

MORFOLOGIA, SEDIMENTOLOGIA E DINAMICA FLUVIALE DI DUE CORSI D'ACQUA
EFFIMERI DELLA SOMALIA SETTENTRIONALE

Morphology, sedimentology and fluvial dynamics of two ephemeral streams of the Northern Somalia

BILLI P., TACCONI P.

Dipartimento di Ingegneria Civile, Università di Firenze

RIASSUNTO

La presente nota riferisce delle ricerche di morfologia e sedimentologia fluviale intraprese in prossimità di Berbera (Somalia settentrionale) su due corsi d'acqua effimeri: il Togga Bijoguuare ed il Togga Kalajab. Questi scorrono in direzione sud-nord, dall'Altopiano Somalo al Golfo di Aden, e possiedono bacini limitrofi caratterizzati da una morfologia simile.

Nelle zone più a monte, corrispondenti alla scarpata principale, i versanti sono assai ripidi e gli alvei rettilinei. Nelle parti mediane dei bacini, nelle aree più prossime alla base della scarpata, i due corsi d'acqua hanno inciso profondi canyons, mentre più a valle, nonostante la grande abbondanza di sedimenti, scorrono in alvei confluenti, delimitati da superfici sommitali spesso corrispondenti a vecchi terrazzamenti. In questi tratti il tracciato dei canali è del tipo intrecciato (braided stream).

Prima di raggiungere la pianura costiera attraversano un rilievo montuoso, nel quale il Bijoguuare ha inciso una stretta gola al di là della quale raggiunge poi il mare, mentre il Kalajab ha invece formato un passaggio molto più ampio, a valle del quale si sviluppa un'esteso conoide terminale nei cui rami le acque di piena riescono raramente a raggiungere il mare.

Sono stati inoltre analizzati alcuni caratteri del clima utilizzando i pochi dati disponibili (costituiti da temperature, precipitazioni ed umidità relativa) per le tre stazioni di Berbera, Bihendula e Sheikh. Tali analisi indicano un clima più temperato ed umido nelle parti alte a monte dei bacini, in corrispondenza della scarpata principale, che progressivamente diviene semiarido ed arido procedendo verso valle.

Sia per il Bijoguure che per il Kalajab sono stati studiati in dettaglio alcuni tratti d'alveo nelle parti medio basse dei bacini (a monte della catena costiera) dove sono state rilevate otto sezioni trasversali. In ogni sezione sono state misurate le granulometrie dei sedimenti superficiali e sono state fatte osservazioni relative alla presenza ed il tipo di forme di fondo e di strutture sedimentarie, alla geometria dei canali e alla morfologia dei corpi sedimentari più grandi (barre).

Un dato caratteristico di questi fiumi effimeri, che emerge da queste prime analisi, è la grande abbondanza di strutture a laminazione piano-parallela orizzontale. Questo fatto viene spiegato come dovuto alle particolari caratteristiche degli eventi di piena che, in tali condizioni climatiche, si può presumere si evolvono in tempi molto brevi con il picco di portata assai prossimo se non addirittura corrispondente con l'inizio dell'evento.

Con i dati di pendenza misurati (da 1 a 2%) ed altri parametri fisici dei canali sono stati stimati i valori del numero di Froude in corrispondenza delle sezioni rilevate. Questi sono risultati proporzionali all'unità, tipici cioè delle condizioni idrauliche necessarie alla formazione della configurazione a letto piano. Utilizzando gli stessi parametri sono state tentate anche delle stime indicative del trasporto solido alle due sezioni di valle.

E' infine interessante osservare che anche nei depositi arenacei nogenici del Daban la struttura sedimentaria prevalente è quella a laminazione piano-parallela orizzontale il che, congiuntamente ad altri caratteri, farebbe supporre in senso lato, notevoli analogie di ordine climatico e deposizionale con i depositi attuali.

ABSTRACT

This paper reports about some researches on the morphology and sedimentology of two ephemeral streams located south of Berbera (Northern Somalia). They are Togga Bijoguure and Togga Kalajab. Their flow direction is from south to north, from the Somalia Highplain to the Gulf of Aden, and they have neighbouring catchments with similar

geomorphological features.

In the headwater area, corresponding to the main scarp, the valleys are V shaped with steep slopes and the stream paths are mainly straight. The general geomorphological setting is here quite similar to that of middle latitude mountain streams where erosion prevail on sedimentation.

In the median parts of the catchments, close to the scarp base, the two streams have cut deep canyons whilst downstream, in spite of the large amount of sediment, they flow in narrow confined flood plains bounded by steep and short walls of bedrock with flat tops that sometimes correspond to old terraces.

In these reaches the two streams occur as braided channels. Before reaching the coastal plain, they cross a coastal ridge in which the Bijoguure has cut a narrow and deep gorge beyond which it finally outflows in the Gulf of Aden. It must be noticed that the Bijoguure becomes, in the lower part of its course, a permanent stream with a base water discharge in the gorge of a few litres per second. The Kalajab has on the contrary formed a wide pass (Suria Malableh Pass) downstream of which it develops a large terminal fan. Quite rarely the flood water of the Kalajab outflows in the sea as it usually evaporates and infiltrates in the terminal fan sediment near Berbera so that it is sometimes flooded.

Using the scarce available data of temperature, rainfall and relative humidity, some climate features have been analysed for the three gauge stations of Berbera, Bihendula and Sheikh.

Berbera is located on the coast, Bihendula in the median part of the catchments and Sheikh on top of the highplain. Their geographical distribution seems well suitable to represent the different physiographic setting of the study area.

The data analysis indicates a milder and more humid climate in the high headwater of the basins, where the main scarp occurs. The climate progressively becomes semiarid and arid proceeding downstream.

In the lower part of the catchments (upstream of the coastal ridge) a study reach for each stream was established where eight cross-sections were surveyed in detail.

At each section the grain size distribution of the bed sediment was measured and many observations were made on the occurrence and kind of bedforms and sedimentary structures, on the channel geometry and on the morphology and sedimentology of larger features as channel bars.

A very striking as well as wide spread characteristic coming out from the analysis of the data gathered on these two ephemeral streams is the very large occurrence of evenly laminated sediments. This fact

is interpreted here as resulting from the particular characteristics of flood events that, under such climatic conditions, may possibly last a short span of time and have the peak flow very close or quite coincident with the hydrograph rising limb.

Using the measured slopes (from 1 to 2%) and other physical parameters of the channels at the surveyed sections, the Froude numbers were assessed at bankfull discharge.

The values obtained are around one. It means the hydraulic conditions needed for the development of a plane bed flow regime can easily occur in such streams.

Using almost the same parameters an asses of bed sediment transport at the downstream sections was tried.

It is finally interesting to note that the Neogenic sandstone deposits of the Daban basin show a large occurrence of plane bedded structures that, as well as other sedimentological characters do, let the authors suppose that significant climatic and depositional analogies exist with the present fluvial deposits.

PREMESSA

Nell'ambito delle attività svolte dal Gruppo di Ricerca "Coperture sedimentarie mesozoiche e cenozoiche della Somalia" dell'Università di Firenze in collaborazione con la Facoltà di Geologia dell'Università Nazionale Somala, nel settembre 1983 è stata effettuata una campagna di studio in Somalia settentrionale.

Questa nota riporta in forma preliminare i risultati delle ricerche di sedimentologia e di morfologia fluviale svolte nella regione del Daban con il duplice obiettivo di contribuire ad una più precisa analisi dei processi di dinamica fluviale in zone aride o semiaride, e di facilitare l'interpretazione degli ambienti di sedimentazione esaminati nel bacino terziario del Daban.

C'è da sottolineare che in generale esiste una notevole carenza di studi sul tema della dinamica fluviale in zone aride, anche se tale tema è collegato a problemi geologici applicativi di grande rilevanza.

Relativamente alla Somalia settentrionale, le nostre ricerche hanno preso inizio dallo studio di due alvei fluviali appartenenti a bacini limitrofi, sulla fascia costiera del Golfo di Aden, in prossimità di Berbera.

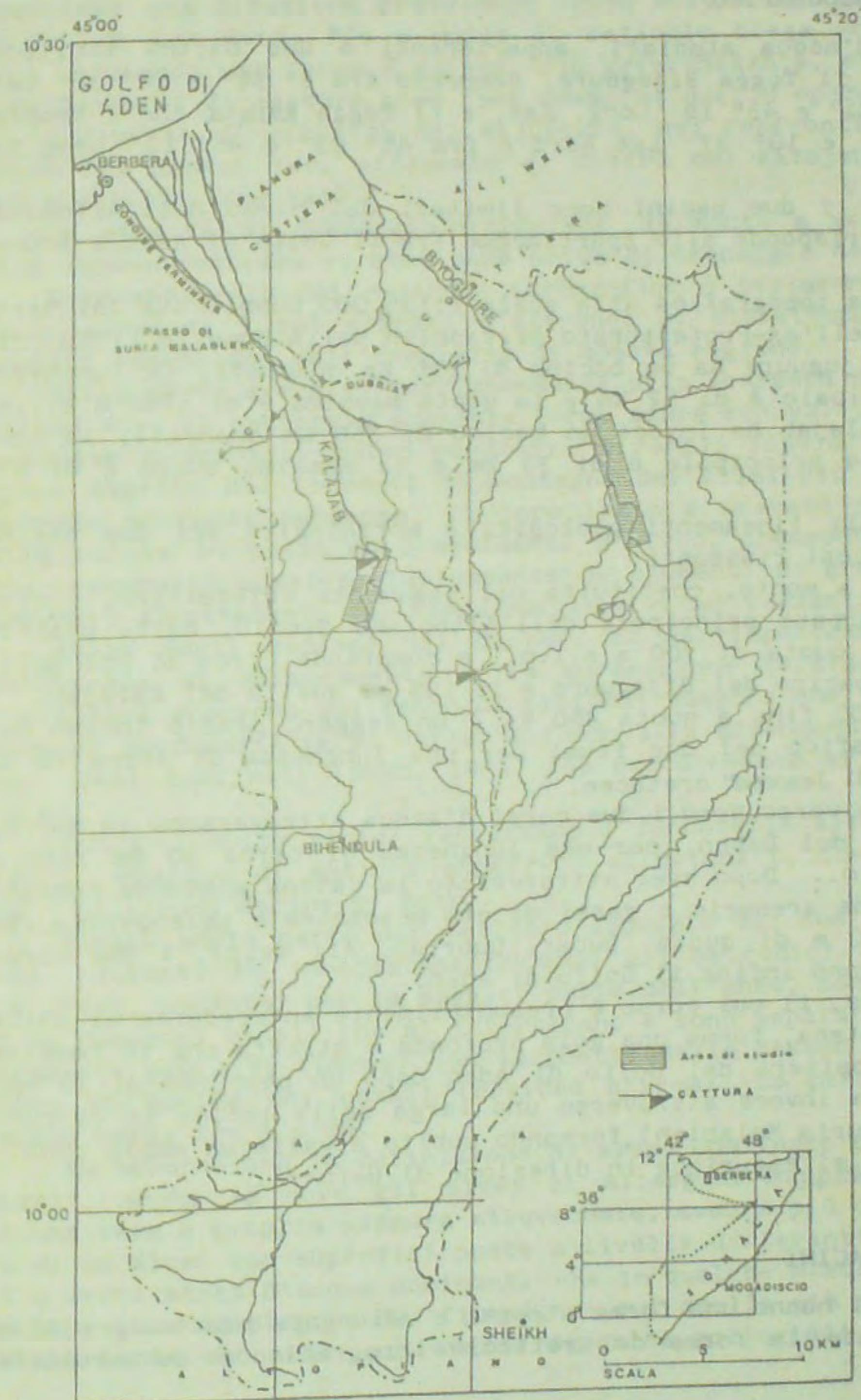


Fig. 1 - Carta d'insieme

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

I corsi d'acqua studiati, appartenenti a due bacini limitrofi (Fig. 1), sono il Togga Bijoguure, compreso fra $9^{\circ} 56'$ e $10^{\circ} 30'$ Lat Nord e fra $45^{\circ} 01'$ e $45^{\circ} 18'$ Long. Est, e il Togga Kalajab che è compreso fra $10^{\circ} 01'$ e $10^{\circ} 27'$ Lat Nord e fra $45^{\circ} 03'$ e $45^{\circ} 11'$ Long Est di Greenwich.

