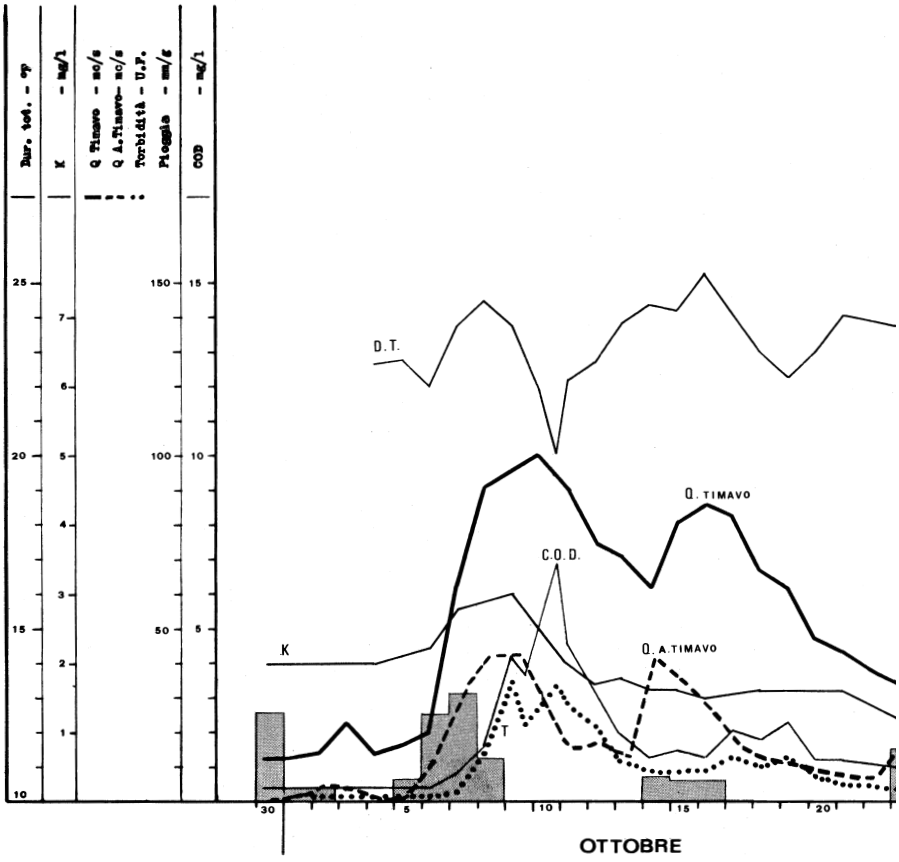
Gli esperimenti di marcatura

Fabio Gemiti effettua nel novembre 1982 due importanti esperimenti di marcatura con tetracloruro di carbonio nella grotta di Trebiciano (44), il primo in regime di morbida, l'altro — due settimane dopo — in regime di forte piena. Nel primo caso la portata del Recca all'idrometro del mulino di Cerkvenik (a monte delle perdite) è di 7 mc/sec, in progressiva riduzione; la cresta dell'onda marcata impiega undici giorni per raggiungere le risorgive del Timavo ed il deflusso del tracciante si protrae per cinque giorni, con un volume d'acqua complessivamente scaricata di 27 milioni di metri cubi. Nel secondo caso la portata del Recca, al transito della piena, è di 112 mc/sec e nella grotta di Trebiciano l'acqua sale di quasi 50 metri; la cresta dell'onda marcata impiega tre soli giorni per raggiungere le risorgive ed il deflusso del tracciante si completa in quattro giorni, con un volume d'acqua complessivo di 31 milioni di metri cubi. Viene così smentita l'opinione dei vecchi autori, secondo i quali la velocità dei deflussi sotterranei sarebbe maggiore ad acque medie che in piena, a causa del rallentamento provocato dagli ingorghi nelle canalizzazioni (Jenko lo ha definito a suo tempo "il paradosso idraulico"); almeno nel caso del drenaggio principale del Carso triestino, l'ampiezza delle condotte deve essere dunque tale da consentire un aumento della velocità dell'acqua proporzionale all'aumento della portata.

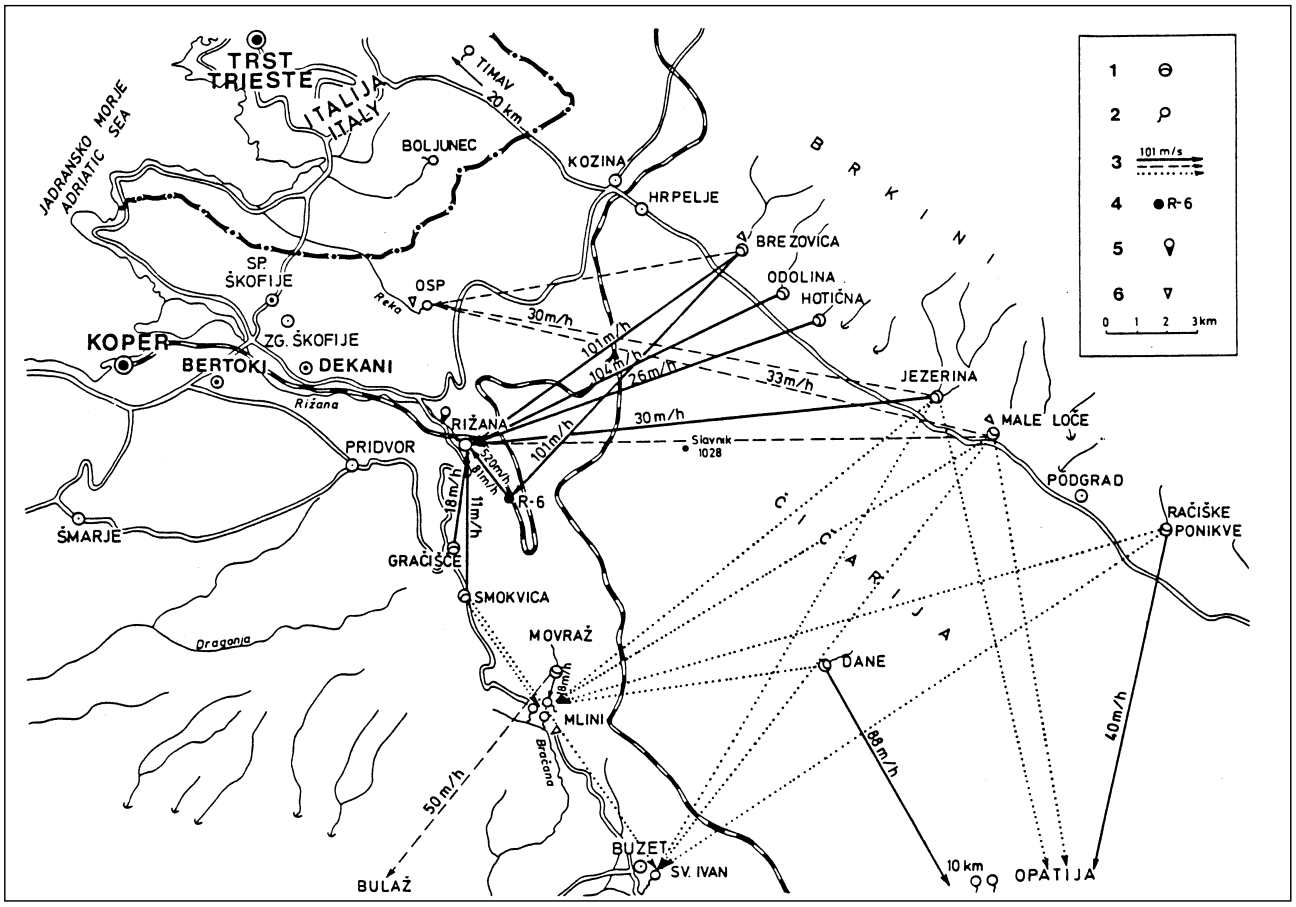
I tempi di transito del tracciante artificiale sono confrontati con quelli delle variazioni della torbidità e dell'inquinamento organico — concentrazione di potassio e COD (Chemical Oxigen Demand) — considerati come traccianti naturali ed i risultati non sono molto diversi. Viene esaminata anche la durezza totale, che presenta valori molto elevati nell'acqua di percolazione e via via più bassi col prevalere in percentuale dell'acqua del Recca. La grande velocità apparente dell'acqua durante le piene e la modesta dispersione del tracciante confermano le ipotesi dell'esistenza di grandi canalizzazioni fino alle risorgive del Timavo, con scarsi contributi laterali. Le acque carsiche provenienti dal bacino imbrifero situato a valle di Trebiciano sembrano cioè convergere verso le risorgive attraverso drenaggi indipendenti, senza confluire nelle grandi condotte dove scorre l'acqua del Recca. Viene anche confermata l'alimentazione indipendente delle sorgenti Sardos, nelle quali l'acqua del Timavo si travasa soltanto in occasione delle maggiori piene.

Gemiti cerca anche una correlazione tra i dati piezometrici registrati nel pozzo dei Colombi (227 VG) ed il livello del terzo ramo del Timavo, della grotta di Comarie, della grotta Lindner e della grotta di Trebiciano; giunge alla conclusione che in quest'ultima "l'innalzamento dell'acqua fino ad una quota di 50/60 metri è dovuto proprio all'elevazione della superficie piezometrica, mentre ulteriori innalzamenti sono sicuramente dovuti all'incapacità del sifone di uscita di smaltire tutta l'acqua che entra nella caverna" (18).

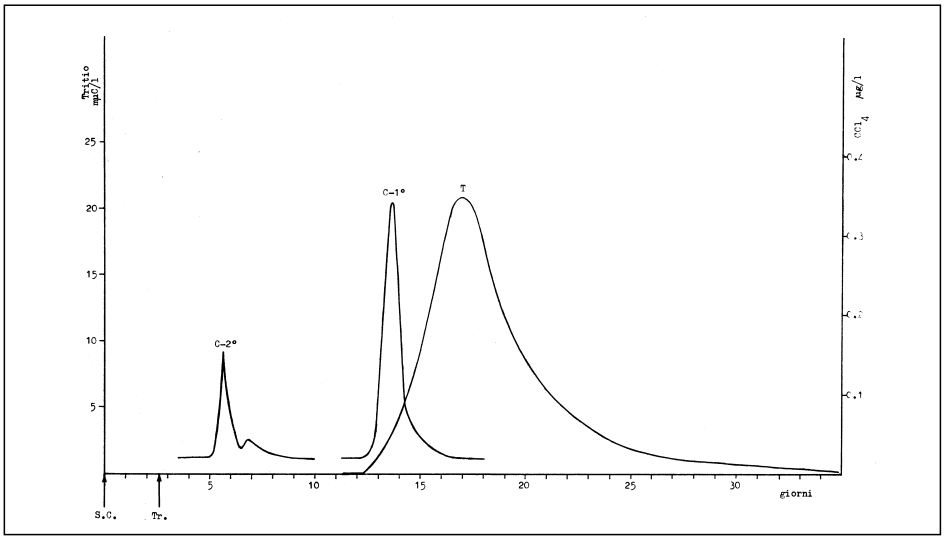


Riproduzione parziale del "diagramma di alcuni parametri chimici e delle portate del Timavo e dell'alto Timavo, rilevati nell'ottobre-novembre 1982"; da: Gemiti F. (44).
Torbidità (T), Chemical Oxigen Demand (COD), potassio (K) e durezza totale (D.T.) sono utilizzati come traccianti dell'onda di piena, evidenziata dalla curva delle portate (Q Timavo e Q Alto Timavo).

In sintesi, secondo Gemiti, a valle della grotta di Trebiciano l'acqua del Carso viene convogliata alle risorgive del Timavo in grandi condotte forzate sotto il livello del mare; esisterebbe contemporaneamente una circolazione più superficiale e vascolarizzata, quasi un reticolo idrico indipendente ed alimentato dalle acque di percolazione, dal quale dipenderebbero le altre sorgenti costiere (Sardos e Aurisina). Normalmente il sistema superficiale alimenterebbe quello profondo, con un'inversione della circolazione durante le forti piene, quando per effetto di elevati carichi idraulici, le acque profonde verrebbero travasate verso l'alto. Non si tratterebbe dunque della "vena superficiale nell'acqua di base" di Eugenio Boegan, e come tale considerata anche dagli autori successivi (in particolare, sia pure con diverse interpretazioni, da Carlo D'Ambrosi e Ferruccio Mosetti) ma di una corrente "dentro" l'acqua di base, in una successione di grandi gallerie sommerse (ipotesi in accordo con il recente innalzamento del livello del mare).



Carta delle connessioni idrologiche del bacino di Castelnuovo, accertate con gli esperimenti di marcatura; da Krivic P. et al. (58).
Legenda: 1. inghiottitoi dove sono stati immessi i traccianti; 2. sorgenti mantenute sotto controllo; 3. direzione e velocità apparente dei deflussi determinate con le marcature (collegamenti principali, secondari, incerti); 4. perforazione mantenuta sotto controllo; 5. stazione idrometrica a registrazione automatica; 6. stazione idrometrica.



"Curve di fuoriuscita del tritio (T), immesso a S. Canziano (S.C.) e del tetracloruro di carbonio (C - 1. e C - 2. = prima e seconda prova) immesso a Trebiciano (Tr.)"; da: Gemiti F. (44).
Il transito del tracciante è tanto più veloce quanto più grande è la portata (64 ore dalla grotta di Trebiciano alle risorgive del Timavo durante una forte piena, con una portata del Recca di 112 mc/sec). La minore quantità di tetracloruro di carbonio fuoriuscita con la seconda prova è dovuta alle particolari condizioni dell'immissione, con la grotta di Trebiciano piena d'acqua fino a quasi la sommità della collina di sabbia (circa 60 metri sul livello del mare). In una tale situazione il tracciante è entrato nel sifone di uscita con un ritardo valutabile in non meno di 24 ore ed una parte è sicuramente andata dispersa, trattenuta dal fondo sabbioso.

Anche da parte slovena vengono effettuati nuovi esperimenti di marcatura, in un programma di ricerca di ampio respiro sulle relazioni idrologiche esistenti, ai fini della gestione delle risorse e della prevenzione degli inquinamenti (l'acqua carsica garantisce circa la metà del rifornimento di acqua potabile in un paese che è carsico per oltre il 40 per cento della sua estensione). Tali esperimenti sono interessanti anche per il simultaneo impiego di diversi traccianti e per la valutazione del differente comportamento dei medesimi. A cura del Servizio geologico di Lubiana, nell'aprile 1985 vengono iniettati 15 chilogrammi di fluoresceina nel torrente di Bresovizza e 32 quintali di cloruro di potassio in quello di Male Loče (57), nel bacino di Castelnuovo. La fluoresceina compare dopo quattro giorni nelle sorgenti del Risano e nella vicina perforazione nella valle di Hrastovlje, profonda 50 metri di cui 30 nella falda idrica; incerta invece la comparsa del cloruro di potassio, al limite della sensibilità strumentale. Nel maggio 1986 vengono marcati con differenti traccianti i torrenti di Male Loče (fluoresceina), Hotična (traccianti microbici) e Je-

zerine (rodamina); viene accertata la relazione dei due ultimi con le sorgenti del Risano, di Male Loče e Jezerine con la grotta di Ospo, sia pure con il tracciante estremamente diluito ed in percentuale piccolissima rispetto alla quantità iniettata. La grotta di Ospo risulta essere dunque un troppo-pieno del Risano, senza relazione con le vicine sorgenti del rio Ospo. Le determinazioni della curva della concentrazione nel tempo consentono interessanti valutazioni quantitative. Nel maggio 1987 infine la fluoresceina e la rodamina immesse a Račice (e a Dane, nell'altopiano della Ciceria) emergono — in piccola percentuale — nelle sorgenti sottomarine lungo la costa di Abbazia, nel golfo di Fiume (58).

Con una serie di esperimenti di marcatura eseguiti dall'Istituto per le ricerche carsiche di Postumia, nell'estate 1987 viene accertata la connessione del torrente Raša (affluente del Vipacco che lambisce il margine nord-orientale del Carso) e degli inghiottitoi del bacino di Senosecchia - Dolenja Vas[173] con il sistema sotterraneo del Timavo. La rodamina iniettata nel torrente Raša compare dopo quasi due mesi alle risorgive del Timavo, dopo 78 giorni alle sorgenti di Aurisina e dopo 105 giorni al Sardos. I traccianti biologici del bacino di Senosecchia vengono segnalati dopo 75 giorni alle sorgenti di Aurisina. In un'altra occasione viene dimostrato anche il collegamento con le sorgenti Sablici (rivalutando le ipotesi dei vecchi autori).

Viene marcato anche il Sajevški potok, un modesto torrente che scende dai rilievi arenaceo-marnosi al margine meridionale della conca di Postumia. Al contatto con il calcare, il torrente ha formato la valle chiusa di Sajevče — poco distante da Senosecchia — e scompare in un inghiottitoio di notevoli dimensioni (Markov spodmol, una galleria lunga oltre 600 metri). La fluoresceina immessa compare dopo 40 giorni nella falda di Brestovizza, dopo un altro mese nelle risorgive del Timavo e dopo 80-90 giorni nelle sorgenti del Sardos e di Aurisina. In un'altra occasione invece il tracciante raggiunge il Sardos molto più velocemente delle risorgive Timavo. Gli esperimenti sono eseguiti tutti in periodi di magra.

Il sistema idrografico del Sajevški potok costituisce un fenomeno di particolare interesse; si ritiene che la sua acqua ricompaia nella lunga galleria della Vodna jama, distante un paio di chilometri, quindi nella grotta Gabranca in valle di Košana, circa dieci chilometri ad est di S. Canziano, una grotta che funziona da inghiottitoio o da risorgiva a seconda dei regimi idrologici[174]. In magra il livello dell'acqua nella Gabranca si trova a 122 metri di profondità e a 292 sul livello del mare, quin-

---

173. Habič P. (1990): *Sledenje kraških voda v Sloveniji (About waters tracing in Slovenia),* "Geografski Vestnik", Ljubljana, 61/1989:3-20.

174. Habe F., Hribar F. (1964): *Sajevško Polje*, "Geografski Vestnik", Ljubljana, 36:13-46.
Vasseur F. (1997): *Expédition Notraniska 1997*, "Spelunca", Paris, 68:10.

di più in basso dell'ingresso del Recca nella grotta di S. Canziano (m 317), mentre in piena dal pozzo di accesso a quota 415 fuoriesce un torrente della portata di 3-4 metri cubi al secondo; nel primo caso viene convogliata nella falda carsica l'acqua di un limitato bacino locale, tra cui gli scarichi inquinatissimi dell'allevamento di polli di Neverke[175], nel secondo invece il torrente temporaneo alimenta il torrente Sušica e la Gabranca diventa in tal modo tributaria "superficiale" del Recca. Il livello di magra nella Gabranca non può comunque essere considerato corrispondente alla superficie piezometrica, ma soltanto ad una zona sifonante delle canalizzazioni, che può trovarsi ben più in alto dell'acqua di base vera e propria. Lo stesso corso del Recca nella grotta di S. Canziano si trova infatti in condizioni di "sospensione", come è confermato dalle perdite subalvee accertate lungo il canyon sotterraneo. Nell'agosto 1988 viene effettuata una marcatura con rodamina nell'inghiottitoio presso Rakitnik nella conca di Postumia, attivo nei periodi di piena (per effettuare l'esperimento viene scavato un canale convogliandovi l'acqua del torrente Stržen); risulta dimostrata la sua connessione con il Vipacco e con il Timavo, sia pure a concentrazioni minime del tracciante comparso dopo due mesi dall'immissione. Il bacino della Piuca è dunque tributario del mar Nero attraverso le grotte di Postumia e il sistema carsico Unica-Ljubljanica confluente nella Sava, ma è anche tributario del mare Adriatico per il tramite delle perdite subalvee lungo il suo corso — a valle dell'abitato di Pivka e nella stessa conca di Postumia — le quali vanno ad alimentare le sorgenti del Vipacco e la falda carsica. Lo spartiacque sotterraneo non è ben definito né stabile nel tempo, ma risulta essere "fluttuante" a seconda delle condizioni idrologiche.

L'argomento viene trattato in un importante lavoro di Peter Habič (50), nel quale sono anche menzionati gli esperimenti di marcatura ed è ripresa, trent'anni dopo la polemica D'Ambrosi-Bidovec, la questione del "deflusso specifico di magra". Con una portata minima di circa nove metri cubi al secondo, il Timavo dovrebbe avere un bacino imbrifero di circa tremila chilometri quadrati, mentre in base alle attuali stime il bacino — superficiale e sotterraneo — non supera i mille chilometri quadrati. Le possibilità secondo Habič sono due: o il Timavo ha un coefficiente di deflusso tre volte maggiore della media oppure riceve apporti da zone non ancora identificate. Probabilmente si verificano entrambe. Anche se non accertato con esperimenti di marcatura[176], il contributo delle acque isontine è infatti confermato — come si è visto — da numerosi riscontri idrochimici. In merito poi al coefficiente

175. Habič P., Gospodarič R., Kogovšek J. (1984): *Kraške in hidrogeološke značilnosti Košanske doline (Karst and hydrogeological properties of Košana Valley and its contribution to Notranjska Reka pollution),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 12/1983:69-89.

minimale specifico di deflusso, le ricerche sperimentali di Srebrenović (1970) hanno dimostrato che nei massicci carsici questo aumenta considerevolmente in confronto ai bacini idrografici a circolazione esclusivamente superficiale[177], confermando per i primi una funzione regolatrice delle portate nei vari regimi idrologici. La questione comunque attende ancora una precisa definizione.

La conca di Postumia è coperta dalla formazione del flysch: le rocce arenaceo-marnose sono impermeabili all'acqua, ma attraverso le loro fessurazioni avvengono consistenti perdite subalvee che raggiungono le sottostanti rocce carbonatiche, nelle quali si sviluppa il carsismo nascosto (o "soggiacente") rivelato dagli esperimenti di marcatura[178]. Anche il contermine bacino di Senosecchia è circondato dai rilievi del flysch che si mantengono ovunque più alti del margine del Carso, dove convogliano le acque di una serie di modesti corsi d'acqua. Si tratta di una morfologia residuale di un'epoca in cui la copertura arenaceo-marnosa si è presentata ovunque molto più estesa di oggi e ad una quota più elevata[179], determinando l'instaurarsi di un diffuso fluvio-carso o carsismo di contatto.

---

176. L'indizio di una probabile "marcatura naturale" è costituito dalla contaminazione di mercurio riscontrata nei materiali in sospensione e nei sedimenti del Timavo e delle sorgenti circostanti; verosimilmente è causata dalle acque provenienti dall'Isonzo, inquinato dalla secolare attività estrattiva delle miniere d'Idria. Si veda:
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (1992): *Studio integrativo per l'approfondimento delle conoscenze relative all'inquinamento da mercurio*, Seadata, Trieste, 1-12.
Per gli apporti dell'Isonzo e del Vipacco all'acquifero carsico di Brestovizza, evidenziati dallo studio degli isotopi stabili dell'ossigeno, dell'idrogeno e del carbonio, si veda:
Pezdič J., Dolenec T., Krivic P., Urbanc J. (1986): *Environmental isotope studies related to groundwater flow in the central Slovenian karst region, Yugoslavia*, 5. SUWT, Fifth Internat. Symposium on Underground Water Tracing, Athens, 91-100.

