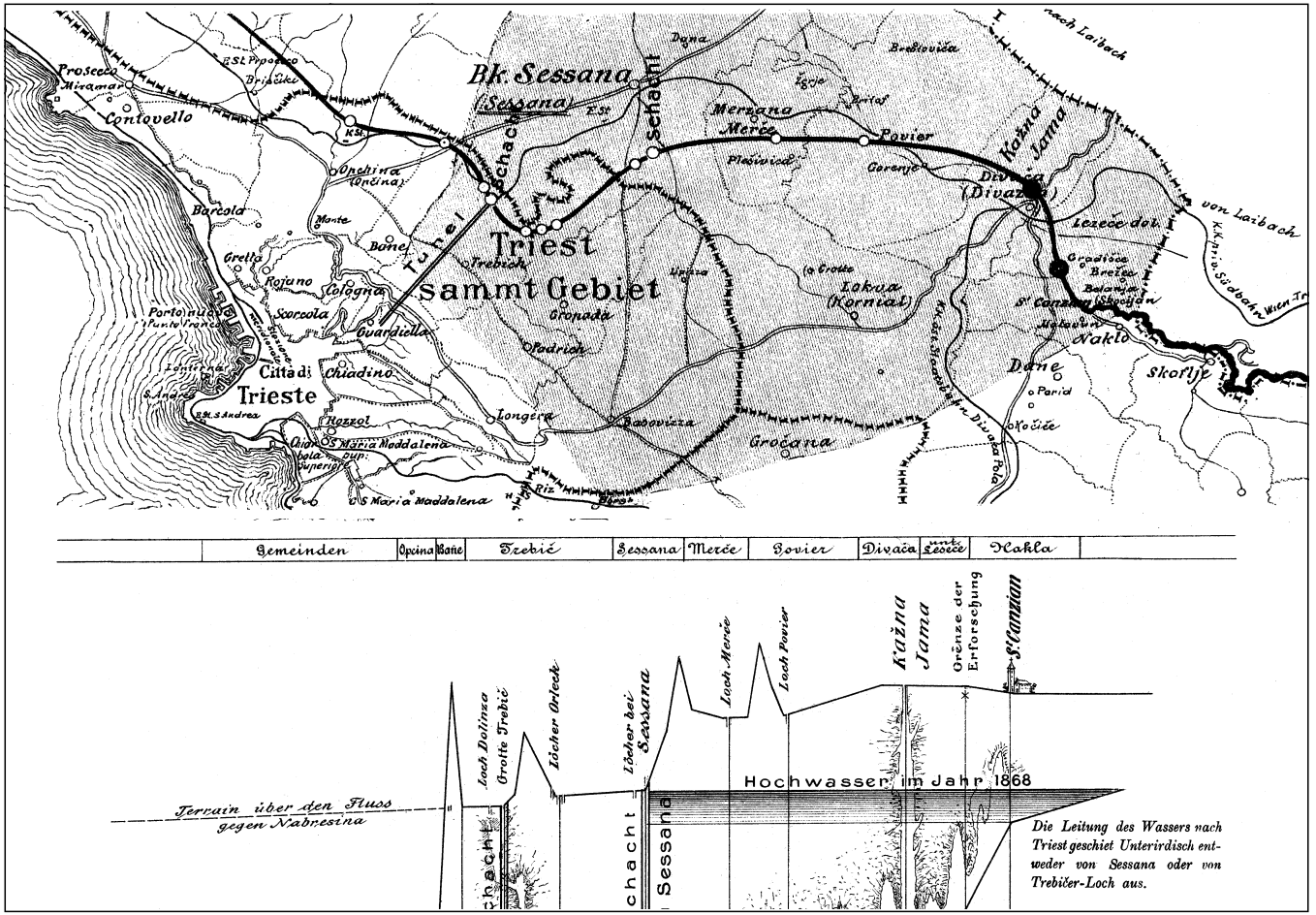
Il Timavo sotterraneo e le teorie idrogeologiche

Riguardo il presunto corso sotterraneo del Timavo, una prima ipotesi viene formulata già dalla "Commissione delegata allo studio della Caverna di Trebich" nella sua relazione del 10 luglio 1841 (conservata all'Archivio di Stato di Trieste); vi si legge come sia "più verosimile che esso corra per la valle al di qua del Monte Voinig [in italiano "Lanaro"] che nella valle al di là", sia pure "diviso in più filoni d'acqua ... e come sulla superficie della terra si formano rigagnoli per versarsi in un canale principale, è verosimile che altrettanto segua sotterraneamente". Gli estensori della relazione, Giuseppe Sforzi e Pietro Kandler, in seguito hanno precisato in varie occasioni che dalla grotta di Trebiciano il Timavo sotterraneo deve proseguire verso Duino parallelamente alla linea di costa (come raffigurato nella cartina a corredo del *Discorso sul Timavo*) anche se Kandler non ha escluso — e con lui Adolf Schmidl — l'esistenza di un altro corso sotterraneo lungo il vallone di Brestovizza. Questa ipotesi viene ripresa da Luigi Buzzi in un lavoro sulle sorgenti di Aurisina[89], nel quale sostiene che il Recca sotterraneo scorre nella profondità della "grande depressione di Brestovizza" senza avere alcuna relazione con le acque del "thalweg" di Aurisina, separate da uno spartiacque di "calcari compatti e concordanti" in corrispondenza dei rilievi che costituiscono la catena mediana dell'altopiano. Le sorgenti di Aurisina non sarebbero pertanto "una fuga dell'arteria principale Recca-Timavo", come allora si credeva, ma sarebbero alimentate soltanto dalle infiltrazioni sul bacino carsico, esteso fino ai rilievi arenacei del "M. Houze" (in italiano "Castellaro") dal quale potrebbero provenire le sabbie silicee della grotta di Trebiciano.

---

89. Buzzi L. (1880*): Sulle neoscoperte scaturigini presso Aurisina*, "Atti della Società d'Ingegneri ed Architetti", Trieste, 3(2):1-17. (Interessante la sua osservazione di una "frattura del calcare submarino", responsabile della fuoriuscita delle sorgenti di Aurisina.)


Bk. Sessana
(Sessana)
Triest
sammt Gebiet
Città di
Trieste
Prosecco
Miramar
Contovello
Barcola
Grella
Rojano
Cologna
Scorcola
Guardiella
Chiadino
Roiano
Longera
Gročana
Opchina
(Opčina)
Bane
Trebich
Monte
Gronada
Podrich
Lakuæ
(Kornial)
Merčana
Merče
Povier
Plavisevica
Gorenje
Divača
(Divaza)
Kožna Jama
Lezeče dol.
Gradišče
Brečec
Nakla
Dane
Skofije
Parid
Kočiče
Dyna
Brežovica
Igoje
Triest
Sessana
Merče
Povier
Divača
Lezeče
Nakla
Ferrain über den Fluss
gegen Nabresina
Loch Dolinza
Grotte Trebič
Löcher Orteck
Löcher bei Sessana
Loch Merče
Loch Povier
Kožna Jama
Grenze der Erforschung
St. Canzian
Hochwasser im Jahr 1868
Die Leitung des Wassers nach Triest geschiet Unterirdisch entweder von Sessana oder von Trebičer-Loch aus.

Nel suo lavoro sull'idrologia del Carso, Giulio Grablovitz ribadisce a sua volta la funzione di spartiacque sotterraneo della catena mediana del M. Lanaro "costituita dai calcari compatti della creta inferiore, impermeabili e resistenti all'erosione dell'acqua" e ritiene "come certa l'esistenza di due decorsi principali sotterranei riunentisi poco prima di giungere al Timavo ... Il fatto però che la catena del calcare compatto presenta una profonda depressione nei pressi di Corgnale può far supporre che le acque del Recca vi trovino un varco nelle fenditure del calcare radiolitico e raggiungano per quella via la grotta di Trebiciano".

L'argomento viene ripreso e sviluppato da Antonio Polley, che estende il "bacino carsico" di Luigi Buzzi ben più a monte del Castellaro comprendendovi tutta la "valsecca" di Castelnuovo. "Il Recca — egli scrive — non alimenta le acque della caverna di Trebiciano, ma il bacino idrico di questa si trova nel paese dei Berchini (da Rodik a Sapiane) e nella Cicceria"[90]. Dalla caverna di Trebiciano "il fiume continua sempre in direzione di ponente, passando le località di Brisciki, Prosecco, Nabresina e Slivno, poi sotto l'avvallamento presso Mauchinia e Cerovlje sino a Brestovizza. Da Brestovizza il Timavo descrive un arco e volge al meriggio, per ritornare a giorno, diviso in tre rami, presso la chiesa di S. Giovanni di Duino".

"Vecchio tecnico pratico" — come ama definirsi — e facoltoso possidente di Sesana, l'ing. Polley dedica un'attività intelligente e tenace alla ricerca dell'acqua del Carso, nella speranza di utilizzarla per il non ancora realizzato "acquedotto definitivo" di Trieste. Subentra nel 1894 alla Società Alpina delle Giulie nella concessione della grotta di Trebiciano, nella quale fa sostituire le scale di legno ed allestire "del-

90. Polley A. (1902): *Descrizione dei diversi progetti per l'approvigionamento d'acqua della città di Trieste dal Timavo Trebiciano*, Trieste, 1-21.

Nella pagina a fronte: carta del presunto corso sotterraneo del Timavo, allegata al cartolare Zusammenstellung über den unterirdischen Lauf des Karst-wassers *di Antonio Polley; l'andamento ricalca quello ipotizzato da Giuseppe Sforzi mezzo secolo prima, con una deviazione verso Sesana. Dei due pozzi (Schacht), quello collegato con il tunnel a S. Giovanni di Guardiella corrisponde alla grotta di Trebiciano; l'altro — a sud di Sesana — corrisponde alla grotta di Konjedovce dove l'ing. Polley ha fatto eseguire una campagna di scavi a proprie spese. I circoletti bianchi indicano i pertugi (Loch) che diventano soffianti durante le piene. I primi due punti a valle della grotta di Trebiciano sono quelli già segnalati da Adolf Schmidl nel 1851; il terzo non è identificabile. Dei tre punti a monte, due probabilmente si riferiscono al "pozzo primo" fra Orle e Gropada (2262 VG) — esplorato nel 1926 e non più ritrovato — e al pozzo del M. Franco (3224 VG) [si veda: Mikolic U. (1998):* Il pozzo del M. Franco*, "Progressione", Trieste, 39:10-12]. Sotto la cartina, nell'originale è raffigurata la sezione del Carso da S. Canziano a S. Giovanni di Guardiella.*

le zattere per rendere navigabile il fiume", indispensabili per effettuare le misure di portata; fa eseguire nuovi rilievi e frequentissime misurazioni di portata nell'arco di molti mesi (lavora per lui anche Eugenio Boegan, di cui si parlerà ampiamente in seguito); tenta di aprire con le mine "una breccia all'entrata del fiume sotterraneo", ma parte dei suoi lavori vengono distrutti nella grande piena del 27 ottobre 1895, quando l'acqua sale all'altezza di m 112,5 sul livello del mare. Fa quindi eseguire, sempre a proprie spese e senza fortuna, grandi lavori di scavo nella grotta Noè (90 VG) e nella grotta Nemec (89 VG) nel tentativo di raggiungere il corso sotterraneo del Timavo; inoltre misure di portata del Recca e della Bistrizza e "terebrazioni" nei pressi delle risorgive del Timavo, dove riscontra che il corso sotterraneo si ramifica subito a monte degli sbocchi formando "dei grandi bacini, la cui acqua ha una profondità di 30 m sotto il livello del mare". Le opinioni da lui formulate non sono deduzioni astratte ma il frutto di attente ricerche sul terreno, eseguite durante le piene nel bacino del Recca. "Ho appreso a seguire il corso sotterraneo del fiume — egli scrive — valendomi dei così detti sfiatatoi che si trovano sulla superficie del suolo; quando l'acqua sale nelle caverne l'aria viene spinta all'esterno con grande forza e con un sibilo che si può udire da lontano. Al tempo delle piene io chiudevo questi buchi con delle tavole e su queste mettevo delle pietre. La corrente d'aria era però così forte da rovesciare la copertura. Il terreno all'intorno tremava e gli alberi si agitavano ... Si deve però ammettere che l'acqua è chiusa per bene nel letto formatosi, poiché se le acque in piena potessero espandersi per tutto il Carso, non dovrebbero formarsi correnti d'aria tanto forti e l'acqua non potrebbe salire a 100 metri ... Se si osserva il Recca in tempo di piena, prima del suo inabissarsi nella voragine di S. Canziano, dopo anche nel burrone Čačna Jama (sic), negli sfiatatoi d'aria presso Povir e si osserva nello stesso periodo di tempo le fessure presso Sesana, Orlek, Gropada e finalmente la caverna di Trebiciano (per più giorni naturalmente) si vede che una piena del bacino del Recca non si manifesta sempre a Trebiciano"... Da quanto sino a qui fu esposto segue che noi abbiamo sul Carso due fiumi sotterranei paralleli, i cui corsi corrispondono alle depressioni seguite sulla superficie nella nostra regione. Questi due corsi si uniscono nella valle di Brestovizza e qui formano il Timavo, quindi noi possiamo chiamarli fiume Recca e fiume Trebiciano. Il Recca scorre esattamente sotto al suo antico letto che si può seguire ancora sulla superficie del suolo e precisamente: da S. Canziano verso Divacciano (Čačna Jama) e da qui oltre Papiriano (Povir), Dane, Smarje, nell'avvallamento presso Duttoliano, Velikidol, Tuble, Berie e Brestovizza per unirsi al fiume Trebiciano e formare il Timavo".