Verso Sud, i due bacini sono limitati dal bordo dell'Altopiano Somalo, che corrisponde allo spartiacque tra il Golfo di Aden e l'Oceano Indiano.

Dalla carta topografica alla scala 1:125.000, pubblicata dal Servizio Geologico dell'ex-Protettorato Britannico della Somalia (1960), risulta che il Bijoguure ha un bacino di 696 km quadrati, la lunghezza dell'asta principale è di 52 km e la quota massima è di 1760 m s.l.m. (Balaad), il Kalajab ha invece un bacino di 356 km quadrati, la lunghezza dell'asta principale è di 33 km e la massima quota è di 975 m s.l.m.

I principali lineamenti geologici e morfologici dei due bacini possono essere così riassunti:

la parte più a monte, costituita dal basamento cristallino, corrisponde alla scarpata principale dell'Altopiano Somalo, dallo spartiacque fino alla quota di 700 m s.l.m., e comprende circa il 25% della superficie del bacino del Bijoguure e il 10% di quella del Kalajab.

Da quota 700 fino a quota 450 vi è un leggero pendio inciso dal reticolo idrografico dei due fiumi per una lunghezza di circa 10 km nelle "Arenarie di Jesomma" cretacee.

Proseguendo verso Nord i due corsi d'acqua attraversano la successione terziaria del Daban, per una lunghezza di circa 20 km fino a quota 250 m s.l.m.. Dopo aver attraversato la catena montuosa costiera, costituita da arenarie e gessi di età mesozoica e paleogenica, che raggiunge il 950 m di quota (Dubar, Dubriat, Ali Wein), i due corsi d'acqua raggiungono infine il Golfo di Aden.

Il Bijoguure, il cui corso è presumibilmente antecedente al sollevamento della catena, forma una gola profonda e stretta che lo immette nella pianura costiera del Golfo di Aden dopo un percorso di 12 km. Il Kalajab passa invece attraverso una larga sella incisa in calcari e gessi (Passo Suria Malableh), formando subito a valle un'ampia conoide terminale che si esaurisce in direzione di Berbera.

MORFOLOGIA DEI BACINI

I due bacini hanno una forma stretta e allungata piuttosto simile (Fig. 1). A monte la forma del reticolo idrografico è subparallela

e mantiene una direzione prevalente verso Nord Nord Est fino a circa $10^{\circ} 15'$ di Lat Nord. Più a valle il reticolo piega verso Nord Nord Ovest assumendo una forma angolata, più gerarchizzata, ed è interessato da fenomeni di cattura come, per esempio, quelle operate dall'Harjiaq, affluente di sinistra del Bijoguure, nei confronti di parte del bacino del Banyal Yer, affluente di destra del Kalajab ($10^{\circ} 14'$ Lat Nord e $45^{\circ} 10'$ Long Est).

La densità di drenaggio diminuisce da monte a valle e a monte della catena costiera vi sono zone prive di drenaggio definito.

Tale andamento del reticolo idrografico è ovviamente influenzato dalla tettonica i cui effetti d'altronde si riflettono in tutti gli elementi essenziali dell'orografia di questa regione.

Nella parte a monte, corrispondente alla scarpata principale dell'Altopiano, il paesaggio presenta forme aspre con valli a V fortemente incise e versanti molto pendenti. I canali fluviali hanno qui il tipico aspetto dei torrenti di montagna dei climi più umidi. Infatti scorrono su forti pendenze, il loro letto è scavato prevalentemente nella roccia in posto ed i sedimenti d'alveo, pressoché inesistenti, sono costituiti quasi esclusivamente da elementi di grosse dimensioni derivanti direttamente dal fondo roccioso o dai versanti.

Nelle parti mediane dei bacini, in corrispondenza del margine meridionale di affioramento della successione terziaria del Daban, i tributari scorrono sul fondo di profondi canyons che via via diminuiscono di profondità verso valle. I fondovalle divengono piatti e ospitano alvei confinati (SNEH, 1983) che precocemente si allargano fino a 2 km.

Versanti molto ripidi raccordano i fondovalle alle spianate sommitali, residuo di antiche superfici alluvionali, con un dislivello medio di alcune decine di metri.

Questa ampia parte del reticolo fluviale dei due bacini è attiva solo durante ed immediatamente dopo gli sporadici eventi piovosi. Gli alvei, asciutti per la maggior parte dell'anno, sono caratterizzati da numerosi canali che si intersecano e sono separati da zone relativamente più alte (barre) con larghezze dello stesso ordine di grandezza di quelle dei canali (braided stream). La pendenza media dei canali varia tra 1 e 2%.

In accordo con la definizione di alveo confinato proposta da SNEH (1983), anche là dove gli alvei si allargano maggiormente, anziché di una vera e propria pianura alluvionale, sembra più opportuno parlare di un alveo con superfici poste a livelli differenti (corrispondenti a certi stati d'acqua dominanti che in qualche misura caratterizzano il regime idrologico del fiume), di cui quella più elevata topograficamente si raccorda, attraverso depositi colluviali e/o di conoide,

ai ripidi versanti costituiti da affioramenti di roccia in posto.

Più a valle, in corrispondenza della catena costiera, il paesaggio ritorna ad avere delle forme aspre con versanti molto pendenti e valli molto strette incise profondamente.

Nell'attraversamento della catena costiera la morfologia dell'alveo del Kalajab non risulta sostanzialmente modificata. Il Bijoguure invece ha inciso una spettacolare gola dove, a causa della barriera impermeabile costituita dalla catena costiera stessa, l'acqua di subalveo, fortemente salata, fuoriesce in alveo dando luogo così ad un piccolo flusso permanente di qualche litro al secondo.

Nel punto più stretto la gola è larga circa 30 m ed è semiostruita da grossi blocchi rocciosi di 4-5 m di diametro.

Entrando nella gola, il Bijoguure abbandona la morfologia a canali intrecciati (Braided Stream) assumendo un tracciato più sinuoso con ampie anse assimilabili a meandri incassati. I sedimenti d'alveo divengono mediamente più grossolani e meno abbondanti (in diversi tratti il fiume scorre direttamente sulla roccia in posto) e sono deposti quasi esclusivamente nelle zone interne alle anse del fiume (barre di meandro).

A valle della stretta l'alveo si restringe ed il tracciato diventa praticamente rettilineo con scarsi depositi. All'uscita della gola il Bijoguure assume di nuovo una morfologia tipo braided che mantiene poi anche nella pianura costiera.

Il Kalajab invece sviluppa qui, come già accennato, un'ampia conoide terminale (SNEH, 1983) solcata da più canali che si diramano da quello principale subito a valle del Passo Suria Malableh. Questi canali larghi mediamente 200 m e profondi 30-40 cm con pendenze anche del 3,5% (valori misurati ai margini inferiori della zona apicale della conoide), hanno la particolarità di terminare a breve distanza da Berbera dove gli eventi di piena si esauriscono prevalentemente per infiltrazione.

I sedimenti, di cui la conoide sembra essere costituita (non sono state effettuate indagini precise ne analisi granulometriche), sono prevalentemente sabbie da medie a grossolane, ma sono presenti in certa misura (10% circa) anche ghiaie con clasti che possono raggiungere anche i 500 mm di diametro.

In ambedue i bacini l'alterazione delle rocce è molto intensa. I versanti sono coperti da un profondo strato di materiale più o meno finemente sminuzzato che è facilmente asportabile dalle rare ma intense piogge. Laddove i versanti terminano con zone piane sommitali, queste sono generalmente coperte da una coltre di detriti che, per la quasi assenza di ruscellamento superficiale, non vengono asportati. Le porzioni più grandi possono alterarsi per dissoluzione mentre quel-

e più fini sono rimosse per l'azione del vento.

La vegetazione è quella tipica di clima desertico e semidesertico arido. Sono presenti zone completamente denudate ed altre con bassa rada boscaglia di acacia.

Lungo gli alvei principali, la boscaglia si presenta un po' più fitta con qualche albero d'alto fusto. Solo in corrispondenza della carpata dell'altopiano vi è una copertura vegetale più densa e continua.

CARATTERI DEL CLIMA

Per l'analisi degli elementi del clima della zona sono stati utilizzati i dati delle stazioni Berbera, Bihendula e Sheikh, relativi al periodo 1944-1950, raccolti da HUNT (1951).

La stazione di Berbera è situata sulla costa del Golfo di Aden 7,5 m s.l.m., Bihendula è nella parte mediana del bacino del Kalajab 750 m s.l.m. e Sheikh è a Sud del bacino del Bijoguure, molto vicino allo spartiacque a 1418 m s.l.m.

Le stazioni prese in esame possono essere ritenute significative in considerazione della forma, l'orientazione e l'altimetria dei due bacini (Fig. 1).

Temperatura

A Berbera si registrano le temperature più elevate. I valori medi delle temperature massime superano i 40°C nei mesi di giugno, luglio e agosto, mentre i valori medi delle minime non scendono mai sotto 20°C (Tab. 1 e Fig. 2).

A Sheikh invece si hanno le temperature più basse. La media dei valori massimi supera di poco i 30°C nei mesi di agosto, mentre quella dei minimi scende al di sotto dei 10°C nei mesi di dicembre e gennaio (Tab. 1 e Fig. 2). A Bihendula la situazione è mediata fra le due precedenti.

Umidità relativa

I dati di umidità relativa sono riferiti al valore giornaliero misurato alle ore 8.30 del mattino e pertanto sono da ritenersi approssimati per eccesso.

Il valore dell'umidità relativa media annuale è pressoché lo stesso sia per Berbera (65%) che per Sheikh (67%), ma l'andamento stagionale differenzia nettamente nelle due stazioni (Tab. 2).

A Berbera vi è un periodo relativamente meno secco da ottobre

BERBERA (1945-1950)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
media max.	28.0	28.6	30.2	31.9	35.2	41.8	41.8	41.2	39.0	33.0	29.7	28.6
media min.	20.9	21.4	23.1	24.7	27.5	30.2	31.3	31.3	29.1	23.6	22.0	21.4
media	24.4	25.0	26.6	28.3	31.3	36.0	36.5	36.2	34.0	28.3	25.8	25.0

BIHENDULA (1944-1945)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
media max.	26.4	28.6	29.1	33.5	35.7	35.7	35.2	36.3	34.6	31.3	29.1	24.2
media min.	16.5	17.0	19.8	20.3	23.6	26.4	26.9	26.9	24.7	19.2	18.1	19.2
media	21.4	22.8	24.4	26.9	29.6	31.0	31.0	31.6	29.6	25.2	23.6	21.7

SHEIKH (1945-1950)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
media max.	20.9	23.6	26.4	28.0	29.1	30.2	29.1	29.1	29.7	26.4	23.1	21.4
media min.	9.3	11.0	13.2	14.8	17.1	17.6	17.0	17.0	17.0	12.6	11.0	9.9
media	15.1	17.3	19.8	21.4	23.0	23.9	23.0	23.0	23.3	19.5	17.0	15.6

Tab. 1 - Valori medi (in gradi centigradi) delle temperature minime, media e massime mensili.

Tab. 1 - Valori medi (in gradi centigradi) delle temperature minime, medie e massime mensili.

