acqua in città. A questo episodio ne seguirono molti altri, anche se in forma più attenuata, creando grosse difficoltà nell’approvvigionamento. Fortunatamente le sorgenti Sardos rimanevano esenti dagli inquinamenti per cui, di fronte all’emergenza, si cercò di aumentare al massimo la captazione da queste fonti. Vennero effettuati interventi sul canale di raccol-

ta per ridurre le perdite di carico e furono installate due elettropompe in corrispondenza della sorgente principale, in grado di prelevare, durante i periodi di piena, altri 100.000 mc di acqua al giorno.

Fu anche realizzato un moderno laboratorio di analisi per un tempestivo controllo di qualità, per lo studio dei fenomeni di inquinamento e della loro trasmissione nell'acquifero carsico e per la ricerca di fonti idriche alternative. Negli anni 70 e nella prima metà degli anni 80 veniva raccolta una grande mole di dati idrochimici e idrologici, per la maggior parte non pubblicati ma disponibile presso gli archivi dell'ACEGAS.

Solo la realizzazione della condotta diametro 2000 mm, dall'opificio Randaccio fino alla Linea Nord dei pozzi del Friuli, nel comune di S.Pier d'Isonzo, ha reso possibile la sostituzione delle acque del Timavo con acque più sicure e di migliore qualità. Utilizzando il tratto di condotta Randaccio-Vallone del Moschenitze, nel 1985 iniziava il prelievo delle acque della sorgente Moschenitze Nord e del Sablici per un massimo di 50.000 mc/giorno. Nel 1989 entravano in attività i primi tre pozzi in sinistra Isonzo che erogano altri 50.000 mc/giorno.

Con il completamento della Linea Nord dei pozzi del Friuli, nel 1995, le sorgenti Sardos dovevano rimanere soltanto una risorsa sostitutiva di emergenza. Viceversa, dopo un anno di esercizio con le acque sotterranee della sinistra Isonzo, si ebbero — inaspettatamente — dei problemi di corrosione in alcuni impianti idrici privati e contemporaneamente anomali depositi calcarei in alcuni impianti termosanitari. Per eliminare gli inconvenienti, dopo numerose indagini di laboratorio, fu deciso di utilizzare una miscela delle due acque : quelle del Friuli e quelle del Sardos nel rapporto di 2 : 1. Grazie alla spontanea formazione di nuovi strati protettivi carbonatici all'interno delle tubature i fenomeni di alterazione della qualità dell'acqua convogliata sono rientrati, per cui nell'aprile 2001 è stato possibile sostituire completamente l'acqua delle sorgenti Sardos con le acque sotterranee del Friuli, più pure e più protette dagli inquinamenti. Di conseguenza, nel terzo millennio, le acque carsiche e in particolare quelle del Sardos costituiscono solo una importante risorsa idrica alternativa e di riserva.

### **Portata delle sorgenti Sardos**

L'acqua delle sorgenti Sardos fuoriesce dalla roccia calcarea, ad una quota prossima o inferiore a quella del medio mare, in corrispondenza della tamponatura del calcare da parte di materiale di deposito, poco permeabile. Secondo il Boegan (1) la sorgente principale, protetta da una cupola di cemento armato, ha origine da un imbuto situato a 3,3 m sotto il livello marino, mentre il piano campagna ha una quota di 2,5 m circa. Si deduce, pertanto, che almeno una parte dell'acqua proviene da circuiti sotterranei, in pressione, situati sotto il livello del mare, analogamente a quanto avviene, in forme ben più spettacolari, per le vicine risorgive del Timavo.

Il canale di raccolta delle sorgenti Sardos è provvisto di una soglia a stramazzo, della lunghezza di m. 11,35 , con una quota di sfioro situata a + 147 cm rispetto allo 0 Mueller e di una paratoia, della lunghezza di m 1.48 , che viene aperta solo in occasione di forti piene. Un altro punto di scarico di queste sorgenti è stato realizzato alcuni anni or sono per drenare le acque che in tempo di piena sommergevano e deterioravano i resti di una "domus romana" del I° secolo dopo Cristo, messi alla luce negli anni 80-90. Le acque di supero, non utilizzate a scopo potabile, si raccolgono in un canale che sottopassa la SS 14, entra nella proprietà della cartiera Burgo e si scarica a mare nel canale Locavaz.

Gli impianti di captazione dell'acqua del Sardos sono situati in un apposito edificio, realizzato in corrispondenza del canale di derivazione dell'acqua. Negli anni '70 sono state installate anche 3 pompe esterne, due delle quali in corrispondenza della sorgente principale.

La capacità di prelievo dell'acqua supera i 250.000 mc/giorno e si situa ben al di sopra della portata media delle risorgive.