In seguito Antonio Polley modifica in parte le sue opinioni sul corso sotterraneo del Timavo ed afferma che "probabilmente l'acqua della caverna di Trebiciano è un misto di acqua del Recca e delle regioni di Basovizza e Matteria fino a Castel-

nuovo" [91]. Nella cartina inserita in una delle sue pubblicazioni[92], egli delinea un tracciato del corso sotterraneo che poco si discosta da quello elaborato da Giuseppe Sforzi mezzo secolo prima (un corso unico da S. Canziano alla grotta di Trebiciano per Divaccia e Povir), con una curva più accentuata verso Sesana, dove sembra sicura la presenza del Recca nella grotta di Konjedovce, anche questa fatta scavare a sue spese.

Si discosta su questo punto il pensiero di Eugenio Boegan: egli immagina infatti la direttrice principale del deflusso sotterraneo spostata verso sud (secondo l'ipotesi di Adolf Schmidl), da S. Canziano attraverso la soglia di Corgnale (7). Nel suo "profilo longitudinale del Carso da S. Canziano a Duino lungo la traccia presumibile del corso sotterraneo del Timavo" Boegan la individua in corrispondenza delle maggiori cavità conosciute, sull'allineamento grotta dei Serpenti - grotta di Corgnale - grotta di Trebiciano - Fernetti - grotta Gigante - grotta Martel - grotta Nemec - grotta delle Torri di Slivia - risorgive del Timavo.

L'ipotesi dei due corsi sotterranei paralleli — e del tutto indipendenti tra loro — viene ripresa da Franz Mühlhofer (85), ufficiale dell'esercito austriaco in servizio a Sesana e capogruppo della nuova associazione speleologica "Hades", di cui si è detto, che aderirà in seguito (1911) alla Sektion Küstenland dell'Alpenverein di Trieste. Giovanni Andrea Perko (88) sostiene invece l'esistenza di un collegamento tra i due fiumi sotterranei a monte della grotta di Trebiciano, in modo che attraverso di essa possa defluire anche parte dell'acqua di S. Canziano. Tra queste due ipotesi rimane però un disaccordo di base, riguardante l'interpretazione stessa della circolazione profonda del Carso: Mühlhofer infatti precisa che l'acqua sotterranea non segue un corso vero e proprio ma si disperde nell'acqua di fondo, mentre Perko sostiene che tale acqua di fondo non esiste nei massicci calcarei e che i deflussi profondi seguono dei corsi ben distintamente canalizzati[93].

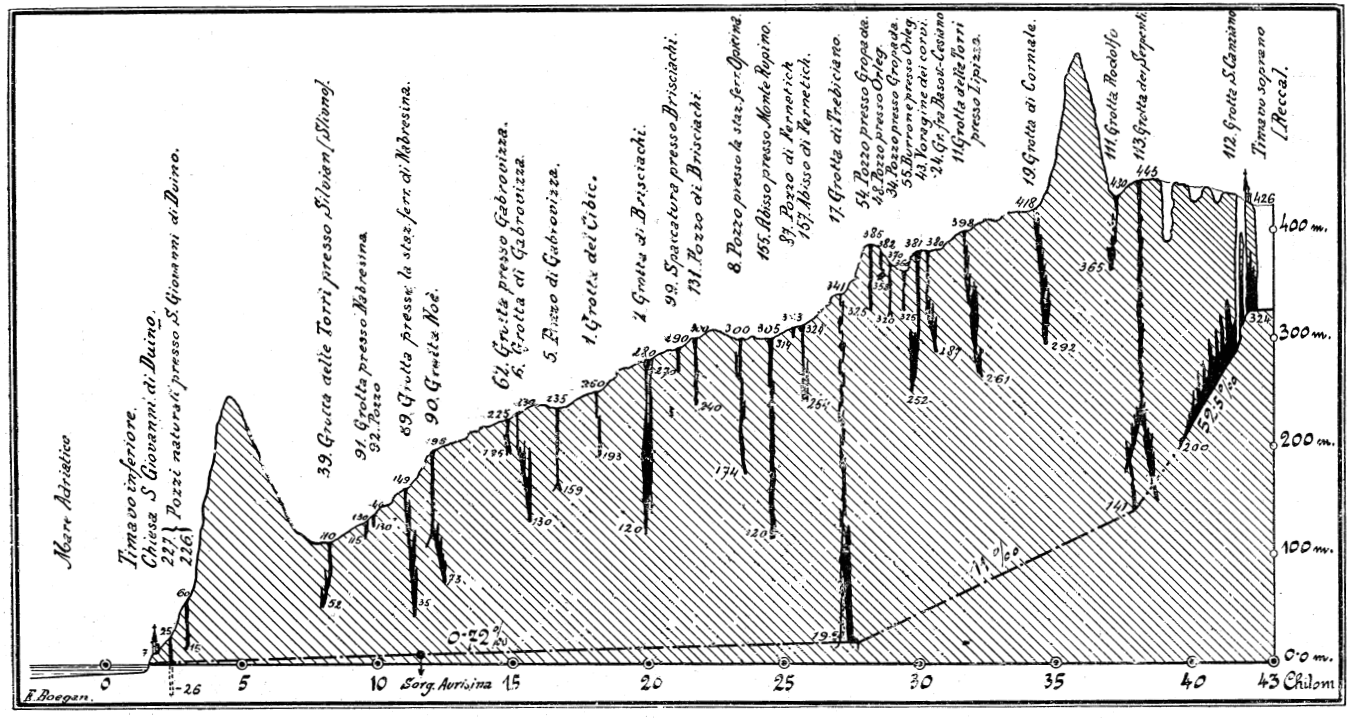
Il problema della circolazione carsica sotterranea comincia in quegli anni ad alimentare, a livello internazionale, una controversia scientifica che si è protratta per mezzo secolo, anche se già da tempo a Trieste — come si è visto — questi argomenti sono affrontati e dibattuti in relazione ai vari progetti di rifornimento idrico.

---

91. Polley A (1909): *Acquedotto da Trebiciano a S. Giovanni presso Trieste oppure invece conduttura dell'acqua del Timavo per la strada recentemente progettata da Monfalcone a Trieste*, Trieste, 1-7.

92. Polley A. (1908): *Zusammenstellung über den unterirdischen Lauf des Karst-wassers*, Triest.

93. Perko G.A. (1908): *Zur Hydrographie des istrischen Karstes*, "Globus", Braunschweig, 94(19):297-301. Perko G.A. (1908): *Im Karst ist kein Grundwasser*, "Laibacher Zeitung", Laibach (Ljubljana), n. 176-179.



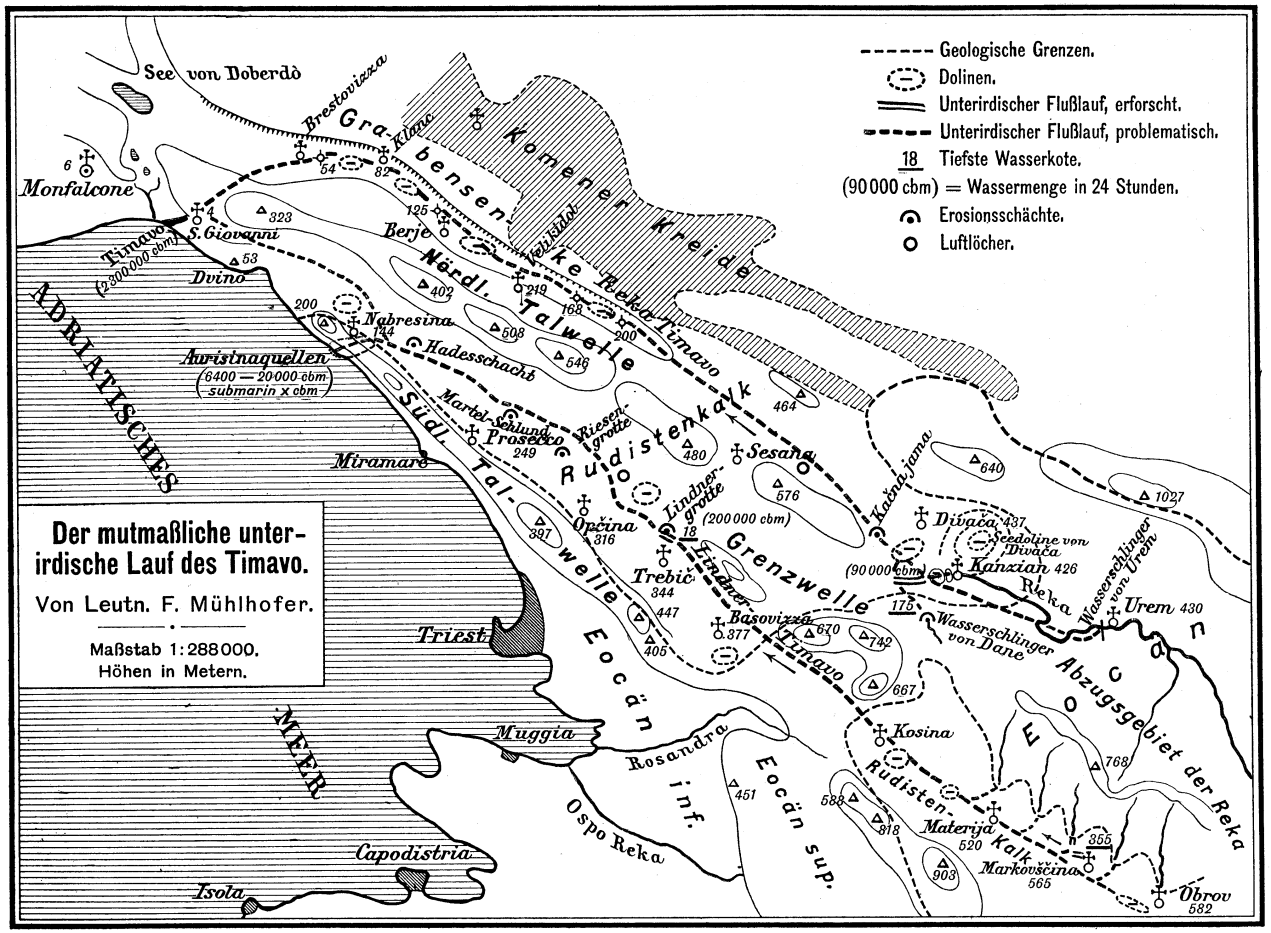
Profilo longitudinale del Carso da S. Canziano a Duino lungo la traccia presumibile del percorso sotterraneo del Timavo.
(L'altezza è disegnata in iscala 40 volte maggiore di quella della lunghezza).

Sezione del Carso triestino in corrispondenza del presunto corso sotterraneo del Timavo; da: Boegan E. (7). In confronto all'ipotesi di Giuseppe Sforzi (cartina a pag. 30), a monte della grotta di Trebiciano il corso sotterraneo risulta spostato verso sud di alcuni chilometri; più a valle, all'altezza delle sorgenti di Aurisina, questo avrebbe un'andamento parallelo alla linea di costa, circa due chilometri all'interno dell'altopiano.