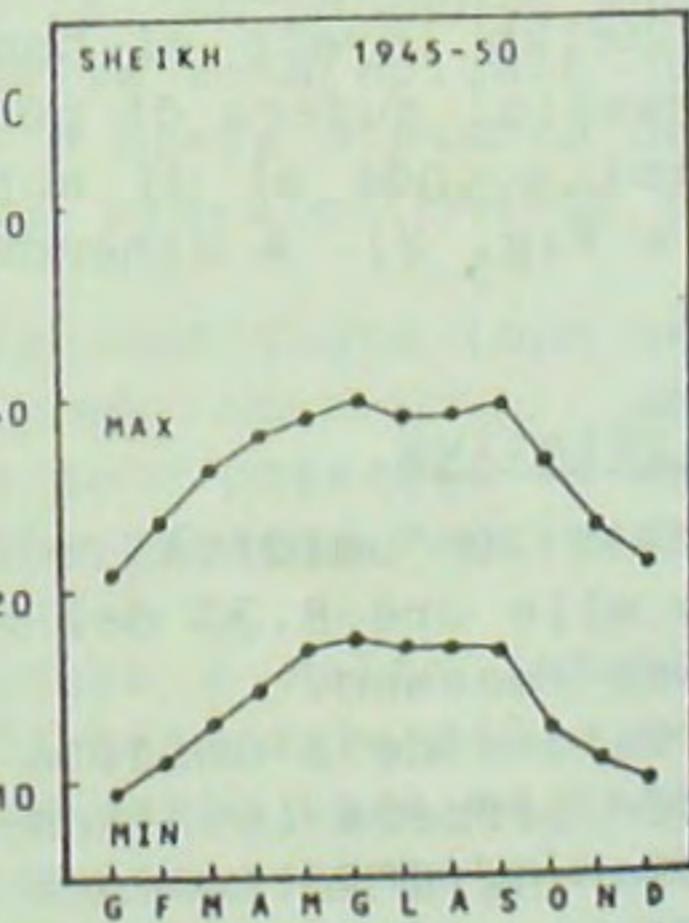
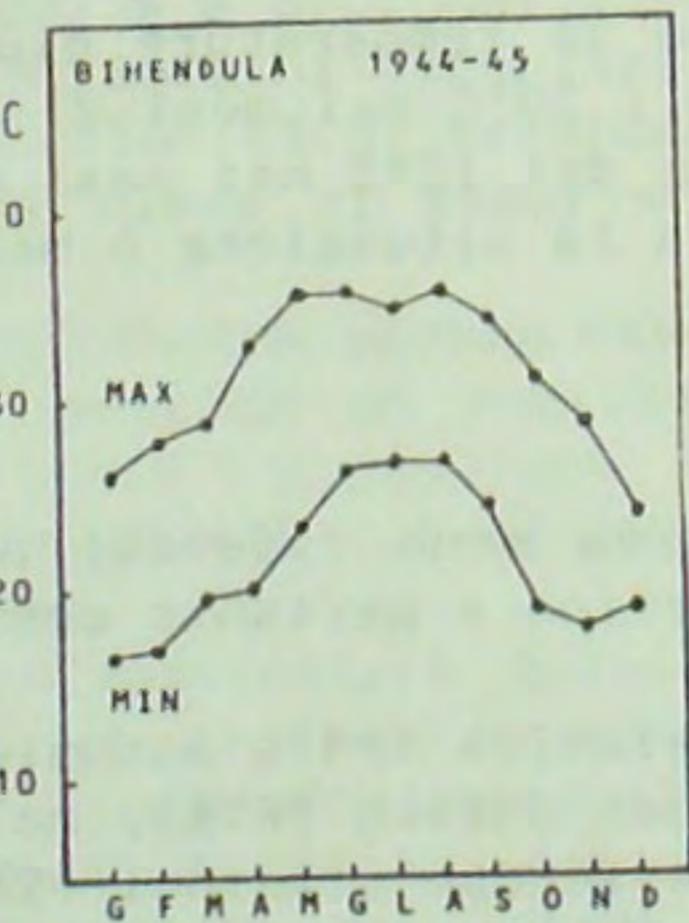
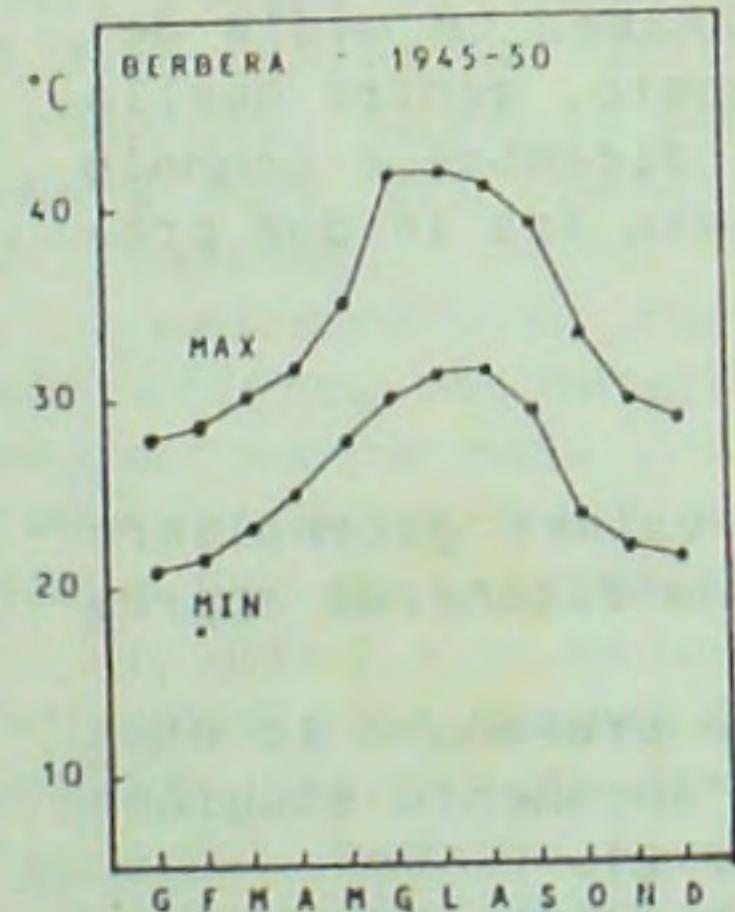


Fig. 2 - Valori medi delle temperature massime e minime mensili.

BERBERA (1945-1950)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
massima	83	83	82	84	77	84	66	64	64	77	79	74
minima	71	71	74	71	68	48	38	32	39	57	65	61
media	76	77	77	79	71	52	46	45	49	69	73	71

BIHENDULA (1945-1946)

	massima	minima	media
massima	-	-	-
minima	-	-	-
media	77	77	56

SHEIKH (1945-1950)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
massima	87	79	80	71	71	75	83	91	90	89	77	79
minima	69	53	55	39	60	61	60	59	51	51	56	60
media	74	70	64	59	64	67	71	67	66	64	67	68

Tab. 2 - Valori giornalieri di umidità relativa.

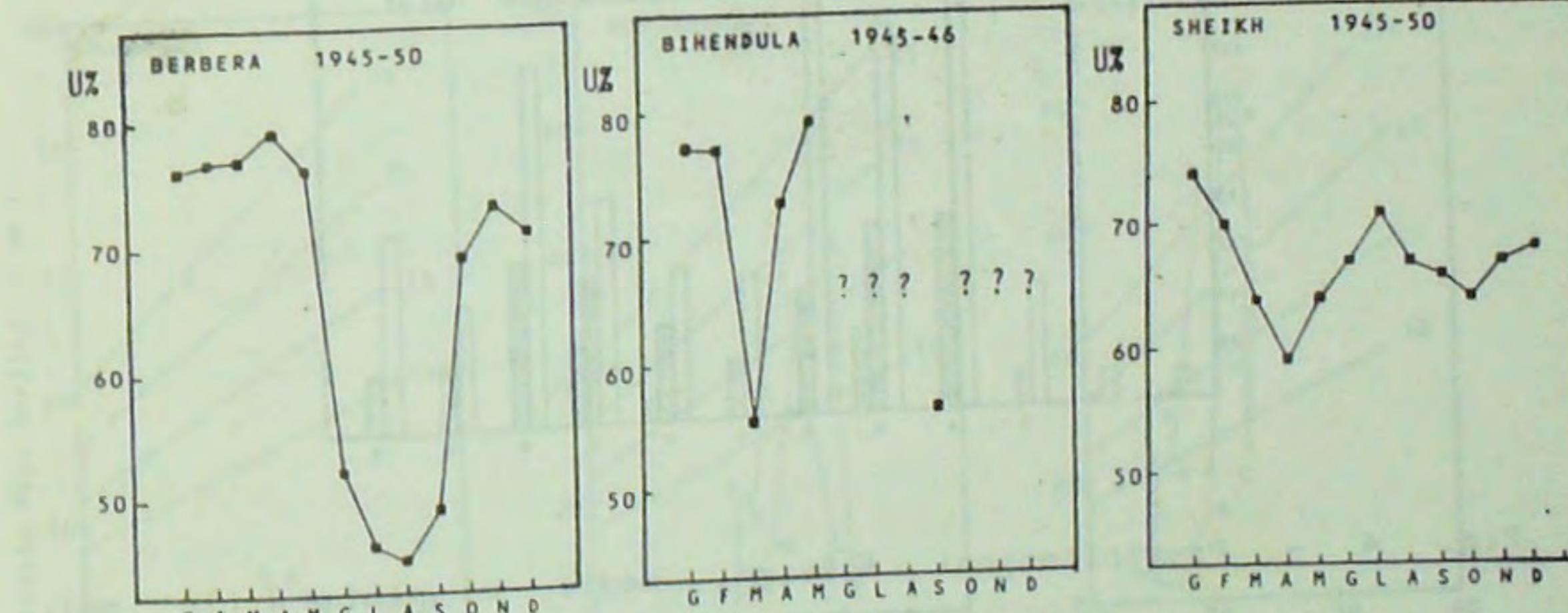
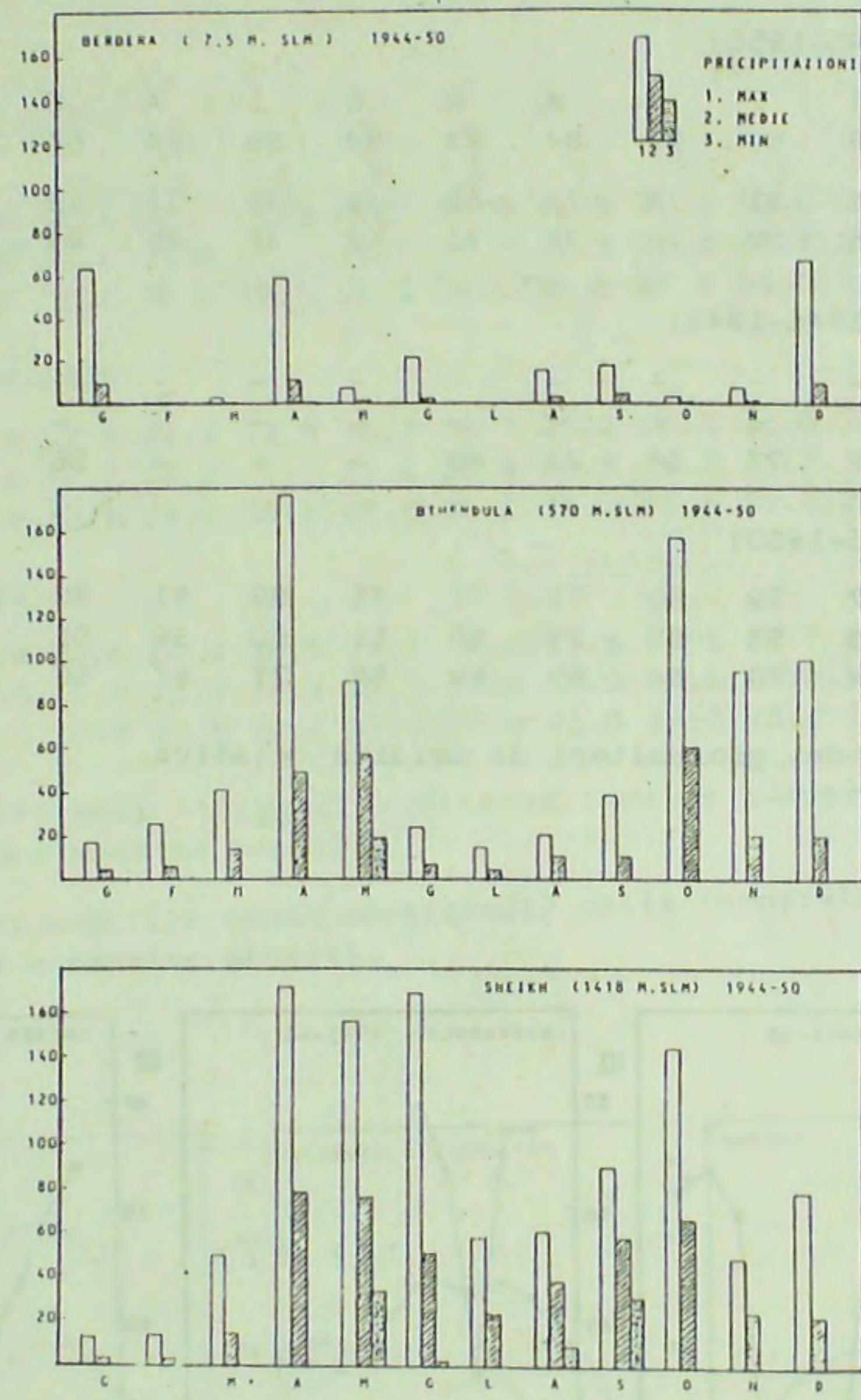


Fig. 3 - Umidità relativa.