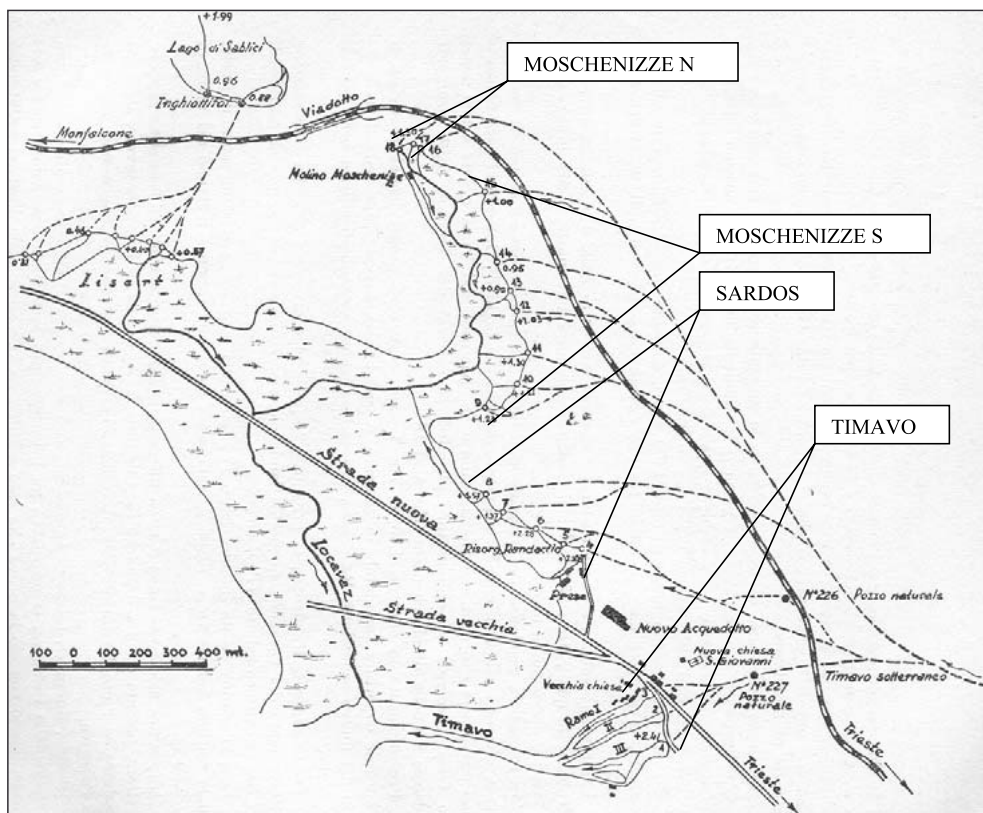


Figura 1 - Ubicazione delle risorgive del Timavo (1,2,3), delle sorgenti Sardos (4, 5, 6, 7, 8), delle sorgenti Moschenizze S (da 9 a 15) e delle sorgenti Moschenizze N (16, 17, 18).  
(Planimetria tratta da: *Il Timavo*, di Boegan)

La portata naturale di queste sorgenti è difficilmente quantizzabile in quanto sono state sfruttate al massimo per l'approvvigionamento idrico: la quantità d'acqua estraibile è molto maggiore di quella che sgorga naturalmente ed è funzione dell'abbassamento del livello dell'acqua nel bacino di raccolta. In casi di necessità, per aumentare il prelievo di acqua, si può abbassare il livello fino a 1 metro sotto la quota di sfioro, cioè arrivare a +50 cm, senza problemi di ingressione di acqua marina. Oltre a tale valore, a causa della velocità impressa all'acqua dall'aspirazione delle pompe, si ha un intorbidamento dell'acqua per il trascinarsi del materiale argilloso-sabbioso depositato sul fondo del bacino.

Con tale prelievo forzato viene drenata una notevole quantità d'acqua che altrimenti si scaricherebbe in altre punti di fuoriuscita delle acque, come le risorgive del Timavo o le Moschenizze S. È noto infatti che sotto le fondamenta dell'opificio principale del Randaccio e sotto la chiesa di S. Giovanni in Tuba fluiscono acque che vanno probabilmente a confluire nel Timavo o si scaricano a mare, più a valle. È noto inoltre che le sorgenti Moschenizze Sud presentano una composizione chimica e isotopica (2,3,4) molto simile a quella del Sardos e quindi, assieme, rappresentano un unico sistema sorgentizio, con la stessa alimentazione.