La teoria dell'acqua di fondo (Grundwasser) nella roccia calcarea, sostenuta a fine Ottocento da diversi studiosi, trova il suo maggior illustratore — singolare coincidenza dei nomi — in Alfred Grund, che paragona un calcare fessurato, da un punto di vista idrologico, ad un conglomerato molto grossolano "a blocchi di diametro gigantesco separati da strette fessure", lungo le quali l'acqua percola in profondità fino alla base del massiccio carsico[94]. In un tale sistema di esilissime vene d'acqua si verrebbe a determinare nei massicci carsici una situazione simile a quella dei terreni incoerenti: una zona di percolazione, analoga alla "zona vadosa", entro la quale le acque meteoriche si infiltrano lungo le fratture della roccia ed una zona satura sottostante, analoga alla "zona freatica" (letteralmente: "zona nella quale attingono i pozzi" - *phréatos*) che è imbevuta dall'acqua di fondo nel suo infinito sistema di fessure comunicanti, interconnesso su estensione regionale. La zona satura sarebbe limitata superiormente da una superficie che raccorda il livello raggiunto dall'acqua nelle fessurazioni (la "superficie piezometrica" delle falde acquifere nei terreni incoerenti); questa superficie sale o decresce, nella massa calcarea, sotto l'effetto delle precipitazioni e degli eventuali apporti fluviali, in misura variabile, dipendente dalla densità della fratturazione della roccia. Se l'apporto delle piogge è particolarmente intenso, la zona satura può raggiungere la superficie del suolo e causare l'inondazione delle aree più basse. Grund distingue nell'acqua di base un'acqua di fondo vera e propria (Grundwasser) al di sotto del livello di base — cioè il livello delle risorgive — sempre stagnante ed assolutamente priva di qualsiasi circolazione, estesa fino alle rocce incarsificate sottostanti al massiccio calcareo. Al di sopra del livello di base, che nei carsi litoranei è pressoché coincidente con il livello del mare, l'acqua sotterranea sottoposta a carico idrostatico (Karstwasser) è invece in continuo, lento movimento verso i punti di sbocco, frazionata e dispersa in un reticolo di fessure impenetrabili. Su concezioni del tutto diverse si basano le ipotesi di Eduard Alfred Martel, lo studioso più autorevole del tempo in materia di carsismo, con un curriculum ragguardevole di speleologia esplorativa. Egli parte dal presupposto che non possono esistere falde freatiche nei massicci carsici, all'interno dei quali i corsi d'acqua scorrono sempre canalizzati ed è possibile a tutti i livelli la formazione di condotte forzate sottoposte a pressione idrostatica, an-

---

94. Si vedano le sintesi critiche sull'evoluzione delle teorie idrogeologiche in:
Herak M., Stringfield V.T. (1972): *Karst - Important karst regions of the northern hemisphere*, Elsevier, Amsterdam, 1-24.
Gams I. (1974): *Kras - zgodovinski, naravoslovni in geografski oris*, Slovenska Matica, Ljubljana, 27-60.
Herak M. (1976): *The yugoslav contribution to the knowledge of karst hydrology and geomorphology*, Karst hydrology and water resources, 1:3-30 (citato nella nota 162).


Der mutmaßliche unterirdische Lauf des Timavo.
Von Leutn. F. Mühlhofer.
Maßstab 1:288000.
Höhen in Metern.
Geologische Grenzen.
Dolinen.
Unterirdischer Flußlauf, erforscht.
Unterirdischer Flußlauf, problematisch.
18 Tiefste Wasserkote.
(90000 cbm) = Wassermenge in 24 Stunden.
Erosionsschächte.
Luftlöcher.
See von Doberdò
Monfalcone
Timavo (2300000 cbm)
S. Giovanni
Dvino
Nabresina
Auristnaquellen (6400 — 20000 cbm submarin x cbm)
Hadesschacht
Miramare
Triest
Muggia
Capodistria
Isola
ADRIATISCHES MEER
Brestovizza
Gra-benser Klana
Komener Kreide
Nördl. Talwelle
Südl. Talwelle
Rudistenkalk
Grenzwelle
Eocän
Eocän inf.
Eocän sup.
Ospo Reka
Rosandra
Martel-Schlund
Riesengrotte
Prosecco
Lindnergrotte
Trebic
Basovizza
Opčina
Sesana
Kahlenjama
Divaca
Seedoline von Divaca
Kanzian
Reka
Wasserschlinger von Urem
Urem
Wasserschlinger von Dane
Abzugsgebiet der Reka
Kosina
Materija
Markovščina
Ubrov
Rudisten-kalk

che con canali sifonanti; osserva che ammettere l'esistenza di "falde discontinue" nei calcari equivale a riconoscere l'esistenza di un reticolo di pieni e di vuoti e che una "falda" può dirsi tale soltanto qualora si estenda con continuità per una grande estensione. La circolazione dell'acqua sotterranea carsica non avviene dunque con un flusso continuo e diffuso, ma con flussi concentrati e isolati nella massa rocciosa, che possono essere sottoposti a differenti pressioni idrauliche anche in canalizzazioni molto vicine. Questa visione del fenomeno viene ripresa e puntualizzata da Friedrich Katzer, che studia come Alfred Grund i grandi polje della Bosnia occidentale giungendo però a conclusioni opposte alle sue. Egli osserva che bacini contigui ed alla medesima altitudine talvolta non vengono contemporaneamente allagati e che durante le inondazioni dei polje alcuni inghiottitoi continuano ad assorbire l'acqua mentre questa sta ancora crescendo, rigurgitata dalle cavità vicine. Inoltre, nel caso di sorgenti vicine situate a diversa altezza, non sempre quelle più elevate si seccano per prime; si tratta in definitiva di un "groviglio" di correnti sotterranee che fluiscono nei sistemi di canalizzazioni della roccia (Karstgerinnen).

Secondo tali vedute la circolazione sotterranea sarebbe condizionata soltanto dalle fratture più grandi ed avrebbe il carattere di un reticolo di canali nettamente individuati, veri e propri corsi d'acqua con alvei propri e con una propria individualità, come i fiumi superficiali, fino alla foce. Queste canalizzazioni si formerebbero per il progressivo confluire di vene d'acqua sempre più ricche e quindi anche in assenza di un apporto fluviale esterno vero e proprio. Non può esistere quindi una superficie piezometrica continua e con uniforme inclinazione su scala regionale, ma il livello dell'acqua nelle canalizzazioni dipende da condizioni esclusivamente locali. Un sifone in una grotta non rappresenta pertanto la superficie di una falda idrica, che permea un sistema di vasi comunicanti nelle fratture, ma al contrario, un tratto di galleria allagata a tenuta stagna, priva del tutto di fessurazioni, oltre il quale la grotta può continuare in profondità anche con vani a pelo libero.

Martel in realtà non respinge l'idea di una massa d'acqua continua che possa riempire tutti i vuoti della roccia, ma questi sono intesi come un reticolo di canali separati tra loro e di vani nettamente individuati, nei quali il livello dell'acqua stessa dipende da condizioni esclusivamente locali e si dispone secondo una superficie di equilibrio variabile nel tempo e nello spazio. Punto cruciale della questione è invece il ruolo delle fessure minori e capillari, inaccessibili all'indagine diretta, re-

---

Nella pagina a fronte: "Il presumibile corso sotterraneo del Timavo", da: Mühlhofer F. (85). Alle risorgive di S. Giovanni di Duino confluiscono il Reka-Timavo, proveniente dalla grotta di S. Canziano e il Lindner-Timavo proveniente dal bacino di Castelnuovo. Col nome di Lindner-grotte viene indicata la grotta di Trebiciano.

sponsabili dello stabilirsi o meno di una verosimile superficie piezometrica e soprattutto di una ritenzione idrica in grado di esercitare una funzione regolatrice sui deflussi.

Fra i molti studiosi coinvolti nella polemica sulla Karstwasser, ridotta il più delle volte a dispute accademiche da tavolino che si sono protratte ben dopo la scomparsa di Alfred Grund (morto in guerra nel novembre 1914), merita un cenno particolare il geologo Lukas Waagen, che studia per anni l'idrologia sotterranea dell'Istria meridionale per l'approvvigionamento idrico di Pola e di Parenzo. Egli ammette l'esistenza dell'acqua di fondo soltanto nei massicci carsici poco profondi, condizionati da un livello sottostante di rocce impermeabili; in quelli profondi invece, l'acqua di percolazione verticale tenderebbe progressivamente a confluire e a dare luogo ad una circolazione prevalentemente canalizzata, estesa anche molto al di sotto dell'attuale livello del mare, come sarebbe dimostrato dalle grandi sorgenti sottomarine del golfo di Fiume e della Dalmazia. Nei Carsi profondi sarebbe riscontrabile lungo la costa un'acqua di fondo di ristagno (Staugrundwasser), per effetto dell'arginatura provocata sulle acque d'infiltrazione locale dall'equilibrio idrostatico dell'acqua marina, di differente peso specifico[95].

Inizia la ricerca scientifica

La prova incontrovertibile della continuità Recca-Timavo viene ottenuta per la prima volta appena all'inizio del 1908, quando è coronata dal successo la "gigantesque épreuve physico-chimique" (sono parole di E.A. Martel) realizzata dopo lunga e metodica preparazione da Guido Timeus, direttore del laboratorio chimico del "Civico Fisicato" (Ufficio d'igiene) del Comune di Trieste. Per primo egli riesce a dimostrare le relazioni tra i principali afflussi e deflussi del Carso classico, con l'impiego di coloranti, di traccianti chimici e di sostanze radioattive; mette a punto nuovi e originali metodi di ricerca con la collaborazione di Giorgio Vortmann, triestino anch'egli, che diventa in quegli anni direttore del Politecnico di Vienna. In particolare, per superare i problemi relativi ai lunghi percorsi sotterranei e ai grandi volumi d'acqua, sperimenta l'impiego del cloruro di litio, da riconoscere all'analisi spettroscopica; per aumentare la sensibilità della ricerca i campioni d'acqua vengono sottoposti ad evaporazione (concentrazione), aggiunta di acido cloridrico diluito e

95. Waagen L. (1910): *Die unterirdische Entwässerung im Karst*, "Geographische Zeitschrift", Leipzig, 16:398-401.

successivo trattamento con alcool del residuo. Accertata preventivamente con questo sistema l'assenza del litio nelle acque da esaminare, a fine dicembre 1907 vengono immessi nel Recca 50 chilogrammi del tracciante (in piccoli sacchetti disposti nella linea mediana della corrente); gli esami spettroscopici di 1380 campioni d'acqua, eseguiti nei laboratori di Vienna, rivelano la presenza del litio nelle risorgive del Timavo — dove giunge dopo 8 giorni e 19 ore — e nelle sorgenti di Aurisina, Barcola e S. Giovanni di Guardiella[96]. In seguito si esprimeranno molti dubbi sulla realtà del collegamento S. Canziano - S. Giovanni di Guardiella, dove l'acqua, in apparenza di sola percolazione, sgorga ad una quota relativamente elevata (56 metri sul livello del mare)[97]. Pure si tratta delle sorgenti nelle quali il litio sarebbe riapparso in quantità maggiore rispetto a tutti gli altri punti di deflusso e più accurate indagini sulla geologia della zona — in particolare sui sistemi di faglie che l'attraversano — non escludono oggi la possibilità di tale relazione idrologica[98].

I risultati di questo primo esperimento vengono poi verificati nell'aprile e nell'ottobre 1909 con l'impiego di sostanze radioattive. La marcatura consiste nel disporre trasversalmente alla corrente, immersa nell'acqua, una "catena" di sacchetti di pechblenda di Joachimsthal (uraninite) trattenuta da funi; alle risorgive la determinazione quantitativa della radioattività viene effettuata immediatamente, sul posto, con l'impiego di un particolare elettroscopio e senza dover raccogliere campioni da analizzare in laboratorio[99]. Ripetuti varie volte, gli esperimenti sembrano avere risultato positivo, anche se oggi si esprime qualche riserva sulla validità della metodica usata[100]. In seguito, durante un altro tentativo, una piena improvvisa nella grotta di S. Canziano trascina nel corso sotterraneo del Timavo 50 chilogrammi di pechblenda, avuti in prestito dal governo austriaco.