BERBERA (1944-1950)
BIHENDULA (1946-1950)
SHEIKH (1944-1950)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Tot. 7 anni	73.9	0.8	5.6	82.0	11.4	22.1	0.0	25.9	33.7	3.8	7.9	68.1	
max.annuale	65.3	0.8	2.8	60.4	7.6	22.1	0.0	16.0	18.5	3.8	7.9	67.8	96.3
min.annuale	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
media	10.7	0.0	0.8	11.7	1.5	3.0	0.0	3.8	4.8	0.5	1.0	9.6	47.7

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Tot. 5 anni	17.8	26.4	66.3	240.3	286.3	30.2	16.2	48.5	52.1	307.8	94.7	104.4	
max.annuale	15.2	24.4	39.9	177.0	91.2	22.9	13.7	20.6	38.1	157.5	94.7	104.4	419.9
min.annuale	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.4
media	3.6	5.3	13.2	48.0	57.1	6.1	3.3	9.6	10.4	61.5	19.0	20.8	258.3

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Tot. 7 anni	22.9	18.5	101.1	549.7	530.3	363.2	160.3	264.9	411.0	465.1	165.9	150.6	
max.annuale	12.7	12.7	50.3	172.2	156.0	169.0	58.4	61.2	90.2	144.3	49.3	79.2	610.1
min.annuale	0.0	0.0	0.2	0.0	33.5	0.8	0.0	8.4	31.2	0.0	0.0	0.0	308.4
media	3.3	2.5	14.5	78.5	75.7	51.3	22.9	37.8	58.7	66.5	23.6	21.6	456.9

Tab. 3 - Precipitazioni massime, minime e medie mensili (in mm).

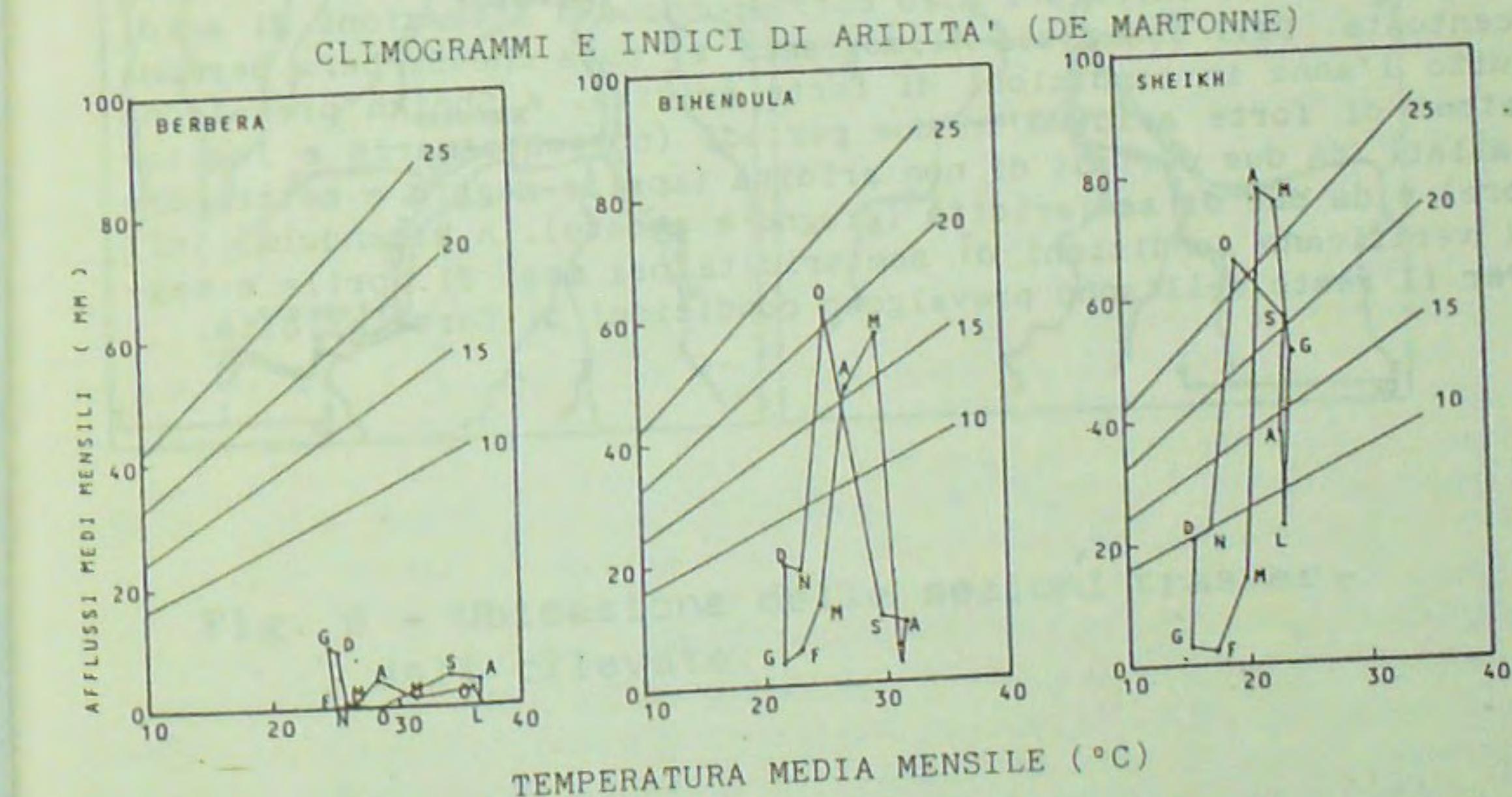


Fig. 5 - Climogrammi ed indici di aridità.

a maggio seguito da un periodo molto secco da giugno a settembre, mentre a Sheikh le differenze mensili sono meno marcate e i valori medi mensili rimangono compresi fra il 59% di aprile e il 74% di gennaio.

Alla stazione di Bihendula sono state effettuate solo poche misure non sufficientemente significative. I dati disponibili sono riportati in Tab. 2 e rappresentati in Fig. 3.

Precipitazioni

Gli afflussi, contenuti sempre nei limiti di un clima arido, aumentano sistematicamente con la quota dal Golfo di Aden verso l'Alto piano Somalo (Tab. 3 e Fig. 4).

Climogrammi ed Indice di Aridità

DE MARTONNE (1926) ha definito l'indice di Aridità mensile (I) secondo la seguente relazione:

$$I = \frac{12 P}{10 + T_m}$$

dove P è la precipitazione media (in millimetri) del mese considerato e T_m è la temperatura media (in gradi centigradi) dello stesso mese.

Nei climogrammi riportati in Fig. 5 il fascio di rette a diversa inclinazione indica i diversi valori dell'Indice di Aridità di DE MARTONNE. Valori inferiori a 20 corrispondono a situazioni di quasi aridità, mentre valori inferiori a 10 corrispondono a situazioni di aridità accentuata. Dall'esame dei climogrammi si nota che Berbera permane per tutto l'anno in condizioni di forte aridità. A Sheikh prevalgono condizioni di forte aridità in due periodi (novembre-marzo e luglio) intervallati da due periodi di non aridità (aprile-maggio e settembre-ottobre) e da due di semiaridità (giugno e agosto). A Bihendula, infine, si verificano condizioni di semiaridità nei mesi di aprile e maggio. Per il resto dell'anno prevalgono condizioni di forte aridità.

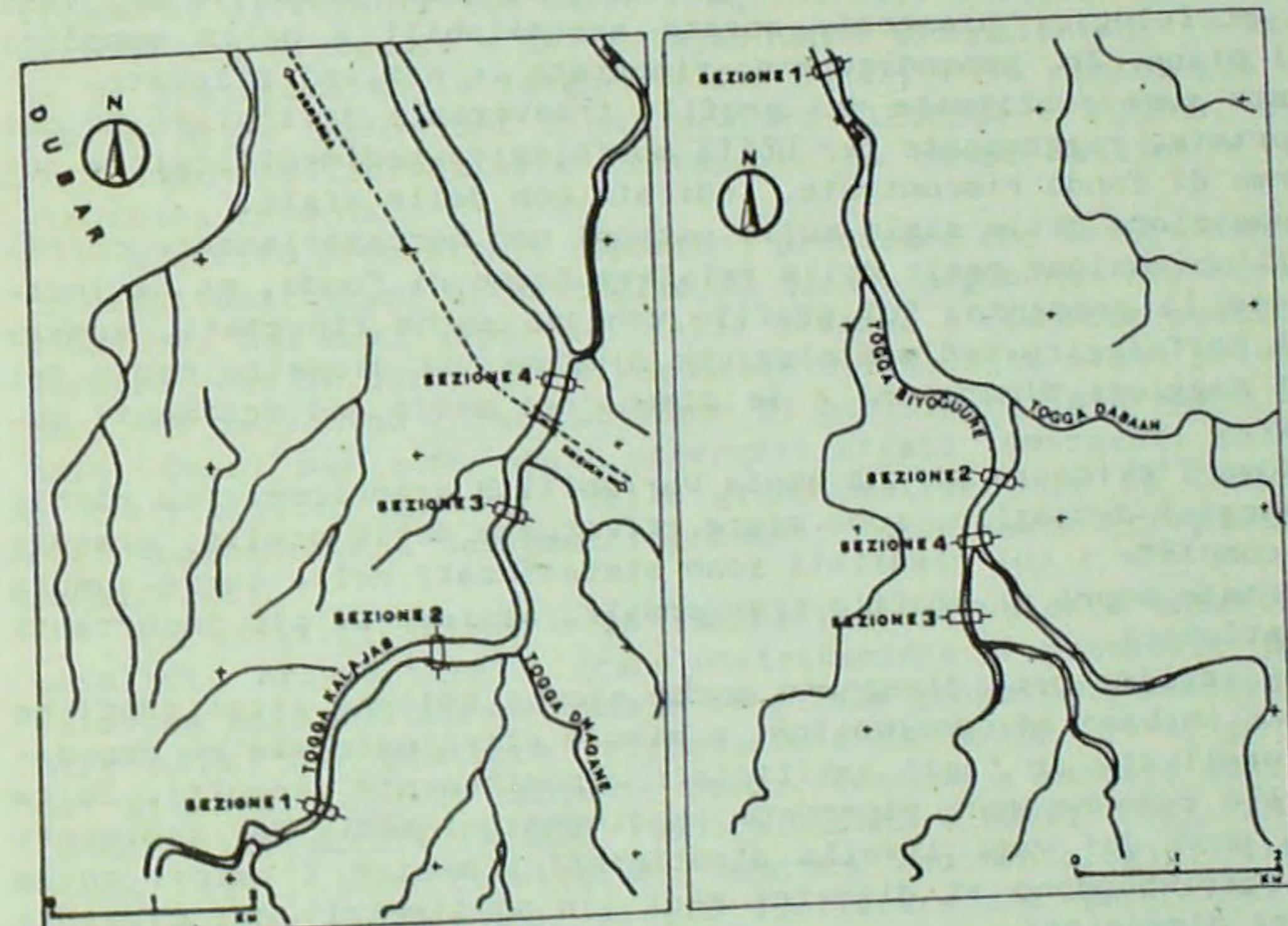


Fig. 6 - Ubicazione delle sezioni trasversali rilevate.