Il Boegan (1) fornisce per le prime tre sorgenti Sardos una portata giornaliera media di 80.000 mc, una minima di 22.000 ed una massima di 230.000; non riporta però le portata rag-

giunte dopo l'allacciamento delle altre due sorgenti, realizzato negli anni '30. Il valore minimo di 74.000 mc, citato dallo stesso autore per l'anno 1935, fa riferimento a un breve periodo di osservazione.

A partire dagli anni 70, i dati di livello raccolti giornalmente dal personale dell'ACEGAT sono stati utilizzati per il calcolo della portata delle sorgenti, intendendosi con questo termine la quantità d'acqua prelevata per la sua potabilizzazione, più quella in eccesso, sfiorante allo stramazzo.

Nella tabella 1 sono riportati i valori medi mensili della portata, espressa in migliaia di mc/giorno, per il periodo 1972-1982, quando più elevato è stato il prelievo dalle sorgenti Sardos.

Si osserva che dal 1975 la portata media annua è stata decisamente superiore per il maggior prelievo dalle sorgenti, reso possibile da alcune modifiche apportate al canale collettore e dall'installazione di nuovi gruppi di captazione.

Si osserva inoltre che ci sono mesi in cui la portata supera mediamente i 200.000 mc/giorno e mesi in cui non si possono prelevare più di 70-80 mila mc/giorno. Le portate estreme, non riportate in tabella, sono le seguenti:

— minima di 0,6 mc/s, pari a 52.000 mc/giorno, riscontrata il 13 febbraio 1989. Con un attingimento di 0,6 mc/s il livello dell'acqua in prossimità dello stramazzo era di + 50/60 cm.

Nello stesso giorno la portata del Timavo, in base a misure idrometriche effettuate con il mulinello direttamente nel canale di scarico, è risultata di soli 9,3 mc/s.

— massima di 5,6 mc/s, riscontrata nel novembre 1979.

La portata media, negli anni 1975-1982, risulta essere di 165.000 mc/giorno, pari a 1,9 mc/s.

La portata delle sorgenti Moschenizze S è valutabile in 0,5 mc/s per cui il sistema Sardos-Moschenizze Sud scaricherebbe mediamente 2,4 mc/s, una quantità d'acqua certamente inferiore a quella del Timavo ma di grande interesse per l'utilizzo a scopi idropotabili.

## **Il livello delle acque delle sorgenti Sardos**

Secondo il Boegan (1) le prime tre sorgenti Sardos (n° 4,5,6) sfociano ad una quota di 2,28 m s.l.m., e quindi ad un livello di 13 cm inferiore dell'acqua dei tre rami del Timavo che, in periodi normali, si assesta intorno a 2,41 s.l.m. Le altre due sorgenti Sardos (n° 7 e 8) si trovano alle quote di 1,37 e 1,57 m, mentre le sorgenti Moschenizze Sud a quote comprese tra 0,90 e 1,30 m. Le tre sorgenti che costituiscono le Moschenizze Nord (n° 16, 17 e 18) si trovano invece ad una quota di 1,30 m s.l.m.

Attualmente tutte le quote sono riferite allo 0 Mueller che viene a trovarsi 16 cm al di sopra dello zero dell'Istituto Geografico Militare al quale facevano riferimento, fino al 1983, le precedenti misurazioni, reperibili presso i registri dell'acquedotto. Il livello del medio mare attuale è di 16,5 cm sopra lo zero Mueller e quindi corrisponde, grosso modo allo 0 dell'Istituto Geografico Militare.

Di conseguenza i valori di livello riportati dal Boegan, riferiti allo 0 Mueller, dovrebbero essere di 16 cm inferiori, come viene evidenziato nella tabella 2 che riporta, a titolo di confronto, anche le quote che caratterizzano le sorgenti, in base ai rilievi idrometrici svolti dall'ACEGAS a partire dagli anni 70.

Il livello del Sardos è stato calcolato valutando in 1 mc/s la portata normale in assenza di prelievi. Per il Timavo è stato calcolato il livello corrispondente alla portata normale (17 mc/s = la metà della portata media annua), quando tutti i portelloni sono chiusi.

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Gennaio	178	108	134	143	146	241	190	243	180	171	207
Febbraio	152	118	144	149	188	218	199	260	169	159	146
Marzo	160	95	121	186	165	180	189	223	156	173	144
Aprile	147	121	102	213	170	182	210	215	155	141	145
Maggio	155	95	136	173	138	143	201	174	151	188	157
Giugno	133	85	142	169	133	133	167	136	164	150	178
Luglio	97	82	108	176	122	131	152	120	183	110	140
Agosto	95	70	92	150	127	170	126	100	120	79	102
Settembre	100	78	92	140	169	165	137	89	149	110	10
Ottobre	94	146	186	120	155	132	190	146	232	194	201
Novembre	148	132	154	153	215	157	130	197	207	140	209
Dicembre	160	102	149	181	244	165	167	175	171	207	212
<b>Media annua</b>	<b>135</b>	<b>103</b>	<b>130</b>	<b>163</b>	<b>164</b>	<b>168</b>	<b>172</b>	<b>173</b>	<b>170</b>	<b>152</b>	<b>162</b>