---

96. Vortmann G., Timeus G. (1911): *L'applicazione del cloruro di litio nelle indagini d'idrologia sotterranea*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali", Trieste, 25(2):233-237.

97. Nel 1965 viene data la notizia, accolta anch'essa con molte riserve, del ritrovamento di un proteo nella galleria del vecchio acquedotto teresiano di S. Giovanni di Guardiella; si veda:
Scoperta alle porte di casa una rilevante falda acquifera, "Il Piccolo", Trieste, 21.7.1965.
Guidi P. (1970): *L'abisso della Cava Faccanoni*, "Rassegna Speleologica Italiana", Milano, 22(1/4):30-32.

98. Anselmi M., Ballarin L., Forti F., Forti Fu., Semeraro R. (1995): *Geologia e carsismo sotterraneo recente della Cava Faccanoni*, "Ipogea - Rivista di carsismo e speleologia del Gruppo Speleologico S. Giusto", Trieste, 1:17-48.

99. Vortmann G., Timeus G. (1911): *L'applicazione di sostanze radioattive nelle ricerche d'idrologia sotterranea*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali", Trieste, 25(2):247-259.

100. Mosetti F. (1985): *Geofisica*, Enciclopedia Monografica del Friuli Venezia Giulia, 1. Aggiornamento, Udine, 123-200 (179).

Viene inoltre dimostrata nel 1910, con l'impiego di cloruri di litio e di stronzio, la relazione tra le perdite del Vipacco a Vertoce (dove il fiume lambisce le rocce calcaree del Carso e sono visibili addirittura dei piccoli vortici nelle fessure) con i laghi di Doberdò e di Pietrarossa, le sorgenti Sardos (Sardotsch) e le risorgive del Timavo (nelle quali, sia pure estremamente diluiti, i traccianti giungono prima che nel lago di Pietrarossa). Ha invece un risultato negativo la verifica del collegamento tra il bacino di Castelnuovo e le acque profonde del Carso triestino: immessi 50 chilogrammi di fluoresceina nell'inghiottitoio di Odolina, il tracciante compare soltanto nelle risorgive del Risano, rimaste fortemente colorate per quattro giorni "con disillusione dei cultori di quella teoria che vuol stabilire una analogia ed una dipendenza tra il corso sotterraneo delle acque ed il supposto loro antico alveo subaereo nelle depressioni del terreno"[101].

L'esistenza di una falda idrica indipendente dalle risorgive del Timavo, per quanto ad esse contigua, viene evidenziata nel 1909 con l'immissione di uranina (sale potassico della fluoresceina) nel laghetto al fondo del pozzo della ferrovia (226 VG), ubicato 250 metri a monte del pozzo dei Colombi (227 VG), ma con il livello dell'acqua due metri più basso e circa 20 centimetri — in regime di magra — più basso dello stesso terzo ramo del Timavo (contro l'ipotesi di un teorico sistema di vasi comunicanti). Il colorante esce dopo quattro giorni, in seguito a forti precipitazioni, dalle sorgenti Sardos e Moschenizze, e soltanto in minime tracce, rilevate dall'esame spettroscopico in un'altra occasione, dalle risorgive del Timavo[102].

Contemporaneamente agli esperimenti di marcatura, Timeus esegue sulle acque sotterranee del Carso una serie di sistematiche ricerche chimiche, batteriologiche e mineralogiche, misure termometriche ed analisi del plankton e delle torbide, anticipando nelle metodiche gli orientamenti degli studi idrologici ripresi ai nostri giorni. Sulla base di questa ingente raccolta di dati, egli conferma l'ipotesi della "coesistenza di grandi bacini sotterranei e di un sistema reticolato di canali" nel corso sotterraneo del Timavo, con una funzione equilibratrice nella portata delle risorgive (come sarebbe dimostrato, soprattutto in regime di magra, dalla temperatura e dalle caratteristiche chimiche dell'acqua, che si mantengono costanti). Timeus esclude il prevalere nella circolazione idrica del Carso di acque derivanti da lenta infiltrazione attraverso la roccia calcarea e scorrenti in un reticolo di fessure; nel qual caso l'acqua del Timavo "dovrebbe essere molto più carica di sali ... e la

---

101. Piacentini G. (1912): *Contributi alla soluzione del problema dell'acqua*, Ufficio Idrotecnico Comunale, Trieste, 47.

102. Boegan E. (1914): *Pozzi naturali presso S. Giovanni di Duino*, "Alpi Giulie", Trieste, 19(4-6):95-101.

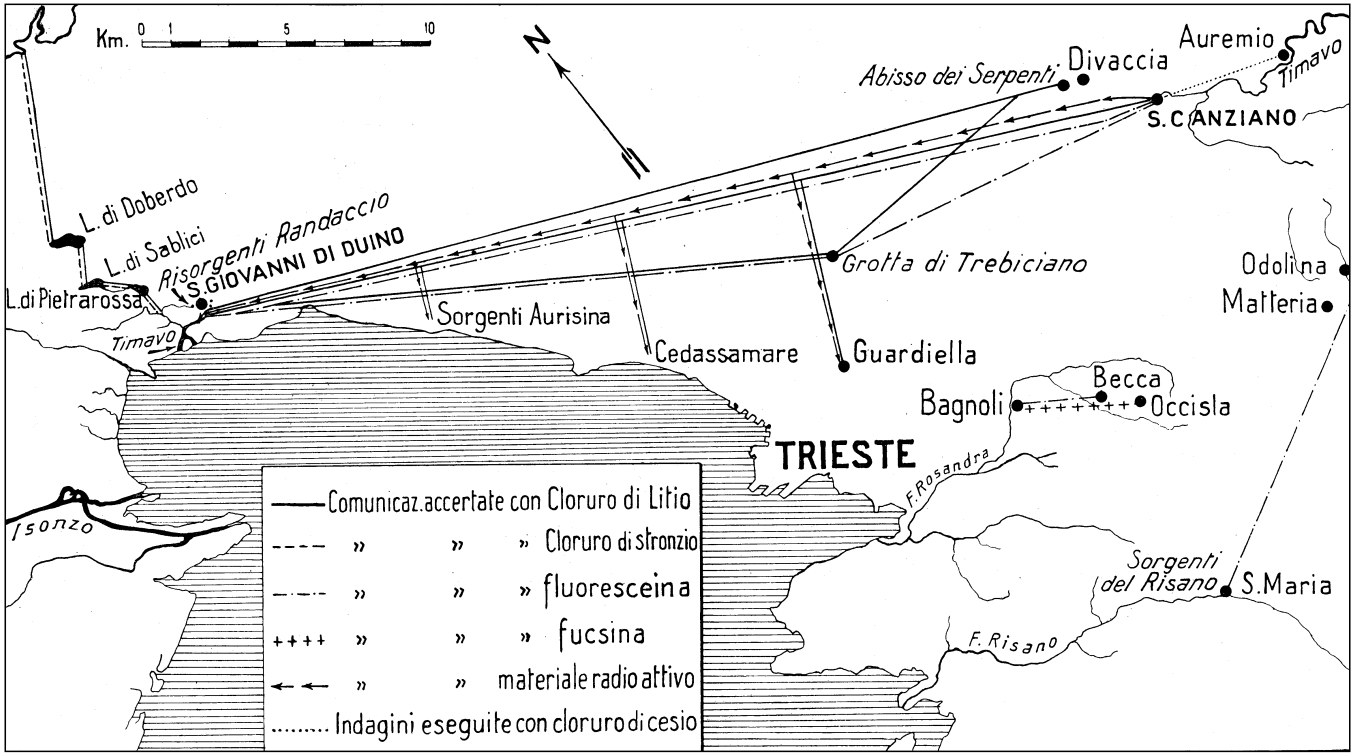
durezza dovrebbe essere notevolmente maggiore di quella che realmente si presenta" (97). Ritiene che il Timavo sotterraneo a valle degli scarichi laterali di Barcola "si diluisce immensamente forse anche con acqua proveniente da altri bacini"[103]; a questo riguardo considera probabile, ma non si sa sulla base di quali elementi, che il Timavo possa ricevere cospicui contributi dalle "grandi vene del sottosuolo del Friuli".

Mente dinamica nella ricerca scientifica, Guido Timeus come funzionario del Civico Fisicato dimostra però un eccessivo ottimismo riguardo la potabilità e la capacità di autodepurazione delle acque carsiche ed è proprio contro le sue conclusioni sotto il profilo igienico che l'opposizione socialista nel consiglio comunale di Trieste riesce a bloccare nel 1912 il nuovo progetto per l'acquedotto del Timavo. Viene avviata di conseguenza una nuova serie di studi coordinata da una commissione di periti esterni: Karl Kinzer, consigliere edile superiore della città di Vienna, Theodor Schenkel, consulente in ingegneria civile di Graz e Franz Kossmat, docente di geologia al politecnico di Graz. Nella grotta di Trebiciano si sostituiscono nuovamente le scale e si costruisce una zattera per le misure di portata; inoltre vengono sistemati scalarmente quindici idrometri dal fondo alla sommità della collina di sabbia (quota 60 metri) nella grande caverna. L'Ufficio Idrotecnico Comunale esegue un lungo ciclo di misure idrometriche e termometriche del corso sotterraneo; a tale scopo Eugenio Boegan vi compie discese giornaliere dal gennaio 1913 al maggio 1915 (osservazioni poi saltuariamente continuate fino al marzo 1916). Viene così verificata, tra l'altro, la relazione tra il livello dell'acqua e la sua velocità — e di conseguenza la portata — a dimostrazione che l'aumento di carico idrostatico imprime un'immediata accelerazione al drenaggio sotterraneo.

Timeus organizza il 28 gennaio 1913 un esperimento di marcatura del Recca per verificare il collegamento S. Canziano - grotta di Trebiciano - Timavo, impiegando un sensibilissimo fluoroscopio di sua invenzione (un precedente esperimento eseguito nel 1908 a Trebiciano non ha ottenuto un risultato del tutto sicuro). Il colorante compare nella grotta di Trebiciano dopo 135 ore dall'immissione e vi transita per 48 ore; dopo altri quattro giorni fuoriesce alle risorgive del Timavo, sia pure in estrema diluizione, rilevabile soltanto con l'analisi chimica. "La persistenza della colorazione a Trebiciano — scrive Timeus — avuto riguardo al limitato quantitativo di uranina impiegato nelle indagini (17 kg), dimostra che a monte della caverna non debbano sussistere che limitati bacini di raccolta". Il cloruro di litio viene portato anche nel punto più profondo della Kačna jama, grazie alla collaborazione degli speleologi del Höhlenforscherverein Hades (12 maggio 1913); il trac-

---

103. *Il problema Recca - Timavo risolto*, "Il Piccolo", Trieste, 11.4.1908.



La cartina e il quadro sinottico delle relazioni idrologiche accertate con gli esperimenti di marcatura di Guido Timeus (99). Nell'angolo in alto a sinistra, il corso tortuoso del Vipacco. Le sorgenti di Aurisina e di Guardiella alimentavano i vecchi acquedotti di Trieste; quelle di Cedas (Cedassamare), oggi scomparse, nell'Ottocento erano ancora "perenni e abbondanti" e venivano utilizzate per il rifornimento delle navi.

Esperienze per dimostrare l'esistenza di comunicazioni fra alcuni corsi d'acqua della Regione Giulia.