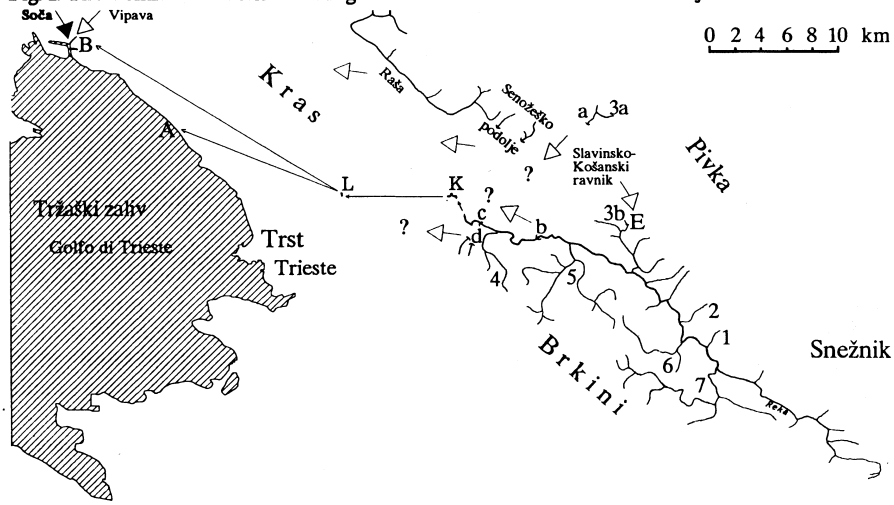
177. Bonacci O. (1987): *Karst hydrology with special reference to the dinaric karst*, Springer Verlag, Berlin, 121.

178. Gospodarič R. (1989): *Prispevek k vodogospodarskim osnovam Pivke (The contribution to water economy bases of Pivka),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 18:21-37.
Habič P. (1990): *Spoznavanje skritega krasa s sledenjem voda (Recognition of subjacent karst by water tracing),* "Naš Krš", Sarajevo, 16(28/29):77-84.

179. Radinja D. (1972): *Senožeško podolje*, "Geografski Zbornik", Ljubljana, 13:83-126.
Radinja D. (1974): *Matični Kras v luči širšega reliefnega razvoja, (Le Karst proprement dit è la lumiere de l'évolution plus large du relief),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 6:21-33.

Nella pagina a fronte: La rete del drenaggio superficiale del Recca e delle connessioni sotterranee del Carso; da: Rojšek D. (91). Il Recca costituisce il principale "afflusso allogeno" (infiltrazione secondaria) in un complesso sistema fluvio-carsico, nel quale la superficie del bacino imbrifero fluviale risulta pressoché uguale a quella del bacino carsico propriamente detto, alimentato dalle precipitazioni meteoriche (infiltrazione primaria). Per questo motivo può essere considerato "un caso eccezionale di carsismo di contatto"; si veda, per le ipotesi sulle varie fasi evolutive dell'inghiottitoio di S. Canziano: Gams I. (1983): Škocjanski kras kot vzorec kontaktnega krasa, *Mednarodni simpozij Zaščita Krasa ob 160-letnici turističnega razvoja Škocjanskih jam, Lipica 1982, Sežana, 22-26.*

Fig. 1: The *Velika voda-Reka* drainage network and the *Kras* karst water junctions



KARST TRIBUTARIES:
1 Bistrica
2 Podstenjšek
3a Rakulšca - 3b Sušica
4 završka Sušica

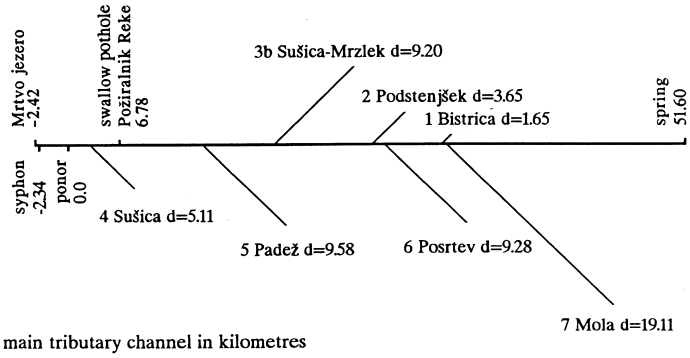
PONOR CAVES:
a Markov spodmol
b Požiralnik Reke
c Škocjanska jama
d Mejame

KARST SPRINGS:
A Brojnice - Sorgenti di Aurisina - Nabrežina
B Timav - Il Timavo

ESTAVELLE:
E Gabranca

WATER CAVES:
K Kačja jama
L Lobodnica - Grotta di Trebiciano

Scheme of the main channel network



d=5.11 - lenght of the main tributary channel in kilometres

6.78 - distance from the ponor in kilometres

Un nuovo capitolo di scoperte speleologiche

Seguendo il filo delle indagini scientifiche, abbiamo perduto di vista l'aspetto più romantico e avventuroso della ricerca — e non meno ricco di importanti risultati — quello delle esplorazioni speleologiche. Il loro vero obiettivo infatti, più o meno dichiarato, è rimasto quello di sempre: scoprire in qualche altra grotta il Timavo sotterraneo, ormai diventato un vero mito per gli speleologi triestini. Le tensioni che seguono la fine della seconda guerra mondiale li costringono a concentrare l'attività nel piccolo lembo di territorio carsico rimasto disponibile dentro il nuovo confine. Nel 1953 il Gruppo Triestino Escursionisti scopre l'abisso dei Cristalli (3960 VG), nei pressi di Gabrovizza, dopo aver forzato la stretta fessura soffiante dell'ingresso. Una successione di pozzi profonda 205 metri giunge quasi al livello dell'acqua di base (12 metri sul livello del mare), ma dal fondo argilloso l'acqua rimonta per una decina di metri soltanto in occasione delle grandi piene (15).

Il livello dell'acqua carsica viene nuovamente raggiunto nel 1967, nella grotta che oggi porta il nome di A.F. Lindner, in onore del pioniere della speleologia triestina. La cavità è conosciuta da tempo nel suo tratto iniziale, ma la sua prosecuzione viene trovata grazie all'intuizione di un solitario simpatizzante del Gruppo Grotte Carlo Debeljak, che per una fortunata circostanza si accorge di un eccezionale andirivieni di pipistrelli attraverso un piccolo pertugio[180]. Il forzamento della strettoia porta alla scoperta, oltre una "finestra" alta, di una grandiosa galleria inclinata; una diramazione laterale porta alla galleria inferiore, che termina a metri 177,5 di profondità e a soli 2,5 sul livello del mare. Questa, normalmente asciutta, viene temporaneamente invasa dall'acqua di base, che durante le piene risale fino ad un'altezza di circa 14 metri[181]. Nella grotta Lindner viene installato nel 1972 dall'Associazione Trenta Ottobre di Trieste un impianto di registrazione automatica in continuo del livello piezometrico basato sul principio della campana idropneumatica: non si misura l'altezza dell'acqua, ma la pressione dell'aria all'interno della campana quando questa viene sommersa (30). Da queste ricerche risulta che l'innalzamento dell'acqua nella grotta non è in relazione con le precipitazioni meteoriche locali, ma con il regime idrico delle risorgive del Timavo; le piene nella grot-

---

180. Englandi S. (1996): *Come fu scoperta la grotta Lindner*, "El Teston de Grota - Notiziario del Gruppo Speleologico San Giusto", Trieste, 3:58-61.

181. Skilan C. (1976): *L'importanza della grotta A.F. Lindner - 3988 VG per lo sviluppo delle acque carsiche al livello di base*, Atti del 10. Congresso Nazionale di Speleologia, Roma 1968, "Memorie dello Speleo Club Chieti" 2:78-84.
Rucavina P. (1998): *La grotta A.F. Lindner trent'anni dopo*, "Annali del Gruppo Grotte", Associazione Trenta Ottobre, Trieste, 10:70-76.

ta hanno inizio con livelli superiori ai due metri del terzo ramo del Timavo e si presentano sempre in ritardo rispetto alle risorgive (38). Interessanti in proposito le registrazioni dell'estensimetro a laser installato nel 1970 dall'Università di Trieste nella galleria abbandonata dell'acquedotto provvisorio Randaccio nei pressi di Aurisina[182] (poi sostituito da uno strumento meccanico) per la misura delle deformazioni della crosta terrestre. Si evidenzia una deformazione indotta dalle piene dell'acqua sotterranea[183], confermando che le onde di piena alle risorgive del Timavo sono sempre in anticipo rispetto all'inizio della piena al fondo della grotta Lindner. Del resto ancora dieci anni prima Antonio Marussi ha ipotizzato, in base alla misura delle "maree terrestri" con i pendoli orizzontali installati nella grotta Gigante[184], il verificarsi di un vero e proprio "basculamento" dell'altopiano del Carso in occasione delle piene del Timavo (le quali "generano un sollevamento generale del livello dinamico delle acque di fondo"). L'allagamento di cavità normalmente vuote, prossime al livello di base, determinerebbe una flessione elastica della crosta dapprima in direzione del margine sud-occidentale del Carso e successivamente in direzione opposta (est-nord-est). Queste ultime derive, che si manifestano dopo il verificarsi delle torbide, "potrebbero essere messe in relazione con il più lento defluire dell'acqua di piena dalle cavernosità esistenti nella parte più interna del Carso triestino [vallone di Brestovizza], ove il drenaggio sarebbe reso più difficile dalla minore vascolarizzazione e dalla maggiore distanza degli sfoghi naturali delle acque di fondo". Marussi ha stimato che "il tempo necessario al riempimento delle cavernosità in conseguenza delle torbide risulterebbe di 3 giorni; il tempo necessario per lo svuotamento della zona carsica marginale maggiormente vascolarizzata e più prossima agli sfoghi verso il mare sarebbe di 4-5 giorni e di 5-6 giorni per le piene maggiori; quello invece richiesto per lo smaltimento delle acque della zona più interna sarebbe invece di circa 14-16 giorni, e di 20 giorni per le piene maggiori".

Diversi gruppi speleologici intraprendono sul Carso grandi lavori nella speranza di realizzare il sogno di raggiungere il corso sotterraneo del Timavo. Nel 1968 la Commissione Grotte E. Boegan effettua onerosi scavi — senza fortuna — in due "soffiatoi" indicati ancora a metà Ottocento da Adolf Schmidl nella sua cartina: uno

---

182. *All'opera il laser nel cuore del Carso*, "Il Piccolo", Trieste, 15.10.1972.

183. Manzoni G., Marchesini C. (1977): *Possibili correlazioni fra piene registrate nella caverna Lindner di S. Pelagio e transienti registrati dall'estensimetro a laser di Aurisina*, "Annali del Gruppo Grotte", Associazione Trenta Ottobre, Trieste, 6:31-41.

184. Si tratta di pendoli bifilari Zöllner, con i fili superiori di sospensione lunghi 80 metri. Si veda: Marussi A. (1960): *I primi risultati ottenuti nella stazione per lo studio delle maree della verticale della Grotta Gigante*, "Bollettino di Geodesia e Scienze Affini", Firenze, 19(4):645-667.

a poca distanza dalla grotta di Trebiciano (forse la "valletta chiamata Recca" di Matteo Bilz), l'altro in una dolina nei pressi di Percedol[185] (segnalato nel 1832 dal "villico" Lazzaro Jerko alle autorità municipali di Trieste per il "mormorio di una forte corrente sotterranea la quale fa tremare la valletta").

Un soddisfacente risultato viene conseguito nel 1983 dal Gruppo Speleologico S. Giusto con la scoperta dell'abisso Massimo, tra Gabrovizza e Prosecco, che giunge fino al livello del mare senza però incontrare le condotte dell'acqua carsica. Una serie di pozzi profonda 227 metri, la cui esplorazione richiede parecchi mesi di scavi, termina con due stretti pozzi paralleli che nei periodi piovosi temporaneamente si allagano, per effetto di un accumulo del tutto locale di acqua di percolazione; infatti, a differenza della grotta Lindner, si constata una risposta molto veloce tra le precipitazioni sul Carso e l'innalzamento dell'acqua al fondo della cavità (2).

* * *

L'interesse degli speleologi viene anche attratto dal carsismo di contatto della "valsecca" di Castelnuovo[186], considerata — come abbiamo visto — in probabile relazione con il bacino del Timavo sotterraneo. Nel 1966 il Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre inizia un ciclo di esplorazioni, in collaborazione con gli speleologi sloveni, nelle grotte attive delle valli cieche più occidentali[187]. Si riscontra una direzione preferenziale delle gallerie verso nord-ovest, tanto da far pensare ad una confluenza dei deflussi idrici con il corso sotterraneo del Recca[188] (non sono ancora effettuati i nuovi e più sicuri esperimenti di marcatura che hanno confermato la direzione del drenaggio verso la valle del Risano e il golfo di Fiume). Con grandi aspettative viene riesplorato anche l'inghiottitoio di Slivje, dichiarato profondo 303 metri nel 1931 dalla Sezione speleologica del Fascio Giovanile di Combattimento di Trieste, a caccia del risultato strepitoso[189]; il sifone terminale viene però raggiunto a soli 84 metri di profondità.

---

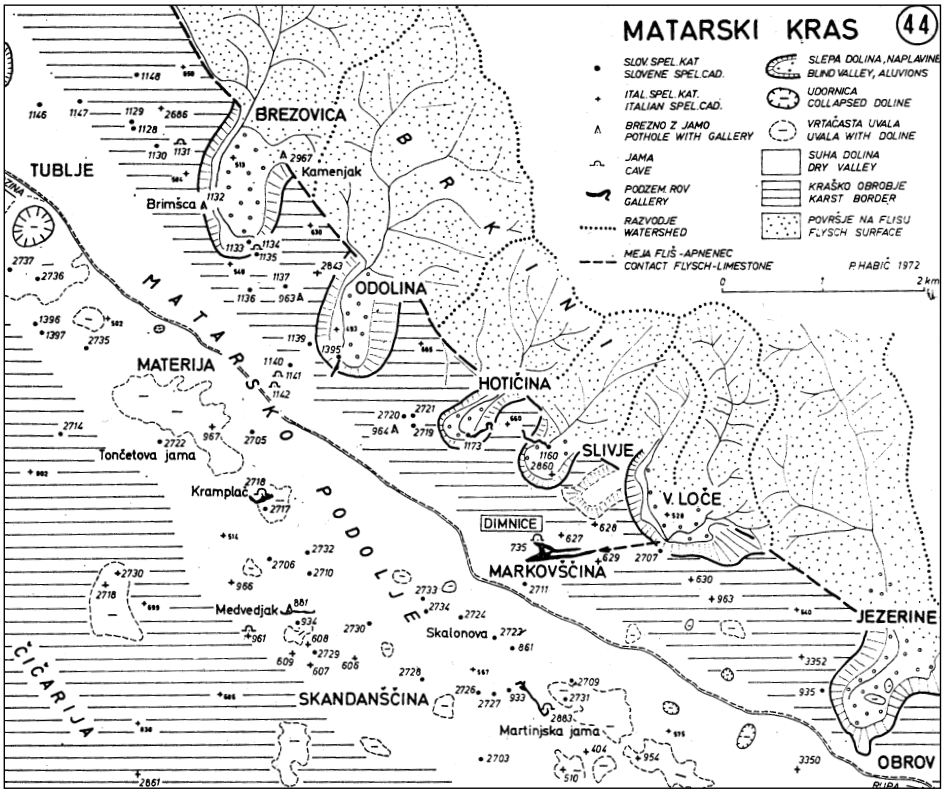
185. Marini D. (1973): *La dolina soffiante di Monrupino (Carso Triestino)*, "Mondo Sotterraneo", Udine, 143-146. Guidi P. (1999): *Grotta meravigliosa di Lazzaro Jerko*, "Alpi Giulie", Trieste, 93(1): 44-50.

186. Mihevc A. (1994): *Contact Karst of Brkini Hills*, "Acta Carsologica", Ljubljana, 23:99-109.

187. Merlak E. (1976): *L'inghiottitoio di Slivie di Castelnuovo e la situazione idrografica della zona S. Canziano - Divaccia - Valsecca di Castelnuovo*, Atti del 10. Congresso Nazionale di Speleologia, Roma 1968, "Memorie dello Speleo Club Chieti" 2:37-56.

188. Merlak E. (1983): *Nota sulle caratteristiche idrologiche della zona nord-ovest del Solco di Castelnuovo (Jugoslavia)*, Atti del 4. Convegno Speleologico Friuli Venezia Giulia, Pordenone 1979, 277-280. Malečkar F., Morel S. (1989): *Janičja jama v luči raziskovanja podzemlja Matarskega podolja*, "Naše Jame", Ljubljana, 26:31-38.

189. Guidi P. (1989): *La speleologia esplorativa triestina nel ventennio 1920/1940*, "Mondo Sotterraneo", Udine, 13(1/2):73-100.



Carta del "Carso di Materija" con l'indicazione della dorsale arenaceo-marnosa dello spartiacque con la valle del Recca (Brkini) e i bacini imbriferi dei torrenti catturati nelle sei valli cieche più occidentali. Da: Gams I. (citato nella nota 94).

Dal 1969 al 1978 gli speleologi del Club Tamesis di Londra si dedicano alla grotta del Fumo nella quale superano i sifoni di entrata e di uscita e scoprono lunghe gallerie percorse dall'acqua. Con le successive esplorazioni del Gruppo Grotte Dimnice di Capodistria lo sviluppo complessivo della grotta viene portato ad oltre sei chilometri[190]. Questo gruppo svolge un'intensa attività nella zona, verificando sistematicamente le osservazioni e i dati raccolti in precedenza[191]. Non viene riscon-

190. Malečkar F., Gospodarič R. (1982): *La geologia della grotta Dimnice (Matarsko Podolje - Slovenia),* Atti del 5. Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Trieste 1981, 243-249. Morel S. (1989): *Povojna odkritja v Dimnicah*, "Naše Jame", Ljubljana, 31:90-93.

191. Malečkar F., Morel S. (1984): *Razvojna jamarska odkritja v Matarskem podolju*, in: Sežanski Kras, Sežana, 30-37.

trata la presenza dei corsi sotterranei segnalati da Giovanni Andrea Perko nella Tončetova e nella Skalonova jama[192], neanche in periodi di forti precipitazioni. Probabilmente si tratta di un generalizzato e veloce cambiamento delle condizioni idrologiche che interessa questo fluvio-carso nel suo complesso. Infatti in tutte le valli cieche e nella valle di Bresovizza in particolare, si sono recentemente verificate diverse catture dei torrenti in cavità e punti idrovori che si sono aperti lungo gli alvei; analogamente il torrente di Cacitti ha subìto nell'ultimo secolo una serie di catture progressivamente spostate verso monte[193].

Nel 1977 entra in campo la ricostituita Sezione grotte dell'Associazione Alpina Slovena (Slovensko Planinsko Društvo) di Trieste, che riesplora tutti gli inghiottitoi e le grotte attive della zona ottenendo in tal modo "una visione abbastanza chiara e unitaria dei fenomeni, il che ha permesso una serie di scoperte interessanti"[194]. Negli inghiottitoi di Odolina e di Hotična vengono scoperti due rami nuovi, percorsi ciascuno per circa 200 metri da corsi d'acqua perenni ed indipendenti dai torrenti superficiali; l'andamento delle gallerie è suborizzontale, circa alla stessa quota di quelle della grotta del Fumo. Nei tratti sifonanti vengono trovate concrezioni sommerse, indizio di un recente ringiovanimento idrico delle cavità; inoltre la presenza di rapide, sia pur modeste, che interrompono il profilo delle lunghe gallerie, esclude la presenza di una falda idrica "di sostegno" dei corsi d'acqua sotterranei.

Gli speleologi dello Slovensko Planinsko Društvo si dedicano in seguito all'esplorazione sistematica dell'altopiano di Beca e Occisla e del suo piccolo sistema fluvio-carsico ed eseguono anche una serie di interessanti studi idrologici nella sottostante val Rosandra, per la quale non si possono escludere interconnessioni sia pur precarie con il bacino del Timavo sotterraneo, per lo meno durante le piene di quest'ultimo. Di particolare interesse sono le prove di pompaggio eseguite nell'antro delle sorgenti di Bagnoli, che dimostrano i rapporti di dipendenza fra le sorgenti vicine e consentono di calcolare l'entità del contributo dato dagli spandimenti sotterranei dell'antro alla falda della piana di Bagnoli (10-20 l/sec), in base alla portata delle pompe, alla velocità di abbassamento del livello dell'acqua e alla successiva velocità di rimonta. Come ha già osservato Eugenio Boegan a proposito delle misure di portata delle sorgenti di Aurisina, soltanto le prove di pompaggio possono dare risultati sicuri nella valutazione dei deflussi secondari di una falda carsica.

* * *

192. Malečkar F. (1983): *Skalonova jama v Matarskem podolju*, "Naše Jame", Ljubljana, 25:62.

193. Mihevc A. (1989): *Kontaktni kras pri Kačičah in ponor Mejame (Contact karst near Kačiče and ponor cave Mejame),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 18:171-195.

194. Sancin S. (1988): *Gruppo Grotte dell'Associazione Alpina Slovena di Trieste*, "Rassegna di attività della Federazione Speleologica Triestina", Trieste, 30-32.

La vera scoperta "del secolo" nelle grotte del Carso è quella effettuata nella Kačna jama dagli speleologi sloveni[195]. Nell'estate 1972 il Gruppo speleologico di Logatec esplora in maniera sistematica il ramo orientale della grotta, al cui termine una forte corrente d'aria fa sperare in una prosecuzione. Boris Marusič raggiunge in arrampicata un passaggio alto, da dove penetra in una serie di grandi gallerie che si sviluppano ad un livello più profondo. In una successiva esplorazione, in collaborazione con l'Istituto per le ricerche carsiche di Postumia, viene raggiunto il corso di un vero e proprio fiume sotterraneo; non c'è dubbio alcuno che sia lo stesso che scompare nella grotta di S. Canziano: lo confermano non solo la portata, ma i grossi tronchi d'albero (persino il pneumatico di un camion) e le masse di schiuma trasportate dalla corrente[196]. Lo sviluppo della cavità viene portato ad oltre nove chilometri (le esplorazioni sono tuttora in corso) con una profondità di 280 metri (65); le nuove gallerie sono scavate nella dolomia, come risulta da una — sia pur saltuaria — campionatura litologica (95).

L'acqua entra da un sifone all'estremità dello Škocjanski Kanal (canale di S. Canziano) e dopo un percorso di circa un chilometro, attraverso un sifone interno raggiunge l'Ozki Rov (galleria stretta) al cui termine defluisce dal sifone meridionale, alla quota di 156 metri sul livello del mare, in direzione di Corgnale (potrebbe, beninteso, cambiare completamente direzione pochi metri dopo il sifone). Quando la portata aumenta, l'acqua sale molto rapidamente a causa della sezione limitata dei canali di scarico ed allaga la "galleria dei dieci laghi", da dove raggiunge con un giro più lungo l'Ozki Rov. Quando l'acqua sale ulteriormente — dopo la completa sommersione delle gallerie inferiori — invade sia il Peščeni Rov, un ramo solitamente asciutto che termina con un'enorme frana a poca distanza dal sifone di uscita, sia le gallerie Petkovšek e Zimmermann (Cimermanov Rov). Costituite da vani più larghi, queste gallerie terminano nel sifone settentrionale attraverso il quale le acque si scaricano in direzione di Povir; si tratta dunque di un fenomeno di "cattura" sotterranea verso sud, da parte di canalizzazioni più recenti ma anche meno ampie. Il sifone settentrionale è situato a quota 178, soltanto due metri più in

---

195. Per la polemica sull'esclusione degli speleologi triestini dalle ricerche, già avviate in collaborazione, si veda:
Tarabocchia G. (1975): *Contributo sulla migliore conoscenza del corso ipogeo del Timavo alla luce delle recenti scoperte dell'Abisso dei Serpenti*, Atti del 1. Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Trieste 1973, 176-178.
D.Z.R.J.L. (1984): *Delež Gruppo Speleologica San Giusto pri odkrivanju Reke v Kačji jami*, "Naše Jame", Ljubljana, 26:105-106.