	72-74	75-82
Media	123	165
Massima	186	260
Minima	78	79

Tabella 1 - Portata delle sorgenti Sardo.  
Valori medi mensili espressi in migliaia di mc/giorno



Sorgente	n° secondo Boegan	Quote in cm s.l.m.(Boegan)	quote in cm - 0 Mueller (Boegan)	Quote in cm - 0 Mueller (attuali)
Timavo	1,2,3	241	225	195
Sardos	4,5,6	228	212	164
Sardos	7,8	137 - 157	121 - 141	
Moschenizze S	9 - 15	90 - 130	74 - 114	75
Moschenizze N	16,17,18	130	114	

Tabella 2 - Livello delle acque del Timavo e delle sorgenti limitrofe.

Dall'esame della tabella si evidenzia quanto segue:

- Il livello attuale del Timavo, prendendo in considerazione la portata normale, cioè quella che si verifica più frequentemente, è di circa 30 cm inferiore a quello del passato. La differenza è probabilmente dovuta alla nuova sistemazione delle risorgive che risale agli anni '50 e alle forti perdite dei bacini di contenimento.
- Il livello delle sorgenti Sardos in regime idrico normale, in assenza di prelievi e con le paratoie del Timavo chiuse, è di 31 cm più basso rispetto al Timavo. Questa differenza è dovuta alle diverse quote di sfioro degli stramazzi che sono situati a 185 cm (Timavo) e a 147 cm (Sardos).

In assenza di prelievi e in periodo di magra l'acqua del Sardos sfiora sempre allo stramazzo perché le perdite del bacino sono inferiori agli apporti delle sorgenti.

Il livello del Timavo, invece, può scendere al di sotto di 100 cm, perché gli apporti delle tre bocche sono dello stesso ordine di grandezza delle perdite, valutabili in tali circostanze intorno ai 7 mc/s (5).

In queste situazioni vi è la possibilità che parte delle acque che alimentano le sorgenti Sardos prendano la strada del Timavo attraverso collegamenti idrici sotterranei.

In assenza di prelievi e in periodo di piena il livello dell'acqua delle sorgenti Sardos può superare di 20-30 cm lo stramazzo e quindi arrivare ad una quota massima di 180 cm. Il livello del bacino di contenimento del Timavo sale invece molto di più e durante la maggiori piene, come nel novembre 2000, nonostante l'apertura delle paratoie al 1° e 3° ramo, il livello dell'acqua può superare i 230 cm al 1° ramo, i 250 cm al 3° ramo e addirittura i 270 cm al 2° ramo. Evidentemente i carichi idraulici a monte sono molto elevati e in queste circostanze aumenta il rischio che si inverta il flusso nei collegamenti idrici tra Sardos e Timavo, come è stato evidenziato in passato in occasione delle maggiori piene del Timavo (vedi capitolo travasi del Timavo).

### **Influenza dei prelievi al Sardos sulla portata delle sorgenti Moschenizze S**

Nel 1976, per far fronte alle crisi idriche derivanti dall'inquinamento del Timavo nei periodi di piena, l'ACEGAT aveva preso in considerazione la possibilità di un prelievo d'acqua dalle sorgenti Moschenizze S. Il laboratorio di analisi aziendale era stato incaricato di approfondire le conoscenze idrologiche su queste sorgenti, con particolare riferimento alla sorgente (la n° 12 del Boegan) che si trova immediatamente a lato della strada podereale, lungo il Vallone del Moschenizze.

In tale circostanza veniva realizzato uno sbarramento sul canale di adduzione dell'acqua, largo circa un metro, e mediante la misura del livello dell'acqua stramazante si ricavava la portata dell'acqua.



Le indagini, condotte i giorni 22 e 23 settembre 1976, tra le 7 e le 17 mettevano in evidenza che la portata della sorgente è fortemente influenzata dalla marea con minimi di 420 mc/ora e massimi di 620 mc/ora, corrispondenti ai massimi e minimi di marea. La portata media risultava di 530 mc/ora.

Il giorno 24, alle ore 8, veniva aumentato il prelievo dalle sorgenti Sardos in modo da abbassare il livello dell'acqua nel bacino di raccolta a monte dello stramazzo a circa 40 cm sotto lo sfioro. Questa situazione veniva mantenuta fino alle ore 8 del giorno successivo. Le misure di portata effettuate alla sorgente Moschenizze S fornivano per il giorno 24 una portata massima di 530 mc/ora, una minima di 360 mc/ora e una media di 450 mc/ora, inferiore a quella dei giorni precedenti.