Le esperienze d'idrologia sotterranea, eseguite con i metodi sottoindicati hanno dimostrato le comunicazioni fra i seguenti corsi d'acqua:	Metodo usato	LOCALITÀ E QUOTA della immissione	LOCALITÀ E QUOTA della risorgenza	Dislivello	Distanza	Pendenza ‰	Tempo impiegato (1)	Velocità oraria
1) Relazione fra il fiume Timavo superiore a S. Canziano (Recca) e le foci del Timavo presso S. Giovanni di Duino (eseguita con cloruro di Litio e con materiale radioattivo e Fluoresceina).	*a*) Litio *b*) Radioattivo *c*) Fluoresceina	Grotta S. Canziano m. 317 Scoglio „Loreley" m. 262 Grotta S. Canziano m. 317	Foci del Timavo m. 3 Foci del Timavo m. 3 Foci del Timavo m. 3	m. 314 m. 259 m. 314	km. 34.5 km. 34 km. 34.5	m. 9.1 m. 7.7 m. 9.1	8 g. 19 h. 8 g. 10 g. 3 h.	m. 183.5 m. 177.1 m. 142
2) Relazione dei corsi d'acqua che scorrono al fondo della voragine dei Serpenti con le foci del Timavo.	Litio	Fondo Grotta dei Serpenti m. 120	Foci del Timavo m. 3	m. 117	km. 31	m. 3.8	(1)	—
3) Relazione del corso del Timavo superiore con il fiume che scorre nel fondo della caverna di Trebiciano	Fluoresceina	Grotta S. Canziano m. 317	Grotta Trebiciano m. 18	m. 299	km. 12.5	m. 23.9	5g.8h.51'	m. 97
4) La comunicazione fra il Timavo superiore e il corso sotterraneo con le risorgenti di S. Giovanni di Guardiella, Cedassamare e le polle di Aurisina (eseguita con cloruro di Litio e sostanze radioattive)	Litio Litio Litio	Grotta S. Canziano m. 317 idem idem	Guardiella m. 56 Cedassamare m. 2 Sorg. Aurisina m. 0	m. 261 m. 315 m. 317	km. 15 km. 21 km. 27	m. 17.4 m. 15 m. 11.7	10g. 14h. 7g. 16h. 8g. 19h.	m. 59.05 m. 114.13 m. 127.9
5) È dimostrata l'enorme diluizione nella caverna di S. Canziano delle acque del Timavo superiore presso Auremio sup. con altri corsi sotterranei (eseguita con cloruro di Cesio) e la velocità del Timavo superiore da Auremio al fondo della grotta (eseguita con fluoresceina).	Cesio	Auremio sup. m. 350	Fondo gr. S. Canziano m. 252	m. 98	km. 7	m. 14	$12^3/_4$ h.	m. 549
6) La relazione del corso del Timavo sotterraneo con i pozzi naturali esistenti presso lo sbocco dello stesso: Pozzo dei Colombi, N. 227 Grotta Seconda N 226 e due grotte presso la risorgenza del Timavo (indagini eseguite con fluoresceina e fuxina).	*a*) Fluoresceina *b*) Fluoresceina *c*) Fluoresceina	Pozzo dei Colombi N. 227 m. 4.35 Pozzo pr. Ferrovia N. 226 m. 2.27 2 piccole grotte pr. la risorg. Timavo m. 2.44	Foci Timavo m. 2.41 Foci Timavo m. 2.10 e Sorgenti Randaccio (Sardotsch) m. 2.08 Foci Timavo m. 2.41	m. 1.94 m. 0.17 m. 0.15	m. 315 m. 580 m. 620	m. 6.2 m. 0.3 m. 0.24	2 h. (2)	m. 157.5
7) La relazione del Timavo sotterraneo con le risorgenze di Randaccio (Sardotsch) (eseguite con fluoresceina)	Fluoresceina	Pozzo pr. la ferrovia N. 226 m. 2.27	Sorg Randaccio m. 2.08	m. 0.15	m. 620	m. 0.24	6' 4 g.	m. 250 dopo un acquazzone
8) La congiunzione del fiume Vipacco attraverso i laghi di Doberdò, Sablici e Pietra rossa con le foci del Timavo presso S. Giovanni di Duino e le Risorgenze di Randaccio eseguita con cloruro di Litio e di Stronzio.	Litio e cloruro di Stronzio idem idem idem idem	Nel Vipacco a Vertozza pr. Biglia m. 38 idem idem idem idem	Lago Doberdò m. 6 Lago Pietrarossa m. 4 Lago Sablici m. 0.88 Foci del Timavo m. 3 Isonzo in cui si scarica il Vipacco m. 4	m. 32 m. 34 m. 37.12 m. 35 m. 34	km. 7.5 km. 9 km. 10.5 km. 12.5 km. 6	m. 4.3 m. 3.8 m. 3.5 m. 2.8 m. 5.7	— — — 5 g. 3 g.	— — m. 104.1 m. 83.3
9) Scoperta del fiume Risano; comunicazione fra le acque del torrente di Odolina presso Matteria con le risorgenti del Risano presso S. Maria (eseguita con fluoresceina).	Fluoresceina	Torrente Odolina (Valle di Castelnuovo) m 495	Sorgenti Risano m. 70	m. 425	km. 12.5	m. 3.4	5 g.	m. 104.1
10) Comunicazione delle acque che s'inabissano nelle voragini di Becca e Occisla (Altipiano di S. Servolo) con le risorgenti di Bagnoli (eseguita con fluoresceina e con fuxina).	Fluoresceina Fucsina	Grotta d. Cascata N. 169 m. 348 Vorag di Occisla m. 348	Risorg. Bagnoli m. 50 idem	m. 298 m. 298	m. 2850 km. 3	m. 104.9 m. 99.5	(3)	
11) Comunicazione delle acque del lago di Sablici con le sorgenti del Lisert (eseguita con fluoresceina),	Fluoresceina	Lago Sablici m. 0.88	Sorgente Lisert m. 0.58	m 0.30	m. 480	m. 0.63	4h. 50'	m. 99.4

(1) Accertato dopo un anno in seguito ad una eccezionale piena.

(2) Accertato dopo un violento acquazzone.

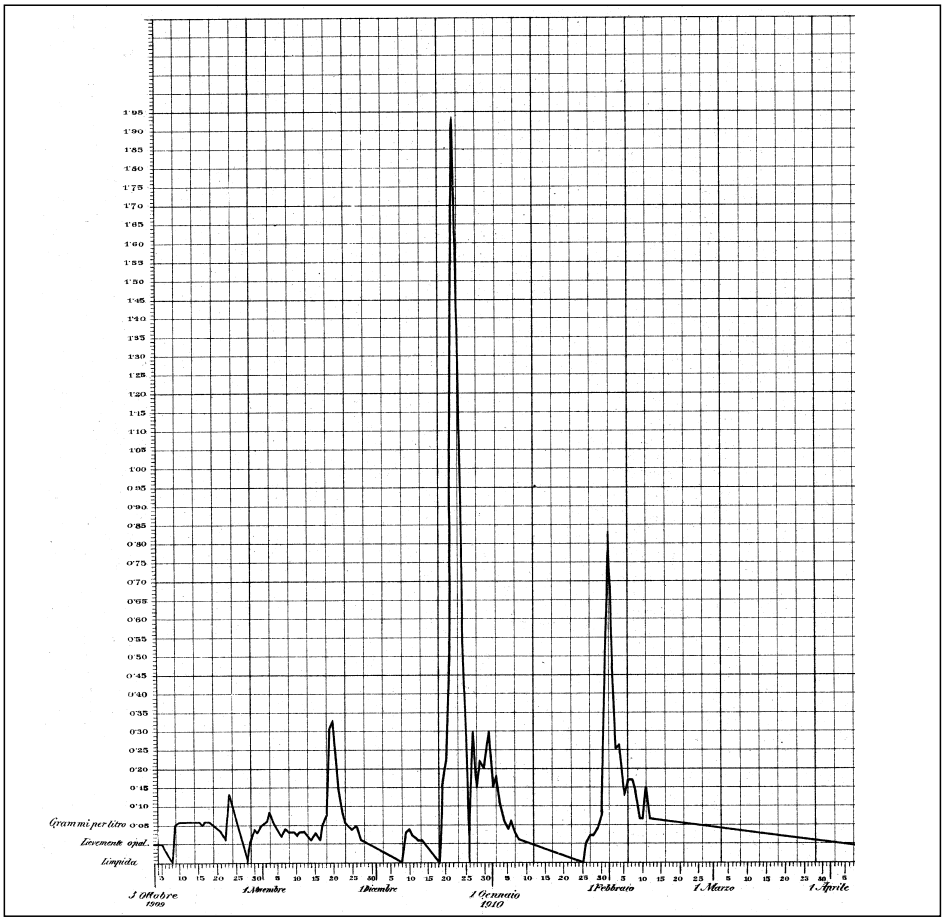
(3) Risultato dopo forti precipitazioni; dalla risorgente uscì acqua colorata con fluoresceina invece dalla vicina breccia litoclasica l'acqua era tinta dalla fucsina.

ciante viene riscontrato nel Timavo e nella grotta di Trebiciano appena nel marzo 1914, in seguito ad una forte piena. La possibilità di disporre dei risultati delle analisi eseguite per più giorni consecutivi consente per la prima volta di effettuare una correlazione delle variazioni di portata nella grotta di Trebiciano con la torbidità dell'acqua e le sue caratteristiche chimico-biologiche; la grande variabilità di questi parametri nei diversi regimi idrologici, le forti oscillazioni della temperatura dell'acqua e l'inquinamento riscontrato "durante gli innalzamenti di livello nella caverna" portano al definitivo abbandono del progetto dell'acquedotto di Trebiciano[104]:

"Mentre in condizioni normali, quando le acque sono basse, non venne accertata la presenza di acido nitroso né di ammoniaca ed il contenuto di sostanza organica (calcolato come permanganato consumato) si aggira intorno a 2-3 mgr. per litro e l'acqua si mantiene perfettamente limpida, e l'analisi batteriologica dimostra da 40 a 80 microorganismi per centimetro cubo, ed inoltre la durezza si mantiene costante, all'incontro durante l'innalzamento del livello specialmente quando le precipitazioni sono alquanto forti, osserviamo la presenza dell'acido nitroso e l'ammoniaca in quantità da 0,10 a 0,15 mgr. per litro; il contenuto di sostanza organica oscilla da 8 a 10 mgr. per litro; e la durezza dimostra differenze di 3-4 gradi tedeschi. L'acqua durante le precipitazioni si presenta torbidissima, la torbidezza maggiore si osserva nel primo giorno d'innalzamento di livello e persiste talvolta per 5 o 6 giorni. L'analisi batteriologica, che come si è detto durante i periodi normali dimostra da 40 a 80 colonie per centimetro cubo, sale improvvisamente a oltre 1000 colonie per centimetro cubo. Durante i periodi di discesa delle acque il quantitativo dei microorganismi oscilla da 300 a 400 per centimetro cubo. Per quanto concerne le torbide, dalle ricerche finora avviate si deduce che le torbide di Trebiciano arrivano fino a 0,735 grammi per 1000 centimetri cubi cioè 735 grammi per metro cubo. Il Timavo inferiore nella stessa epoca arrivò a un massimo di 0,05875 grammi per 1000 centimetri cubi ossia 58,75 grammi per metro cubo; risulta cioè nel Trebiciano una torbida 12.5 volte maggiore di quella del Timavo inferiore. In altre indagini la torbida di Trebiciano superò soltanto di 3.5 volte quella del Timavo inferiore ... Per quanto concerne il carattere delle torbide, dobbiamo osservare una prevalenza di materiale colloidale e una persistenza maggiore che in quella del Timavo inferiore, carattere e persistenza che sono in perfetto parallelismo col Timavo superiore (Recca)".

---

104. Costantini A., Timeus G. (1914): *Parere sul provvedimento d'acqua dalla caverna di Trebiciano,* Consiglio comunale di Trieste, Allegato al resoconto stenografico della nona seduta pubblica del 6 maggio 1914, Trieste, 185-189 (i dati delle analisi, eseguite dall'Istituto di Igiene dell'Università di Vienna, sono riportati nelle tabelle alle pag. 68-99).