CARATTERI MORFOLOGICI E SEDIMENTOLOGICI DEGLI ALVEI

Per l'analisi dei caratteri morfologici e sedimentologici degli alvei dei due fiumi sono stati individuati, nelle parti mediane dei bacini, alcuni tratti caratteristici dove sono state rilevate in dettaglio otto sezioni (Fig. 6).

Sezioni trasversali

Le sezioni rilevate sono tutte ubicate in tratti d'alveo confinato sia per il Biyoguure che per il Kalajab, per cui si è proceduto misurando da sponda a sponda le larghezze e le quote relative dei vari elementi morfologici presenti, spesso assimilabili a delle semplici superfici piane. In appendice sono riportate le sezioni rilevate.

Queste sono costituite dal profilo trasversale dell'alveo su cui sono riportate, raggruppate per unità morfologico-sedimentologiche, tutte le forme di fondo riscontrate, indicate con delle sigle.

La posizione delle sigle sulle sezioni non necessariamente corrisponde all'ubicazione reale delle relative forme di fondo, ma ne indica soltanto la presenza. Sul profilo vengono anche riportati, sempre per unità morfologico-sedimentologiche diverse, il diametro medio del clasto di maggiori dimensioni e le dimensioni medie dei sedimenti superficiali.

Là dove l'evidenza di una ampia variabilità granulometrica richiedeva un maggior dettaglio, sono state effettuate delle analisi granulometriche complete i cui risultati sono sintetizzati nelle curve cumulative riportate sopra al profilo trasversale, assieme ai più importanti indici statistici.

Nelle sezioni sono disegnate anche alcune colonne stratigrafiche ricostruite in base ad osservazioni e misure effettuate sia su esposizioni naturali che in tagli artificiali appositamente eseguiti. Sulla destra delle colonne sono riportate le dimensioni medie dei sedimenti (in unità phi) dei vari livelli stratigrafici, mentre i valori sulla sinistra corrispondono ai diametri medi (in millimetri) dei ciottoli di maggiori dimensioni.

Delle sezioni rilevate le più larghe misurano 709 m per il Biyoguure e 542 m per il Kalajab.

Morfologia dei canali e dei corpi sedimentari

I tratti d'alveo studiati presentano, da un punto di vista strettamente morfologico, i caratteri dei fiumi a canali intrecciati (braided stream). Infatti sono costituiti da numerosi canali che si intersecano separati da barre longitudinali. I canali sono molto larghi e poco profondi (vedi le sezioni in appendice).

I valori medi misurati del rapporto larghezza/profondità sono uguali a 85 (valori estremi 11-253) per il Biyoguure e 100 (valori estremi 23-400) per il Kalajab.

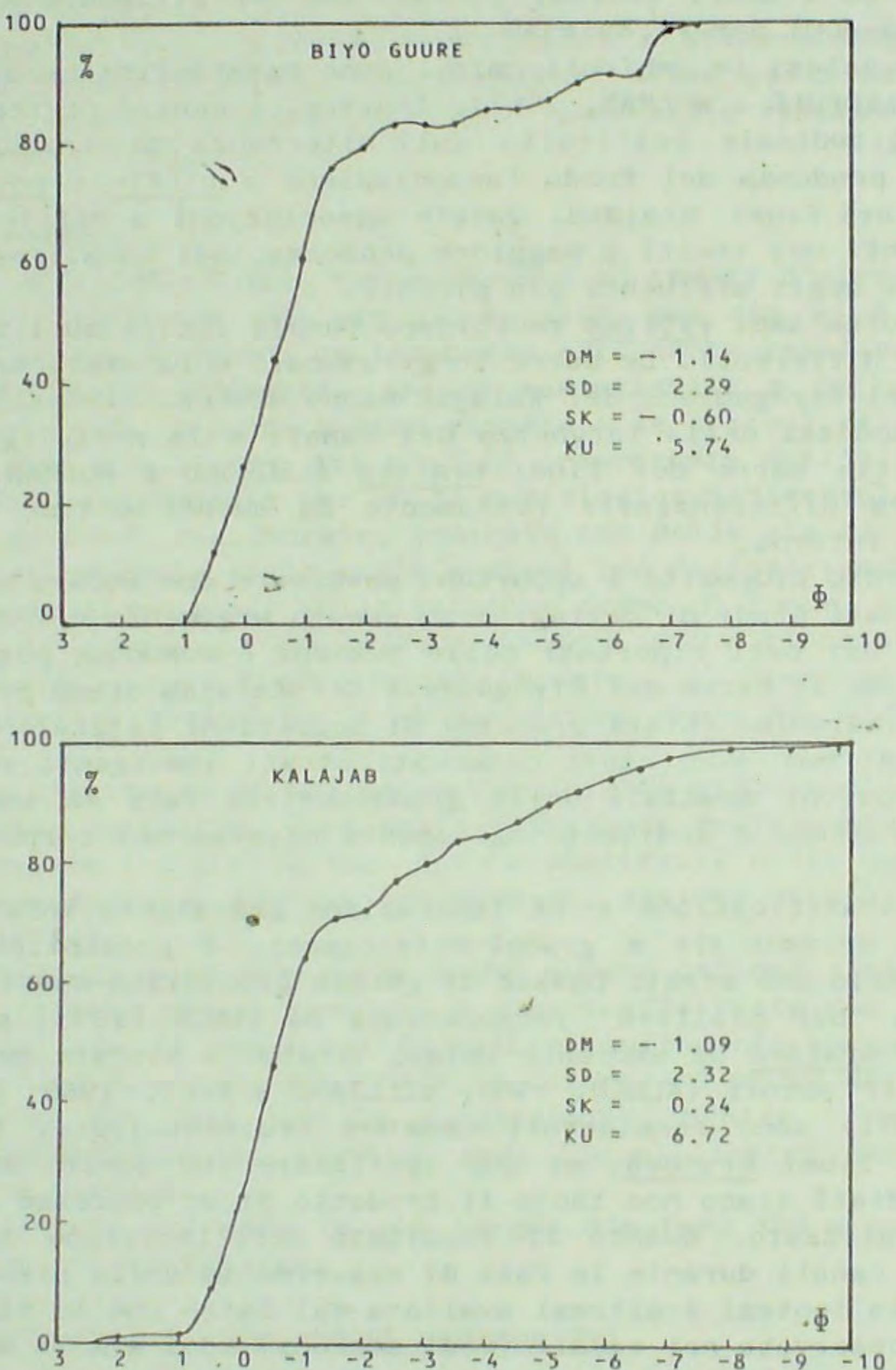
Tali valori in ambienti umidi, sono caratteristici di alvei tipo braided (LEOPOLD e WOLMAN, 1957). Inoltre, i canali presentano un profilo longitudinale costituito dall'alternanza di tratti a maggiore e minore pendenza del fondo (associazione a riffle e pool) anch'essi presenti nei fiumi braided. Queste associazioni a riffle e pool sono più evidenti nei tratti a maggiore pendenza, nei canali secondari trasversali e negli affluenti più piccoli.

Talvolta ampi riffles raccordano canali incisi su livelli topograficamente differenti. Le barre longitudinali e laterali osservate alle sezioni del Biyoguure e del Kalajab hanno dimensioni dello stesso ordine di grandezza della larghezza dei canali e la morfologia a losanga tipica delle barre dei fiumi braided (LEOPOLD e WOLMAN, 1957). Ciò che sembra differenziarle nettamente da queste ultime è invece la struttura interna.

A questo proposito è opportuno precisare che ancora non sono stati effettuati studi di dettaglio su questo argomento nei corsi d'acqua studiati. Dai dati riportati nelle sezioni è comunque possibile ricostruire come le barre del Biyoguure e del Kalajab siano prive di strutture che indichino chiari processi di accrescione laterale o longitudinale. Quasi mai sono stati osservati strati immersi sottocorrente o distribuzioni spaziali delle granulometrie tale da indicare parti morfologicamente e sedimentologicamente diverse nei corpi sedimentari considerati.

La stratificazione e la laminazione prevalente infatti è piano-parallela orizzontale e granulometricamente è possibile distinguere talvolta solo uno strato basale di ghiaia grossolana massiva assimilabile alla "bar platform" riconosciuta da BLUCK (1974) per le barre dei fiumi braided di ambiente umido. Venendo a mancare quelli che secondo molti autori (ALLEN, 1965; WILLIAMS e RUST, 1969; SMITH, 1970; BLUCK, 1971) sono considerati caratteri sedimentologici tipici delle barre dei fiumi braided, si può ipotizzare che quelle dei tratti d'alveo studiati siano non tanto il prodotto di un processo di sedimentazione localizzato, quanto il risultato dell'incisione dell'alveo da parte dei canali durante le fasi di esaurimento della piena.

Questa ipotesi è altresì avallata dal fatto che le strutture sedimentarie osservate nei canali (vedi sezioni) sono simili a quelle delle barre con le quali sono spesso associate senza soluzione di continuità.



7 - Curve granulometriche cumulative dei sedimenti d'alveo. I parametri statistici sono stati calcolati con il metodo dei momenti.

Granulometrie

Tutte le granulometrie riportate nelle sezioni sono state effettuate sul terreno mediante sistemi diversi a seconda delle dimensioni dei sedimenti stessi. Per i sedimenti fini (sabbie) è stato impiegato un comparatore con campo granulometrico compreso tra 4 e -2 phi con intervallo di 1/2 phi. I ciottoli sono stati invece misurati con un gravelometro a fori circolari i cui diametri variano tra -2 e -7 phi con intervallo di 1/2 phi (BILLI, 1984).

Per l'analisi granulometrica dei sedimenti superficiali è stato adottato il metodo statistico ("transect sampling," LEOPOLD, 1970). Cumulando tutti i dati disponibili sono state ottenute le distribuzioni granulometriche sintetiche degli alvei del Biyoguure e del Kalajab relativamente ai tratti studiati (Fig. 7). I sedimenti di questi due fiumi, sono assai simili e sono costituiti prevalentemente da sabbie grossolane (tra 0 e -1 phi) con un 20% di ghiaie medio-finì e rari grossi sassi sparsi che eccezionalmente arrivano anche ad 1.5 m di diametro.

Il grado di selezione è piuttosto basso come indicano i valori della deviazione standard calcolati, come gli altri parametri, con il metodo dei momenti. I valori di asimmetria (skewness) e appuntamento (kurtosis) indicano invece che le due distribuzioni sono leggermente asimmetriche ma assai raccolte attorno alle classi modali.

La limitatezza dei tratti considerati purtroppo non consente una analisi delle variazioni longitudinali delle caratteristiche granulometriche e degli alvei. Le uniche variazioni di una certa evidenza sono quelle che si osservano nei tratti con associazioni a riffle e pool. I sedimenti superficiali nelle pools hanno dimensioni medie praticamente costanti comprese tra 2 e -2 phi, mentre nei riffles sono più grossolani e il grado di selezione è minore.

In Fig. 8 è rappresentata la distribuzione granulometrica sintetica dei sedimenti superficiali di alcuni riffles del Biyoguure. Confrontando questa distribuzione con quella generale ottenuta per il Biyoguure, si può osservare che i sedimenti dei riffles, oltre ad avere delle dimensioni medie maggiori, presentano anche una evidente bimodalità ed un grado di selezione ancora minore.