Il giorno 25, alle ore 8, veniva ridotto il prelievo alle sorgenti Sardos ed il livello dell'acqua risaliva fino a 5 cm sopra lo sfioro. Questa situazione veniva protratta fino alle ore 12. Corrispondentemente alla sorgente Moschenizze S la portata aumentava tra le 8 e le 13 da 360 a 580 mc/ora.

In definitiva veniva dimostrato in modo inequivocabile il collegamento idrico esistente tra i due gruppi di sorgenti, già evidenziato con le numerose indagini idrochimiche e isotopiche svolte nel passato (2,3,4).

	Settembre 1976	22-23	24	25
Sardos	Livello in cm	145	107	152
Moschenizze S	Portata in mc/ora	530	450	580

Tabella 3 - Collegamenti idrici tra Sardos e Moschenizze S.

### **Influenza della marea sul livello delle sorgenti Sardos**

Quando il livello delle sorgenti Sardos è inferiore alla quota dello stramazzo e il prelievo d'acqua è costante nel tempo si osserva una chiara oscillazione periodica della superficie dell'acqua, in concomitanza con la marea. Per una variazione del livello marino di 100 cm si hanno dai 15 ai 25 cm di variazione del livello all'interno del bacino di raccolta delle sorgenti.

L'influenza della marea sulle acque carsiche della zona è un fenomeno generale messo in evidenza oltre che per le acque del Timavo, del Sardos e del Moschenizze anche per acque carsiche distanti dal mare come quelle del lago di Doberdò (6) e dei pozzi di Brestovizza (7), utilizzati dall'acquedotto di Sesana.

La trasmissione della marea può avvenire o attraverso condotte in pressione o condotte in cui l'acqua scorre a pelo libero. Nel primo caso la trasmissione della pressione è immediata e non vi è ritardo tra le variazioni di livello dell'acqua carsica e quelle del mare.

### **Variazioni del livello del bacino di raccolta delle sorgenti Sardos in seguito all'apertura/chiusura delle paratoie al Timavo**

Una verifica di quanto aveva accertato il Boegan nel passato, e cioè l'influenza che le manovre effettuate sulle paratoie del Timavo hanno nei confronti del livello delle sorgenti Sardos, è stata condotta dal laboratorio di analisi dell'ACEGAS in due distinte circostanze e cioè nell'ottobre 1997 e nell'agosto 1998, in periodo di magra delle risorgive carsiche.

Poiché la marea influisce notevole sui livelli delle sorgenti, i dati rilevati dai diagrammi di registrazione dei livelli delle apparecchiature ACEGAS sono stati corretti. Tutti i dati riportati qui appresso fanno riferimento ad un unico valore di marea e cioè al livello medio

del canale di raccolta delle acque del Timavo, che si trova ad una quota di +25 cm rispetto allo 0 Mueller. Sia per il Sardos che per il Timavo è stato adottato un unico coefficiente di correzione, assumendo che una variazione di 100 cm di marea provochi una variazione di 20 cm del livello dei bacini di raccolta delle sorgenti.

Il giorno 24 ottobre 1997 alle ore 8 il livello dei tre rami del Timavo era rispettivamente di 101, 105 e 104 cm, un livello alquanto basso in quanto i portelloni del 1° e 3° ramo erano aperti da diversi giorni. Il corrispondente livello del Sardos era di 114 cm, cioè 23 cm sotto lo sfioro.

Alle ore 11 dello stesso giorno venivano chiuse le paratoie e i livelli del Timavo e del Sardos aumentavano progressivamente.

Alle ore 8 del giorno successivo il Timavo aveva un livello di 138 cm (aumento medio di 34 cm), il Sardos invece di 134 cm (aumento medio di 20 cm). La risalita del livello continuava ancora per 24 ore al Timavo e al Sardos.

Alle ore 11 del giorno 4 novembre venivano aperti i portelloni: al Timavo il livello scendeva nell'arco di 21 ore da 133 a 97 cm al primo ramo e un po' meno agli altri rami. A tal proposito va ricordato che l'apertura delle paratoie provoca un maggior deflusso d'acqua soprattutto al 1° ramo, provvisto di un portellone di grandi dimensioni.

Anche l'abbassamento di livello al Sardos è risultato molto simile a quello del 1° ramo.