196. Mihevc A. (1983): *Onesnaževanje Kačne jame (The Kačna jama Pollution),* Mednarodni simpozij Zaščita Krasa ob 160-letnici turističnega razvoja Škocjanskih jam, Lipica 1982, Sežana, 57-59.

basso del sifone di entrata ma con diverse contropendenze intermedie. A differenza di S. Canziano, in queste gallerie l'acqua calma, in alcuni tratti immobile, sembra aver raggiunto una fase di equilibrio e di deiezione fluviale, ma è ipotizzabile l'esistenza di un ulteriore livello di gallerie più profonde, perennemente allagate ed inaccessibili all'indagine diretta. Nelle gallerie finora esplorate il corso sotterraneo si trova evidentemente — come nelle grotte di S. Canziano — in condizioni di "sospensione"; il lago Morto di S. Canziano non può dunque costituire il bacino di carico del sistema idrografico, come ipotizzato dai vecchi autori.

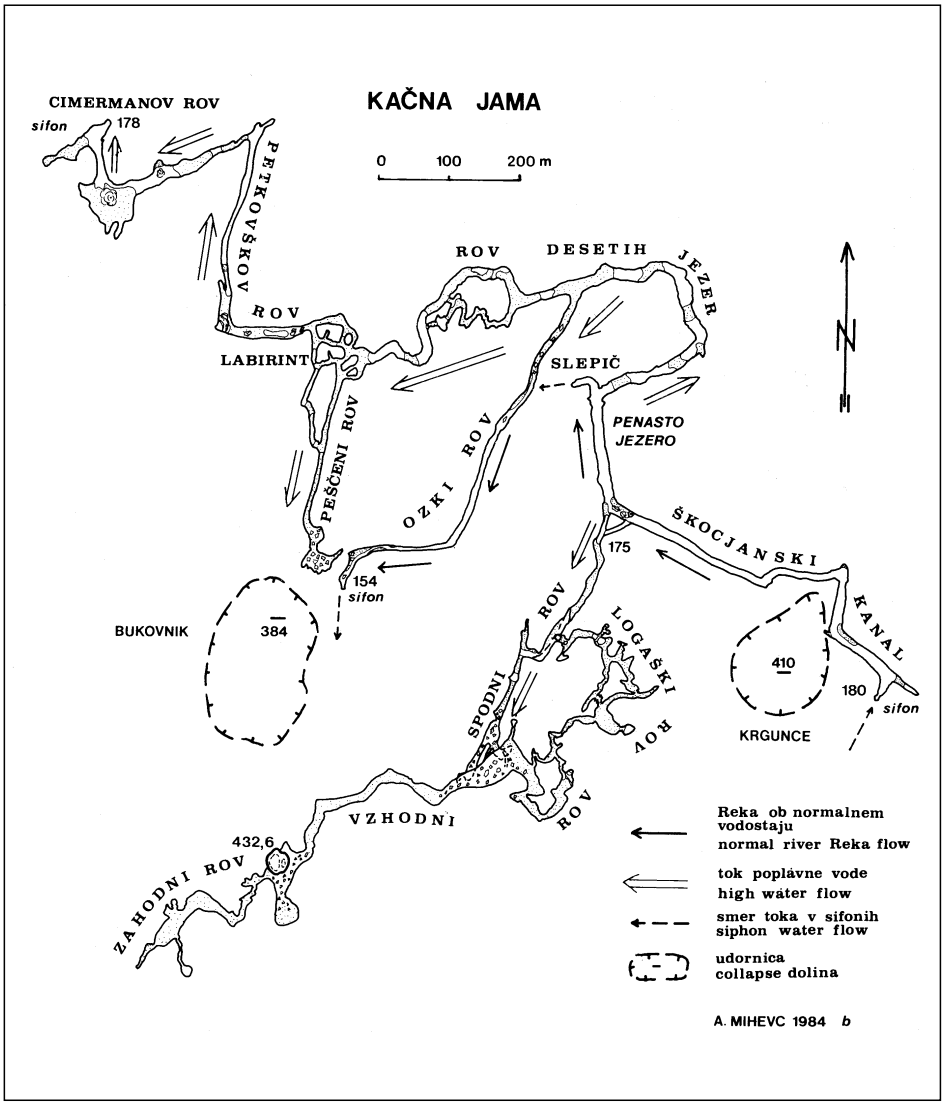
Il punto più profondo della Kačna jama si trova nella parte vecchia della grotta, chiamata "sala del Recca" da Giuseppe Marinitsch che ha riscontrato nell'ottobre 1895 un innalzamento dell'acqua di 60 metri. Forzata una fessura, gli speleologi di Capodistria hanno scoperto una breve galleria percorsa da un affluente sotterraneo, che però con il Recca non ha in realtà niente a che fare. Attualmente un nuovo ciclo di esplorazioni "contro corrente" tende al congiungimento della Kačna jama con la grotta di S. Canziano, dopo aver trovato, oltre il sifone dell'Ogabno jezero (lago Disgustoso), una prosecuzione che consente di raggiungere il canale principale a monte del sifone di entrata. La distanza tra i punti estremi raggiunti non supera oggi un chilometro in linea d'aria.

* * *

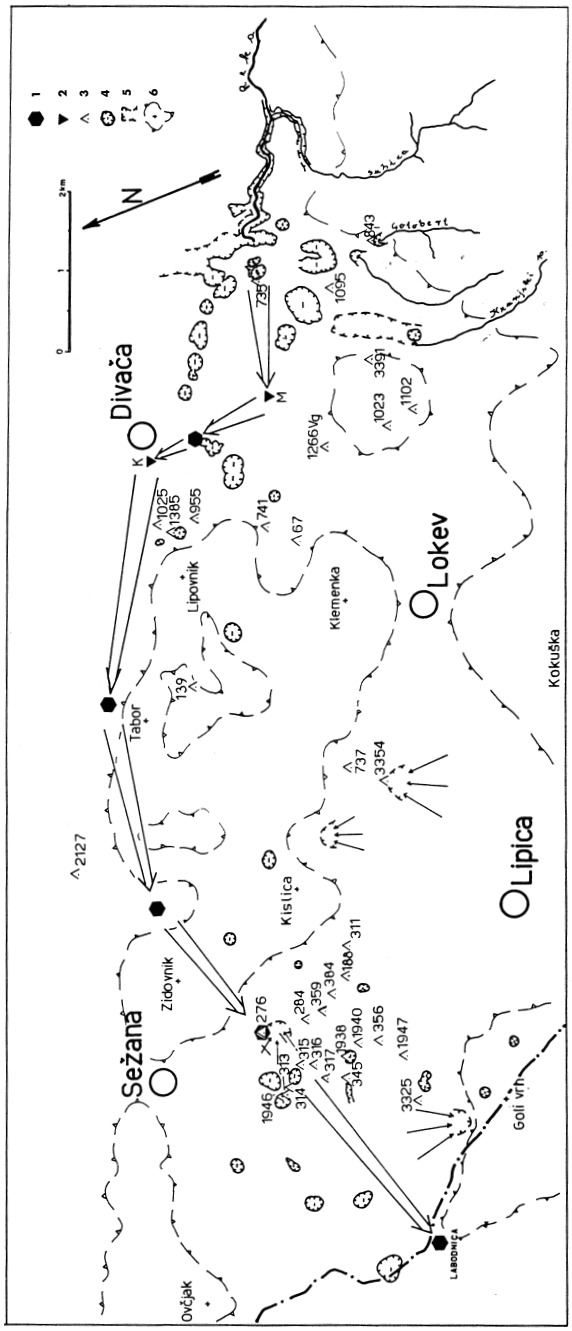
In seguito a queste scoperte, il percorso sotterraneo del Recca torna ad essere un argomento di attualità. Secondo France Šušteršič[197] il ramo principale dovrebbe descrivere un'ampia curva verso nord, da Divaccia ai pressi di Sesana, toccando gli "sfiatatoi" di Povir già menzionati da Antonio Polley e da Eugenio Boegan. Dalle pendici meridionali del monte Zidovnik dovrebbe poi dirigersi verso la grotta di Trebiciano passando sotto la "Jama v Kaniaducah" (conosciuta un tempo come Konjedovce, nella quale gli speleologi di Sesana hanno eseguito faticosi lavori senza però superare gli 80 metri di profondità), che soffia o aspira anch'essa col crescere o decrescere dell'acqua sotterranea. L'ipotesi sembra trovare conferma nelle esalazioni maleodoranti emesse dagli sfiatatoi durante le piene del Recca sotterraneo inquinato (49). Questo dovrebbe dunque seguire un percorso spostato verso nord di cinque chilometri rispetto a quello immaginato a suo tempo da Schmidl e da Boegan, passante per Corgnale e Lippiza in direzione della grotta di Trebiciano.

---

197. Šušteršič F. (1972): *Med Škocjanom in Labodnico*, "Proteus", Ljubljana, 35(5):212-215, 239, 35(6):281-287, 35(7):320-322.



Planimetria della Kačna jama dopo le nuove scoperte; da Habič P. et al. (49). Mancano le gallerie recentemente esplorate che sboccano nello Škocjanski kanal a monte del sifone. Le frecce doppie indicano il percorso dell'acqua in regime di piena.



Il presunto corso sotterraneo del Recca da S. Canziano alla grotta di Trebiciano; da: Šušteršič F. (citato nella nota 197).

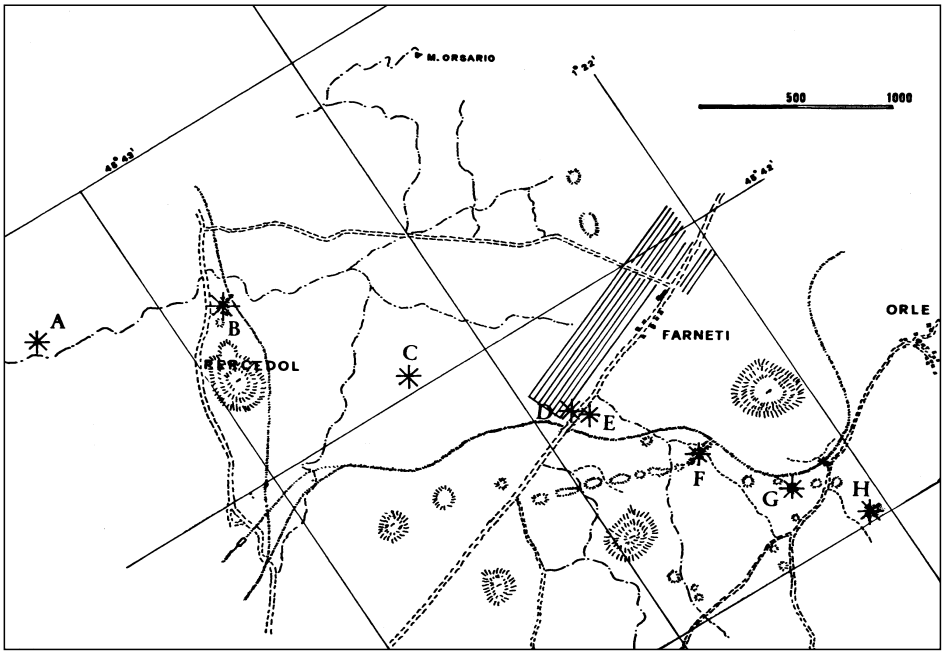
Legenda:

1. *sfiatatoio;*
2. *posizione certa del Recca sotterraneo (M = lago Morto, K = Kačna jama);*
3. *grotta;*
4. *dolina di crollo;*
5. *fronte di valle cieca e morfologie simili;*
6. *catena di colline.*

Labodnica è il nome sloveno della grotta di Trebiciano.

Sotto, l'elenco delle grotte segnate sulla cartina, con il numero del catasto speleologico sloveno.

67 Trhlovca
139 Jama na Konjičih
188 Križmančičeva jama
276 Jama v Kanjaducah
284 Čebulceva jama
311 Lipiška jama
313 Jama I v Sežanskem dolu
314 Koblarska jama
315 Brundlova jama
316 Škamprlova jama
317 Ukmarjeva jama
345 Jama pri Ukmarjevem dolu
356 Jama na Trebanjskem
359 Rebčeva jama
384 Jama v p. pri Ogradi
735 Škocjanske jame
737 Vilenica
741 Divaška jama
843 Medjamah
955 Kačja jama
1023 Jama pod Gougam
1025 Košava jama
1095 Jama na Prevali
1102 Jama nad Škrinjarco
1382 Jama v Bukovniku
1938 Brezno v Ukmarjevem dolu
1940 Jama na Gropajskem
1946 Jama II v Sežanskem dolu
1947 Golokratna jama
2127 Podjunčna jama
3325 Jama v Golokračini
3354 Ribošca jama
3391 Pečica
1266 VG Globoka jama



A - Cava vecchia; B - Grotta meravigliosa di Lazzaro Jerko; C - Pozzo della volpe; D - 87; E - Grotta decapitata; F - Dolina delle cloce; G - Scavo de sette nani; H - Hrovatinova Jama.

Cartina degli "sfiatatoi" sul presunto corso sotterraneo del Timavo, con la didascalia originale; da: Marini D. (citato nella nota 198). I punti segnati da Adolf Schmidl nel 1851 sono A, B, D e G. Il punto H è la grotta di Trebiciano; il punto G è probabilmente la "valletta chiamata Recca" delle antiche tradizioni (si veda: Galli M. citato nella nota 24, tav. 27); per i punti D - E si veda: Boegan E. (1899): Pozzo presso il casello ferroviario di Fernetich*, "Alpi Giulie", Trieste, 4(4):50.*

Gli indizi del corso sotterraneo del Timavo in territorio italiano vengono segnalati in una nota di Dario Marini, che ne indica le posizioni nella zona compresa fra la grotta di Trebiciano e Rupingrande[198]. Nella mappa sono riportati i quattro fori soffianti della "storica" cartina di Adolf Schmidl (riprodotta anch'essa, o meglio una sua copia parzialmente modificata) e ne sono aggiunti altri tre, tutti situati lungo il medesimo allineamento da sud-est a nord-ovest. Tra questi è compreso anche il profondo pozzo della Volpe (155 VG), nel quale viene segnalata nel marzo 1954 — dopo alcuni giorni di pioggia — una forte corrente d'aria che esce "a 140 m di profondità da una fessura sulla parete, alla quale non era possibile accostare la scala"[199].

198. Marini D. (1980): *Plesiocriptoscopia tra politica e scienza*, "Progressione", Trieste, 6:2-4.

199. Pipan L. (1956): *Ricerche preliminari di meteorologia ipogea nelle grotte del Carso Triestino*, Atti del 6. Congresso Nazionale di Speleologia, Trieste 1954, 225-261.

Novità di grande interesse si registrano anche nel comprensorio di S. Canziano. Nei pressi di Vreme, circa 6 chilometri a monte della grotta, dove il Recca comincia a scorrere sul calcare, nel settembre 1982 si apre improvvisamente al centro dell'alveo una larga voragine (circa metri 10x6), nella quale scompare l'intero fiume — peraltro in stato di magra — per una ventina di giorni. La grotta di S. Canziano, come pure le nuove gallerie della Kačna jama, rimangono a secco, a parte un rigagnolo di acqua di percolazione; in quest'ultima grotta si constata un abbassamento del livello dell'acqua di circa tre metri ed il sifone terminale dell'Ozki Rov diventa accessibile, sia pure ingombro di tronchi, per una cinquantina di metri. La voragine dell'inghiottitoio di Vreme, nella quale sono franate grandi quantità di detriti, può essere esplorata soltanto fino alla profondità di una trentina di metri; sopravvenuta una piena, altrettanto improvvisamente la cavità viene ostruita e il Recca riprende a defluire lungo il suo solito corso, attraverso la grotta di S. Canziano (19). Da allora però frequentemente, nei mesi estivi, la "cattura" del Recca si ripete[200].

Le perdite del Recca nel suo percorso sul calcare, da sempre conosciute, sono oggi valutate a circa un metro cubo al secondo. In passato, in quel tratto di alveo i proprietari dei mulini hanno dovuto spesso otturare i punti idrovori con ingegnosi sistemi di grossi cunei di legno e travi[201], ma nonostante ciò in varie occasioni il Recca è rimasto completamente asciutto: "nell'anno 1828 verso la fine di agosto lo si transitava a piedi asciutti presso i mulini di Nacla, prossimi alle voragini assorbenti ... e non diverso si fu il caso nei mesi di luglio, settembre e ottobre dell'anno 1834. L'identico caso si verificò anche nel settembre 1865 e nel giugno 1868 ed è sommamente probabile che siasi ripetuto altre volte ancora, ma non essendone stati fatti appositi rilievi ... non se ne potrebbe avere la voluta certezza"[202]. Anche nel 1928 l'improvvisa apertura di un inghiottitoio all'altezza della chiesa di S. Maria, provoca la scomparsa di "gran parte dell'acqua del fiume, allora in periodo di magra" (10). Sembra sia il medesimo punto idrovoro utilizzato a suo tempo da Guido Timeus per l'immissione del cloruro di cesio, allo scopo di verificare se l'acqua delle perdite ricompaia più a valle nella grotta di S. Canziano (l'esito è stato però negativo, a conferma che queste acque raggiungono le risorgive del Timavo seguendo un percorso tuttora ignoto).

---

200. Halupca A. (1992): *Il Timavo temporaneo di Vreme*, "Bollettino della Società Adriatica di Speleologia", Trieste 1980/1992, 38-41.

201. Cuscito G., Dolce S., Foscan L., Forti F., Habe F., Halupca E., Leben F., Stoch F., Ursic B. e M. (1990): *Il Timavo, immagini, storia, ecologia di un fiume carsico*, Ed. B. & M. Fachin, Trieste, 233.

202. Consiglio comunale di Trieste, Allegato al resoconto stenografico della quinta seduta pubblica del dì 28 febbrajo 1873, Trieste, 22.

Nel 1986 la grotta di S. Canziano viene inclusa nell'elenco del patrimonio naturalistico mondiale dell'UNESCO, a condizione di risanare la qualità dell'acqua del Recca, progressivamente inquinata negli ultimi venti anni. Un parziale miglioramento, evidenziato dalla riduzione della "domanda di ossigeno"[203], viene ottenuto con l'adozione di pretrattamenti delle acque di scarico industriale e la conversione del sistema produttivo della fabbrica di truciolare Lesonit, ma l'inquinamento rimane sempre troppo elevato per i processi di autodepurazione. Appena con la chiusura nell'autunno 1990 della fabbrica di acidi organici (TOK - Tovarna organiških kislin) si ottiene un effettivo risanamento, anche se intanto sono aumentati gli inquinanti di origine agricola e antropica[204]. Per assicurare un costante ricambio d'acqua e la pulizia della grotta di S. Canziano, nei periodi di secca viene scaricato nell'alveo del Recca un quantitativo d'acqua di un metro cubo al secondo dai laghi artificiali dei bacini Mola e Klivnik.

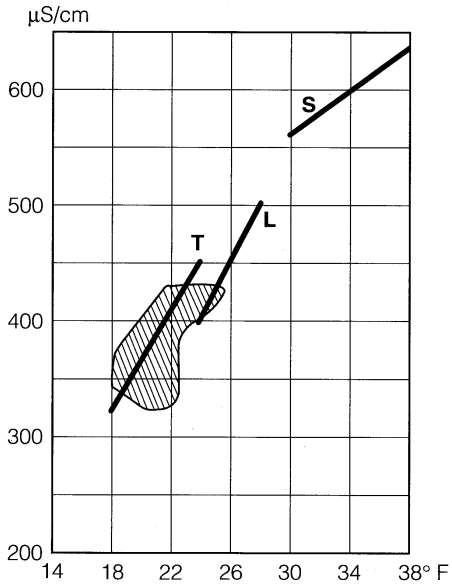
Vengono anche effettuati specifici studi sulle modalità della percolazione degli inquinanti attraverso la roccia calcarea, ottenendo risultati enormemente variabili e legati — come per tutti gli altri aspetti del carsismo — alle condizioni del luogo e del momento. La velocità di percolazione attraverso 100 metri di roccia può variare, ad esempio, da un'ora a molti mesi.

Nell'ambiente speleologico triestino ormai si è radicata la convinzione che a valle della grotta di Trebiciano non sia possibile raggiungere il Timavo in vani a pelo libero di una certa estensione. Le ricerche pertanto si concentrano "a monte", dove — nei pressi di Basovizza — nel 1991 il sempre attivo Gruppo Grotte Carlo Debeljak coglie un risultato esplorativo di importanza eccezionale. Forzata una stretta fessura d'ingresso e vuotato dall'argilla un successivo cunicolo orizzontale lungo 40 metri, agli speleologi si presenta una grotta di proporzioni grandiose. Un pozzo interno profondo 140 metri conduce in un sistema di enormi gallerie, per uno sviluppo complessivo di oltre 6 chilometri. La grotta, intitolata a Claudio Skilan, è la più grande del Carso triestino e raggiunge oggi la profondità di 378 metri, a soltanto tre metri sul livello del mare. La scoperta premia la tenacia del gruppo grotte che si è impegnato nei più gravosi lavori di scavo realizzati sul Carso triestino; tra questi va ricordata la riapertura della grotta dei Morti nel 1958, effettuata in sei mesi di la-

---

203. Mejač B., Roš M., Dular M., Rejic M., Ponikvar-Zorko P. (1983): *Onesnaževanje Notraniske Reke (Pollution of the River Notraniska Reka),* Mednarodni simpozij Zaščita Krasa ob 160-letnici turističnega razvoja Škocjanskih jam, Lipica 1982, Sežana, 48-51.

204. Kogovšek J. (1995): *Some examples of the Karst water pollution*, "Acta Carsologica", Ljubljana, 24:305-312.
Grbović J., Kosi G., Krušnik C., Saradjen J. (1996): *Water rehabilitation plan of the Timav River Basin*, Hydrometeorological Institute of Slovenia, Ljubljana, 1-34.



Valore della conducibilità specifica media in funzione della durezza totale delle acque di fondo analizzate nelle grotte di Skilan, Trebiciano e Lindner e nelle acque di Sardos e Timavo.

S = grotta Skilan
L = grotta Lindner
T = abisso di Trebiciano

In tratteggio: acque di Sardos e Timavo. La durezza è espressa in gradi francesi (°F). 1°F equivale a 10ppm di $CaCO_3$

L'acqua di fondo della grotta Lindner, a differenza di quella della grotta di Trebiciano, è soltanto in parte identificabile con le acque di Sardos e Timavo; non lo è per niente l'acqua della grotta Skilan (bacini del "vecchio fondo" a -346). Da: Merlak E. (1998): La misura della conducibilità elettrolitica nello studio delle acque del Carso Triestino*, "Annali del Gruppo Grotte", Associazione Trenta Ottobre, Trieste, 10:77-92.*

voro con la rimozione di 82 tonnellate di materiale detritico[205]. La certezza di aver trovato nella grotta Skilan un'altra "finestra" sul corso sotterraneo del Timavo viene però delusa: al termine di una galleria fangosa che porta segni evidenti del rimontare dell'acqua, si raggiungono a 346 metri di profondità due bacini di acqua stagnante le cui caratteristiche chimiche ed isotopiche fanno escludere un collegamento diretto con il sistema idrico alimentato dal Recca. Peraltro la presenza di organismi viventi, a differenza delle pozze di acqua di stillicidio, completamente azoiche, delle gallerie più alte, confermerebbe un collegamento almeno saltuario con la circolazione profonda del Carso. Rispetto alla grotta di Trebiciano, nella grotta Skilan (come pure nella grotta Lindner) l'acqua presenta una maggiore concen-

205. Ferlatti C. (1992): *Una grotta per "el Furlàn",* "Speleologia - Rivista della Società Speleologica Italiana", Milano, 27:4-10.

trazione di sali e una composizione più costante, con minori variazioni nel tempo; sul fondo di queste cavità si raccoglierebbero "acque di percolazione locali che successivamente si immettono nella circolazione idrica del Carso Triestino"[206]; l'acqua montante durante le piene è quella che si accumula nella massa calcarea circostante e che viene sollevata dalla trasmissione della pressione idraulica propagatasi attraverso l'acquifero.