Forme di fondo

Le forme di fondo, originate da correnti idrauliche, osservate alle sezioni rilevate sono le seguenti (vedi sezioni):

a) Letto piano. E' la forma del fondo di gran lunga più ricorrente sia con sedimenti fini che grossolani. Sono infatti molto frequenti sia livelli a laminazione piano-parallela orizzontale, soprattutto

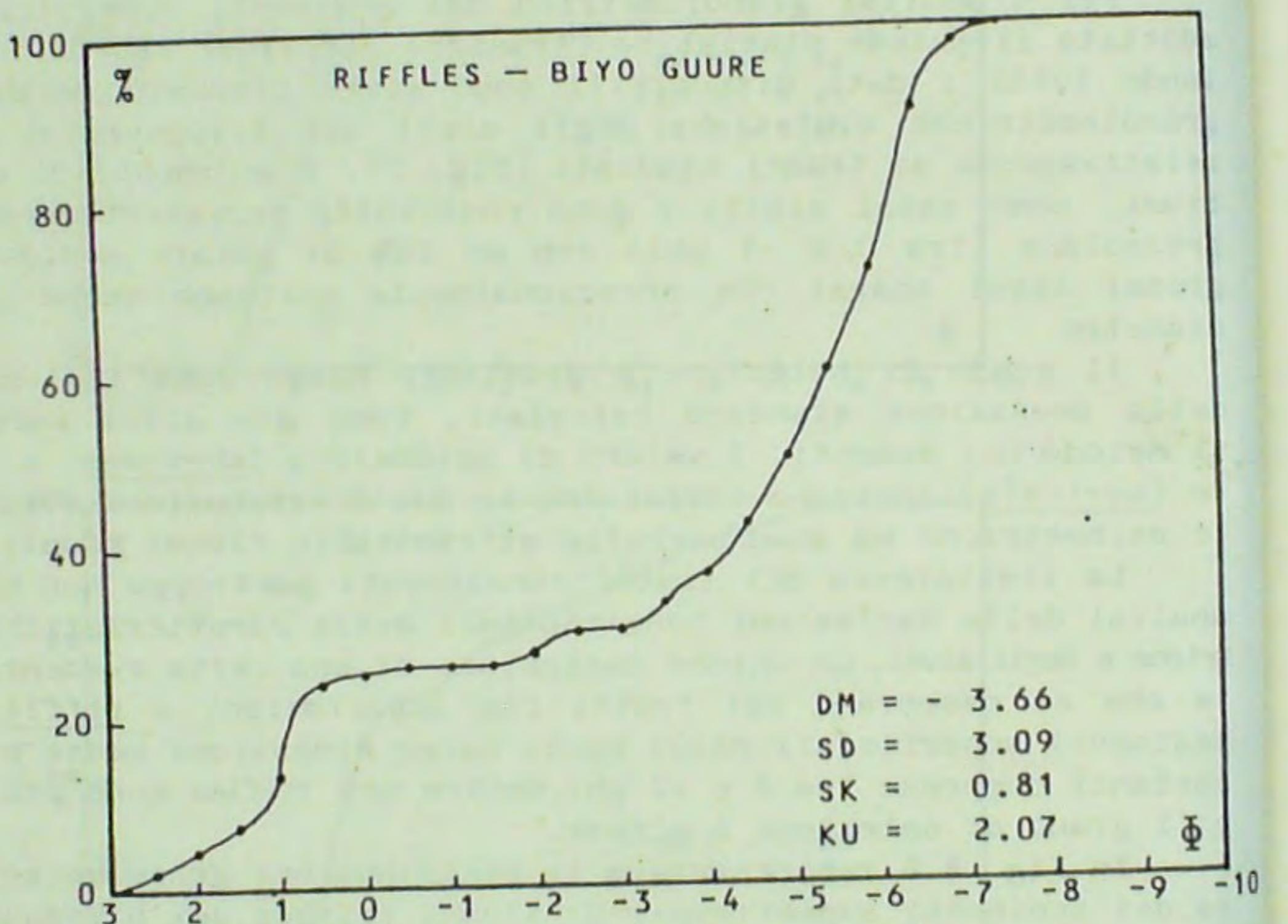


Fig. 8 - Curva granulometrica cumulativa dei sedimenti delle riffles del Togga Biyo guure. I parametri statistici sono stati calcolati con il metodo dei momenti.

in presenza di sabbie medio-grossolane, che strati massivi piani. Secondo SIMONS et al. (1965) il letto piano si forma in condizioni di transizione al regime di flusso superiore con valori del numero di FROUDE intorno ad 1 (il numero di FROUDE Fr è uguale a V/\sqrt{gh} dove V è la velocità media della corrente, g l'accelerazione di gravità ed h la profondità del flusso).

Stime indirette della velocità media del flusso, utilizzando l'equazione di MANNING, hanno consentito di calcolare i numeri di FROUDE alle sezioni rilevate. Questi hanno valori effettivamente assai prossimi all'unità, essendo compresi tra 0.84 e 1.34 per il Biyoguure e tra 0.97 e 1.03 per il Kalajab.

Sperimentalmente è stato osservato (SIMONS et al., 1965) che il letto piano è una configurazione piuttosto instabile e quindi di difficile formazione sia in laboratorio che in condizioni naturali. La presenza così estesa negli alvei studiati di laminazione piano-parallela orizzontale, sebbene ponga alcuni interrogativi sulla sua formazione in condizioni naturali, può essere considerata comunque un carattere distintivo tipico dei depositi fluviali di ambiente arido, analogamente a quanto osservato da altri autori (McKEE et al., 1967; WILLIAMS, 1971; FROSTICK e REID, 1977, 1979).

b) Ripples. Sono piuttosto rare e presenti solo in determinate aree ristrette dove si sono verificate, per un tempo sufficiente, le condizioni idrauliche necessarie alla loro formazione. Le ripples bidimensionali rilevate hanno l'ampiezza compresa tra 10 e 20 cm e l'altezza tra 0.5 e 1.2 cm, mentre per quelle tridimensionali l'ampiezza è compresa tra 9 e 14 cm e l'altezza tra 0.8 e 1.5 cm.

c) Pebble scour. Sono forme di erosione e allo stesso tempo di deposizione localizzata. Sono costituite solitamente da un ciottolo, di dimensioni variabili da pochi centimetri ad alcuni decimetri, a monte del quale si forma una piccola tasca d'erosione a forma di mezzaluna mediamente larga e profonda rispettivamente 1/6 e 1/12 del diametro medio del ciottolo. Immediatamente a valle di questo si forma invece una lingua di sabbia di lunghezza e di composizione granulometrica variabile. Queste forme sono molto frequenti soprattutto nei canali attivi dove numerosi ciottoli sparsi riposano sul fondo, costituito da sedimenti prevalentemente sabbiosi. Probabilmente si originano mediante le fasi terminali dell'evento di piena quando i ciottoli cessano di muoversi sul fondo causando i fenomeni di turbolenza indotti da un ostacolo fermo in una corrente idraulica (SENGUPTA, 1966).

d) Pebble cluster. (DAL CIN, 1966; BRAYSHAW, 1983). Sono costituiti da un ciottolo più grande che agisce da ostacolo al movimento di clasti un po' più piccoli che s' appoggiano embriciati al suo lato di

monte. Questa struttura crea una zona d'ombra sottocorrente dove di solito si sedimenta una coda di materiali più fini che possono avere anche le dimensioni delle sabbie. Non sono molto frequenti; sono stati osservati nei tratti di maggior pendenza (generalmente nei riffles) e più raramente sul fondo dei canali attivi. Le dimensioni variano da pochi centimetri ad alcuni decimetri per la larghezza e fino ad un paio di metri per la lunghezza.

e) Transverse ribs. (Mc DONALD e BENERJEE, 1971). I "transverse ribs" sono costituiti da striscie di ghiaia embriciata, di spessore e larghezza dello stesso ordine di grandezza del ciottolo di dimensioni medie, disposte trasversalmente rispetto alla direzione della corrente e intervallate a sedimenti più fini, di solito sabbie o ghiaia fine. Queste forme di fondo, sono state incontrate solo nei riffles, in quei tratti d'alveo cioè in cui si verificano le condizioni idrauliche (regime di flusso superiore) indispensabili alla loro formazione.

f) Drappo d'argilla. E' molto comune e riveste con una sottile pellicola gran parte del letto dei canali attivi. E' legato a fenomeni di decantazione nelle fasi di esaurimento, prevalentemente per infiltrazione, dell'onda di piena.

Le forme di fondo di origine eolica osservate sono:

a) Ripples. sono molto comuni e quasi obliterano le forme di fondo originate dalle correnti idrauliche. Le dimensioni dell'ampiezza e dell'altezza sono pressoché costanti (rispettivamente 5-10 e 0.5-1 cm), e lo stesso vale per le dimensioni medie del sedimento che poco si discostano dal valore di -0.5 phi.

b) Accumuli di sabbia sottovento a cespugli e piante (sand shadows).

Tra le forme di fondo e strutture di origine diversa sono state infine osservate:

a) Embriciamento. L'embriciamento dei ciottoli è quasi sempre presente e ben evidente.

b) Forme da disseccamento e fiocchi d'argilla (mud cracks e clay flakes).

c) Incrostazioni saline dovute ad evaporazione dell'acqua di subalveo.

d) Bioturbazioni di vario tipo.

e) Impronte di pioggia con diametro fino a 10 mm.

Strutture sedimentarie

Sia in esposizione naturali che in tagli appositamente scavati, sono state rilevate la stratigrafia e le strutture sedimentarie presenti (vedi sezioni). Per ogni struttura sono stati misurati alcuni ele-

menti geometrici, quali ad esempio lo spessore e l'inclinazione delle lame, la composizione granulometrica ed è stata verificata la presenza o meno di superfici d'erosione.

Come già accennato, nei sedimenti prevalentemente sabbiosi degli alvei studiati le strutture a laminazione piano-parallela orizzontale sono presenti in oltre il 90% dei casi osservati. Lo spessore medio delle lame varia tra 5 e 15 mm (valori estremi 1-40 mm) ed è quasi sempre ben evidenziato dalla presenza di minerali pesanti scuri che marcano nitidamente la base di ogni lamina. La laminazione piano-parallela orizzontale, inoltre, è la struttura più ampiamente distribuita essendo presente in quasi tutte le unità morfologiche sia del Biyoguurre che del Kalajab.

Ciò conferma l'ipotesi, già avanzata da alcuni autori (Mc KEE et al., 1967; WILLIAMS, 1971; FROSTICK e REID, 1977, 1979), che una predominanza di strutture e laminazione piano-parallela orizzontale sia un carattere distintivo tipico dei depositi fluviali in ambiente arido. Tale carattere è presumibilmente da associare a tre fatti principali: I) Grande abbondanza di sedimenti; II) Diminuzione della portata da monte a valle; III) Variazione dei caratteri idraulici della corrente.

Altri autori (GLENNIE, 1970; KARCZ, 1972; PICARD e HIGH, 1973) hanno invece rilevato una maggiore eterogeneità di forme di fondo e, di conseguenza, una più ampia varietà di strutture sedimentarie. Tale differenza dipende probabilmente dalle caratteristiche del regime idraulico che possono favorire o meno lo sviluppo di forme di fondo come le ripples.

Se, per esempio, si considerano i dati di KARCZ (1972) si nota che alla presenza di forme di fondo di vario tipo sono associati eventi di piena mediamente più lunghi (dell'ordine di un paio di giorni) rispetto a quelli di poche ore misurati da REID e FROSTICK (1983).

Subordinatamente alla laminazione piano-parallela orizzontale sono stati osservati in ordine decrescente di frequenza: livelli massivi, laminazione piano-parallela inclinata, laminazione incrociata convessa.

Di queste tre strutture quella massiva è di gran lunga la più ricorrente soprattutto in corrispondenza dei canali. I livelli massivi misurati hanno uno spessore medio di 140 mm (valori estremi 10-700 mm) e altrettanto ampi sono i limiti per le granulometrie che variano dalle sabbie medie alle ghiaie grossolane con clasti di 200-300 mm di diametro medio.

La laminazione piano-parallela inclinata è stata osservata soltanto in zone sottocorrente di piccole barre longitudinali e trasversali e, occasionalmente, di barre laterali. Si sviluppa con sedimenti variabili.

bili dalle sabbie medie alle ghiaie molto fini, mentre l'inclinazione media delle lamine è di circa 7 (valori estremi 4-11) e gli spessori medi variano tra 5 e 20 mm (valori estremi 1-70).

La laminazione incrociata concava, infine, è piuttosto rara ed è stata osservata solo in tre casi nei margini sottocorrente di grandi barre laterali. Ciò trova conferma nel fatto che anche le ripples, che sono le forme che avanzando sul fondo generano tale struttura, sono, come accennato precedentemente, molto rare.