	Timavo 3°	Timavo 2°	Timavo 1°	Sardos
Livello iniziale (paratoie aperte)	104	105	101	114
<b>Chiusura paratoie al Timavo</b>				
Differenza di livello dopo 21 ore	+ 34	+33	+37	+ 20
Differenza di livello dopo 2 giorni	+ 38	+36	+40	+ 32
Livello dopo 11 giorni	133	133	133	152
<b>Apertura paratoie al Timavo</b>				
Differenza di livello dopo 21 ore	- 26	-29	-36	-34

Tabella 4 - Apertura e chiusura delle paratoie del Timavo - Ottobre 1997.

Una seconda prova è stata condotta nell'agosto 1998.

Il giorno 22 le paratoie del Timavo erano chiuse, il livello dei tre rami era di 141 cm, quello delle sorgenti Sardos era di 143 cm.

Alle ore 11 venivano aperti i portelloni, dopo 7 ore il livello del Timavo era mediamente sceso a 115 cm (-25 cm), quello del Sardos a 130 cm (-13 cm). Dopo 31 ore il livello del Timavo era mediamente assestato a 113 cm (-28 cm) e quello del Sardos a 123 cm (-20 cm).

Alle ore 19 del 23 veniva effettuata la chiusura del portellone del 1° ramo del Timavo. Dopo 11 ore il livello al Timavo era mediamente risalito a 129 cm, con un aumento maggiore al 1° ramo (+19 cm); e il livello del Sardos si era portato a 139 cm (+16 cm).

	Timavo 3°	Timavo 2°	Timavo 1°	Sardos
Livello iniziale (paratoie chiuse)	141	141	141	143
<b>Apertura paratoie al Timavo</b>				
Differenza di livello dopo 7 ore	- 26	- 24	- 26	- 13
Differenza di livello dopo 31 ore	- 27	- 26	- 31	- 20
Livello dopo 31 ore	114	115	110	123
<b>Chiusura paratoia al 1° ramo del Timavo</b>				
Differenza di livello dopo 11 ore	+ 13	+ 15	+ 19	+ 16

Tabella 5 - Apertura e chiusura delle paratoie del Timavo - Agosto 1998.

## Considerazioni su un possibile modello idrologico

In definitiva, le indagini idrometriche svolte alle risorgive del Timavo e alle sorgenti Sardos utilizzando l'apertura e chiusura delle paratoie del Timavo per variare i deflussi idrici e quindi modificare il livello dell'acqua, hanno messo in rilievo che tra le sorgenti Sardos e le risorgive del Timavo vi sono dei collegamenti e non di piccola entità. Questa constatazione apparentemente è in contraddizione con le innumerevoli risultanze raccolte nel passato in base alle quali le acque del Sardos sarebbero indipendenti da quelle del Timavo. In particolare nei periodi di piena l'acqua del Timavo è torbida, inquinata (perlomeno in anni passati) e presenta caratteristiche chimico-fisiche (temperatura, conducibilità, composizione salina) completamente diverse da quelle del Sardos.

A nostro avviso, il modello idrico proposto nel passato (8,9) può fornire una spiegazione a questa apparente contraddizione. Il Timavo a S. Giovanni di Duino presenta due tipi di alimentazione: una molto profonda, legata prevalentemente ai contributi dell'alto Timavo, ed un'altra più superficiale (o comunque meno profonda), derivante dagli apporti meteorici che interessano il Carso triestino.

Le sorgenti Sardos sarebbero quindi niente altro che il punto di emergenza di uno dei sottobacini carsici (il più vicino alle risorgive) che alimentano prevalentemente le risorgive del Timavo — in modo preponderante rispetto alla Recca — durante i periodi di regime normale e di magra. Tutto ciò è confermato dalle innumerevoli indagini chimiche condotte nel passato (3) che evidenziano strettissime analogie di composizione tra le acque del Sardos e del Timavo nei periodi di magra.

Rimane il grosso interrogativo su dove avvenga il mescolamento dei due tipi di acque che fuoriescono alle tre bocche del Timavo. Purtroppo tutte le esplorazioni subacquee delle gallerie sommerse del Timavo sono state necessariamente condotte in periodo di magra, quando prevale l'alimentazione carsica, e quindi non è stato possibile differenziare chimicamente le acque fluenti nelle condotte sotterranee (10).

Un altro grosso interrogativo è questo: se vi sono collegamenti idrici sotterranei tra Sardos e Timavo, perché, durante le piene, l'acqua del Timavo non fluisce verso il Sardos? L'unica spiegazione possibile, a nostro avviso, è che la piezometria delle acque del Sardos, immediatamente a monte delle sorgenti, sia costantemente più elevata delle acque del Timavo, a causa delle ridotte dimensioni — rispetto alle grandi gallerie sommerse del Timavo — delle canalizzazioni sotterranee.