Nel 1997 viene scoperta una nuova diramazione (galleria Hanke) nella quale sprofonda un pozzo di 110 metri che immette nella parte più profonda della cavità, completamente allagata nei periodi di piena, quando l'acqua rimonta per 60 metri di altezza; lo stesso fenomeno riscontrato a fine Ottocento nella "sala del Recca" della Kačna jama. Le morfologie erosive nel deposito di argilla alla base del grande pozzo, a 40 metri di altezza dal punto più profondo, testimoniano la violenta azione del deflusso dell'acqua. Per il momento però non si sono ancora effettuate campionature idrochimiche in questa diramazione.

* * *

La speranza di aprire un'altra "finestra" sul corso sotterraneo del Timavo si riaccende oggi grazie ai risultati raggiunti dalla Commissione Grotte E. Boegan nella grotta intitolata a Lazzaro Jerko, nei pressi di Percedol, della quale si è già accennato in precedenza. Dopo trent'anni, le medesime persone che li avevano iniziati, hanno ripreso i lavori, che si sono rivelati i più impegnativi mai effettuati nella nostra zona. Dopo aver seguito diverse false strade nell'ammasso caotico di blocchi di roccia che costituisce il collo d'imbuto dell'asse della dolina, profondo più di 80 metri, lo scavo attualmente (estate 1999) è sboccato in una grotta vera e propria nella quale si sono superati i 260 metri di profondità, sempre con l'incoraggiante guida della corrente d'aria che si sprigiona in occasione delle piene. Mancano dunque meno di 30 metri per raggiungere il livello normale dell'acqua carsica, circa 3500 metri a valle della grotta di Trebiciano (senza voler ammettere a priori, naturalmente, una connessione idrologica fra le due cavità).

206. Flora O., Gemiti F. (1994): *Indagine chimica e isotopica sulle acque*, in: La Grotta Claudio Skilan VG 5720 - prime indagini scientifiche sul complesso ipogeo, Trieste, 20-24.

Importanti risultati della speleologia subacquea

Osservazioni importantissime per la conoscenza dell'idrologia sotterranea del Carso provengono dall'indagine diretta nella sua espressione tecnicamente più difficile e pericolosa, condotta al limite estremo dell'ardimento: l'esplorazione subacquea delle risorgive del Timavo. Ancora negli anni Cinquanta vengono risalite per un centinaio di metri le gallerie di sbocco del primo e terzo ramo, nel quale Giorgio Cobol raggiunge nel 1968 la lunghezza di 168 metri (allora record mondiale di immersione in grotta). Esplorazioni di dettaglio vengono continuate negli anni seguenti, in particolare nel labirinto di entrata del terzo ramo[207], che viene rilevato accuratamente nel 1979 dalla Sezione geo-speleologica della Società Adriatica di Scienze[208].

Nel 1980 la squadra subacquea della Federazione francese di studi e sport sottomarini di Marsiglia, coordinata da Claude Touloumdjian, risale il primo e il terzo ramo per 350 e rispettivamente 270 metri, alla profondità massima di 40. L'anno dopo l'esplorazione viene spinta a 60 metri di profondità, in un'enorme vano allagato (la "grande frattura") di cui non si riescono a vedere le pareti. Un'ordinanza della Prefettura di Trieste vieta ulteriori immersioni fino al novembre 1988[209], quando lo svizzero Jean Jacques Bolanz ottiene il permesso di riprendere le esplorazioni; dalla "grande frattura" prosegue risalendo una conoide detritica ed emerge in una caverna a pelo libero: si tratta della grotta del Lago (4583 VG), una cavità diventata accessibile accidentalmente nel 1971 dopo il crollo della volta causato da una mina (lo scandaglio è sceso allora nell'acqua per 44 metri)[210]. Lo sviluppo complessivo delle gallerie sommerse — rilevate l'anno successivo dall'équipe cecoslovacca di Michael Piškula — raggiunge i 1000 metri di lunghezza: l'esplorazione completa del "delta sotterraneo" del Timavo diventa ora un obiettivo ambìto dagli speleosub di diversi Paesi europei. Gli speleologi locali, che non possiedono una tecnica adeguata per effettuare in sicurezza immersioni in grotta a grande profondità, si fanno promotori del "Progetto Timavo", per coordinare le ricerche in un articolato piano di collaborazione internazionale. Con immersioni rischiosissime nel 1990

---

207. Priolo G. (1971): *Esplorazioni subacquee a Duino*, "Alpi Giulie", Trieste, 66:114-115.

208. Crevatin G., Longo L. (1983): *Note preliminari sull'esplorazione della terza risorgiva del fiume Timavo*, Atti del 4. Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Pordenone 1979, 23-26.

209. Fabbricatore A. (1989): *Un fiume misterioso - il Timavo*, "Speleologia - Rivista della Società Speleologica Italiana", Milano, 20:61; id. (1994): *Progetto Timavo*, "Speleologia - Rivista della Società Speleologica Italiana", Milano, 30:99-100.

210. Marini D. (1972): *Grotte della Venezia Giulia (dal n. 4543 al n. 4667 VG),* Supplemento di Atti e Memorie 10/1971, 1-28.

viene seguita la "grande frattura", che presenta pareti concrezionate e colonne stalagmitiche — indizio certo di un'antica circolazione a pelo libero in quegli enormi vani — fino a raggiungere il pozzo dei Colombi (227 VG). Da questo nel 1991 e nel 92 Frederic Bernard risale controcorrente una grande galleria per oltre 200 metri in direzione nord, toccando gli 82 metri di profondità[211]. L'operazione viene conclusa nel 1993 con il sistematico rilevamento delle gallerie sommerse; lo sviluppo complessivo cartografato è di quasi due chilometri (48).

Le risorgive del Timavo non sono dunque un insieme di spandimenti che sgorgano dalle fessure della roccia — ipotesi dei vecchi autori — oppure un reticolo di gallerie sommerse superficiali, come è sembrato ai primi esploratori subacquei, ma davvero "il residuo di un'imponente costruzione del carsismo" immaginato da Ferruccio Mosetti trent'anni prima. Attualmente l'acqua sotterranea è dunque costretta a traboccare al di sopra del tampone alluvionale che ne ha ostruito gli sbocchi, depositato lungo la costa dalle acque del Tagliamento, dell'Isonzo e dello stesso Timavo, in seguito al recentissimo — alla scala dei tempi geologici — innalzamento del livello del mare Adriatico[212].

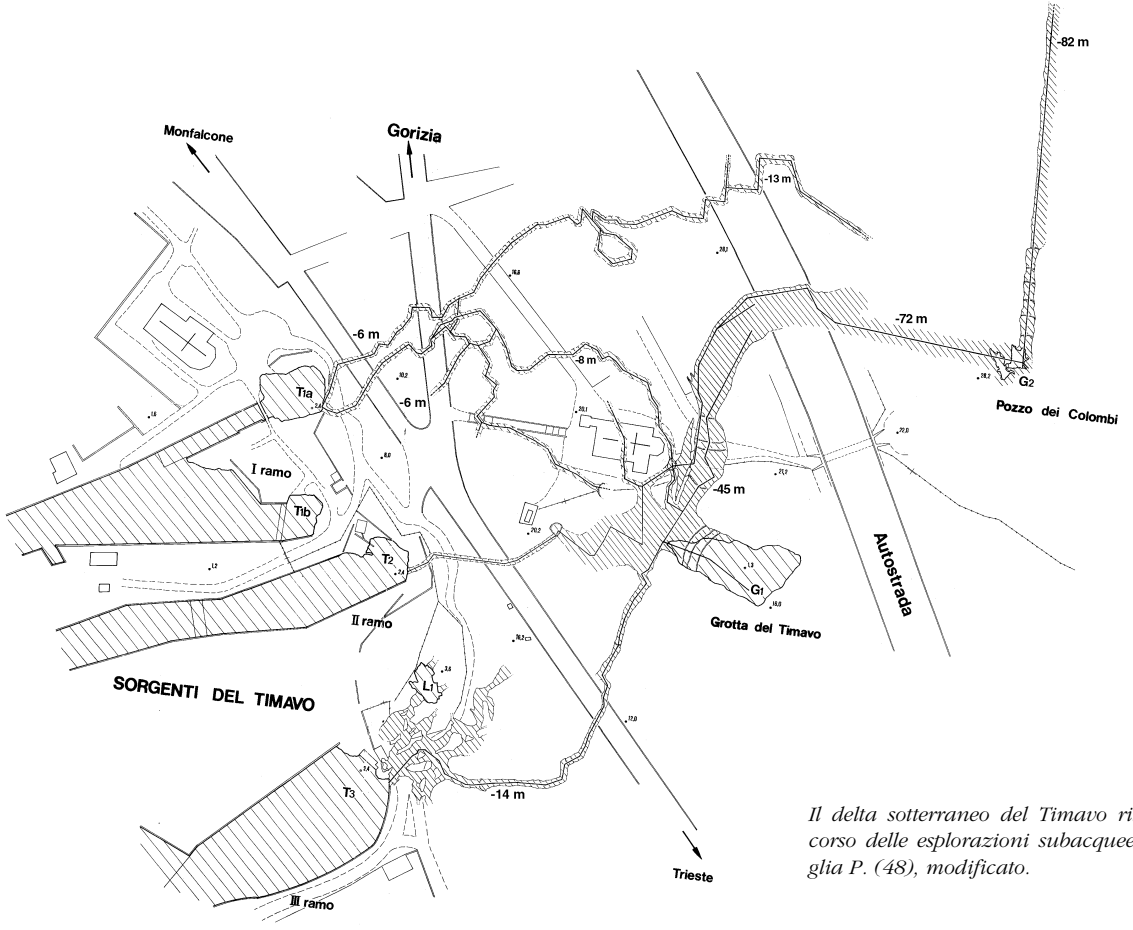
Nel 1990 vengono riprese le esplorazioni subacquee anche nel sifone di entrata della grotta di Trebiciano, dove si esaminano nel dettaglio, per quanto consente la visibilità limitatissima, le pareti della galleria sommersa e vengono individuate nuove possibilità di prosecuzione. Il sifone si rivela "ben più largo e complesso di quanto osservato nelle precedenti visite"[213]. Nel 1993 intervengono i subacquei francesi che percorrono in una diramazione laterale, parallela al sifone conosciuto,

---

211. Cucchi F. (1994): *Geologia dell'area di San Giovanni al Timavo*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", 31/1992-93:49-58.
Gauche B. (1994): *The Timavo project*, "U.I.S. Cave Diving Magazine", Gorizia, 6:40-45.

212. Per le variazioni del livello e delle coste del mare Adriatico, si veda:
Mosetti F., D'Ambrosi C. (1964): *L'oleodotto Trieste-Austria-Baviera ed il problema del suo terminal*, "Adriatico", Trieste, (11/12):11-14.
Mosetti F., D'Ambrosi C. (1967): *Cenni sulle vicissitudini costiere dell'Alto Adriatico dedotte dall'attuale morfologia del fondo marino*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 6/1966:19-31.
Šegota T. (1968): *Morska razina u holocenu i mlađem Würmu*, "Geografski Glasnik", Zagreb, 30:15-39.
Albrecht P., Mosetti F. (1989): *Karst evolution and sea level*, "Memorie della Società Geologica Italiana", 40/1987:383-387.
Marocco R. (1990): *Lineamenti geomorfologici della costa e dei fondali del Golfo di Trieste e considerazioni sulla loro evoluzione tardo-quaternaria*, "International Journal of Speleology", Trieste, 18/1989(3-4):87-110

213. Guglia P. (1992): *Risorgive di San Giovanni - nuovi risultati esplorativi*, "Progressione", Trieste, 27:49-50.



Il delta sotterraneo del Timavo rilevato nel corso delle esplorazioni subacquee; da: Guglia P. (48), modificato.

oltre 400 metri di vani inesplorati, a una ventina di metri di profondità. Le condizioni di visibilità nel sifone non permettono però di verificare se si tratti di un'unica larghissima galleria, frazionata da blocchi franati e da lame di roccia che la dividono in più vani adiacenti, oppure da un vero e proprio reticolo di canali paralleli.

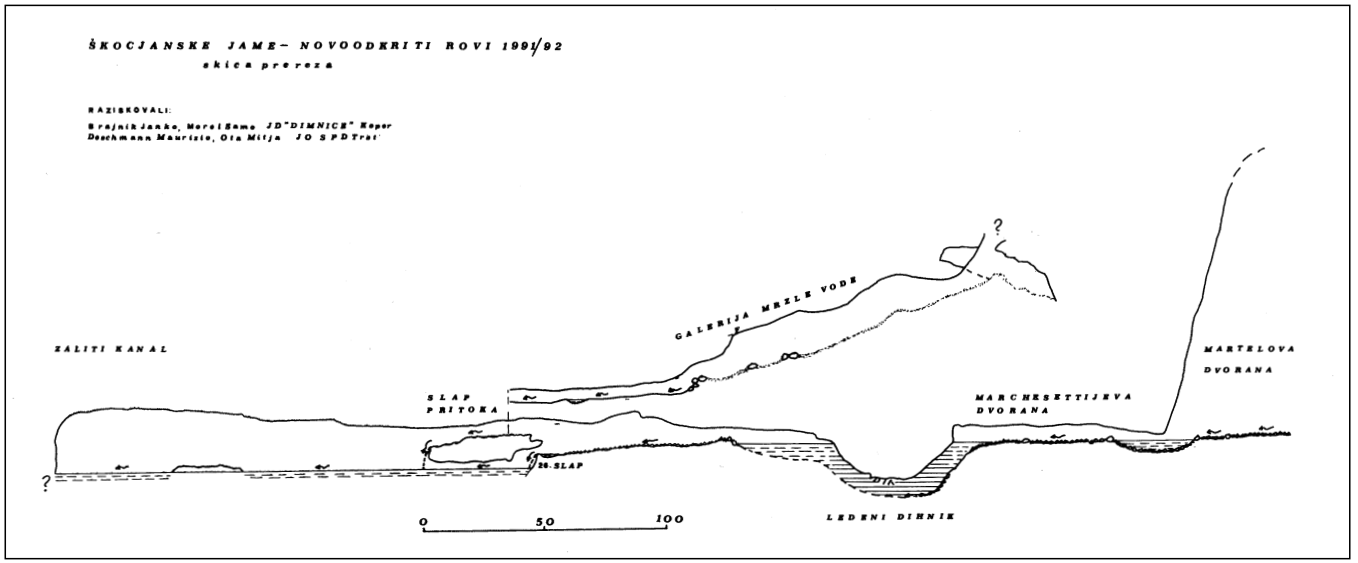
Dopo la chiusura dell'industria di acidi organici nell'alta valle del Recca, avvenuta nel 1990, in breve tempo nella grotta di S. Canziano le acque ritornano pulite e scompaiono gli ammassi di schiume. Si decide allora di tentare l'esplorazione del sifone di uscita ed allo scopo viene ripristinato il percorso attrezzato in parete ("via ferrata Hanke"), per poter raggiungere agevolmente la caverna terminale con tutti i materiali necessari. Il 15 settembre 1991 Janko Brajnik e Samo Morel, speleosubacquei del Gruppo grotte Dimnice di Capodistria, riescono a superare una galleria sommersa lunga sessanta metri, ad una ventina di metri di profondità[214]; si immergono nel lago Marchesetti, meno ingombro di legname marcescente che non il lago Morto (ma anche in quest'ultimo gorgogliano le bolle d'aria dei loro respiratori, segno che è in comunicazione anch'esso con la galleria del sifone). È questo l'inizio di una serie di esplorazioni subacquee compiute dagli speleologi sloveni, cui collaborano attivamente i membri della Sezione speleologica dell'Associazione Alpina Slovena di Trieste.

Si tenta dapprima di approfittare del basso livello del fiume durante le secche invernali, ma con una temperatura dell'acqua di 1.5 gradi si deve constatare che gli erogatori congelano e diventa impossibile l'impiego dei respiratori ad aria compressa. Le temperature estremamente basse dell'acqua del Recca nei mesi invernali sono del resto cosa nota. Guido Timeus ha riportato due interessanti citazioni in proposito, una di Adolf Schmidl, che osserva nella grotta di Trebiciano "in una misurazione, eseguita in una torbida, una temperatura dell'acqua di 3.7 C, mentre in quel periodo il Recca aveva una temperatura di 0.7"[215], l'altra di Giuseppe Marinitsch, che il 16 gennaio 1900 riscontra nel lago Martel una temperatura di 0.5 gradi (aria + 3.4) (96). Anche nella serie di 1012 misure termometriche effettuate da Eugenio Boegan nella grotta di Trebiciano (anni 1913-1916), ne risultano sei con temperatura da 4 a 5 gradi e ben 123 con temperatura da 5 a 7 gradi. Inoltre le misurazioni in continuo nella grotta di S. Canziano hanno evidenziato nel periodo

---

214. La relazione di Samo Morel viene pubblicata a Trieste, tradotta in lingua italiana, con qualche mese di anticipo rispetto alla versione in lingua slovena (66) e questo provoca in Slovenia una reazione risentita; si veda:
Kranjc A. (1992): *Zadnji "veliki problem" Škocjanskih Jam po sto letih rešeni*, "Naše Jame", Ljubljana, 34:149-151.

215. Consiglio Comunale di Trieste, Seduta pubblica del 13.8.1912, 23.



Le nuove gallerie esplorate oltre il sifone della grotta di S. Canziano. Alla 26.a cascata ricompare il fondo in roccia viva della galleria, non più coperto da materiale alluvionale e detritico come nel tratto a monte del sifone. Da: Morel S. (66).

gennaio-marzo 1995 ben quattro giornate con la temperatura dell'acqua inferiore a un grado. Una vera e propria "onda marcata" di acqua gelida attraversa dunque l'altopiano del Carso quando le nevi si sciolgono nel bacino del Recca.

Alla conclusione dei lavori nella grotta di S. Canziano, i risultati esplorativi sono importanti: il rilievo di circa 600 metri di nuove gallerie e soprattutto l'acquisizione di elementi di grande interesse per la conoscenza dell'evoluzione della cavità. Oltre il sifone viene superata una frana alta circa sette metri, la cui presenza spiega l'innalzamento dell'acqua nel lago Marchesetti anche con modesti aumenti di portata. La galleria continua fino ad una cascata (la 26.a dall'ingresso) e prosegue nel "canale allagato" con dimensioni enormi, più di trenta metri di altezza per quindici di larghezza, fino ad un nuovo sifone terminale, distante 300 metri in linea d'aria dal lago Marchesetti e complessivamente oltre due chilometri dall'ingresso del Recca nella grande voragine. Da una diramazione laterale, riccamente concrezionata, confluisce nel lago sottostante un piccolo corso d'acqua "sospeso", che sgorga dalla base di una grossa frana[216]; la galleria, in leggera salita, diventa di grandi dimensioni e termina in un'ampia sala alla base di un camino, a circa 50 metri di altezza sul livello del fiume. La genesi di questa diramazione viene attribuita ad un antico corso del Recca, che si sarebbe dovuto aprire una strada alternativa per aggirare l'occlusione di sedimenti quando questi — durante le glaciazioni[217] — hanno riempito completamente il canyon sotterraneo fino alla caverna Martel, costringendo l'acqua a scavarne la volta in modo antigravitazionale (come si osserva nel canale Hanke).

Gli studi attuali

Un risveglio d'interesse per l'idrogeologia del Carso si riscontra anche nell'attività di ricerca dell'Università di Trieste; convergono l'interesse scientifico per una conoscenza sempre più approfondita del fenomeno e le esigenze tecniche della sperimentazione di nuove metodiche e di nuove strumentazioni, in un eccezionale laboratorio naturale alle porte di casa.

---

216. *San Canziano, svelato un mistero*, di S. Sancin, "Trieste Oggi", Trieste, 3.10.1991; *Grotte di S. Canziano, ecco un nuovo fiume*, di S. Sancin, "Trieste Oggi", Trieste, 2.11.1991.

217. Radinja D. (1967): *Vremska dolina in Divaški Kras (La vallée de Vreme et le karst de Divača - Problèmes de la morphogenèse karstique),* "Geografski Zbornik", Ljubljana, 10:157-256.
Gospodarič R. (1984): *Jamski sedimenti in speleogeneza Škocjanskih Jam (Cave sediments and Škocjanske jame speleogenesis),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 12/1983:29-48.

Nuovi studi sulla composizione isotopica naturale delle acque carsiche vengono coordinati da Antonio Longinelli, direttore del Laboratorio di geochimica isotopica dell'Istituto di Mineralogia (33). Basato sui rapporti degli isotopi dell'ossigeno di massa atomica 18 e 16, questo metodo evidenzia un'inversione estiva dei valori isotopici (se comparati con quelli di una sorgente normale); l'ossigeno 18 è infatti presente in quantità maggiore — di norma — nelle piogge estive o cadute al livello del mare, minore nelle piogge invernali o cadute in zone di montagna. Il fatto che nelle risorgive del Timavo i valori più alti del rapporto O^{18}/O^{16} vengano registrati nella stagione invernale, anziché d'estate, rivela un ciclo stagionale della miscelazione di acque provenienti da riserve idriche diverse, una riferibile al bacino del Carso triestino, l'altra ad aree più elevate ed interne. Nella stagione invernale, a piovosità elevata e conseguente elevata pressione idraulica nella massa calcarea, tale da impedire l'apporto di contributi esterni, sarebbe prevalente l'alimentazione dal bacino del Carso triestino. Nella stagione estiva invece il progressivo calo della pressione idraulica all'interno del Carso consentirebbe un apporto via via più consistente di acqua di provenienza lontana, da un ipotetico bacino alimentato con acque meteoriche cadute a quote sensibilmente maggiori (8-900 metri in media anziché i circa 400 del bacino del Carso) ed individuabile — secondo Longinelli — nelle conche di Postumia e di Cerknica, oppure — secondo l'interpretazione di Fabio Gemiti (45) — nella stessa falda dell'Isonzo, il cui bacino montano ha una quota media di circa 1000 metri (Longinelli ammette la possibilità di un'alimentazione dall'Isonzo soltanto in particolari casi, quando la pressione idraulica in entrambi i "serbatoi" carsici principali decresce al di sotto di un certo valore[218]). Da notare che l'alimentazione stagionale da differenti riserve d'acqua del complesso sorgentizio del Timavo viene intravista ancora negli anni Sessanta da Fabio Forti e Tullio Tommasini, sulla base di un quadriennio di misure termometriche (1964-67). Viene da loro evidenziato anche il diverso comportamento della sorgente Moschenizze Nord dalle sorgenti Moschenizze Sud ed ipotizzata la probabile miscelazione, nella stagione estiva, delle acque carsiche con acque di provenienza diversa e più lontana (100).

Le ricerche del Laboratorio di geochimica isotopica sono tuttora in corso con lo studio del trizio naturale come tracciante delle acque carsiche[219].

---

218. Flora O., Longinelli A. (1989): *Stable isotope hydrology of a classical karst area, Trieste, Italy*, Isotope techniques in the study of the hydrology of fractured and fessured rocks, I.A.E.A., Vienna, 203-213.