"Diagramma indicante il grado delle torbide del Timavo inferiore", realizzato durante gli studi preparatori per l'acquedotto di Trieste; da: Timeus G. (97).
L'acqua è perfettamente limpida soltanto in rare giornate e "lievemente opalescente" per brevi periodi; peraltro non sono frequenti nemmeno le forti torbide (sono considerate torbide medie quelle con 0,020 grammi/litro di materiali in sospensione). I tempi di ritorno alla limpidezza sono molto variabili, ma è impossibile qualsiasi interpretazione in merito, senza una correlazione con le portate del Recca e del Timavo e con le precipitazioni sui diversi settori del Carso. "Il Timavo sottano — scrive Guido Timeus (96) — va soggetto a notevolissime torbide di tre qualità: la torbida rossa, dipendente dalla terra rossa del Carso, la seconda giallastra dipendente dalle terre marnose del Timavo superiore, la terza dipendente dal terriccio che trovasi nel perimetro circostante al tratto di smaltimento. La torbida rossa è la meno comune". Quest'ultima infatti risulta quasi sempre mascherata dalla torbida giallastra alle risorgive del Timavo mentre, in base alle successive osservazioni, è la più frequente alle sorgenti Sardos a causa della loro diversa alimentazione, soltanto marginalmente influenzata dai drenaggi principali del sistema carsico e dagli apporti del Recca. In occasione delle piene, la torbidità massima delle sorgenti Sardos, come pure la massima concentrazione di sostanze organiche, viene registrata con 24 ore di ritardo rispetto alle risorgive del Timavo; è probabilmente l'indizio di un collegamento indiretto e lontano, verso monte, tra i due sistemi drenanti.

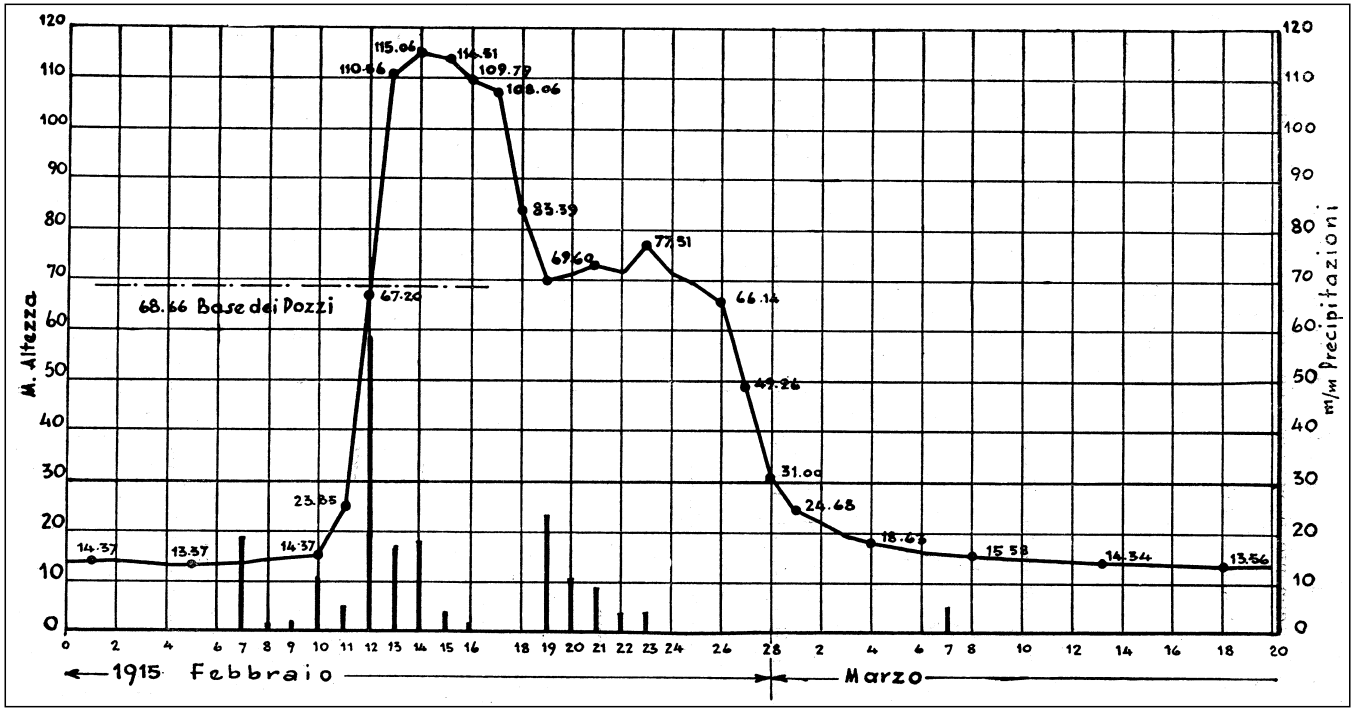


Diagramma del livello dell'acqua nella grotta di Trebiciano nel febbraio - marzo 1915, periodo nel quale viene registrata la massima altezza raggiunta dall'acqua nella cavità (115 metri sopra il livello del mare il 14 febbraio) e la grande caverna rimane completamente allagata per 13 giorni consecutivi; da: Boegan E. (9).

Durante il montare della piena l'aria pompata all'esterno riesce a sollevare la pesante botola metallica dell'ingresso, che rimane fluttuante sulle cerniere. Sergio Englandi (citato nella nota 180) ha dato una bella descrizione di una piena, quando nella caverna si forma un immenso lago. "Arrivati sul fondo dell'ultimo pozzo, ci accolse un frastuono assordante; mentre dalla volta veniva giù una cascata, la superficie del lago appariva sconvolta da enormi bolle d'aria che, intrappolate nelle gallerie sommerse, venivano spinte verso l'alto dalla pressione dell'acqua, esplodendo". Evidentemente nel tratto a monte del sifone le gallerie non offrono all'aria la possibilità di sfuggire verso l'alto.

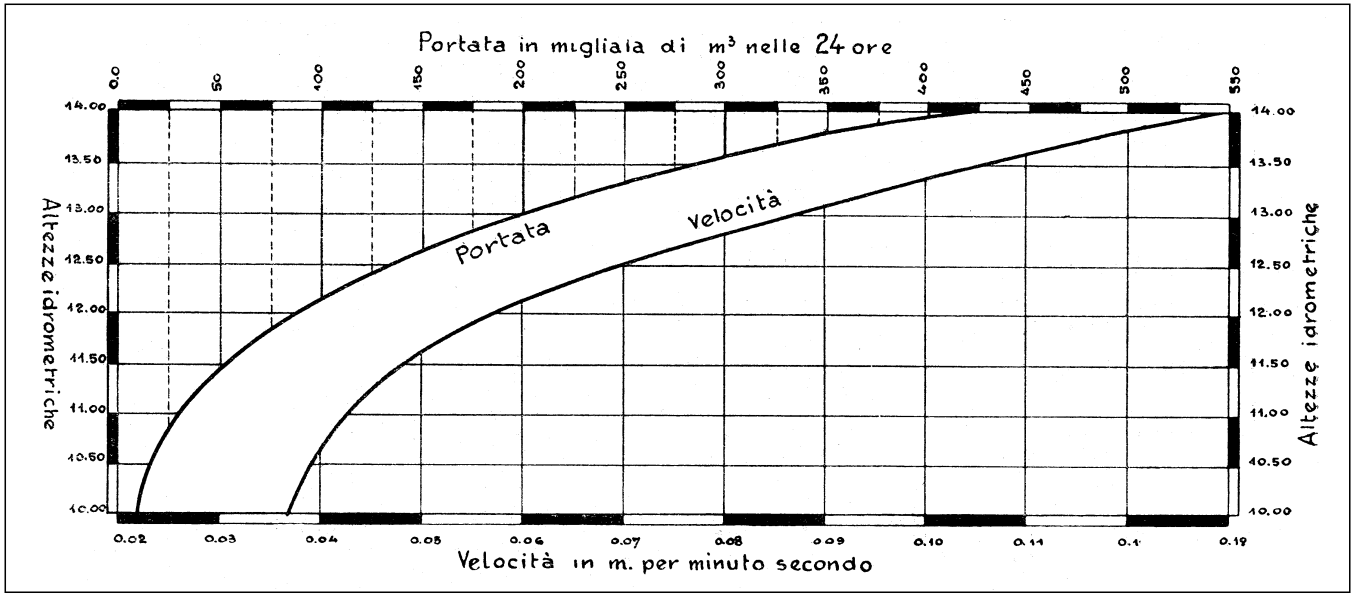


Diagramma della portata e velocità del fiume nella grotta di Trebiciano rispetto alle altezze idrometriche.

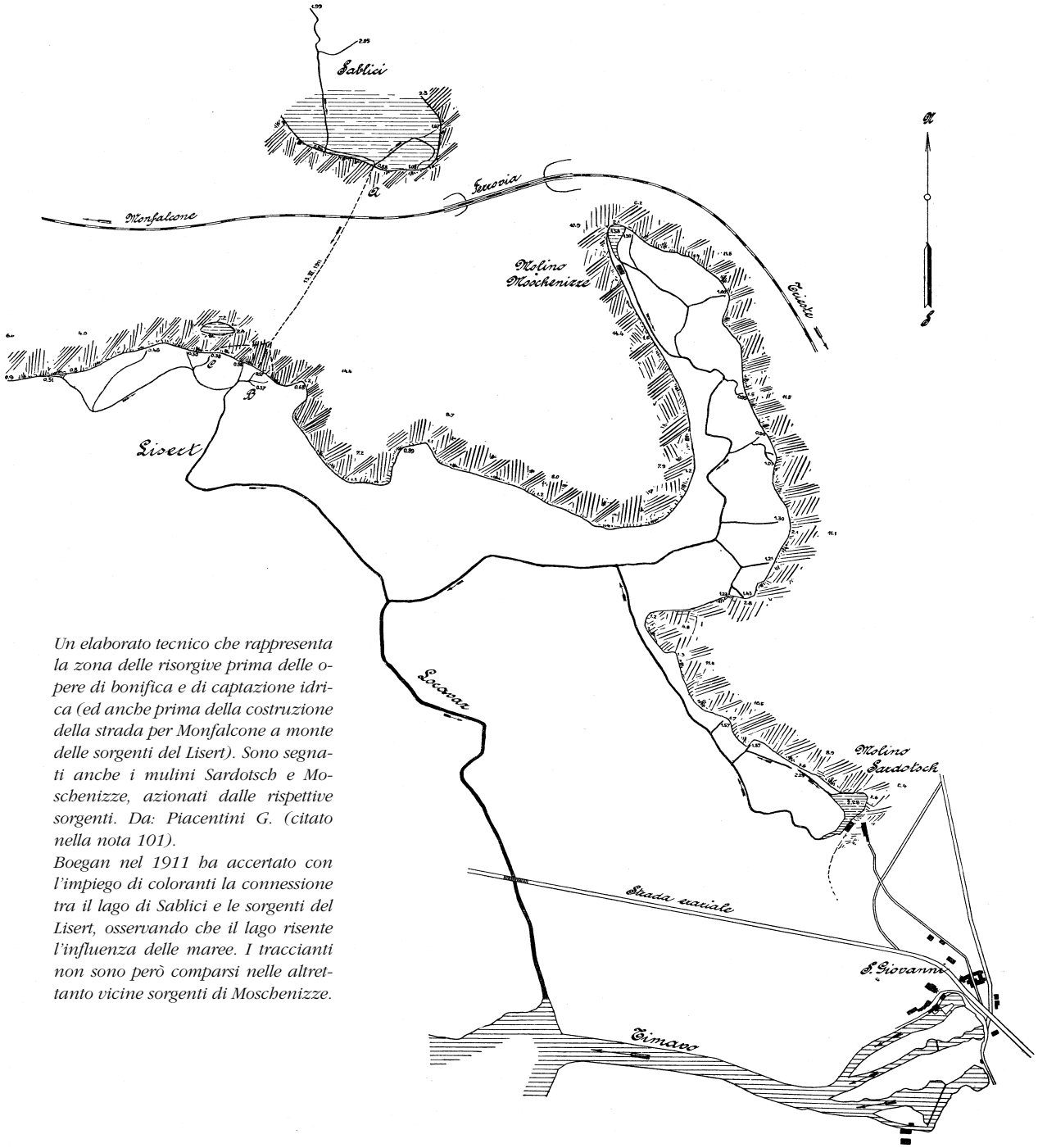
Realizzato sulla base di quattro misurazioni di precisione con l'acqua a diversa quota (m 11.32, m 12.02, m 12.47 e m 13.02), l'elaborato evidenzia l'accelerazione del drenaggio sotterraneo impressa dall'aumento del carico idrostatico nel sistema carsico; da: Boegan E. (9).