CARATTERI IDRAULICI

Per ambedue i fiumi sono stati stimati alcuni parametri idraulici relativi alle sezioni poste più a valle.

Queste sono situate sul Kalajab a circa 500 m a valle del ponte della strada Berbera-Sheikh; e sul Biyoguure a circa 3 km a monte del punto più stretto della gola della catena costiera.

Le stime sono state fatte al colmo dei canali attivi, indicando in questo modo tutti quelli in cui non è presente la vegetazione e con sedimenti non interessati da fenomeni iniziali di pedogenesi. Si è ritenuto così di individuare il livello della piena dominante quella cioè più significativa ai fini delle modificazioni morfologiche d'alveo più ricorrenti.

La pendenza del fondo è di circa 50' (1.4%) ad ambedue le sezioni e la velocità media della corrente, calcolata con l'equazione di MANNING assumendo un coefficiente di resistenza di 0.03, risulta di circa 4 m/s sia per il Biyoguure che per il Kalajab.

Per il Bijou Creek (Colorado) McKEE et al. (1967) hanno stimato velocità medie di 5-5 m/s durante l'evento eccezionale del giugno 1965 con profondità media della corrente di circa 3.5 m. Le altezze d'acqua ricavate invece per i due fiumi somali dalla geometria dei canali raramente superano 1.5 m.

Le portate relative stimate sono di circa 360 mc/s per il Biyoguure e 370 mc/s per il Kalajab. Il fatto che per il Biyoguure risultì una portata leggermente minore può dipendere, oltre che dalle imprecisioni proprie del metodo di stima adottato, da vari fattori come il modo con cui sono stati individuati i canali attivi. Impiegando la funzione di BAGNOLD (1956) è stato valutato il trasporto solido al fondo utilizzando come diametro caratteristico dei sedimenti un D_u uguale a 2 mm (vedi sezioni).

I due fiumi, avendo caratteristiche idrauliche assai simili, hanno anche un trasporto al fondo simile stimato intorno ai 6 kg/s per unità di larghezza in condizioni di piena dominante.

Volendo infine conoscere la capacità di trasporto, in termini

di dimensioni massime dei sedimenti trasportati, si è applicato il metodo di BAKER e RITTER (1975) assumendo ancora come condizioni idrauliche il colmo dei canali attivi. Per ambedue i fiumi, relativamente alle condizioni di massimo sforzo tangenziale calcolato e alle assunzioni idrauliche precedentemente fatte, tale diametro è risultato di circa 250 mm.

Questo dato è in accordo con quanto osservato direttamente alle sezioni dove i ciottoli più grandi, sparsi sul fondo dei canali o concentrati nei riffles, hanno effettivamente dimensioni medio intorno ai 250 mm.

DINAMICA FLUVIALE

Di particolare interesse scientifico ed applicativo si sono rivelati, in questa fase iniziale della ricerca, i problemi di dinamica fluviale. Si tratta di fenomeni poco noti in ambiente arido o semiarido come quello dell'area di studio che in futuro dovranno essere oggetto di ulteriori approfondimenti.

Può essere comunque di qualche interesse esporre qui in modo sintetico alcune considerazioni, prevalentemente interpretative, derivanti dall'analisi dei dati climatici e delle osservazioni di campagna, rimandando ad un approfondimento degli studi una descrizione più organica di tali problemi.

Gli alvei normalmente sono secchi e permangono attivi solo nei brevi periodi di pioggia. A causa della diversa distribuzione sul bacino delle piogge, collegate alla presenza dell'Altopiano, le piene di una certa consistenza si formano in genere nella parte alta del bacino e si spostano verso valle attraversando zone che possono anche essere prive di precipitazioni. Secondo REID e FROSTICK (1983), nei fiumi effimeri da loro studiati nel Kenya in condizioni ambientali simili a quelle del bacino del Daban, l'onda di piena che si viene a formare è improvvisa e si esaurisce nell'arco di tempo di un paio di ore.

L'altezza massima d'acqua coincide praticamente con la fase iniziale dell'evento di piena per cui alcuni parametri idraulici fondamentali della corrente (portata, velocità, profondità, sforzo tangenziale) partono dai valori massimi iniziali e diminuiscono rapidamente con il passaggio e l'esaurimento dell'onda di piena.

Tali caratteri idraulici della corrente, oltre alle forti pendenze dell'alveo (da 1 a 2% nei tratti intermedi) e le granulometrie mediane fini dei sedimenti (sabbie) determina fino dall'inizio della piena la mobilizzazione, per un certo spessore, di tutto il fondo dei canali in forma di tappeto di trazione (REID e FROSTICK, 1983). Da

cioè consegue, presumibilmente, la grande abbondanza di strutture massive e a laminazione piano-parallela orizzontale, la quasi assenza di ripples e antidune e la forma dell'alveo strutturato secondo livelli topograficamente diversi. Questi possono essere dovuti all'erosione da parte di piene più modeste, oppure possono corrispondere a diversi momenti dell'esaurimento della piena durante la quale, con un meccanismo a soglie successive, vengono rieroze porzioni d'alveo via via più limitate in relazioni alle diverse portate.

La forte intensità delle piogge e la sostanziale assenza di vegetazione favoriscono l'asportazione di grandi quantità di detriti dai versanti che non sono completamente smaltiti dalle piene, troppo brevi e con portate che diminuiscono verso valle.

Negli alvei dei bacini più grandi, procedendo verso valle, prevale la sedimentazione. Tali alvei vengono a trovarsi spesso sollevati rispetto a quelli limitrofi più piccoli i quali possono così catturarsi facilmente. In questo modo l'alveo che ha operato la cattura, venendo a beneficiare di un bacino più ampio, si trova in breve tempo in condizioni di sovrabbondanza di sedimenti, analogamente all'alveo catturato, e non è insolito il caso che un corso d'acqua mantenga due alvei attivi alternativamente nel tempo o anche contemporaneamente.

Un esempio è fornito dal Kalajab che, poco a valle del ponte della strada Berbera-Sheikh, si divide in due rami che si ricongiungono poi più a valle all'altezza del passo Suria Malabled (vedi Fig.1).

Lungo la fascia costiera, dove i maggiori rilievi sono stati pressoché smantellati, prevale la sedimentazione fluviale spesso in forma di conoide terminale.

Gli alvei attivi di queste conoidi sono piuttosto larghi e molto mobili. Ciò comporta ovviamente notevoli problemi per la viabilità e per gli insediamenti urbani che rischiano di essere alluvionati in caso di piena molto intensa.

CONFRONTI CON I DEPOSITI NEOGENICI DEL DABAN

Un aspetto molto interessante emerso da questo studio preliminare sulla sedimentologia del Biyoguure e del Kalajab è la notevole somiglianza tra i depositi attuali e alcune arenarie di detta conoide in ambiente lacustre che affiorano nella parte occidentale della successione terziaria del Daban (ABBATE et al., 1984). Infatti, sia nei depositi antichi che in quelli attuali di alveo confinato e di conoide terminale, la struttura sedimentaria predominante è la laminazione piano-parallela orizzontale di sabbie da medie a grossolane con rari ciottoli sparsi isolati o raggruppati in clusters. Questi ultimi si

sono rivelati assai utili nella identificazione delle direzioni delle paleocorrenti, di difficile interpretazione in presenza della sola laminazione piana orizzontale.

La corrispondenza tra le strutture sedimentarie, oltre ovviamente ad altri caratteri, fanno supporre che le condizioni ambientali di deposizione di alcune arenarie della successione del Daban fossero molto simili, se non addirittura identiche, a quelle attuali.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Con i primi studi effettuati sulla morfologia e la sedimentazione del Biyoguure e del Kalajab vengono delineati alcuni caratteri interessanti di questi due corsi d'acqua effimeri. La morfologia dei due bacini è simile e strettamente legata ed influenzata dall'assetto strutturale della regione. Quella dei canali, soprattutto nei tratti di valle, appare invece condizionata prevalentemente dagli effetti che il clima ha sul regime idrologico.

Infatti, nonostante che nei tratti studiati la morfologia d'alveo sia a canali intrecciati (braided stream), la struttura interna delle barre raramente presenta segni di accrescione sottocorrente. Ciò deriva probabilmente dal fatto che queste non sono il risultato di processi sedimentari, ma sono dovute all'incisione che il fiume opera nel proprio letto durante le fasi tardive dell'onda di piena o in occasione di piene di minore intensità.

Lo studio di dettaglio dei sedimenti d'alveo presso alcune sezioni trasversali rilevate in campagna, ha messo in evidenza una grande abbondanza, rispetto alle altre forme di fondo, del letto piano e, conseguentemente, di strutture sedimentarie a laminazione piano-parallela orizzontale, tale da farle ritenere tipiche dei depositi dei fiumi effimeri di ambiente arido o semiarido caldo.

Stime indirette del numero di FROUDE alle sezioni rilevate indicano valori intorno ad 1, condizione necessaria questa affinchè il letto piano si sviluppi.

Anche nelle arenarie di delta-conoide di ambiente lacustre della successione terziaria del Daban prevalgono strutture a laminazione piano-parallela orizzontale che hanno caratteri quasi identici a quelli osservati nei depositi di canale o nelle barre e nella conoide terminale del Kalajab. Ciò farebbe supporre una certa similitudine delle condizioni ambientali di deposizione. Infine, le fasi preliminari di questa ricerca hanno consentito di mettere a fuoco alcuni problemi applicativi di grande rilevanza per una efficace programmazione delle future infrastrutture territoriali quali, ad esempio, strade, ferrovie

ed acquedotti. Tali problemi, legati a processi fluviali tipici dei corsi d'acqua effimeri studiati, sono ben evidenti lungo il tracciato della strada Berbera-Hargeisa.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. M.C. ARUSH, preside della Facoltà di Geologia dell'Università Nazionale Somala, che ha facilitato lo svolgimento di questa ricerca. Si ringraziano inoltre E. ABBATE e M. SAGRI per la lettura critica del manoscritto e per alcuni utili suggerimenti. Studi eseguiti con i contributi M.P.I. 12/01/01702 e del Progetto Finalizzato "Studio geologico delle coperture sedimentarie Mesozoiche e Cenozoiche della Somalia" del Ministero Affari Esteri italiano, coordinato dal Prof. A. ANGELUCCI.

BIBLIOGRAFIA

- AEBATE E., BRUNI P., FAZZUOLI M., SAGRÌ M., 1984 - Osservazioni preliminari sulle facies di transizione e continentali nel bacino Terziario del Daban (Somalia Settentrionale). "Quaderni di Geologia della Somalia", in corso di stampa.
- ALLEN J.R.L., 1965 - A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. Sedimentology, 5, 89-191.
- BAGNOLD R.A., 1956 - The flow of cohesionless grains in fluid. Phil. Trans. R. Soc. A., 249, 235-297.
- BAKER V.R., RITTER D.F., 1975 - Competence of rivers to transport coarse bedload material. Geol. Soc. Am. Bull., 86, 975-978.
- BILLI P., 1984 - Quick field measurement of gravel particle size. Jour. Sed. Petrol., 54, N. 2, 658-660.
- BLUCK B.J., 1974 - Structure and directional properties of some valley sandur deposits in southern Iceland. Sedimentology, 21, 533-554.