219. Tesi di laurea Andrea Krokos: *Ulteriori studi geochimico-isotopici su alcune sorgenti carsiche costiere dell'area triestina: considerazioni idrologico-ambientali*, Università degli Studi di Trieste, 1998 (notizia privata Onelio Flora).

Nel 1992 l'Istituto di Geologia effettua un'analisi strutturale del Carso triestino, con particolare riguardo all'area sorgentifera del Timavo, sulla base delle immagini da satellite, delle foto aeree e dei rilevamenti sul terreno. Vengono individuate le principali "lineazioni", ossia le superfici verticali di discontinuità della massa rocciosa, che nella zona delle risorgive presentano una direzione trasversale rispetto agli assi strutturali ed ai deflussi sotterranei del Carso[220].

Sempre dall'Istituto di geologia viene effettuata nel 1993 un'indagine elettromagnetica VLF (Very Low Frequency) nel settore nord-occidentale del Carso. Oltre a dati di incerta interpretazione sulla presenza di livelli di acqua sotterranea, più o meno diffusa, nella zona di Malchina, viene individuato un ramo del Timavo circa 850 metri a est delle risorgive, in corrispondenza di un punto a 150 metri di quota sulle pendici meridionali del Dosso Petrinia, a monte della ferrovia[221].

Nuove ricerche idrochimiche vengono eseguite a partire dal 1993 dal Dipartimento di Scienze Chimiche, dapprima nel golfo di Trieste per la determinazione dell'inquinamento, quindi sui vari deflussi carsici allo scopo di caratterizzarli e differenziarli sulla base di alcuni parametri chimico-fisici, scelti quali indicatori naturali. Interessanti gli elevatissimi valori di nutrienti registrati all'esterno del porticciolo dei Laboratori di biologia marina (sorgenti di Aurisina), dove sboccano in mare apporti del bacino idrografico del Timavo[222]. Riguardo i deflussi carsici, si esaminano dapprima le risorgive del Timavo (primo e secondo ramo), nelle quali vengono campionati alcuni microelementi (piombo, rame, zinco e cadmio) e studiata la loro eventuale funzione di traccianti naturali[223]. Vengono quindi presi in considerazione, oltre ai deflussi della regione sorgentifera del Timavo, le sorgenti di Aurisina e i laghi del Carso isontino; inoltre l'Isonzo, il Vipacco, il Rosandra e la fonte Oppia (la storica "Klinciza" dei primi studi, così tradotta da Domenico Rossetti). Sul luogo vengono misurate temperatura, conducibilità elettrica e pH, mentre in labo-

---

220. Tesi di laurea Roberto Mandler: *Aspetti geologico-strutturali del Carso triestino*, Università degli Studi di Trieste, 1992 (notizia privata Franco Cucchi).
Cucchi F., Marinetti E., Potleca M., Zini L. (1998): *Influence of geostructural conditions on the speleogenesis of Trieste Classical Karst (Italy),* "Geodinamica Acta", (estr. di 9 pp.)

221. Cucchi F., Giorgetti F., Pillinini F. (1994): *Risultati di indagini elettromagnetiche eseguite sul Carso triestino*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 31/1992-93:85-92.

222. Reisenhofer E., Adami G., Predonzani S., Favretto A. (1994): *Determinazione di nutrienti nelle acque superficiali di costa nel Golfo di Trieste*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze", Trieste, 75(2):353-363.

223. Reisenhofer E., Adami G., Barbieri P. (1996): *Trace metals used as natural markers for discriminating some karstic freshwaters near Trieste (Italy),* "Toxicological and Environmental Chemistry", Amsterdam, 54:233-241.

ratorio si determinano con la tecnica HPIEC (High Performance Ion Exchange Chromatography): sodio, potassio, calcio, magnesio, cloruri, nitrati e solfati. Vengono individuate "sorgenti tipicamente carsiche": Aurisina, Timavo, Sardos e Moschenizze Sud e "sorgenti di acque miste" che ricevono contributi dall'Isonzo e dal Vipacco (89). L'applicazione dell'analisi multivariata conferma che acque provenienti dall'Isonzo possono estendersi verso S. Giovanni di Duino in particolari condizioni idrologiche, per esempio con l'Isonzo in piena e le acque carsiche in magra, ed influenzare le sorgenti Sardos e Moschenizze Sud ed occasionalmente anche le risorgive del Timavo. La discriminazione tra le sorgenti Moschenizze Nord e Moschenizze Sud viene successivamente confermata da ulteriori applicazioni dell'analisi multivariata (analisi delle componenti principali - PCA e analisi discriminante lineare - LDA) dei parametri chimico-fisici determinati per le acque esaminate. Come già constatato in precedenza, la sorgente Moschenizze Nord risulta influenzata dalle perdite dell'Isonzo e del Vipacco[224].

Nella grotta di Trebiciano, attrezzata nel 1989 con scale metalliche fisse[225], vengono installati nel 1994 particolari strumenti per la registrazione in continuo del livello della falda, della temperatura dell'acqua e delle sue caratteristiche (conducibilità elettrica, pH, ossigeno disciolto); strumenti e connessioni elettriche devono essere protetti in speciali contenitori impermeabili, appositamente progettati per resistere alle elevati pressioni e alla violenza dell'acqua[226]. La medesima strumentazione, dopo verifiche preliminari molto laboriose, viene sistemata nella grotta di S. Canziano ed alle risorgive del Timavo, con il registratore di livello "distaccato" nel pozzo dei Colombi (227 VG)[227]. Strumenti registratori per la misurazione del livello della falda sono funzionanti dal 1996 nell'abisso Massimo e dal 1997 sul lago

---

224. Tesi di dottorato Pierluigi Barbieri: *Chemometric investigations on the water body of the Venezia Giulia region,* Dottorato in Scienze Merceologiche, Università degli Studi di Trieste, 1998 (relatore Edoardo Reisenhofer).
Barbieri P., Adami G., Reisenhofer E. (1998): *Multivariate analysis of chemical-physical parameters to characterize and discriminate karstic waters*, "Annali di chimica", Roma, 88:381-391.
Barberi P., Adami G., Reisenhofer E. (1999): *Searching for a 3-way model of spatial and seasonal variations in the chemical composition of karstic freshwaters*, "Annali di Chimica", Roma, 89 (estr. di 10 pp.).

225. Crevatin G., Guglia P., Halupca E. (1992): *L'Abisso di Trebiciano, la Ferrata Adriatica ed il nuovo rilievo in vista delle future esplorazioni subacquee del Timavo sotterraneo*, "Bollettino della Società Adriatica di Speleologia", Trieste, 1980/1992:4-20

226. Crevatin G., Cucchi F., Marinetti E., Zuppin C. (1998): *Strumentazione per il monitoraggio in continuo di acque carsiche*, "Mondo Sotterraneo", Udine, 21/1997(1-2):13-23.

227. Cucchi F., Giorgetti F., Marinetti E., Kranjc A. (1997): *Experiences in monitoring Timavo River (Classical Karst),* in Kranjc A. (ed.): Tracer Hydrology 97, Balkema, Rotterdam, 213-218.

di Doberdò[228] (dove si è rilevata una risposta quasi istantanea alla chiusura delle paratoie del Timavo). Il ciclo di ricerche — tuttora in corso — è frutto della collaborazione tra l'Università di Trieste e l'Istituto di ricerche carsiche di Postumia, con il quale i rapporti si sono progressivamente intensificati dall'inizio degli anni Novanta.

Le registrazioni in continuo delle misure costituiscono un salto di qualità enorme rispetto alle tradizionali rilevazioni e campionature, nelle quali oltretutto non sono mai mancate le incognite del "fattore umano" (il prelievo, ad esempio, di una decina di campioni in una volta sola, anche per le giornate successive, come ricordato da qualche anziano protagonista delle ricerche di Guido Timeus[229]). Soprattutto la disponibilità di misure di portata precise e molto frequenti consente la costruzione degli idrogrammi che sono la base per lo studio della struttura dell'acquifero. Dalla loro analisi — e in particolare dall'analisi delle curve di recessione del flusso di piena — è possibile infatti determinare la capacità di immagazzinamento e di trasporto (trasmissività) dell'acquifero, l'entità delle riserve, i tempi di esaurimento e i meccanismi di svuotamento del sistema carsico, nonché il rapporto fra i drenaggi della zona non satura e quelli della zona satura o freatica, fra il flusso canalizzato e il flusso diffuso[230]. Un'applicazione di questi metodi viene proposta da Marco Menichetti dell'Università di Perugia (63), utilizzando i dati idrometrici del Recca registrati al mulino di Cerkvenik e quelli delle portate giornaliere delle risorgive del Timavo calcolati da Fabio Gemiti, dei quali diremo tra breve, che consentono "per la prima volta di ottenere degli idrogrammi attendibili". La complessa analisi idrodinamica, eseguita con diversi procedimenti matematici di elaborazione dei dati disponibili (analisi di autocorrelazione, analisi spettrale di frequenza e analisi di cross-correlation eseguite sulle portate del Recca e del Timavo) porta alla conclusione che "la portata del Reka modula l'uscita di tutto il sistema sia mediante un flusso di base significativo che attraverso un deflusso rapido in occa-

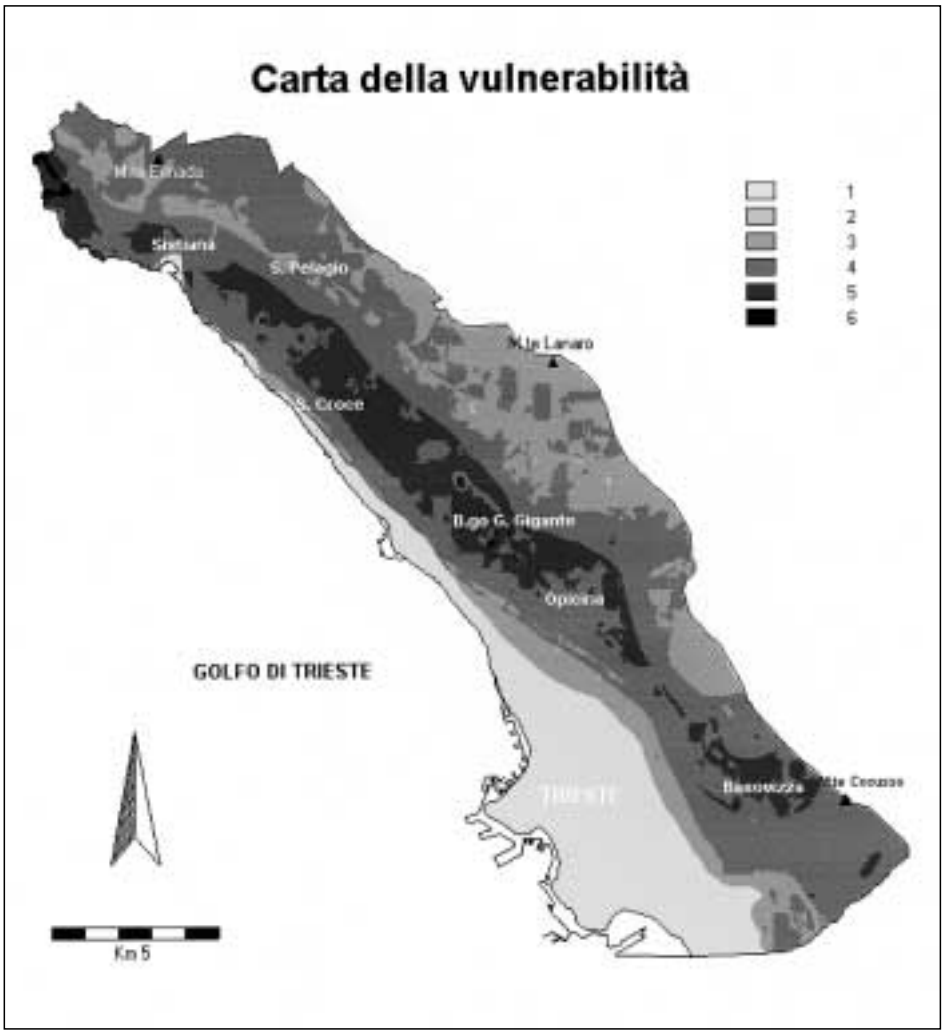
---

228. Per le misurazioni idrometriche del lago effettuate nel 1985-87 dalla Società di Studi Carsici "A.F. Lindner" di Fogliano, correlate con la piovosità e con la durezza delle acque, si veda:
Cancian G. (1987): *Doberdò e il suo lago*, "Il Territorio", Ronchi dei Legionari, 20/21:52-58.

Per le successive misurazioni idrometriche e le campionature chimiche e microbiologiche effettuate dal gruppo speleologico sloveno "Talpe del Carso" di Gorizia, peraltro in maniera saltuaria, si veda:
Klemše V. (cur.) (1998): *Med Timavo, Sočo in Vipavo*, Jamarski Klub Kraški Krti, Gorizia, 17-43.

229. Notizia privata Stojan Sancin.

230. Bonacci O. (1993): *Karst springs hydrographs as indicators of karst aquifers*, "Journal of Hydrol. Sciences", 38(1-2):51-62.
Padilla A., Pulido-Bosch A., Mangin A. (1994): *Relative importance of baseflow and quickflow from hydrographs of karst spring*, "Ground Water", Urbana Ill., 32(2):267-277.
Vasileva D., Komatina M. (1997): *A contribution to the (*a*) recession coefficient investigation in karst terrains*, "Theoretical and Applied Karstology", Bucuresti, 10:45-54.



Carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero carsico triestino. Da: Cucchi F. (1997): Rapporto sull'attività scientifica svolta nel decennio 1986-1995. Unità operativa 4.07, *C.N.R. - Gruppo Nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche, (estr. di 7 pp.). Il complesso lavoro di sintesi, svolto dall'Università di Trieste, consiste nell'individuazione delle aree a diverso rischio d'inquinamento delle acque carsiche, basata sulla correlazione di una serie di parametri idrogeologici (caratteristiche litologiche e morfologiche, caratteristiche dell'infiltrazione e dell'azione autodepurante, conduttività idraulica, grado di carsificazione) elaborata al computer. Maggiormente vulnerabili per l'elevata capacità d'infiltrazione primaria (pluviale) risultano le aree adiacenti alle risorgive e quelle a bassa acclività caratterizzate dalle grandi doline nelle unità calcaree più carsificabili tra Borgo Grotta Gigante e Aurisina. Si veda: Bensi S., Cucchi F., Marinetti E., Zini L. (1998):* Studi sulla vulnerabilità dell'acquifero carsico triestino, *"Atti dell'Accademia Nazionale dei Lincei", Roma, 4 pp. (in stampa).*

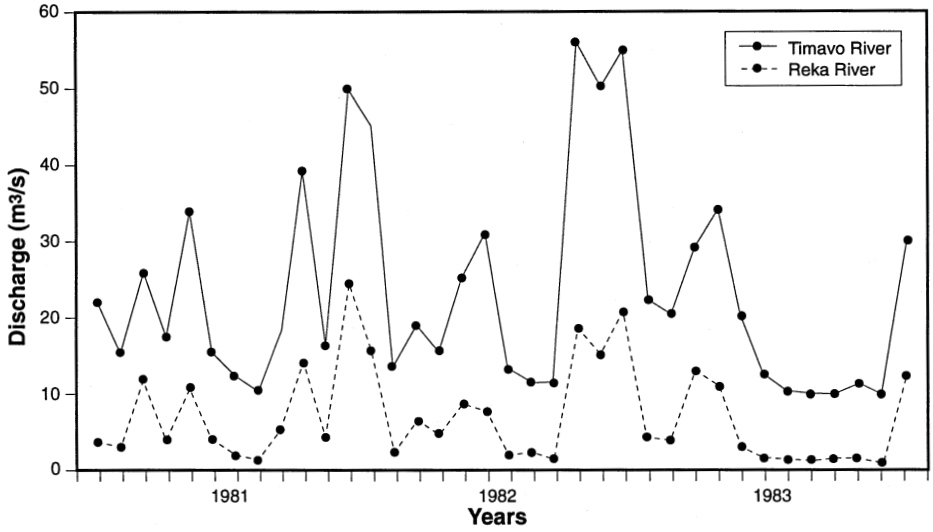


Diagramma del deflusso medio mensile del Recca e del Timavo; da: Civita M. et al. (15). L'apporto del Recca, valutabile a circa un terzo della portata annua del Timavo, è però in grado di "modulare" il deflusso dell'intero sistema. Si veda anche: Menichetti M. (63).

sione delle piene". Il contributo principale al sistema idrogeologico (oltre il 60%) sarebbe comunque dato dall'infiltrazione primaria sull'area carsica (acqua meteorica di percolazione) che alimenta direttamente il flusso di base.

Nell'estate 1996 l'Istituto di Geologia (ora diventato Dipartimento di scienze geologiche, ambientali e marine) esegue nella piana del Lisert una serie di sondaggi elettrici verticali, correlandoli ai risultati delle perforazioni eseguite in passato in diverse occasioni[231]. La rete più fitta delle prospezioni consente di individuare la morfologia del substrato calcareo — sepolto sotto decine di metri di depositi alluvionali — con una precisione maggiore dei precedenti studi. In particolare sotto la cartiera e in corrispondenza dei tre rami del Timavo viene accertata la presenza in profondità di conche carsiche, riempite di sedimenti argillosi, sul fondo del "solco fluviale" individuato a suo tempo da Ferruccio Mosetti.

231. Tesi di laurea Alessio Stacul: *La geologia della piana del Lisert - geomorfologia del substrato e litostratigrafia della copertura*, Università degli Studi di Trieste, 1996 (notizia privata Franco Cucchi).

Nel 1996 Fabio Gemiti pubblica un nuovo lavoro sulle misure di portata del Timavo (46); è il seguito dell'importante studio sull'argomento eseguito dodici anni prima, che gli ha consentito di determinare con buona approssimazione — per la prima volta — la quantità media annua dei deflussi del bacino del Carso (43). Questo studio si è basato sulla correlazione tra il livello del ramo principale del Timavo (terzo ramo) e la portata globale delle risorgive, considerando le perdite dei bacini di raccolta al di sotto delle briglie, i prelievi per l'acquedotto e per la cartiera e le oscillazioni in corrispondenza delle maree. In tal modo è diventato possibile trasformare in dati di portata le misure idrometriche effettuate giornalmente a partire dal 1972 dal personale dell'acquedotto. Viene inoltre precisata la differenza tra "portata normale", corrispondente al livello idrometrico che più frequentemente si registra nel corso dell'anno e "portata media", ossia la media aritmetica delle portate determinate giornalmente nell'arco di un anno. Il risultato è una rideterminazione della portata media annua del Timavo, ora valutata 30,2 metri cubi al secondo (variabile, da anno in anno, da 18 a 39,4), quasi il doppio del valore calcolato da Eugenio Boegan per gli anni 1911-12 e poi utilizzato, tra l'altro, anche nell'esperimento di marcatura col trizio nel 1962. Secondo questi dati, tutto il trizio immesso nella grotta di S. Canziano sarebbe dunque fuoriuscito attraverso le risorgive e non soltanto la metà come allora si è creduto. Lo stesso Mosetti del resto ha calcolato in seguito — in via del tutto teorica — un'entità presumibile dei deflussi carsici pari a 32 metri cubi al secondo (84).

Dal luglio 1986 vengono resi più dettagliati, ma anche più complessi, i calcoli della portata giornaliera delle risorgive, tenendo conto dei cambiamenti sopravvenuti nella gestione delle acque del Timavo (costruzione delle nuove paratoie sul terzo ramo, riduzione dei prelievi, aumento delle perdite dai bacini di raccolta). La serie di 24 anni di rilievi idrometrici, trasformati in portate medie giornaliere, porta il valore della media annua a 29,3 metri cubi al secondo e della minima annua da 9,1 a 7.4.

Sempre in questo suo nuovo lavoro, Gemiti affronta anche il tema della portata solida del Timavo, che deve essere tenuta nella dovuta considerazione — come potenzialità di interrimento — nel progetto dei grandiosi impianti della SNAM nella piana del Lisert. Viene individuata la correlazione fra la quantità di solidi in sospensione e la torbidità dell'acqua, misurata giornalmente, ciò che consente il calcolo dell'ammontare del trasporto solido. Il valore medio annuo trovato per il periodo 1975-1984, cioè 22.655 tonnellate (ma con punte massime di quasi 5000 tonnellate al giorno) è considerato abbastanza congruente con il valore di erosione stimato per il bacino del Recca (50.000 tonnellate all'anno) in base ai calcoli della Zveza Vodnih Skupnosti Slovenijie[232], tenendo conto che gli elementi più grossolani non possono essere trasportati in sospensione nel corso sotterraneo fino alle ri-

sorgive. La concentrazione media dei solidi sospesi (24 mg/l) risulta molto simile a quella calcolata da Guido Timeus (21,3 mg/l) per gli anni 1909-1912.

In base agli elementi raccolti in varie circostanze, Gemiti giunge alla conclusione che le acque del Recca "si muoverebbero nel sottosuolo in una o più canalizzazioni di grande diametro, situate probabilmente sotto il livello del mare a valle di Trebiciano. Le acque carsiche di infiltrazione, o parte di esse, alimenterebbero l'onda di piena dell'alto Timavo fino a Trebiciano; a valle di tale località scorrerebbero relativamente indipendenti verso le risorgive e alimenterebbero tra l'altro anche le sorgenti Sardos e Moschenizze Sud".

Queste ipotesi vengono confermate in un successivo lavoro, nel quale Gemiti analizza una "marcatura accidentale" verificatasi nel novembre 1972 in seguito ad un versamento nel Recca di un grande quantitativo di idrocarburi, causato dal rovesciamento di un'autocisterna (47). I frequentissimi controlli subito messi in atto hanno consentito di seguire con precisione l'andamento dell'onda marcata, che viene messo in relazione anche con la piovosità, i dati di portata e gli altri parametri rilevati (temperatura, torbidità, ossigeno disciolto, durezza totale, potassio, sostanze organiche). Nel periodo considerato, cioè tra il 15 e il 22 novembre, la portata del Recca si è mantenuta elevata, superiore alla media annua, con due moderate piene. Gli idrocarburi sono comparsi dopo cinque giorni alle risorgive del Timavo ed alcune ore più tardi anche nelle polle di Aurisina, a conferma che queste ultime sorgenti, pur alimentate da "acque carsiche locali", sono in comunicazione con le condotte del drenaggio principale. Tale collegamento risulta più o meno attivo a seconda della pressione idrostatica nella condotta in cui scorrono le acque del Recca. Quando la pressione è modesta le acque risalgono lentamente verso le polle, per cui un tracciante immesso a S. Canziano può arrivare prima a S. Giovanni di Duino che alle sorgenti di Aurisina; il giorno 22 novembre invece, con una pressione del Recca più elevata, "il grosso degli idrocarburi è fuoriuscito prima ad Aurisina (con una maggiore concentrazione) e dopo al Timavo". Le sorgenti Sardos sono invece sempre rimaste esenti da inquinamento.

In questo importante lavoro Gemiti elabora anche un interessante schema delle fasi evolutive di una "piena tipica" del Timavo, sulla base dell'andamento dei parametri idrochimici; confronta inoltre la marcatura con idrocarburi del 1972 con le marcature con il trizio (1962) e con il tetracloruro di carbonio (1982). Riesaminan-

---

232. Kranjc A. (1983): *Recentni fluvialni sedimenti v Škocjanskih jamah*, Mednarodni simpozij Zaščita Krasa ob 160-letnici turističnega razvoja Škocjanskih jam, Lipica 1982, Sežana, 27-31.
Kranjc A. (1986): *Transport rečnih sedimentov skozi kraško podzemlje na primeru Škocjanskih jam (Underground fluvial sediments as an example from Škocjanske jame),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 14/15:109-116.