In merito all'esperimento di marcatura ed ai caratteri del sedimento in sospensione, Timeus ritiene che a monte della grotta di Trebiciano "devono esistere dei limitati bacini che fermano soltanto il materiale più grossolano, all'incontro nel Timavo inferiore osserviamo un sedimento estremamente fino, ciò che in unione a altri fatti, dimostra l'esistenza di enormi bacini idrici interposti fra Trebiciano e la risorgenza del Timavo inferiore ... Le esperienze mediante la conducibilità elettrica (i campioni furono inviati per controllo a Berlino) dimostrarono che in tempi normali soltanto l'acqua di S. Canziano alimenta il fiume di Trebiciano ... al quale non si riuniscono quantità apprezzabili di altre acque".

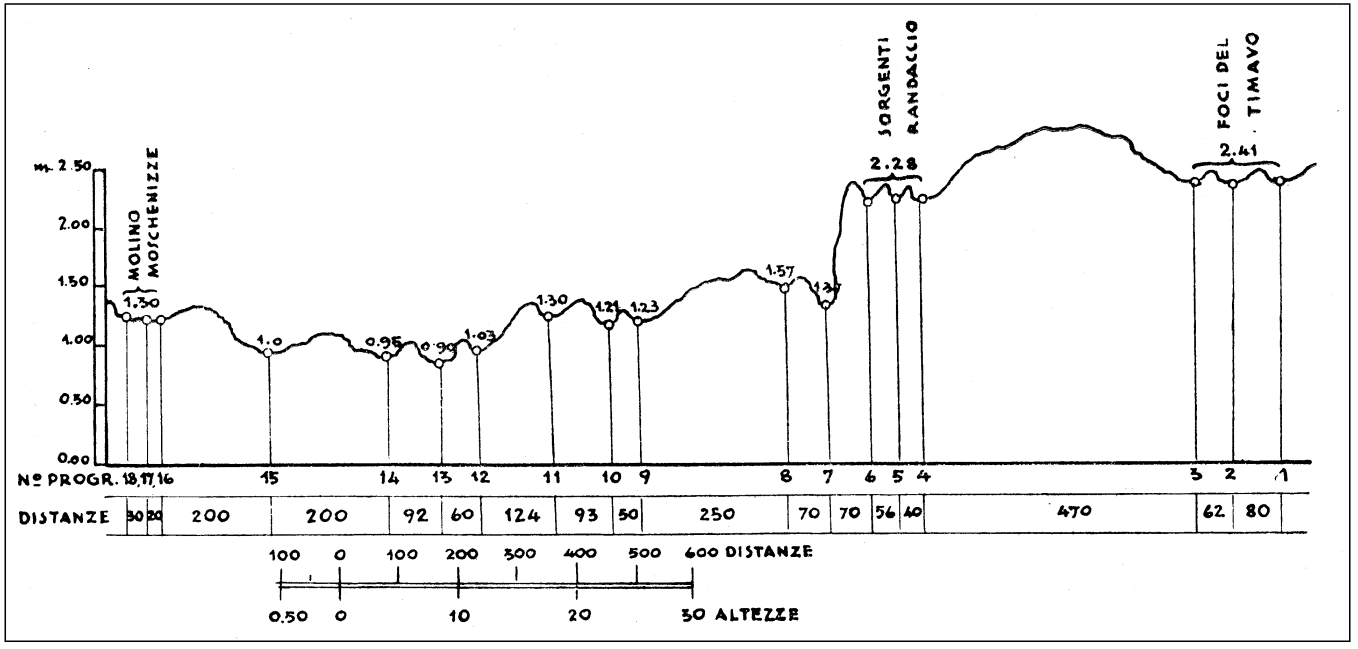
Non sono prive d'interesse, tuttavia, le differenti considerazioni fatte in proposito dal direttore dell'Istituto di Igiene dell'Università di Vienna: "... le analisi dell'1-5 settembre 1913 dimostrano quanto poco si faccia notare il passaggio del Recca nella grotta di Trebich dopo forti precipitazioni. Anche la circostanza che la portata del Trebich si mantiene sempre alta in anni di grande siccità e durante il quasi completo inaridimento del Recca dimostra che si tratta dell'emissario di grandissimi bacini sotterranei. Poiché di certo come già detto, non tutta l'acqua del Recca scorre al Trebich, è lecito supporre che soltanto con alti livelli del Recca avvenga tale passaggio; ad ogni modo questo passaggio si fa rilevare abbastanza fortemente, benché di rado". Ed infatti in seguito anche Timeus modifica le proprie opinioni su questo punto, riconoscendo "che nella grotta di Trebiciano confluiscono anche acque di altra origine" (99).

* * *

A conclusione del nuovo ciclo di ricerche, nel maggio 1914 viene deliberata la costruzione dell'acquedotto "provvisorio" del Timavo, da prolungare eventualmente in futuro fino alle ricche falde della piana isontina, ma ormai la guerra è alle porte; alla sua conclusione, il nuovo acquedotto di Trieste diventa per la nuova amministrazione italiana uno dei maggiori problemi da dover affrontare dopo l'acquisizione della Venezia Giulia. Viene data attuazione a un progetto alternativo, proposto ancora nel 1913, che prevede la captazione non delle risorgive principali del Timavo ma delle vicine sorgenti Sardos, che scaturiscono a soli 470 metri di distanza. La scelta di queste sorgenti è originariamente dettata dall'opportunità di effettuare la captazione dell'acqua in luogo più discosto, in quanto si ritiene che "la vista del torbido Timavo in prossima vicinanza della presa sia atto a provocare in chiunque una involontaria ripugnanza di ingerire l'acqua anche dopo depurata". Soltanto le successive osservazioni rivelano le caratteristiche obiettivamente migliori di quest'acqua e l'assenza di torbidità anche nei periodi di piena. Nel 1922 viene realizzata la stazione di pompaggio delle sorgenti Sardos e il collegamento



Un elaborato tecnico che rappresenta la zona delle risorgive prima delle opere di bonifica e di captazione idrica (ed anche prima della costruzione della strada per Monfalcone a monte delle sorgenti del Lisert). Sono segnati anche i mulini Sardotsch e Moschenizze, azionati dalle rispettive sorgenti. Da: Piacentini G. (citato nella nota 101).
Boegan nel 1911 ha accertato con l'impiego di coloranti la connessione tra il lago di Sablici e le sorgenti del Lisert, osservando che il lago risente l'influenza delle maree. I traccianti non sono però comparsi nelle altrettanto vicine sorgenti di Moschenizze.



Prospetto altimetrico delle foci del Timavo e delle sorgenti limitrofe che si scaricano ai piedi della falda carsica orientale.

Dalle risorgive del Timavo verso Monfalcone la quota delle sorgenti progressivamente si abbassa (il prospetto però non comprende le sorgenti del Lisert, da m 0,57 a 0,37 sul livello del mare). Le risorgenze più basse sono anche quelle più povere. Da : Boegan E. (10)

con l'acquedotto di Aurisina; il nuovo acquedotto "provvisorio", intitolato al Magg. Giovanni Randaccio (medaglia d'oro, caduto sulle rive del Timavo il 28.5.1917 durante la decima offensiva italiana) funziona infatti per alcuni anni come integrazione di quello di Aurisina, convogliandovi nella stazione dei filtri 6000 metri cubi di acqua greggia al giorno. Si decide quindi di farne l'acquedotto principale di Trieste e nel 1929, dopo soli dieci mesi di lavoro, vengono realizzati i nuovi impianti di filtrazione, la torre piezometrica di Sistiana e la nuova condotta a grande diametro, posata lungo la sede della strada costiera in via di costruzione; la portata è di 20.000 metri cubi giornalieri, raddoppiata nel corso di dieci anni e addirittura quintuplicata dopo la seconda guerra mondiale.

Nuove ricerche

Il Carso triestino costituisce sempre la classica pietra di paragone su cui confrontare le diverse ipotesi idrologiche e ad esso Martel dedica il capitolo più importante (Absence de nappes d'eau dans les calcaires) della sua opera maggiore, il *Nouveau traité des eaux souterraines*[105]. Commentando i risultati delle esperienze di marcatura di Guido Timeus, nelle quali il tracciante ricompare non solo al Timavo, ma in tutte le sorgenti costiere del golfo di Trieste, egli attribuisce questo fatto alle ramificazioni delle canalizzazioni sotterranee. Contesta l'interpretazione dei seguaci di Grund, secondo i quali sarebbe invece la dimostrazione che le acque dei fiumi assorbiti dai calcari fessurati si mescolino e si perdano nella massa comune dell'acqua di fondo. Non manca di rimarcare come Grund avesse negato a suo tempo una comunicazione diretta fra il Recca e il Timavo e la possibilità stessa di successo degli esperimenti di marcatura, a causa — appunto — della totale dispersione delle correnti superficiali nell'acqua di fondo. In sintonia con lo schema proposto da Jovan Cvijić[106], Martel individua nei massicci calcarei tre zone sovrapposte: una superiore di assorbimento, una intermedia di scorrimento delle correnti sotterranee ed una inferiore in cui i condotti sono perennemente allagati — e costituiscono le riserve permanenti delle risorgive — ma che non presenta caratteri di freaticità (lo scavo di un pozzo cioè potrebbe non intercettare l'acqua). In proposito

105. Martel E.A. (1921): *Nouveau traité des eaux souterraines*, Paris, 267-304.

106. Cvijić J. (1918): *Hydrographie souterraine et évolution morphologique du karst*, "Recueil Trav. Inst. Géogr. Alpine", Grenoble, 1-56.

Martel ha citato a suo tempo[107] alcuni esempi a noi vicini: il pozzo profondo 35 metri fatto scavare nel 1903 da Antonio Polley nella grotta Nemec di Aurisina (89 VG) fino al livello del mare, senza incontrare traccia dell'acqua sotterranea, la galleria Tschebull dell'acquedotto Teresiano e la perforazione artesiana eseguita dentro il perimetro della fabbrica di birra Dreher, nella valle di S. Giovanni di Guardiella, spinta senza risultato a 230 metri di profondità. Si potrebbe aggiungere la trivellazione, profonda 200 metri, effettuata nel 1894, senza trovare traccia di acqua, nell'arsenale della Marina di Guerra a Pola[108], poi continuata senza migliore risultato fino a 297 metri sotto il livello marino[109].

Però almeno in certe zone del Carso l'esistenza dell'acqua di base sembra incontrovertibile. Durante i lavori di presa del nuovo acquedotto di Trieste, nei pressi delle sorgenti Sardos[110] si devono azionare le idrovore per prosciugare la trincea delle fondazioni, dove si lavora con l'acqua fino alle ginocchia; essa zampilla da innumerevoli fessure nella quantità di 10.000 metri cubi al giorno ed al cessare del pompaggio lo scavo viene completamente allagato, fino ad un livello più alto di quello delle stesse sorgenti Sardos (indizio di un collegamento con il drenaggio principale delle risorgive del Timavo, soggetto ad una pressione idraulica più elevata) (10).

Una serie di campagne gravimetriche sul Carso viene eseguita dall'Istituto di Geodesia dell'Università di Padova, sotto la direzione di Emmanuele Soler, il futuro presidente del Comitato nazionale per la geodesia e la geofisica. Le prime, nel 1923 e nel 1926, sono orientate alla verifica delle stazioni gravimetriche realizzate dagli operatori austriaci e alla valutazione dell'attendibilità delle formule in uso per la riduzione al geoide. Per questa esigenza si dimostrano di particolare interesse le misure effettuate, sulla medesima verticale, all'esterno e all'interno della grotta di Trebiciano (dislivello 273 metri) e della grotta di S. Canziano (dislivello 120 metri), consentendo di studiare l'effetto dello strato di roccia di spessore noto. Si tratta di misure pendolari, estremamente onerose in quanto richiedono osservazioni lunghe, accurate e continue per la determinazione esatta del periodo di oscillazione dello strumento. Soltanto in seguito, con l'adozione della bilancia di torsione, le campagne gravimetriche assumono il carattere di vere e proprie prospezioni del sottosuolo per l'individuazione delle cavità carsiche. Nel 1930 e 31 vengono ese-

---

107. Martel E.A. (1909): *Nouvelles recherches et explorations dans le Karst*, "Spelunca", Paris, 7(57):35-45.

108. Schiavuzzi B. (1898): *I provvedimenti d'acqua ed il nuovo acquedotto in Pola*, Pola, 16.

109. Hugues C. (1903): *Idrografia sotterranea carsica*, Gorizia, 41.

110. Nelle sorgenti Sardos viene catturato un proteo il 26.12.1908, poi donato al Museo Civico di Storia Naturale di Trieste.

guite nell'area di Postumia 50 stazioni in un'estensione di 35 chilometri quadrati, con buoni risultati — si afferma — nell'individuazione dei vani sotterranei già conosciuti. Nel 1932 vengono eseguite 68 stazioni su circa 70 chilometri quadrati nella zona tra S. Canziano, Sesana, Basovizza e Trebiciano. Sembra accertata l'esistenza di grandi vuoti nei pressi di Povir e sull'allineamento S. Canziano, Lippiza, grotta di Trebiciano, che può corrispondere — conclude Soler[111] — al "corso tuttora ignoto del Timavo, confermando alcune induzioni già fatte dagli speleologi".