## Travasi dal Timavo al Sardos durante le maggiori piene

L'indipendenza di alimentazione delle sorgenti Sardos dal Timavo viene a cadere durante le maggiori piene, quando gli elevati carichi idraulici esistenti nel sottosuolo provocano abnormi innalzamenti di livello delle acque che attivano collegamenti di troppo pieno o addirittura invertono il flusso in certe canalizzazioni.

Negli anni 70, quando più stringente era il controllo di qualità delle acque carsiche, sono stati rilevati alcuni episodi di travaso delle acque del Timavo verso il Sardos che hanno messo in seria difficoltà l'approvvigionamento idrico.

L'evoluzione di un fenomeno di piena seguiva in quegli anni la seguente evoluzione:

- Al Timavo diminuiva inizialmente l'ossigeno disciolto e aumentavano torbidità e sostanze organiche. In corrispondenza dell'arrivo, dopo qualche giorno, dell'onda di piena dell'alto-Timavo l'ossigeno disciolto aumentava, torbidità e sostanza organica raggiungevano i valori massimi, durezza e temperatura dell'acqua (limitatamente al periodo invernale) subivano un brusca riduzione.

- Al Sardos i fenomeni erano molto più attenuati: la torbidità raggiungeva un valore massimo di 10-15 FTU (contro 100 e più del Timavo) e si presentava con una colorazione marrone-rossastra, ben diversa da quella del Timavo di colore bruno-grigio. Ossigeno disciolto e sostanza organica subivano solo lievi peggioramenti. La durezza dell'acqua progressivamente aumentava e la temperatura si manteneva costante.
- Con piene di particolare intensità, un anomalo aumento della torbidità e della sostanza organica nelle acque del Sardos evidenziava gli effetti del travaso dal Timavo. Il fenomeno, ritardato di circa 24 ore rispetto al Timavo e molto più attenuato, durava uno o due giorni al massimo, però rischiava di mettere in crisi l'approvvigionamento idrico. La possibilità di prevederlo con un giorno di anticipo permetteva comunque di predisporre le opportune misure di emergenza.

L'episodio più eclatante si è verificato il 21 novembre 1975, 22 ore dopo che l'acqua del Timavo aveva raggiunto i livelli record riportati in tabella.

	Timavo	Sardos
Giorno	20	21
Ora	11	9
Portata - mc/s	130	
Torbidità - FTU	270	88
COD- O <sub>2</sub> - mg/l	96	6,7
Durezza totale - °F	12,4	23,6

Tabella 6 - Travaso del Timavo nel novembre 1975.

Dall'esame della tabella si possono fare le seguenti considerazioni.

Una torbidità così elevata come quella riscontrata al Timavo il 20.11.75 non è stata più raggiunta, nemmeno in occasione delle grandi piene del novembre 2000.

La durezza totale è scesa a valori insolitamente bassi per l'enorme apporto di acqua dell'alto Timavo. È possibile fare una stima di tale apporto: assegnando una durezza di 26 °F alle acque carsiche e di 8°F alle acque di S. Canziano si ricava che il 75% circa dell'acqua che fuoriusciva a S. Giovanni di Duino era rappresentata dall'alto Timavo. Questo dato appare abbastanza verosimile se si tiene conto che la portata dell'alto Timavo il giorno 18 novembre 1975 è stata di 222 mc/s (valore fornito dall'Istituto Idrometeorologico di Lubiana).

L'ossidabilità al permanganato (COD), prossima a 100, denota la presenza di una enorme quantità di sostanza organica veicolata dall'acqua, prevalentemente adsorbita sul materiale argilloso trasportato. Il carico organico complessivo è più simile ad un reflujo fognario concentrato che non a un corso d'acqua sotterraneo.

L'evoluzione del travaso del Timavo in quei giorni aveva il seguente decorso: l'acqua del Sardos, a partire dalle ore 8 del giorno 20, peggiorava vistosamente e l'inquinamento raggiungeva il massimo il giorno 21 alle ore 9, cioè 22 ore dopo il massimo di inquinamento al Timavo. La torbidità passava da 15 a 88, il COD da 1 a 6,7 e diminuiva sensibilmente la durezza delle acque.

Il contributo del Timavo alla portata del Sardos è stato valutato, in base all'aumento di torbidità, nel 30 %. In tutti gli altri episodi registrati tra il 1975 e il 1979 il travaso non ha mai superato il 15%.

Si riportano nella tabella 7 alcuni degli episodi più significativi, caratterizzati da indici analitici del Timavo del tutto eccezionali.