SUCCESSIONE DEI FENOMENI IDROCHIMICI

A. *Primo giorno:* inizia ad aumentare la portata del Timavo.

B. *Secondo e terzo giorno:* diminuzione dell'ossigeno disciolto fino ad un valore minimo e contemporaneo aumento della concentrazione di potassio e delle sostanze organiche (assorbimento U.V. e ossidabilità al permanganato).

C. *Quarto giorno:* aumento della torbidità e delle sostanze organiche, l'ossigeno comincia ad aumentare, la portata raggiunge il valore massimo; diminuzione della temperatura, del potassio, della durezza e in genere della salinità (conducibilità).

D. *Quinto giorno:* torbidità e sostanze organiche raggiungono il livello massimo, l'ossigeno disciolto continua ad aumentare, temperatura, durezza e salinità raggiungono il valore minimo, la portata sta diminuendo.

E. *Sesto giorno:* l'ossigeno raggiunge un valore massimo; temperatura, durezza e salinità aumentano, torbidità e sostanze organiche diminuiscono.

Schema delle fasi evolutive di una "piena tipica" del Timavo. Da: Gemiti F. (47).

FASI EVOLUTIVE DI UNA "PIENA TIPICA" DEL TIMAVO

A. Le piogge cadute nella parte bassa del bacino fanno aumentare la portata del Timavo, le acque della Recca in piena si inabissano a S. Canziano e percorrono il tratto canalizzato in direzione di Trebiciano. Il tratto in pressione non ha ancora una sufficiente spinta idrostatica, per cui l'acqua contenuta, parzialmente disinquinata per autodepurazione ma estremamente impoverita di ossigeno specialmente nel tratto più prossimo a Duino, si muove lentamente e fornisce un trascurabile apporto alle risorgive. Il livello di sostanze inquinanti e di torbidità delle acque carsiche di rapida percolazione, che scorrono prevalentemente sopra il livello del mare e comunque a non grandi profondità, è molto modesto rispetto alle acque della Recca e quindi l'acqua che fuoriesce a S. Giovanni di Duino è sufficientemente limpida e senza grave inquinamento.

B. Le acque della Recca, assieme alle acque carsiche a rapida percolazione che confluiscono nel tratto S. Canziano-Trebiciano, cominciano a caricare il tratto in pressione, di conseguenza alle risorgive aumenta l'apporto delle "vecchie acque" in esso contenute rispetto a quello delle acque carsiche. Ossigeno disciolto, potassio e sostanze organiche risultano ottimi indicatori delle acque inquinate originate dagli scarichi di Villa del Nevoso.

C. Il contenuto del tratto in pressione è stato ricambiato, comincia ad arrivare la nuova acqua della Recca, ben ossigenata, che trasporta i sedimenti, sia organici che inorganici, risollevati lungo il corso superficiale e sotterraneo. l'elevata velocità e turbolenza dell'acqua non permettono la sedimentazione di questi materiali. Diminuiscono alle risorgive durezza e temperatura perché la Recca in piena presenta nel suo corso superficiale una durezza di soli 8-10 gradi F e la sua temperatura nei mesi invernali è spesso inferiore ai 5 gradi centigradi. Il tratto S. Canziano-Duino viene percorso in pochi giorni e la temperatura di questa enorme massa d'acqua in movimento non fa a tempo a modificarsi nonostante la temperatura della roccia circostante sia mediamente di 12 gradi centigradi.

D. Il contributo delle acque della Recca è massimo, e in certi casi superiore a quello delle acque carsiche.

E. La piena della Recca, corso d'acqua a regime torrentizio, si è esaurita da alcuni giorni nel tratto superficiale; di conseguenza, in mancanza di una sufficiente alimentazione, cala bruscamente la spinta idrostatica del tratto in pressione e quindi anche l'apporto alle risorgive delle acque da esso convogliate.

do i dati di quest'ultima, egli conclude che in piena la velocità dell'acqua è ancora superiore a quanto calcolato in precedenza; il tracciante avrebbe impiegato appena 37 ore per transitare da Trebiciano alle risorgive, con una velocità media apparente di circa 600 m/ora, valore molto prossimo a quello (730 m/ora) calcolato da Primož Krivic per la propagazione dell'onda piezometrica dal mulino di Cerkvenik a S. Giovanni di Duino. Durante le maggiori piene del Recca il tempo di percorrenza dell'acqua da S. Canziano al Timavo è dunque valutabile in 2,5 - 3 giorni soltanto (e si tratta di un vero e proprio trasporto di acqua e non di un effetto "di cacciata" provocato dalla pressione idraulica come in precedenza si è creduto).

Gemiti ribadisce che nel corso sotterraneo del Timavo "l'acqua fluisce a pelo libero in regime di magra, normale e di morbida, prevalentemente in pressione durante le piene. Nel primo caso l'apporto delle acque carsiche di percolazione può diventare rilevante ... durante le piene la percentuale di acque carsiche sarebbe invece modesta. Dopo Trebiciano le acque della Recca scorrerebbero in un canale principale di grande diametro, sotto il livello del mare, in pressione e quindi senza possibilità di scambi gassosi con l'esterno" (e, naturalmente, senza la possibilità di ricevere, in condizioni normali, apporti dal bacino del Carso).

Il Timavo e gli studi sul carsismo

Non si può concludere questa rassegna senza accennare ad una serie di studi che, se pure non hanno portato alcun contributo alla conoscenza del Timavo come fenomeno idrogeologico, hanno stimolato però un proficuo dibattito scientifico sull'origine e sullo sviluppo del carsismo in una visione globale. Si tratta del complesso di ricerche geomorfologiche iniziate con il famoso e discusso lavoro di Antonio Marussi sul Paleotimavo[233], che riguardano l'evoluzione dell'antica idrografia superficiale del Carso e le sue correlazioni con il carsismo attuale.

Diversi autori prima di lui hanno accennato all'esistenza di presunti solchi paleofluviali sull'altopiano, a cominciare da Pietro Kandler e Adolf Schmidl, all'epoca dei pionieri degli studi carsici. Marussi stesso ricorda a questo proposito — tra gli altri — il geografo Norbert Krebs, che ha individuato e descritto come tale la "superficie di spianamento oligocenico-miocenica"[234] di estensione regionale.

---

233. Marussi A. (1941): *Il paleotimavo e l'antica idrografia subaerea del Carso Triestino*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali", Trieste, 38:104-126.

234. Krebs N. (1906): *Verbogene Verebnungsflächen in Istrien*, "Geogr. Jahresbericht aus Österreich", Wien.

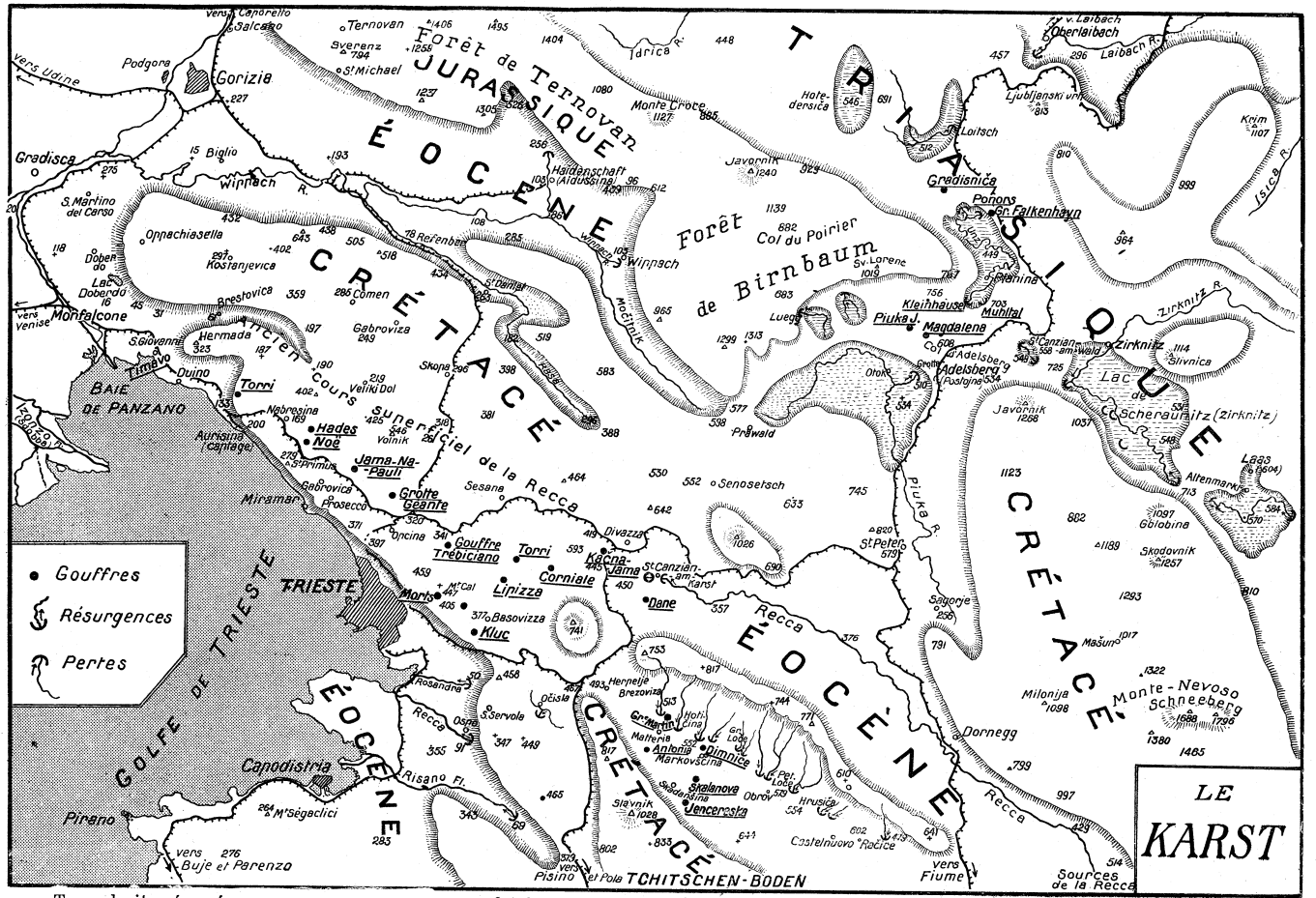
Antonio Marussi sviluppa il presupposto — enunciato a suo tempo da Giulio Grablovitz — che "i corsi sotterranei seguono prossimamente la via segnata alla superficie dalle grandi depressioni" ed enuncia il principio che "ogni allineamento di doline od uvala può rappresentare il corso di un antico fiume scomparso per carsismo". Spiega "la ragione per la quale noi troveremo di preferenza i corsi ipogei in corrispondenza degli antichi corsi subaerei" con la maggiore vascolarizzazione della massa rocciosa provocata dalle perdite subalvee. Queste sarebbero particolarmente aggressive — egli precisa — in quanto imbevono "il mantello alluvionale di acque chimicamente attive" ed elabora la sua *Ipotesi sullo sviluppo del carsismo*[235] proprio sul meccanismo dell'azione dissolvente sotto copertura alluvionale: man mano che le cavità si allargano, vengono completamente riempite dai depositi che ne mantengono le pareti costantemente bagnate e sottoposte all'azione dissolvente su tutta la loro superficie. In tal modo, senza l'apporto di grossi fiumi, si sarebbero formate a breve distanza una dall'altra cavità enormi e grandi doline, "la cui genesi a cielo scoperto ... non potrebbe essere soddisfacentemente giustificata". Sarebbe spiegata inoltre "la possibilità del graduale assorbimento di un fiume per carsismo, con formazione contemporanea di un corso ipogeo corrispondente a quello subaereo". Marussi delinea quindi una ricostruzione dell'antica idrografia precarsica: il Paleotimavo in origine segue il solco di Aurisina con l'apporto del fiume che scende dal vallone di Castelnuovo; successivamente viene catturato dal corso parallelo del solco di Brestovizza, mentre il paleocorso di Castelnuovo devia verso mare ed incide la gola della Val Rosandra per una profondità di oltre 300 metri. Il corso sotterraneo del Timavo dovrebbe coincidere oggi con il tracciato del più antico Paleotimavo "che scorreva lungo il solco di Lipizza e di Aurisina". A questi paleofiumi Marussi aggiunge vent'anni dopo (1961) il Paleosiaris[236], solco fossile che dalla sella del Monte Maggiore d'Istria attraversa i monti della Ciceria fino alla Val Rosandra (prima della sua incisione) dove confluisce nel paleocorso di Castelnuovo[237]. L'inizio del "ciclo carsico" corrisponderebbe all'abbassamento del livello dell'acqua di fondo rispetto alla superficie topografica, abbassamento causato da un generale sollevamento della regione oppure dal "crearsi di nuove vie di deflusso al-

---

235. Marussi A. (1941): *Ipotesi sullo sviluppo del carsismo*, "Giornale di Geologia", Bologna, 15, 12 pp.

236. Marussi A. (1966): *Correlazione fra carsismo epigeo e ipogeo*, Atti del Convegno F.A.S.T. "Il problema delle acque in Italia", Milano 1965, Ed. Tamburini, 153-160.

237. Una sintetica comunicazione sull'argomento viene pubblicata da un suo collaboratore:
Onofri R. (1961): *Ipotesi sulla paleoidrografia nella fascia dei terreni a S-E del Torrente Rosandra, corrispondente ai Monti della Vena fino al Monte Alpe Grande*, Istituto di Geologia dell'Università di Trieste, pubbl. n. 2, 3-18.



Tous droits réservés.

E.-A. MARTEL, strux., 1920.

le acque di fondo", per esempio, nel caso del Carso triestino, in seguito alla distruzione del tamponamento impermeabile arenaceo-marnoso tra Aurisina e Monfalcone. L'abbassamento dell'acqua di fondo provocherebbe un'infiltrazione sempre più attiva delle acque superficiali, in particolare delle perdite subalvee dei fiumi, scorrenti sulla coltre alluvionale che ricopre la superficie di spianamento. Si tratta in definitiva di un'applicazione della teoria di Grund nella sua ultima versione[238], sia nella concezione ciclica dell'evoluzione geomorfologica del Carso (erosione fluviale che precede la carsificazione, prima dell'abbassamento del livello di base regionale), sia — come abbiamo visto in precedenza — nelle implicazioni idrogeologiche (drenaggio diffuso di un'acqua di fondo in lento movimento verso i punti di sbocco).

Una puntualizzazione più precisa dell'evoluzione dell'idrografia precarsica viene tentata da Carlo D'Ambrosi[239], che però contesta la regola della coincidenza fra paleocorsi superficiali e deflussi sotterranei. Egli ritorna sull'argomento in varie occasioni, collegando "il rapido inabissamento" del Paleotimavo con la demolizione della tamponatura costiera del flysch, responsabile dell'abbassamento della superficie piezometrica[240].

Sempre in questo quadro interpretativo, Walter Maucci[241] studia lo sviluppo del reticolo idrografico carsico dopo la cattura del Paleotimavo a S. Canziano. Ipotizza per il Carso triestino una situazione analoga a quella che oggi si riscontra nella "valsecca" di Castelnuovo (chiamata appunto "fase castelnoviana"), dove i torrenti che scendono dai rilievi arenaceo-marnosi della destra orografica, giunti in contatto con i calcari del fondovalle vengono inghiottiti in altrettante cavità carsiche. Immaginando affiancata al ciglione del Carso triestino, lato mare, una dorsale di rilievi arenaceo-marnosi più alta del ciglione stesso, Maucci ricostruisce una serie di undici "valli chiuse" nelle quali ipotizza scendessero gli affluenti di sinistra del Paleoti-

---

238. Grund A. (1914): *Der geographische Zyklus im Karst*, "Zeitschrift Ges. Erdkunde", Berlin, 621-640.

239. D'Ambrosi C. (1956): *Ipotesi sulle deviazioni del Paleotimavo*, Atti del 6. Congresso Nazionale di Speleologia, Trieste 1954, 88-95.

240. D'Ambrosi C. (1982): *Nuove precisazioni in merito all'antica idrografia subaerea del Carso di Trieste ed alla sua scomparsa, relativa all'evoluzione geologica regionale*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 21/1981:65-81.

241. Maucci W. (1955): *Inghiottitoi fossili e paleoidrografia epigea del Solco di Aurisina (Carso Triestino),* Actes du 1. Congrès International de Spéléologie", Paris 1953, 2:155-199.

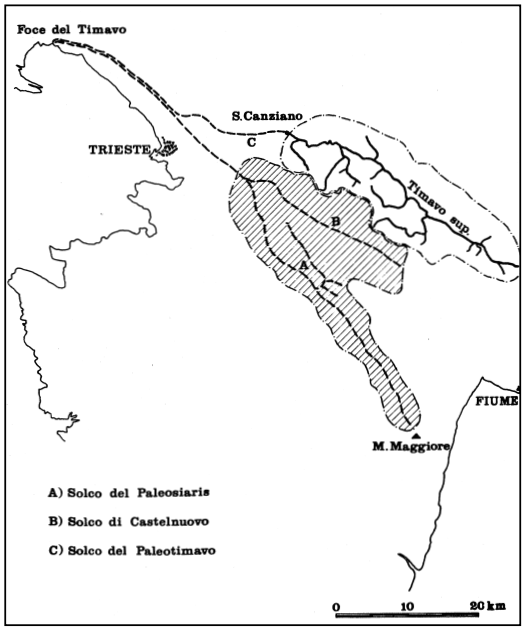
Nella pagina a fronte: Carta del Carso di Eduard Alfred Martel (citato nella nota 105). In corrispondenza del vallone di Brestovizza è indicato: "Ancien cours superficiel de la Recca".

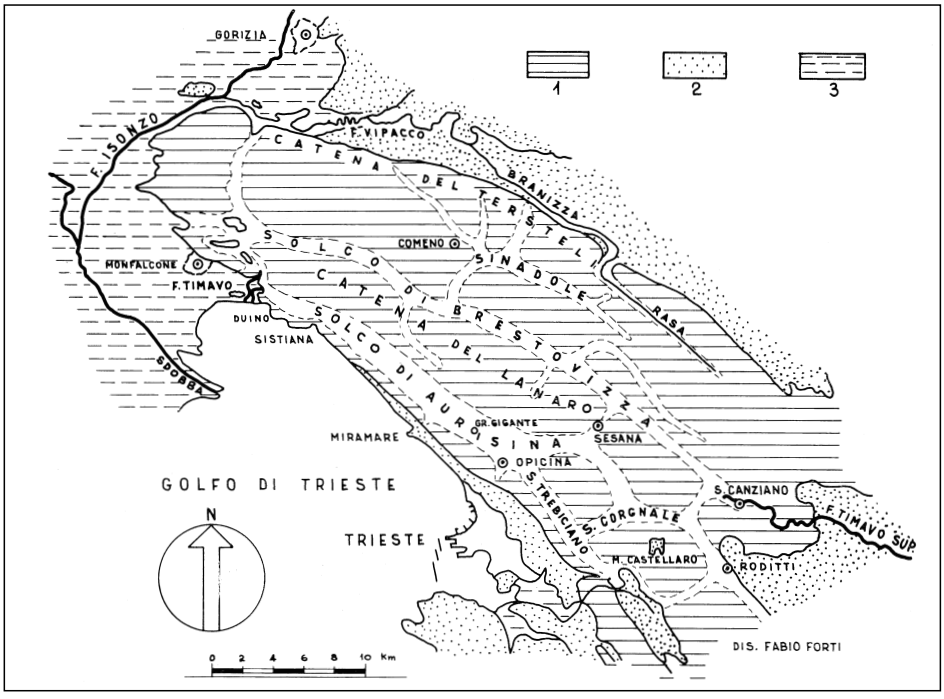
L'ipotetica paleoidrografia del Carso triestino nella sua fase iniziale, secondo Antonio Marussi (citato nella nota 236) e, sotto, il dettaglio dei vari "solchi" paleofluviali e delle relative "soglie".

Legenda:

1. *Carbonatiti nelle quali sono stati incisi i solchi paleofluviali (lasciati in bianco);*
2. *Torbiditi marnoso arenacee in facies di Flysch;*
3. *Depositi alluvionali del Quaternario, Attuale compreso.*

Da: D'Ambrosi C. (1971): Sulle attuali vedute riguardo l'evoluzione del Carso di Trieste, *"Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 10/1970:29-43.*





mavo: "All'idrografia longitudinale dei paleofiumi si sostituì quindi una idrografia trasversale, di natura ormai perfettamente carsica, con una serie di bacini chiusi a smaltimento sotterraneo"[242]. Egli armonizza queste ipotesi con la sua nuova teoria dell'erosione inversa (nella zona di percolazione le cavità si formano lungo i "plessi di fratture" entro la massa calcarea) e i postulati relativi (retroversione degli inghiottitoi ecc.). Individua una fase precarsica, con un reticolo di corsi d'acqua superficiali; una fase di carsismo giovanile, con la genesi di un sistema di inghiottitoi a prevalente sviluppo suborizzontale; una fase di carsismo maturo e senile, con la completa scomparsa dell'idrografia subaerea e la "fossilizzazione" degli inghiottitoi; quindi la fase attuale, definita di "ringiovanimento", dovuta — egli ritiene — ad un accentuarsi della fratturazione della massa calcarea, con la formazione di cavità (per erosione inversa) a prevalente sviluppo verticale. Tullio Piemontese cerca in seguito di completare questo quadro evidenziando nell'ambito dell'ampio solco di Aurisina un più antico solco di Samatorza ed esamina gli inghiottitoi della cosiddetta destra orografica del Paleotimavo[243].

In Slovenia vari studi sull'idrografia precarsica sono effettuati da Anton Melik, che tenta una ricostruzione dell'evoluzione paleoidrografica della Piuca e del vallone di Chiapovano[244]. Egli evidenzia il carattere policiclico della formazione delle cavità, "interamente ostruite, durante il periodo würmiano, dai depositi alluvionali, che però sono stati riescavati a più riprese e in seguito nuovamente accumulati"[245].

Un ulteriore tentativo di ricostruzione paleoidrografica viene effettuato da France Šušteršič nel suo lavoro — già citato — sul percorso sotterraneo del Timavo. Le grotte di Corgnale e di Divaccia non sarebbero secondo lui gli inghiottitoi fossili del Recca, come immaginato da qualche "vecchio autore", ma di altrettanti affluenti meridionali del corso sotterraneo, che dovrebbe scorrere più a nord sotto l'allineamento Povir - Sesana. Il ritrovamento di ghiaie di arenaria nelle grotte in questione indicherebbe la provenienza di tali affluenti da una dorsale di flysch estesa in passato sulla prosecuzione dell'attuale spartiacque tra la valle del Recca e

---

242. Maucci W. (1960): *Evoluzione geomorfologica del Carso Triestino successiva all'emersione definitiva*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze", Trieste, 51:165-188.

243. Piemontese T. (1966): *La Grotta della Fornace (3913 VG) e l'antico reticolo idrografico del Solco di Aurisina*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 5/1965:73-91.

244. Melik A. (1951): *Pliocenska Pivka (The Pliocene Pivka)*, "Geografski Vestnik", Ljubljana, 23:17-39. Melik A. (1963): *O dolih na krasu (Sur les vallons du karst),* "Arheološki Vestnik", Ljubljana, 13/14:223-240.

245. Melik A. (1961): *Fluvialni elementi v krasu (Les elements fluviatiles du karst),* "Geografski Zbornik", Ljubljana, 6:335-362.

il bacino di Castelnuovo (colli dei "Berchini"), di cui il M. Castellaro, immediatamente a sud di Corgnale, costituisce oggi un lembo residuo.