Da ricordare inoltre il singolare esperimento di marcatura compiuto nell'ottobre 1927 da Massimo Sella, direttore dell'Istituto di Biologia Marina di Rovigno d'Istria. Constatato che parte delle anguille catturate nelle peschiere del Timavo inferiore proviene sicuramente dal corso sotterraneo, egli pensa di utilizzarle come "tracciante" sfruttando il loro istinto migratorio[112]. Nel Recca vengono pertanto immesse 494 anguille: 200 a monte delle perdite di Vreme, 162 nelle grotte di S. Canziano e 132 nella grotta di Trebiciano, contraddistinte da incisioni di tipo diverso nelle pinne caudali a seconda del luogo di immissione. La prima anguilla giunge alle risorgive del Timavo dopo 40 giorni, proveniente da Trebiciano; dopo 55 giorni giunge la prima da S. Canziano e dopo 188 giorni la prima dal Timavo superiore. Entro un anno dall'esperimento vengono recuperate in tutto 29 anguille: 13 provenienti da Trebiciano, 10 da S. Canziano e 6 dal Timavo superiore. Le finalità dello studio sono principalmente rivolte alle possibilità della piscicoltura[113]; viene comunque dimostrato che le acque del Timavo "non subiscono una vera filtrazione durante il loro percorso sotterraneo" (94).

Il Timavo *di Eugenio Boegan*

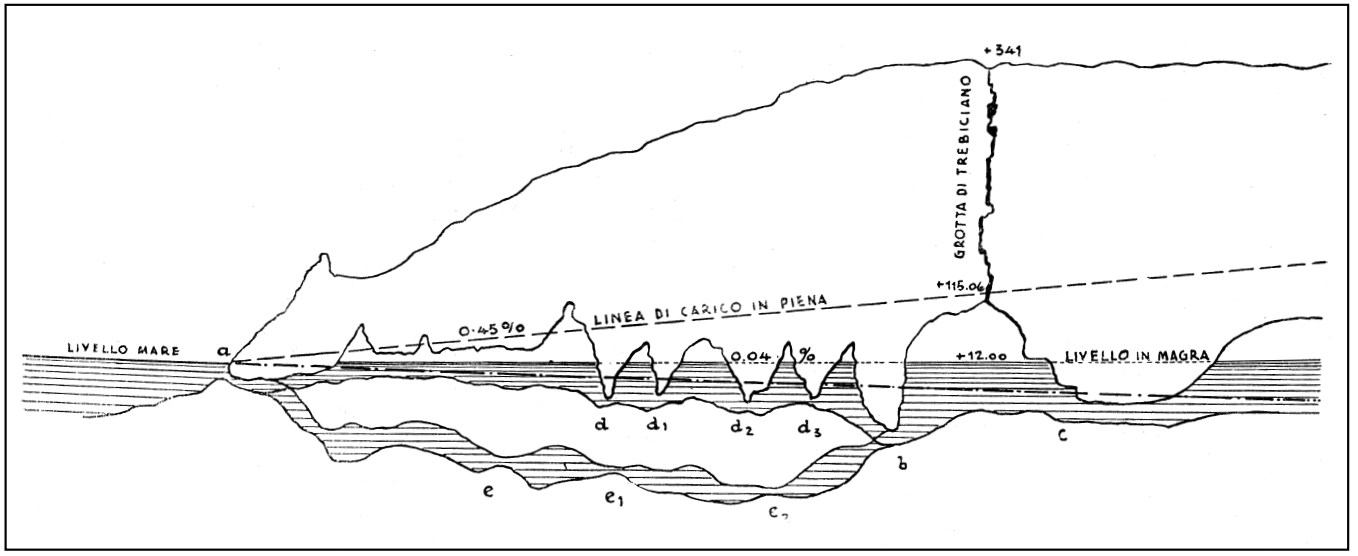
Nel 1938 l'Istituto Italiano di Speleologia, con sede a Postumia, pubblica la fondamentale monografia di Eugenio Boegan sul Timavo (10). Presidente della Commissione Grotte della Società Alpina delle Giulie, idrologo della Società dell'Acquedotto di Aurisina e in seguito dell'Ufficio Idrotecnico Comunale di Trieste, egli

---

111. Soler E. (1933): *I lavori geofisici eseguiti nel 1931-32 dall'Istituto di Geofisica della R. Università di Padova nella regione carsica*, Atti del 1. Congresso Speleologico Nazionale, Trieste 1933, 156-161.
Soler E. (1934): *Campagna geofisica eseguita dall'Istituto di Geodesia della R. Università di Padova nel 1932 nella zona S. Canziano - Trebiciano*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali", Trieste, 33:67-90.

112. *Le anguille mezzo di ricerca speleologica*, di A. Davanzo, "Il Piccolo", Trieste, 24.12.1927.

113. *Sulle prospettive di anguillicultura nelle acque carsiche*, di R. Baroni, "Il Piccolo", Trieste, 31.12.1927.



"Schema del presunto corso del Timavo dalla Grotta di Trebiciano alle foci". Vengono ipotizzati un corso sotterraneo in una serie di sifoni oppure in un canale unico sotto il livello marino; da: Boegan E. (10).

raccoglie e sintetizza in quest'opera i frutti dei suoi quarant'anni di studi e di speleologia attiva. Secondo Eugenio Boegan il Timavo sotterraneo scorre in un canale unico (sia pure con "affluenti e canali di perdita") attraverso una serie di caverne interrotte da sifoni. Non esclude la presenza di gallerie sotto il livello del mare, sempre sommerse e sotto pressione idrostatica. Ammette l'esistenza dell'acqua di base, precisando però che "non si può considerarla un grande e unico lago sotterraneo". Non si tratta cioè di un'acqua freatica vera e propria come nei terreni incoerenti, che impregna completamente il sottosuolo e durante una piena "ne risente tutta intera la superficie"; nei terreni calcarei invece "l'acqua invade soltanto i vani, i quali possono venire anche occupati con diversi livelli piezometrici". La circolazione sotterranea avviene lungo "un condotto principale che è una vena superficiale dell'acqua di base, dove il deflusso è più rapido perché le cavità sono più ampie". Egli precisa che in magra deve presentarsi la condizione di "canale unico" e in piena di "canale principale", prevalendo nel primo caso "l'alimentazione" (cioè il flusso dalla falda idrica circostante verso il canale) e nel secondo caso "gli spandimenti" (cioè il flusso laterale dal canale verso la falda).

L'ipotesi del canale unico sarebbe avvalorata, secondo Boegan, dall'eccezionale altezza raggiunta dall'acqua durante le piene nella grotta di Trebiciano (oltre 100 metri sul livello di magra), dalla sua temperatura (che risente notevolmente della temperatura del Recca) e dalle interessanti esperienze della chiusura delle paratoie alle risorgive del Timavo: in seguito all'innalzamento del livello dell'acqua, si verifica una riduzione della portata del Timavo e un deflusso più abbondante alle sorgenti di Aurisina, valutato ad un aumento di portata di oltre un terzo del normale (circa 5000 metri cubi al giorno). Nella grotta di Trebiciano la chiusura delle paratoie del Timavo provoca "il giorno dopo, un alzamento di livello da 10 a 30 centimetri a valle (dell'ammasso di materiali che ingombrano il letto del fiume nella grande caverna) mentre a monte di appena la metà". Boegan ipotizza pertanto che quello sia il primo ostacolo sul percorso canalizzato del fiume sotterraneo a monte delle risorgive; rileva inoltre come il fenomeno sia più accentuato con bassi livelli dell'acqua. In precedenza (9), sulla base delle misure idrometriche effettuate ogni due ore per 30 ore consecutive (2-3 settembre 1914), egli ha precisato che "un abbassamento in periodo di magra al Timavo già dopo 10 ore viene risentito alla grotta di Trebiciano e ... uno sbarramento alla foce dà origine a un rigurgito che viene risentito nella grotta dopo circa 4 ore" (in quell'occasione però si sono registrate variazioni di pochi centimetri, con oscillazioni intermedie di difficile interpretazione).

Non sarebbe confermato, secondo Boegan, il collegamento del Recca sotterraneo con le sorgenti più occidentali (Lisert) e con i laghi del Carso isontino, che egli considera "lembi subaerei dell'acqua di base, originati dalle perdite del Vipacco". In merito alle direttrici di deflusso delle acque sotterranee "è certo — egli scri-

ve — che anche le acque della valle di Brestovizza vanno a finire nel Timavo, ma non è ancora accertato se tali acque formino un affluente del Timavo sotterraneo oppure se esse rappresentano il corso principale del fiume stesso che attraversi l'intera vallata di Brestovizza" (ipotesi quest'ultima destinata a venire smentita).

In un primo tempo, nella sua monografia sulla grotta di Trebiciano (8), Boegan condivide l'opinione allora dominante del letto di rocce impermeabili ("calcari della creta inferiore") nella profondità del Carso, sul quale si raccolgono le acque meteoriche di percolazione "formando dei corsi d'acqua sotterranei"[114]. Successivamente modifica radicalmente tale opinione e nel *Timavo* egli scrive: "Le acque sotterranee raccolgono quelle d'infiltrazione che attraversano tutti i vani soprastanti. Esse poi occupano le cavernosità inferiori, senza bisogno di trovare il terreno impermeabile che può esistere, come difatti esiste per il Timavo, a parecchie centinaia di metri sotto il livello del mare". Sarebbe dunque l'acqua di base a "sostenere" i deflussi sotterranei, non un livello di rocce impermeabili. Nel *Timavo* inoltre si trova raccolta una quantità di dati e di notizie di grande interesse, in particolare le misure giornaliere da lui effettuate al fondo della grotta di Trebiciano e le osservazioni sulle piene del Timavo e i fenomeni conseguenti, come le forti correnti d'aria che si sprigionano "da alcuni fori esistenti presso Poverio e Merciano e in due vallecole presso la stazione ferroviaria di Divaccia". Nelle piene l'aumento di portata che rapidamente si trasmette da S. Canziano a Duino sarebbe dovuto alla trasmissione di pressione idrostatica, in quanto "l'acqua che s'ingorga nel sottosuolo serve di cacciata a quella trattenuta nel sotterraneo, che ancora attende di scaricarsi in mare". Nel lavoro di Eugenio Boegan si riscontra un tentativo di conciliare le diverse teorie sull'idrologia carsica, sia pure senza mai affrontare esplicitamente l'argomento, ma avvalendosi ora dell'uno ora dell'altro modello interpretativo per spiegare i vari fenomeni esaminati. Viene cioè ammessa la coesistenza nella massa calcarea di un flusso diffuso, che circola lentamente in un infinito sistema di fessure, e di un flusso canalizzato in ampie condotte, che costituiscono le vie di drenaggio preferenziali. Boegan comunque precisa che "non si può pensare ad un canale con le pareti completamente ermetiche" (ed infatti in regime di piena egli ritiene prevalenti gli spandimenti laterali). In merito all'acqua di base ed al suo "livello di carico idrostatico", riconosce che con questo non avrebbero attinenza gli eccezionali innalzamenti dell'acqua nella grotta di Trebiciano, che sono "insaccamenti temporanei prodotti dalla deficienza dei meati scaricatori in confronto a quelli in arrivo" (e che sono dunque un fenomeno localizzato alla grande caverna, mentre a poca distanza da essa si potrebbero trovare vani aereati a maggiore profondità).

---

114. Forti F. (1989): *Il pensiero di Eugenio Boegan sull'idrologia carsica*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 28:15-33.