	<b>Travasò</b>	<b>Torbidità Timavo</b>	<b>COD Timavo</b>	<b>Durezza tot. Timavo</b>	<b>Temperatura Timavo</b>	<b>Torbidità Sardos</b>
Data	%	FTU	mg/l	°F	°C	FTU
21-23.3.75	14	190	27	12,4	8,7	32
17-18.2.76	7	200	58	13,1	5,5	23
2-3.11.76	10	200	22	14,5		33
31.1-1.2.76	9	180	36	13,5	7,6	23
1-2.2.79	7	150	14	12,8		24

Tabella 7 - Altri episodi di travaso del Timavo registrati nel periodo 1975-1979.

Negli episodi sopra esposti il ritardo tra il massimo di inquinamento al Timavo e quello al Sardos è variato tra le 18 e le 32 ore ed è risultato mediamente di 24 ore. Considerate le velocità di scorrimento apparenti delle acque sotterranee in tali circostanze, valutabili in centinaia di metri all'ora, risulta evidente che il travaso avviene a notevole distanza da S. Giovanni di Duino.

## Conclusioni

L'elaborazione di alcuni dati sperimentali inediti, raccolti negli archivi dell'ACEGAS e relativi agli anni difficili dell'inquinamento del Timavo, ha permesso di fornire un ulteriore tassello alle conoscenze sull'idrologia carsica, con particolare riferimento alle sorgenti Sardos, un po' trascurate rispetto al più famoso Timavo.

È stata sintetizzata, dal punto di vista storico, l'importanza di queste sorgenti per l'approvvigionamento idrico sia nei tempi passati che nei giorni nostri, e sono state messe in luce le peculiari caratteristiche, di collegamento da un lato e di indipendenza dall'altro, con le vicine risorgive del Timavo, sia sotto il profilo idraulico che idrochimico.

Di particolare interesse una sintesi dei dati di portata del Sardos rilevati nell'arco di 11 anni e le sperimentazioni condotte nel Vallone di Moschenizze, che confermano quanto dedotto attraverso l'indagine idrochimica delle acque da parte di diversi autori. Le esperienze acquisite con le manovre delle paratoie al Timavo confermano i collegamenti tra le due sorgenti che però sembrano essere attivi solo nel senso Sardos-Timavo. Solo in occasione di grandi piene avvengono travasi dal Timavo al Sardos, però a notevole distanza dalle sorgenti.

Si è anche discusso di un modello idrologico che individuando per le sorgenti di S. Giovanni di Duino due alimentazioni idriche, tra loro ben distinte, permette di fornire spiegazioni plausibili, se non proprio convincenti, dei complessi fenomeni idrologici che si evidenziano in questa zona.

## Ringraziamenti

L'autore ringrazia l'ACEGAS e in particolare il responsabile del Laboratorio di Analisi aziendale, dott. M. Licciardello, per aver messo a disposizione la documentazione di archivio che ha consentito la stesura della presente memoria.

## BIBLIOGRAFIA

1. BOEGAN E., 1938 - *Il Timavo - Studio sull'idrologia carsica subaerea e sotterranea*, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, Postumia-Trieste, 1-251.
2. MOSETTI F., POMODORO P., 1967 - *Nuove indagini con traccianti naturali sulla provenienza delle acque carsiche del sistema del Timavo*, L'Acqua, Roma, 45 (4), 97-103.
3. GEMITI F., LICCIARDELLO M., 1977 - *Indagine sui rapporti di alimentazione delle acque del Carso Triestino e Goriziano mediante l'utilizzo di alcuni traccianti naturali*, Annali del Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre, Trieste, 6, 43-61.
4. FLORA O., GALLI G., LONGINELLI A., NEGRINI L., 1991 - *Studio geochimico-isotopico di alcune sorgenti carsiche: un nuovo modello idrologico*, Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan, Trieste, 29, 83-102.
5. GEMITI F., 1984 - *La portata del Timavo alle risorgive di S. Giovanni di Duino*, Annali del Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre, Trieste, 7, 23-41.
6. NICOLETTIS P., 1979 - *Il regime idrico del lago di Doberdò e della falda carsica del monfalconese*, Atti del 4° Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Pordenone, 249-256.
7. KRIVIC P., 1982 - *Transmission des ondes de marée à travers l'aquifère cotier de Kras*, Geologija, Ljubljana, 25 (2), 309-325.
8. GEMITI F., 1996 - *Portata liquida e portata solida del Timavo alle risorgive di S. Giovanni di Duino*, Hydrores - Annuario 1995, Trieste, 13, 74-88.
9. GEMITI F., 1998 - *Marcatatura delle acque del Timavo a seguito di un versamento di idrocarburi nella valle della Recca e interpretazione dell'evento mediante l'utilizzo di dati meteorologici, idrologici, idrochimici*, Annali del Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre, Trieste, 10, 93-104.
10. GEMITI F., 1994 - *Indagini idrochimiche alle risorgive del Timavo*, Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan, Trieste, 31, 73-83.