Già a suo tempo, la scoperta nei pressi di S. Canziano (a circa 90 metri sopra il corso del Recca) di una cavità riempita di depositi fluviali arenacei ha indotto Antonio Marussi a considerarla come la conferma della teoria del carsismo sotto copertura alluvionale. Depositi fluviali simili (ciottoli arenacei e calcarei arrotondati) sono in seguito segnalati da Sergio Andreolotti[246] in un inghiottitoio fossile aperto nella cava dell'Italcementi sul ciglione del Carso sopra S. Giuseppe della Chiusa e da Severino Belloni e Giuseppe Orombelli[247] in una grotta venuta alla luce, sempre sul ciglione del Carso, durante i lavori di fondazione per il santuario del M. Grisa.

I depositi fluviali della cavità scoperta da Antonio Marussi, sarebbero però molto più recenti, riferibili cioè non all'idrografia precarsica (pliocenica) ma ad una fase glaciale. Le approfondite indagini geomorfologiche compiute da Darko Radinja sulla valle di Vreme ("la più grande valle cieca della Slovenia" ossia il tratto finale della valle del Recca prima della sua cattura nella grotta di S. Canziano) evidenziano infatti una serie di cinque terrazzi fluviali con numerose tracce di depositi alluvionali di età pleistocenica. Un corso d'acqua glaciale o periglaciale ha dato origine sia ai terrazzi che ai depositi e la cavità in questione si apre a circa 400 metri di quota sul secondo di questi terrazzi, mentre l'ipotetica valle pliocenica del Paleotimavo dovrebbe trovarsi ad una quota molto più elevata. In questa fase, legata all'azione delle grandi fiumare periglaciali, anche la grandiosa grotta di S. Canziano sarebbe rimasta completamente riempita di materiali alluvionali, successivamente asportati o dissolti. A tale riguardo già in precedenza Walter Maucci e Bruno Martinis[248] hanno rilevato che i depositi di riempimento nelle cavità del Carso non sono più antichi del Pleistocene inferiore.

Sergio Andreolotti e Fabio Forti[249] osservano che i depositi di ciottoli fluviali calcarei e arenacei non costituiscono mai il deposito di fondo delle antiche galle-

---

246. Andreolotti S. (1965): *Rinvenimento di un deposito alluvionale ciottoloso-argilloso in una cavità relitto del carso di Basovizza (Trieste)*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 4/1964:101-106.

247. Belloni S., Orombelli G. (1972): *I depositi fluviali di riempimento di alcune cavità carsiche nei dintorni di Trieste*, "Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia", Milano, 78(1):163-172.

248. Maucci W. (1960) citato nella nota 241; Martinis B. (1962) citato nella nota 15.

249. Andreolotti S. (1966): *I depositi di riempimento nelle cavità del Carso Triestino*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 5/1965:49-71.
Forti F. (1974): *Considerazioni sui depositi di riempimento delle cavità carsiche nel Carso Triestino*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 13/1973:27-40.

rie, ma si rinvengono sempre sovrapposti ai banconi di concrezione calcitica, di spessore talvolta enorme; confermano l'età pleistocenica della loro sedimentazione, legata agli eccessi pluviali delle glaciazioni e all'instaurarsi di condizioni fluvio-carsiche in un carsismo ormai maturo, in fase vadosa (e non in una fase iniziale o giovanile come in precedenza si è creduto). Attualmente il volume dei sedimenti sarebbe molto diminuito, per il loro progressivo "assorbimento" nelle cavità stesse, in un quadro policiclico della speleogenesi, risultante di un alternarsi di fasi di escavazione e di riempimento. Anche nella grotta Gualtiero (5730 VG), scoperta dalla Commissione Grotte "E. Boegan" sul versante settentrionale della val Rosandra, a circa 200 metri di altezza sul fondovalle, si sono trovati depositi di sabbia e di ciottoli arenacei, sciolti e cementati[250]. Questo grande complesso di gallerie, che ha uno sviluppo di oltre quattro chilometri, ripropone il problema di una locale situazione fluvio-carsica antecedente all'incisione della val Rosandra.

Radinja studia negli anni Sessanta anche il Carso di Doberdò[251], dove segnala numerosi resti di antiche alluvioni in superficie; interpreta la morfologia del territorio — in accordo con la sintesi di Ferruccio Mosetti (80) — come un'antica zona di confluenza di corsi d'acqua superficiali, alla quale corrisponde oggi la confluenza sotterranea delle acque carsiche, che giungono qui da diverse direzioni. Sergio Andreolotti ritrova in alcuni relitti di cavità presso Monfalcone e sul M. Debeli conglomerati fluviali che ritiene provenienti dal bacino idrografico dell'Isonzo[252]. Alle medesime conclusioni giunge in seguito Graziano Cancian, che effettua una serie di analisi granulometriche e mineralogiche dei sedimenti fluviali del Carso isontino[253]. Ritiene che siano stati deposti "probabilmente in epoca pre-würmiana e forse addirittura nel terziario superiore" e segnala di averli individuati in massima parte nella zona a sud della faglia di Colle Nero (che limita a nord-est la depressione del lago di Doberdò e il vallone di Brestovizza).

---

250. Bone B.N. (1996): *Qui "squadra scavi", i soci raccontano*, "Progressione", Trieste, 34:4-6.

251. Radinja D. (1969): *Doberdobski Kras, morfogenetska problematika robne kraške pokrajine (Le karst de Doberdob, problèmes de morphogénèse dans une région karstique marginale)*, "Geografski Zbornik", Ljubljana, 11:223-278.

252. Andreolotti S. (1970): *Osservazione e descrizione di alcuni depositi di riempimento alluvionali in cavità e paleocavità del Carso Triestino e Istriano*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 9/1969:77-96.

253. Cancian G. (1983): *Presenza di ghiaie alluvionali nella superficie e nei riempimenti di paleocavità nel Carso monfalconese*, Atti del 4. Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Pordenone 1979, 257-264.
Cancian G. (1981): *Studio sui depositi alluvionali trovati nelle palocavità e nella superficie del Carso Goriziano*, "Le Grotte d'Italia", 9/1980:15-28.

La presenza di depositi fluviali fossili sulla superficie del Carso costituisce — secondo Darko Radinja — un indizio importantissimo dell'antica maggiore estensione delle formazioni impermeabili terziarie sull'altopiano calcareo. Il variare dei rapporti altimetrici fra la copertura terziaria — un tempo ovunque più elevata ma progressivamente demolita — e il substrato carbonatico sempre più denudato, sarebbe l'elemento fondamentale del processo di carsificazione[254]. Radinja riprende il tema già impostato da Ivan Gams[255] sulle correlazioni tra condizioni climatiche e processi geomorfologici, ipotizzando una corrosione più intensa della superficie carbonatica durante il Pliocene caldo e umido e una accentuata decomposizione meccanica delle rocce arenaceo-marnose durante il Pleistocene più freddo, soprattutto nel corso dei periodi glaciali. L'approfondimento delle valli nella formazione del flysch è valutato a circa 150 metri, mentre l'abbassamento della superficie calcarea sarebbe avvenuto molto più lentamente. Durante il Pliocene ha potuto mantenersi a lungo un'idrografia superficiale sui calcari denudati, circondati dai rilievi impermeabili, mentre le morfologie chiuse (doline, polje ecc.) e la stessa "perforazione" carsica si sarebbero sviluppate durante il Pleistocene. Le forme attuali del Carso sono "ereditate" da forme più antiche, ormai scomparse per l'abbassamento dissolutivo della superficie e derivano dal sovrapporsi delle impronte del carsismo tropicale pliocenico e di quello periglaciale pleistocenico. In definitiva Radinja tende a spostare verso tempi relativamente recenti lo sviluppo maggiore del carsismo, al contrario di quanto ha fatto a suo tempo Antonio Marussi, che ha considerato il carsismo come un fenomeno legato esclusivamente all'azione dell'idrografia superficiale e diventato completamente "fossile" dopo la sua scomparsa (con uno sviluppo residuo di cavità, prevalentemente gallerie, nella zona epifreatica). Secondo Marussi, lo sviluppo delle cavità e delle grandi doline sarebbe avvenuto sotto la copertura alluvionale dei paleofiumi, oggi completamente dissolta dall'azione aggressiva delle acque meteoriche, responsabile anche della demolizione della stessa superficie topografica. Egli infatti precisa che la superficie di spianamento miocenica, sulla quale "il fiume deve aver lungamente divagato", non coincide con quella attuale dell'altopiano, "ma con l'altra che doveva trovarsi 2 o 300 metri più in alto, in corrispondenza delle attuali vette collinose del Carso".

---

254. Radinja D. (1972): *Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja (La karstification et l'évolution générale du relief en Slovénie),* "Geografski Zbornik", Ljubljana, 13:197-242. Radinja D. (1986): *Kras v luči fosilne fluvialne akumulacije (Karst in the light of fossilized fluvial deposition)*, "Acta Carsologica", Ljubljana, 14/15:99-108.

255. Gams I. (1962): *Slepe doline v Sloveniji (Blind valleys in Slovenia),* "Geografski Zbornik", Ljubljana, 7:265-304.

In seguito viene messa in dubbio un'origine paleofluviale dei "solchi" che incidono l'altopiano; gli studi sulla diversa carsificabilità e velocità di dissoluzione delle rocce carbonatiche[256] portano infatti Fabio Forti a ritenere sufficiente il ruolo dell'erosione differenziale per giustificare la formazione di depressioni in corrispondenza delle aree meno resistenti all'azione dissolvente degli agenti atmosferici ("i solchi non sono altro che aree caratterizzate da litotipi dotati di un alto grado di carsismo"[257]).

Questi presunti solchi vallivi sono invece interpretati da Peter Habič[258] come lineamenti orografici influenzati principalmente dalla tettonica: tre faglie longitudinali e numerose faglie trasversali smembrano la struttura del Carso, determinando nei diversi settori sollevamenti di differente entità e in epoche diverse, senza peraltro escludere che tali linee strutturali avessero anche un'importante funzione sulle direttrici dell'idrografia sotterranea. Già a suo tempo Norbert Krebs[259] ha formulato un'ipotesi analoga per il solco di Brestovizza (che pure sembra effettivamente presentare nella sua parte inferiore un tratto di morfologia fluviale relativamente giovanile), considerandolo geneticamente collegato alla zona di frattura dell'anticlinale del Carso ("die Bruchzone des Karstgewölbes" di Guido Stache), dunque a fattori tettonici anziché idrografici.

L'altopiano del Carso risulterebbe dunque costituito da un insieme di enormi prismi di rocce calcaree a diverso grado di carsificabilità, sovrapposti e affiancati gli uni agli altri per successione stratigrafica di rocce diverse, eteropie di facies o contatti tettonici. Lo studio del carsismo pertanto non può prescindere da considerazioni "tridimensionali" e deve coinvolgere l'intero spessore della massa rocciosa e la totalità dei suoi aspetti, per la stretta interazione esistente — e via via sempre meglio evidenziata dalle ricerche — tra le condizioni litologiche, strutturali, geomorfologiche e geoidrologiche[260].

Infine, in un recente lavoro di ampia sintesi sullo stato attuale delle conoscenze, Luciano Ballarin e Rino Semeraro (3) esaminano nel loro complesso le condizioni litologiche e strutturali, la geomorfologia e il carsismo, alla cui evoluzione è

---

256. Forti F. (1972): *Proposta di una scala di carsificabilità epigea nelle carbonatiti calcaree del Carso Triestino*, "Atti del Museo Civico di Storia Naturale", Trieste, 28(1):69-96.

257. Forti F. (1983): *Invito alla conoscenza delle grotte del Carso Triestino*, Edizioni Lint, Trieste, 17.

258. Habič P. (1984): *Reliefne enote in strukturnice matičnega Krasa (Relief units and structural lines on Classical Karst),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 12/1983:7-22.

259. Krebs N. (1907): *Die Halbinsel Istrien, Landeskundliche Studien*, "Geogr. Abhandl. Penck", Leipzig.

260. Semeraro R. (1977): *Considerazioni sui rapporti tra geolitologia e speleogenesi delle rocce carbonatiche carsificabili*, "Mondo Sotterraneo", Udine, 1(2):14-25.

strettamente collegato lo sviluppo dell'idrologia sotterranea del Carso. Particolare pregio del lavoro è la divulgazione di dati e di riferimenti bibliografici relativi alle numerose consulenze elaborate in questi ultimi anni dai vari studi professionali di geotecnica, normalmente inaccessibili al grande pubblico in quanto confinati nei circuiti riservati ricercatore - committente.

La complessità del fenomeno viene sintetizzata in una visione globale: "L'intera gamma dei fenomeni carsici rappresenta la sovraimposizione di processi carsogenetici *recenti*, legati alle acque pluviali, agenti su una massa carbonatica che via via acquisisce maggior incarsimento, sui precedenti, più *vecchi* processi carsogenetici legati a prevalenti acque incanalate, torrentizie, agenti sulla stessa massa carbonatica ma meno incarsita, sempre e ovunque però condizionati dalle situazioni litologico-strutturali locali". Il carsismo sotterraneo cioè "deriva da una fase remota di *fluvio-carso* ed è caratterizzato da un vasto sistema di antiche gallerie, anche di imponenti dimensioni (inghiottitoi, collettori) ormai frammentate da ostruzioni, ancora non datate ma che si suppone plio-pleistoceniche se non addirittura fine-mioceniche, ormai *fossili*. Ad esso si *sovrappone* un intenso carsismo verticale (pozzi) che ha dato origine a numerosi abissi profondi fino oltre 300 m, che talora giungono a livello dell'*acqua di fondo* prossima al livello marino".

"Fasi di riempimento documentate da livelli di silt e sabbie (in taluni casi ciottolosi) argille grigiastre e argille rossastre, testimoniano il succedersi di un'attività erosiva e deposizionale, ciclica, culminante con momenti di totale occlusione delle gallerie nel corso dei quali si innescava una speleogenesi *parafreatica* che dava luogo a imponenti fenomeni di *altoescavazione* delle gallerie, cui poi seguivano periodi di riescavazione e sovraescavazione". In profondità, nella zona epifreatica (o di oscillazione della superficie piezometrica) ed in parte di quella freatica, si estende una rete di "condotte a geometria variabile e con diversa età di formazione ... morfologicamente solo parzialmente interconnesse, in continua espansione per dissoluzione carsica ma contemporaneamente subenti intasamenti per sedimentazione e arresti evolutivi. In questa idrostruttura carsica la piezometrica in rete e i relativi carichi idraulici sono conseguentemente disomogenei".

Conclusione

Dopo centocinquant'anni di studi, oggi il sistema idrogeologico del Timavo è sufficientemente conosciuto nelle sue linee generali (coesistenza e interazione di drenaggi canalizzati e di drenaggi diffusi) e nei complessi rapporti di alimentazione dei diversi bacini imbriferi — carsici e fluviali — che scaricano attraverso la sua

zona sorgentifera. Importanti incognite però attendono ancora una risposta, come la determinazione quantitativa dei diversi apporti nell'alternarsi dei cicli idrologici stagionali e dei regimi di magra e di piena, la valutazione della capacità di immagazzinamento del massiccio carsico, l'individuazione dei bacini di ricarico e la valutazione delle miscelazioni delle diverse riserve, l'individuazione del percorso del drenaggio principale.

Per affrontare questi problemi, di grande interesse anche per i risvolti applicativi della tutela delle risorse idriche dall'inquinamento, oggi sono disponibili mezzi che erano impensabili fino ad un recentissimo passato: la strumentazione per la registrazione in continuo delle misure idrometriche e dei parametri chimico-fisici dell'acqua nelle grotte di Trebiciano, di S. Canziano ed alle risorgive del Timavo; la rete di stazioni meteorologiche di superficie, ora sufficientemente fitta, che consente un calcolo attendibile della piovosità nei vari settori del bacino imbrifero; le perforazioni di Brestovizza, che permettono il monitoraggio della falda del Carso sloveno; il nuovo allestimento di scale fisse nella grotta di Trebiciano, "finestra aperta" sul drenaggio canalizzato, che consente di raggiungerne comodamente il fondo in meno di un'ora anche trasportando attrezzature delicate. Inoltre diversi istituti di ricerca ormai dispongono "in loco" di apparecchiature adeguate per l'esecuzione di analisi idrochimiche e isotopiche estremamente sofisticate, in grado di caratterizzare e discriminare con precisione le varie acque che defluiscono dal sistema carsico.

Sarebbe auspicabile che tutte queste potenzialità fossero messe a buon frutto con l'organizzazione di un nuovo programma di ricerche, coordinate in uno studio integrato e sistematico di un completo ciclo idrologico annuale. Soltanto sul lungo periodo infatti i dati raccolti possono fornire quella visione d'insieme del fenomeno che non era mai possibile raggiungere con le sporadiche misurazioni del passato. Le analisi idrochimiche in particolare sarebbero da effettuare nei particolari momenti in cui le variazioni della portata, della temperatura, delle torbide e dei parametri microbiologici rivelano l'arrivo alle risorgive di acque di origine diversa; una campionatura a cadenza temporale fissa, a meno di non essere estremamente frequente, non potrebbe dare infatti le medesime informazioni di una eseguita — con un'astrazione figurata — nei punti "cruciali" dell'idrogramma, in modo particolare durante la fase di recessione dell'onda di piena.

A conclusione del monitoraggio rigoroso di un ciclo completo di immagazzinamento e di scarico dell'acquifero, nel momento del suo massimo svuotamento — quando il drenaggio canalizzato è nettamente prevalente sul drenaggio diffuso, in via di esaurimento — sarebbero infine da realizzare nuovi esperimenti di marcatura, differenziati a S. Canziano e a Trebiciano e ripetuti — per le dovute comparazioni — nel successivo periodo di ricarica.

Bibliografia essenziale

1. Accerboni E., Mosetti F. (1967): *Localizzazione dei deflussi di acqua dolce in mare mediante un conduttometro elettrico superficiale a registrazione continua*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 9(36):255-268.

2. Anselmi M., Semeraro R. (1985): *Prime osservazioni geomorfologiche e idrologiche sull'abisso "Massimo" (VG 5268) (Carso Triestino),* Atti del 7. Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Gorizia, 30-41.

3. Ballarin L., Semeraro R. (1998): *Geologia, geomorfologia e carsismo, geoidrologia e idrologia carsica, geologia tecnica della zona di Trieste,* "Ipogea - Rivista di carsismo e speleologia del Gruppo Speleologico San Giusto", Trieste, 2:39-116.

4. Bidovec F. (1960): *Il contributo della Notraniska Reka alle quantità d'acqua delle sorgenti carsiche del Timavo*, "Tecnica Italiana", Trieste, 25(6):413-422.

5. Bidovec F. (1961): *Il servizio idrologico deve esaminare e dimostrare il collegamento dell'Isonzo con il Timavo*, "Tecnica Italiana", Trieste, 26(6):425-429.

6. Bidovec F. (1967): *The hydrosystem of karstic springs in the Timavo basin*, Proceedings of Dubrovnik Symposium on Hydrology of Fractured Rocks 1965, Internat. Assoc. Sci. Hydrol., Louvain, 1:263-274.

7. Boegan E. (1905): *Le sorgenti d'Aurisina, con appunti sull'idrografia sotterranea e sui fenomeni del Carso*, "Alpi Giulie" , Trieste, (estr. di 126 pp.) (*)

8. Boegan E. (1910): *La grotta di Trebiciano*, "Alpi Giulie", Trieste (estr. di 66 pp.)

9. Boegan E. (1921): *La grotta di Trebiciano - Studi e rilievi dal 1910 al 1921*, "Alpi Giulie", Trieste, 23:1-42. (*)

10. Boegan E. (1938): *Il Timavo - Studio sull'idrologia carsica subaerea e sotterranea*, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, Postumia-Trieste, 1-251.

11. Bordon V., Cancian G., Pintar D. (1988): *Ricerche sull'idrologia sotterranea tra il lago di Doberdò e la grotta di Comarie (Carso Goriziano) tramite i traccianti naturali*, "Atti del Museo Civico di Storia Naturale", Trieste, 41(2):169-179.

(*) Ristampati, nelle parti essenziali, in: *Antologia del centenario*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 22/1983.

12. Cancian G. (1988): *L'idrologia del Carso goriziano-triestino tra l'Isonzo e le risorgive del Timavo*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", Acta geologica, Trento, 64:77-98.

13. Cancian G. (1988): *Significato idrologico della concentrazione di ossigeno e anidride carbonica nelle acque sotteranee tra il lago di Doberdò e le risorgive del Timavo*, "Mondo Sotterraneo", Udine, 12(1/2):11-29.

14. Cancian G. (1992): *Le caratteristiche mineralogiche dei sedimenti trasportati dalle acque sotterranee del Carso, tra l'Isonzo e il Timavo superiore*, Atti del 16. Congresso Nazionale di Speleologia, Udine, "Le grotte d'Italia", 16:215-224.

15. Civita M., Cucchi F., Eusebio A., Garavoglia S., Maranzana F., Vigna B. (1995): *The Timavo hydrogeologic system: an important reservoir of supplementary water resources to be reclaimed and protected*, "Acta Carsologica", Ljubljana, 24:169-186.

16. Cobol G. (1963): *Speleologia subacquea - tecnica esplorativa di cavità sommerse*, Actes du 2. Congrès International de Spéléologie, Bari-Lecce-Salerno 1958, 2:296-317.

17. Comin Chiaramonti P., Bussani M. (1973): *Studio mineralogico delle argille di S, Canziano, dell'Abisso di Trebiciano e delle foci del Timavo (Timavo inferiore),* "Mondo Sotterraneo", Udine, 37-48.

18. Crevatin G., Dambrosi S., Gemiti F. (1985): *Indagine idrologiche e subacquee al Pozzo dei Colombi di S. Giovanni di Duino (227 VG),* Atti del 7. Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Gorizia, 42-52.

19. Cucchi F., Forti F. (1982): *La cattura del Timavo superiore a Vreme*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 21/1981:55-64.

20. D'Ambrosi C. (1960): *Lo stato attuale delle conoscenze sull'idrologia e sull'idrografia del Carso di Trieste*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze", Trieste, 51:189-203.

21. D'Ambrosi C. (1960): *Sul problema dell'alimentazione idrica delle fonti del Timavo presso Trieste (a proposito di un recente studio di Franc Bidovec),* "Tecnica Italiana", Trieste, 25(8):547-565.

22. D'Ambrosi C. (1961): *Nuove considerazioni sulle disponibilità idriche alle risorgenze carsiche del settore di Duino (Trieste) in rapporto con una derivazione d'acqua dal Timavo superiore verso l'Istria*, "Atti del Museo Civico di Storia Naturale", Trieste, 22(4):133-166.

23. D'Ambrosi C. (1961): *Su una proposta di Franc Bidovec, Superiore dell'Ufficio Idrometeorologico di Lubiana, riguardo il problema dell'alimentazione idrica del Timavo presso Trieste*, "Tecnica Italiana", Trieste, 26(7):501-506.

24. D'Ambrosi C., Mosetti F. (1962): *Contributo alla conoscenza della geoidrologia della piana isontina in sinistra del basso Isonzo*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 4(13):16-36.

25. D'Ambrosi C. (1964): *Ai margini di un recente esperimento al tritio eseguito sulle acque del fiume Timavo presso Trieste*, "Tecnica Italiana", Trieste, 29(4):187-201.

26. D'Ambrosi C. (1965): *L'alimentazione di acque civili e industriali in rapporto all'idrologia del Carso triestino (a proposito del potere di autodepurazione delle acque),* "Adriatico", Trieste, 12(7/10):18-24.

27. D'Ambrosi C., Mosetti F. (1972): *Il conoide isontino e le sue falde acquifere nel loro stato attuale e con riferimento alle influenze carsiche collaterali*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 11/1971:19-36.

28. Eraso A., Cucchi F., Fernandez J., de la Orden J.A., Torelli L. (1995): *Application of the directional prediction method to the drainage of the Reka-Timavo underground river*, "Acta Carsologica", Ljubljana, 24:187-202.

29. Eriksson E., Hodošček K., Mosetti F., Ostanek L. (1963): *Some new results on the carstic hydrology with the employ of tritiated water as tracer*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 5(17):18-32.

30. Favretto D., Milani G. (1972): *Misura dei livelli d'acqua nella grotta A.F. Lindner 3988 VG*, "Annali del Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre", Trieste, 5:7-14.

31. Favretto D., Milani G. (1975): *Rilievi idrometrici nella grotta A.F. Lindner*, Atti del 1. Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Trieste 1973, 121-124.

32. Fazio G., Gemiti F. (1975*): L'utilizzazione di alcuni traccianti naturali nello studio dell'idrologia ipogea del Carso Triestino, in relazione al corso sotterraneo del Timavo*, Atti del 1. Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Trieste 1973, 83-92.

33. 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, 29/1990:83-102.

34. Forti F., Tommasini T. (1966): *Prime notizie su di una indagine termometrica sistematica alle risorgive del Timavo, a S. Giovanni di Duino ed alle sorgenti del vallone di Moschenizze (Carso Triestino),* "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 5/1965:93-106.

35. Forti F. (1978): *Considerazioni sulla situazione idrogeologica del Carso Triestino in rapporto alle condizioni geolitologiche e strutturali del complesso carbonatico carsificabile*, Atti del 12. Congresso Nazionale di Speleologia, S. Pellegrino Terme 1974, "Rassegna Speleologica Italiana", Como, 102-112.

36. Frenopulos S. (1992): *Ricerche subacquee nel lago di Doberdò*, "Studi e Ricerche della Società di studi carsici A.F. Lindner", Fogliano (GO), 1:63-68.

37. Gabucci G., Gemiti F., Mosetti F. (1973): *Contributo alla conoscenza dell'idrologia delle risorgive carsiche di S. Giovanni di Duino presso Trieste*, "Bollettino dei Laboratori Chimici Provinciali", Chieri (estr. di 31 pp.)

38. Gemiti F., Milani G. (1977): *Correlazioni tra i livelli d'acqua della grotta A.F. Lindner ed il fiume Timavo*, "Annali del Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre", Trieste, 6:23-30.

39. 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.

40. Gemiti F. (1977): *Contributo alla conoscenza dell'idrologia sotterranea della pianura di Gorizia con particolare riferimento all'alimentazione della falda carsica di Doberdò*, Atti del 3. Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Gorizia 1977, 279-290. Id.: Atti del 1. Convegno sull'ecologia dei territori carsici, Sagrado d'Isonzo 1979, 79-89.

41. Gemiti F. (1982): *Nuove esplorazioni e indagini idrochimiche alle risorgive del Timavo*, Atti del 5. Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Trieste 1981, 161-176.

42. Gemiti F. (1983): *La tutela delle acque carsiche dagli inquinamenti con particolare riferimento alla situazione del Carso Triestino*, Atti del 4. Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Pordenone 1979, 285-291.

43. Gemiti F. (1984): *La portata del Timavo alle Risorgive di San Giovanni di Duino*, "Annali del Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre", Trieste, 23-41.

44. Gemiti F. (1984): *Nuova e originale prova di marcatura delle acque del Timavo*, "Annali del Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre", Trieste, 43-62.

45. Gemiti F. (1994): *Indagini idrochimiche alle Risorgive del Timavo*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 31/1992-93:73-83.

46. Gemiti F. (1996): *Portata liquida e portata solida del Timavo alle risorgive di S. Giovanni di Duino*, "Hydrores - Annuario 1995", Trieste, 13:74-88.

47. Gemiti F. (1998): *Marcatura 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.

48. Guglia P. (1994): *Risultati esplorativi del Progetto Timavo (1990-1993),* "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 31/1992-93:25-48.

49. Habič P., Knez M., Kogovšek J., Kranjc A., Mihevc A., Slabe T., Šebela S., Zupan N. (1990): *Škocjanske Jame speleological revue*, "International Journal of Speleology", Trieste, 18/1989 (1/2):3-42.

50. Habič P. (1989): *Kraška bifurkacija Pivke na jadransko Črnomorskem razvodju (Pivka karst bifurcation on Adriatic - Black Sea watershed),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 18:233-264.

51. Jenko F. (1959): *Hidrogeologija in vodno gospodarstvo Krasa (The hydrogeology and water oeconomy of Karst),* Ljubljana, 1-237.

52. Kogovšek J. (1997): *Hydrology - Water in Kras*, in: Kranjc A. (ed.): Kras - Slovene classical Karst, Ljubljana, SAZU - Inštitut za raziskovanje krasa, 55-75.

53. Kranjc M. (1996): *Škocjanske jame - a contribution to bibliography*, Karst Research Institute, Postojna, 1-49.

54. Krivic P., (1982): *Variations naturelles de niveau piézométrique d'un aquifère karstique*, "Geologija", Ljubljana, 25(1):129-150.

55. Krivic P., (1982): *Transmission des ondes de marée à travers l'aquifère cotier de Kras*, "Geologija", Ljubljana, 25(2):309-325.

56. Krivic P., (1983): *Interpretation des essais par pompages réalisés dans un aquifère karstique*, "Geologija", Ljubljana, 26:149-186.

57. Krivic P., Bricelj M., Trišič N., Zupan M. (1987): *Sledenje podzemnih vod v zaledju izvira Rižane (Water tracing in the Rižana spring ground water basin),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 16:82-104.

58. Krivic P., Bricelj M., Zupan M. (1989): *Podzemne vodne zveze na področju Čičarije in osrednjega dela Istre (Underground water connections in Čičarija region and in middle Istria),* "Acta Carsologica", Ljubljana, 18:265-295.

59. Mameli D., Mosetti F. (1966): *Determinazione dell'ossigeno disciolto nelle acque sotterranee, suo significato nelle ricerche idrologiche,* Atti del Convegno F.A.S.T. "Il problema delle acque in Italia", Milano 1965, Ed. Tamburini, 169-188.

60. Martinis B. (1975): *Indagini geologiche e geotecniche effettuate sull'altopiano di Doberdò (Gorizia) per il progettato protosincrotrone europeo da 300 GeV del CERN*, "Memorie degli Istituti di geologia e mineralogia dell'Università di Padova", 31:1-77.

61. Maucci W. (1955): *Organizzazione tecnica e risultati delle ricerche sul corso ipogeo del Timavo (1952-53),* Actes du 1. Congrès International de Spéléologie, Paris 1953, 2:201-213.

62. Maucci W. (1954): *Ricerche in acque sotterranee mediante scafandri autonomi ad ossigeno*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali", Trieste, 47:62-81.

63. Menichetti M. (1997): *Idrodinamica del sistema Reka-Timavo nel Carso (Slovenia, Italia),* Atti del 17. Congresso Nazionale di Speleologia, Castelnuovo Garfagnana 1994, 265-276.

64. Merlak E. (1977): *Distribuzione della durezza delle acque nel "complesso dolomitico" del Carso triestino*, "Annali del Gruppo Grotte dell'Associazione Trenta Ottobre", Trieste, 6:5-22.

65. Mihevc A. (1984): *Nova spoznanja o Kačni jami*, "Naše Jame", Ljubljana, 26:11-19.

66. Morel S. (1992): *San Canziano. Oltre il Lago Morto*, "Progressione", Trieste, 26:34-36. Id.: *Za Mrtvim Jezerom*, "Naše Jame", Ljubljana, 34:152-155.

67. Morel S. (1992): *Le Grotte di San Canziano - prima puntata*, "Progressione", Trieste, 27:55-57.

68. Morelli C. (1954): *Rilievo gravimetrico alle foci del Timavo*, "Tecnica Italiana", Trieste, 9(2):111-113.

69. Morelli C. (1954): *Indagini geofisiche per la ricerca del corso sotterraneo del Timavo - Parte I: Misure gravimetriche*, "Tecnica Italiana", Trieste, 9(4):267-271.

70. Morgante S., Mosetti F., Tongiorgi E. (1966): *Moderne indagini idrologiche nella zona di Gorizia*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 8(30):114-137.

71. Mosetti F. (1954): *Rilievo geoelettrico del delta sotterraneo del Timavo*, "Tecnica Italiana", Trieste, 9(2):115-119.

72. Mosetti F. (1960): *Etude sur le mouvement des eaux souterraines par le procédé thermometrique*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 2(8):641-646.

73. Mosetti F. (1961): *Misure della velocità di flusso dell'acqua mediante la diffusione di un tracciante*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 3(12):314-324.

74. Mosetti F. (1963): *Sui nuovi criteri per gli studi idrologici con acque marcate: risultati di un esperimento sul Carso Triestino*, "Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti", Venezia, 121:138-150.

75. Mosetti F., Eriksson E., Bidovec F., Hodošček K., Ostanek L. (1963): *Un nuovo contributo alla conoscenza dell'idrologia sotterranea del Timavo*, "Tecnica Italiana", Trieste, 28(4):157-171.

76. Mosetti F. (1963): *Nuove vedute sull'idrologia del Carso e sul fiume Timavo*, "Adriatico", Trieste, 9(9/10):11-14.

77. Mosetti F., D'Ambrosi C. (1963): *Alcune ricerche preliminari in merito a supposti legami di alimentazione fra il Timavo e l'Isonzo*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 5(17):69-84.

78. Mosetti F., Eriksson E. (1964): *Misura della velocità di deflusso di un corso d'acqua sotterraneo mediante esame del comportamento dell'oscillazione annua della temperatura dell'acqua*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 6(21):68-73.

79. Mosetti F. (1965): *Nuova interpretazione di un esperimento di marcatura radioattiva del Timavo*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 7(27):218-243.

80. Mosetti F. (1966): *Lo stato delle attuali conoscenze sull'idrologia carsica e relative ripercussioni sul problema dell'alimentazione idrica di Trieste*, "Atti del Museo Civico di Storia Naturale", Trieste, 25(4):73-105.

81. Mosetti F. (1966): *L'idrologia della Carsia Giulia e dei territori limitrofi*, "Adriatico", Trieste, 12(5/6) (estr. di 5 pp.)

82. 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.

83. Mosetti F. (1980): *Su due pozzi profondi nella Piana isontina - risultati preliminari delle ricerche ACEGA per il nuovo acquedotto di Trieste*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze", Trieste, 64:7-16.

84. Mosetti F. (1989): *Il carsismo e l'idrologia carsica - manifestazioni nella regione Friuli Venezia Giulia*, "Quaderni dell'E.T.P.", Ente Tutela Pesca, Udine, 17:1-159.

85. Mühlhofer F. (1907): *Der mutmassliche Timavotalschluss*, "Globus" 4.7.1907, Braunschweig, 92(1):12-15.

86. Mühlhofer F. (1908): *Der Lindner-Timavo und seine Bedeutung für das Studium der Karsthydrographie*, "Globus" 23.7.1908, Braunschweig, 94(4):153-156.

87. Nicolettis P. (1983): *Il regime idrico del lago di Doberdò e della falda carsica del monfalconese*, Atti del 4. Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Pordenone 1979, 249-256.

88. Perko G.A. (1910): *Zur österreichischen Karsthölenforschung*, "Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik", Wien-Leipzig, (estr. di 22 pp.)

89. Reisenhofer E., Adami G., Barbieri P. (1998): *Using chemical and physical parameters to define the quality of karstic freshwaters (Timavo River, North-Eastern Italy): a chemometric approach*, "Water Research", Pergamon, London, 32(4):1193-1203.

90. Rojšek D. (1995): *Inventory of the Škocjan World Heritage Site*, "Acta Carsologica", Ljubljana, 24:477-484.

91. Rojšek D. (1996): *Velika Voda - Reka, a Karst River*, "Acta Carsologica", Ljubljana, 25:193-206.

92. Salmojraghi F. (1905): *Sulla continuità sotterranea del fiume Timavo - contributo mineralogico*, "Atti della Soc. Italiana di Scienze Naturali", Milano, 44 (estr. di 40 pp.)

93. Sancin S. (1992): *Nuove scoperte nelle Grotte di S. Canziano*, "Progressione", Trieste, 27:50-54. Id.: *Nova odkritja v Škocjanskih Jamah*, "Naše Jame", Ljubljana, 34:156-162.

94. Sella M. (1929): *Estese migrazioni dell'anguilla in acque sotterranee*, "Le Grotte d'Italia", Istituto Italiano di Speleologia, Postumia, 3(3):97-109. (*)

95. Semeraro R. (1982): *Nuovi aspetti geologici, geomorfologici e geoidrologici dell'Abisso dei Serpenti (Slovenia, Jugoslavia) emersi dalle campagne esplorative svolte dal 1971 al 1975*; in: Dini A., Tarabocchia G.: L'abisso dei serpenti - aspetto di una cavità a circa un secolo dalla sua prima esplorazione, Ed. Italo Svevo, Trieste, 67-74.

96. Timeus G. (1910): *Studi in relazione al provvedimento d'acqua per la città di Trieste. Dati idrologici, chimici e batteriologici*, allegato a: Parere e proposte del Protofisico civico sul nuovo provvedimento d'acqua, Comune di Trieste, 34+82.

97. Timeus G. (1912): *Ricerche sul Timavo inferiore*, Municipio di Trieste, 3-81.

98. Timeus G. (1912): *Il litio e la radioattività quali mezzi d'indagine nell'idrologia sotterranea - L'origine del fiume Timavo*, "Atti della Soc. Italiana per il progresso delle scienze", 5. Riunione, Roma 1911, 751-771.

99. Timeus G. (1928): *Nei misteri del mondo sotterraneo - Risultati delle ricerche idrologiche sul Timavo 1895-1914, 1918-1927*, "Alpi Giulie", Trieste, 29(1):1-39. (*)

100. Tommasini T. (1968): *Indagine termometrica alle risorgive del Timavo, a S. Giovanni di Duino ed alle sorgenti del vallone di Moschenizze; Biennio 1966-67*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 7/1967:63-73.

101. Tommasini T. (1969): *Indagine termometrica alle risorgive del Timavo, a S. Giovanni di Duino ed alle sorgenti del vallone di Moschenizze; Anno 1968*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 8/1968:53-58.

102. Vrhovšek D., Macarol J., Smolar N. (1998): *Timav - kraški regijski park; strokovne podlage za načrt upravljanja: podsklop vode*, Ljubljana, Limnos, 1-182.

103. Zupan-Hajna N. (1995): *Primerjava mineralne sestave mehanskih sedimentov iz Škocjanskih jam, Labodnice, Prevale II in Mejam*, "Annales", Koper/Capodistria, 5:117-120.

Autori citati nel testo

In carattere tondo i numeri indicanti le note a piè di pagina; in carattere corsivo i numeri indicanti le pagine delle didascalie di riferimento.

A

Adami G. 222 223 224
Albrecht P. 212
Andreolotti S. 246 249 252
Andreu M. 163
Anselmi M. 98
Arandjelović 141

B

Ballarin L. 98
Barbieri P. 223 224
Baroni R. 113
Belloni S. 247
Bensi S. *164*
Berini G. 11 12
Bertarelli L.V. (G. spel.) 152
Bianchini G.F. 6
Biasoletto B. 14
Boegan E. 102 *149*
Bonacci O. 159 177 230
Bone B.N. 250
Braida J. 137
Breznik M. 145
Bussani M. 125 166
Buzzi L. 89
Bürkli A. 163

C

Cancian G. 136 228 253
Canu E. 135
Carulli G.B. 170
Cattinelli C. 23
Comar M. 135
Comel A. 49
Coppo P. 47
Cratey A. 17
Costantini A. 104
Crevatin G. 81 208 225 226
Cucagna A. 7
Cucchi F. 164 170 171 211 220
221 226 227 *129* *164*
Cuscito G. 201
Cvijić J. 106

D

D'Ambrosi C. 118 120 133 134 138
165 212 239 240 *130* *174*
Davanzo A. 112
De Martini L. 119
De Santis L. 127
Dolce S. 201 *12*
Dolenec T. 176
Doria C. 83
Drogue C. 161 *118*
Drole F. *104*
Dular M. 203

E

Englandi S. 180
Eriksson E. 127

F

Fabbricatore A. 209
Faraone E. 32 51
Farolfi (de) F. 22
Favretto A. 222
Ferlatti C. 205
Filiasi J. . . . . 3=9
Filip A. 141
Flora O. 206 218
Fornasir G. 122
Foscan L. 201
Forti F. 98 114 164 166 168
171 172 201 249 256 256
Forti Fu. 98
Forti P. *120*

G

Galli M. 24 26 62 73
Gams I. 94 254 *138*
Gauche B. 211
Gemiti F. 154 206
Gentile A. 32
Giorgetti F. 221 227
Gospodarič R. 173 178 190 217
Grablovitz G. 65
Grbović J. 204
Grimaud de Chaux G. 34
Grund A. 237
Guglia P. 81 213 225 *48*
Guidi P. 84 97 185 189

H

Habe F. 148 174 201 *104*
Habič P. 153 173 175 178 258
Halupca A. 200
Halupca E. 31 201 225
Herak M. 94
Hribar F. 174
Hugues C. . . . . 82=109

I

Ireneo della Croce 18

J

Jenko F. *117*

K

Kandler P. 21 40 42
43 44 50 61
Kircher A. 4
Klemše V. 228
Kogovšek J. 175 204
Komatina M. 229
Kosi G. 204
Kranjc A. 214 226 231
Krebs N. 233 258
Krivic P. 176
Krokos A. 219
Krušnik C. 204
Kupusović T. *124*

L

Lavallée J. *20*
Leben F. 201
Lehmann O. 158
Lewicki K. 123
Lindner A.F. 30
Longinelli A. 218
Longo L. 208

M

Malečkar F. 169 188 190 192
Manarutta G.M. 18
Mandler R. 220
Mangin A. 159 230
Manzoni G. 183
Marchesetti C. 16
Marchesini C. 183
Marchi F. 136
Marinetti E. 219 226 227 *164*
Marini D. 20 185 198 210
Marinitsch J. 66 70 74 75 76
Marocco R. 212
Martel E.A. 86 105 107 *42*
Martinis B. 15

Marusic A. 151
Marussi A. 129 130 131 132 184 233 235 236
Maucci W. 119 160 241 242
Medeot L.S. 28 32 36 52 126
Mejač B. 203
Melik A. 244 245
Merlak E. 154 187 188 *152*
Mihevc A. 69 186 193 196
Mikolic U. *55*
Mikulec S. 162
Milanović P. 141 157 *115*
Miniussi D. 136 151
Morel S. 169 188
Morell I. 163
Morgante S. 115
Morlot A. 38
Morpurgo E. 64
Moser L.C. *20*
Mosetti F. 61 100 116 117 127 130 133 138 140 143 144 146 156 212
Mosetti-Albrecht P. 212
Müller F. 27 67 68 71

O

Onofri R. 237
Orombelli G. 247

P

Padilla A. 230
Pavlovec R. 38
Perin-Luca L. 124
Perko G.A. 85 87 93
Pesaro A. 80
Petritsch E.F. 88
Pezdič J. 176
Piacentini G. 101 139
Pichl E. 135
Pičinin A. 123
Piemontese T. 243
Pillinini F. 221
Pipan L. 199
Pirker R. 35
Placer L. 167
Pocar G. 48
Polley A. 90 91 92
Ponikvar-Zorko P. 203
Potleca M. 220
Predonzani S. 222
Priolo G. 207
Pugliese N. *129*
Pulido-Bosch A. 230

R

Radacich M. 31 33
Radinja D. 179 217 251 254
Ramljak P. 141
Rejic M. 203
Reisenhofer E. 222 223 224
Rossetti D. 13
Roš M. 203
Rucavina P. 181

S

Saradjen J. 204
Sancin S. 194 216
Savnik R. 25
Schiavuzzi B. 108
Schmidl A. 55
Schönleben J.L. 8
Semeraro R. 98 259
Sforzi G. 39 52
Shaw T.R. 54
Skilan C. 181
Soler E. 111
Stacul A. 231
Stoch F. 201 *12*
Stringfield V.T. 94

Š

Šegota T. 212
Šušteršič F. 197

T

Talpe del Carso (G. speleo.) 228
Tarabocchia G. 195

Timeus G. 41 96 103 104 126
Tomei G. 126
Tommasini M. 64
Tschebull A. 78

U

Ulcigrai F. 166 *129*
Urban B.G. 72
Urbanc J. 176
Ursic B. e M. 201

V

Valvasor J.W. 5
Vasileva D. 230
Vasseur F. 174
Vortmann G. 96 99

W

Waagen L. 95 121
Williams P.W. 159

Z

Zanetti M. 148
Zini L. 220 *164*
Zuppin C. 226

Ž

Žibrik K. 123

Glossario toponomastico

Abbazia	*Opatija*
Auber	*Avber*
Bresovizza	*Brezovica*
Brestovizza	*Brestovica*
Cacitti	*Kačiče*
Capodistria	*Koper*
Caporetto	*Kobarid*
Carso	*Kras*
Castellaro (monte)	*Gradišče*
Castelnuovo	*Podgrad*
Chiapovano	*Čepovan*
Ciceria	*Čičarija*
Cittanova	*Novigrad*
Comeno	*Komen*
Corgnale	*Lokev*
Divaccia	*Divača*
Duttogliano	*Dutovlje*
Fiume	*Rijeka*
Idria	*Idrija*
Lanaro (monte)	*Volnik*
Lippiza/Lipizza	*Lipica*
Lubiana	*Ljubljana*
Maggiore (monte)	*Učka*
Merciano	*Merče*
Merna	*Miren*
Montespino	*Dornberk*
Nevoso (monte)	*Snežnik*
Ospo	*Osp*
Piuca	*Pivka*
Postumia	*Postojna*
Poverio	*Povir*
Presserie (di Comeno)	*Preserje (pri Komnu)*
Risano	*Rižana*
Salcano	*Solkan*
Senosecchia	*Senožeče*
Sesana	*Sežana*
S. Canziano	*Škocjan*
Tolmino	*Tolmin*
"Valsecca" di Castelnuovo (oppure:)	*Podgrajsko podolje* *Matarsko podolje*
Villa del Nevoso	*Ilirska Bistrica*
Vertoce	*Vrtoče*
Vipacco	*Vipava*

Indice

Presentazione 5
Premessa 7

I precursori 13
Inizia lo studio delle risorse idriche 18
Lindner e la grotta di Trebiciano 22
Il primo approccio con l'idrologia carsica 25
Proseguono le ricerche dell'acqua 32
Le grandi esplorazioni speleologiche 39
Il potenziamento degli acquedotti e la circolazione sotterranea del Carso 45
La ricerca del Timavo e la speleologia sportiva triestina 50
Il Timavo sotterraneo e le teorie idrogeologiche 53
Inizia la ricerca scientifica 62
Nuove ricerche 75
Il Timavo di Eugenio Boegan 77
La ripresa del dopoguerra 81
Un nuovo confronto sulle teorie idrogeologiche 86
L'Osservatorio Geofisico di Trieste 92
Il Carso isontino 96
Lo sviluppo delle indagini idrochimiche 105
La nuova idrogeologia carsica 114
Gli esperimenti di marcatura 132
Un nuovo capitolo di scoperte speleologiche 140
Importanti risultati della speleologia subacquea 154
Gli studi attuali 159
Il Timavo e gli studi sul carsismo 170
Conclusione 180

Bibliografia essenziale 183
Autori citati nel testo 191
Glossario toponomastico 195