- BRAYSHAW A.C., 1983 - Bed microtopography and bedload transport in coarse sandur alluvial channels. Ph. D. Thesis, Univ. of London, U.K.
- DAL CIN R., 1966 - Pebble Clusters: Their origin and utilization in the study of paleocurrents. Sediment. Geology, 2, 233-241.
- DE MARTONNE E.M., 1926 - Une nouvelle fonction climatologique. L'indice d'aridité. La Meteorologie, Paris.
- FROSTICK L.E., REID I., 1977 - The origin of horizontal laminae in ephemeral channel-fill. Sedimentology, 24, 1-9.
- FROSTICK L.E., REID I., 1979 - Drainage net control of sedimentary parameters in sand-bed ephemeral streams. In: Pitty A.F. (ed.), "Geographical approach to fluvial processes." Geol Abstract, Norwich, 173-201.
- GLENNIE K.W., 1970 - Desert sedimentary environments. Elsevier, Amsterdam, 221 pp.
- HUNT J.A., 1951 - A general survey of the Somaliland Protectorate. In: "An economic survey and reconnaissance of the British Somaliland Protectorate 1944-1950", Colonial Development and Welfare Scheme D., 484.
- KARCZ I., 1972 - Sedimentary structures formed by flash floods in southern Israel. Sediment. Geol., 7, 161-182.
- LEOPOLD L.B., WOLMANN M.G., 1957 - River channel patterns, braided, meandering and straight. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 282 B.
- LEOPOLD L.B., 1970 - An improved method for size distribution of stream bed gravel. Water Res. Research, 6, 1357-1366.
- MCDONALD B.C., BANERJEE I., 1971 - Sediments and bed forms on a braided outwash plain. Can. Jour. Earth Sci., 8, 1282-1366.
- MC KEE E.D., CROSBY E.S., BERRYHILL H.L. Jr., 1967 - Flood deposits, Bijou Creek, Colorado, June 1965. Jour. Sed. Petrol., 37, N. 3, 829-851.
- PICARD M.D., HIGH L.R., Jr., 1973 - Sedimentary structures of ephemeral streams. Elsevier, Amsterdam, 223 pp.

REID I., FROSTICK L.E., 1983 - Flash flood hydraulics and sediments in the arid one of northern Kenya. Note e publ. del Dip. Ing. Civ. di Firenze Sez. Geologia Applicata, Publ. N. 3.

SENGUPTA S., 1966 - Studies on orientation and imbrication of pebbles with respect to cross-stratification. Jour. Sed. Petrol., 36, N. 2, 362-369.

SIMONS D.B., RICHARDSON E.V., NORDIN C.F., Jr., 1965 - Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels. In: Middleton G.V., (ed.), "Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation". S.E.P.M. Spec. Publ., N. 12, 34-52.

SMITH N.D., 1970 - The braided stream depositional environment: comparison of the Platte River with some Silurian clastic rocks, north-central Appalachians. Geol. Soc. Am. Bull., 81, 2993-3014.

SNEH A., 1983 - Desert stream sequences in the Sinai Peninsula. Jour. Sed. Petrol., 53, N. 4, 1271-1279.

WILLIAMS P.F., RUST B.R., 1969 - The sedimentology of a braided river Jour. Sed. Petrol., 39, 649-679.

WILLIAMS G.E., 1971 - Flood deposits of sand-bed ephemeral streams of central Australia. Sedimentology, 17, 1-40.

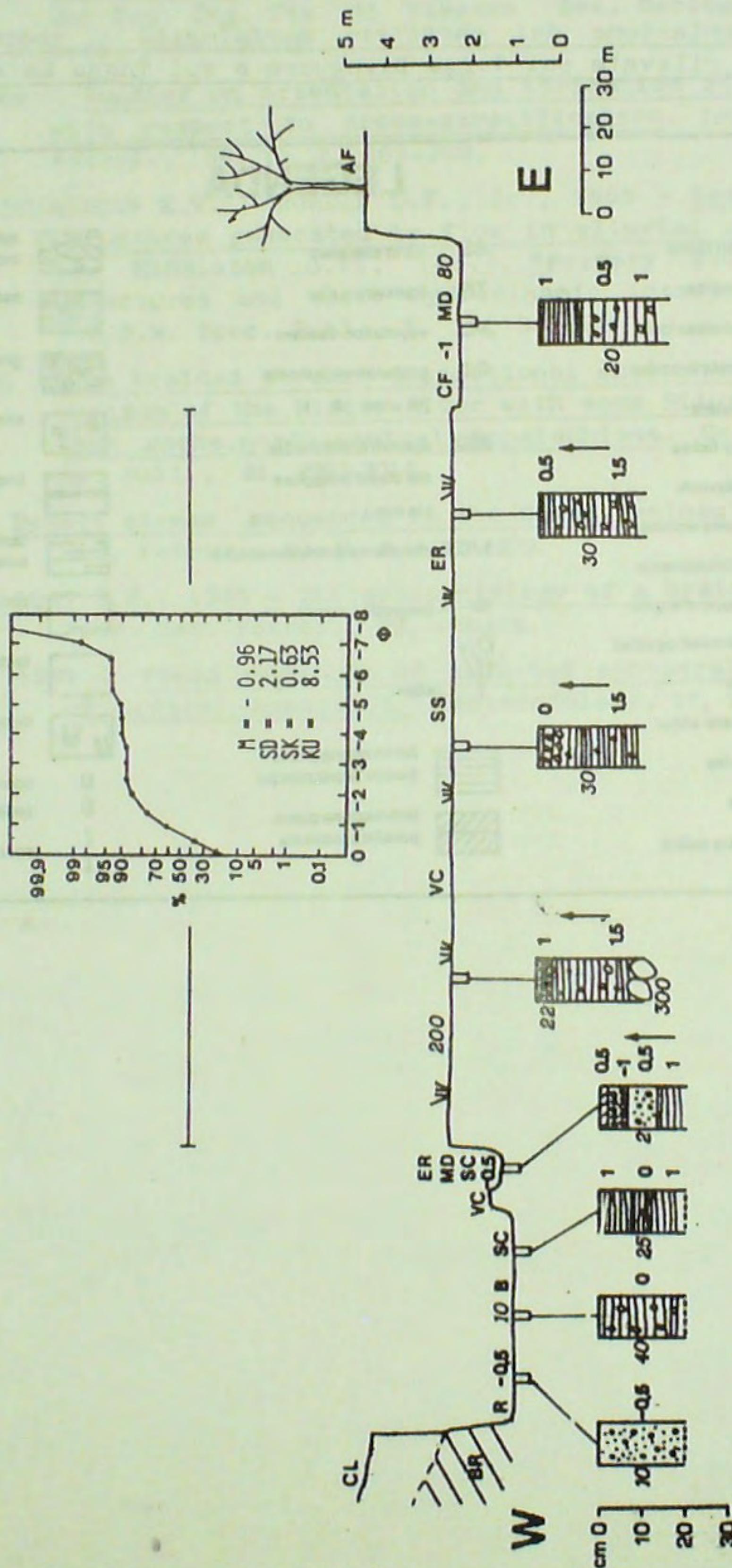
APPENDICE I

Rappresentazione dei caratteri morfologici e sedimentologici delle sezioni rilevate sul Togga Biyoguure e sul Togga Kalajab.

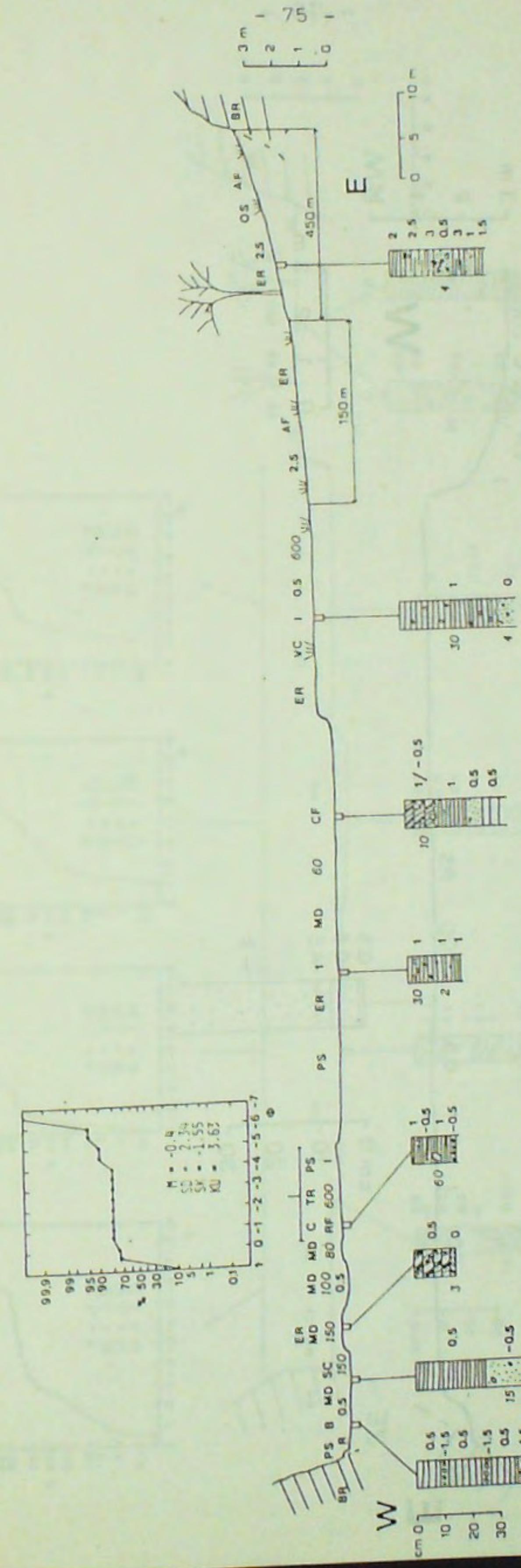
LEGENDA

—	letto piano	SS	sand shadows'	
AF	conoide	TR	transverse ribs	
B	bioturbazioni	VC	vegetation clusters	
BR	roccia in posto	0.5	granulometria media (in unità Φ)	
C	clusters	350	diametro intermedio del ciasto maggiore (in mm.)	
CF	clay flakes	1/0.5	alternanze granulometriche	
CL	colluvium	W/	cespugli	
ER	ripples eoliche			
I	embriciamento			
MD	drappo d'argilla			
QS	sedimenti ossidati			
PL	pool		alberi	
PS	pebble scour			
R	ripples			
RF	riffle			
SC	crosta salina			

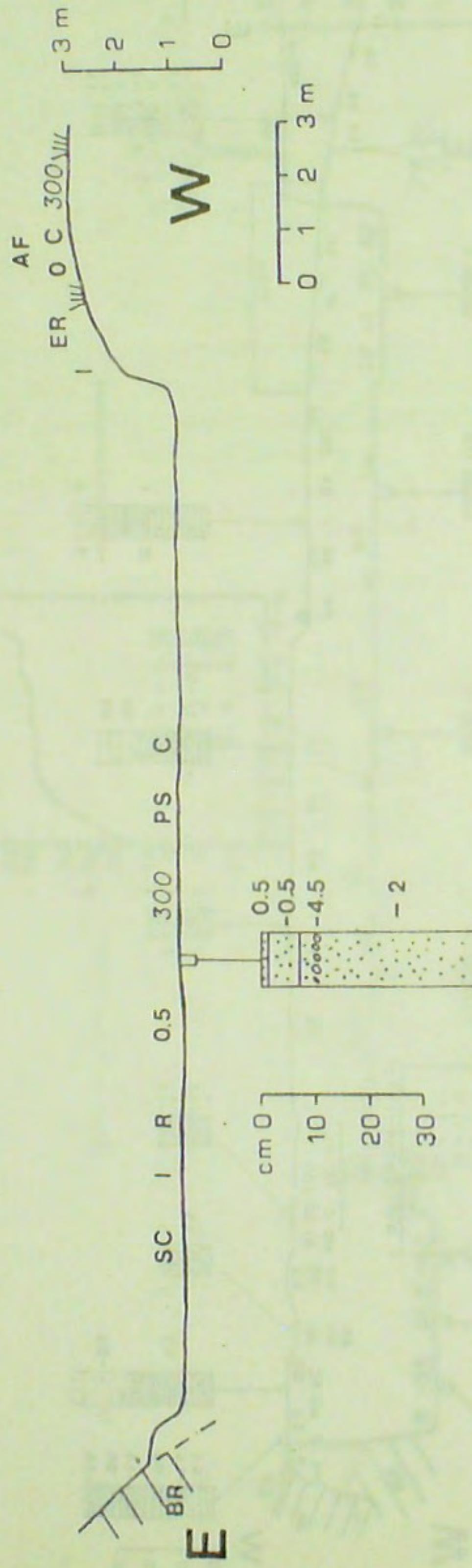
Togga Biyoguure - sez.1



Togga Biyoguure - sez. 2

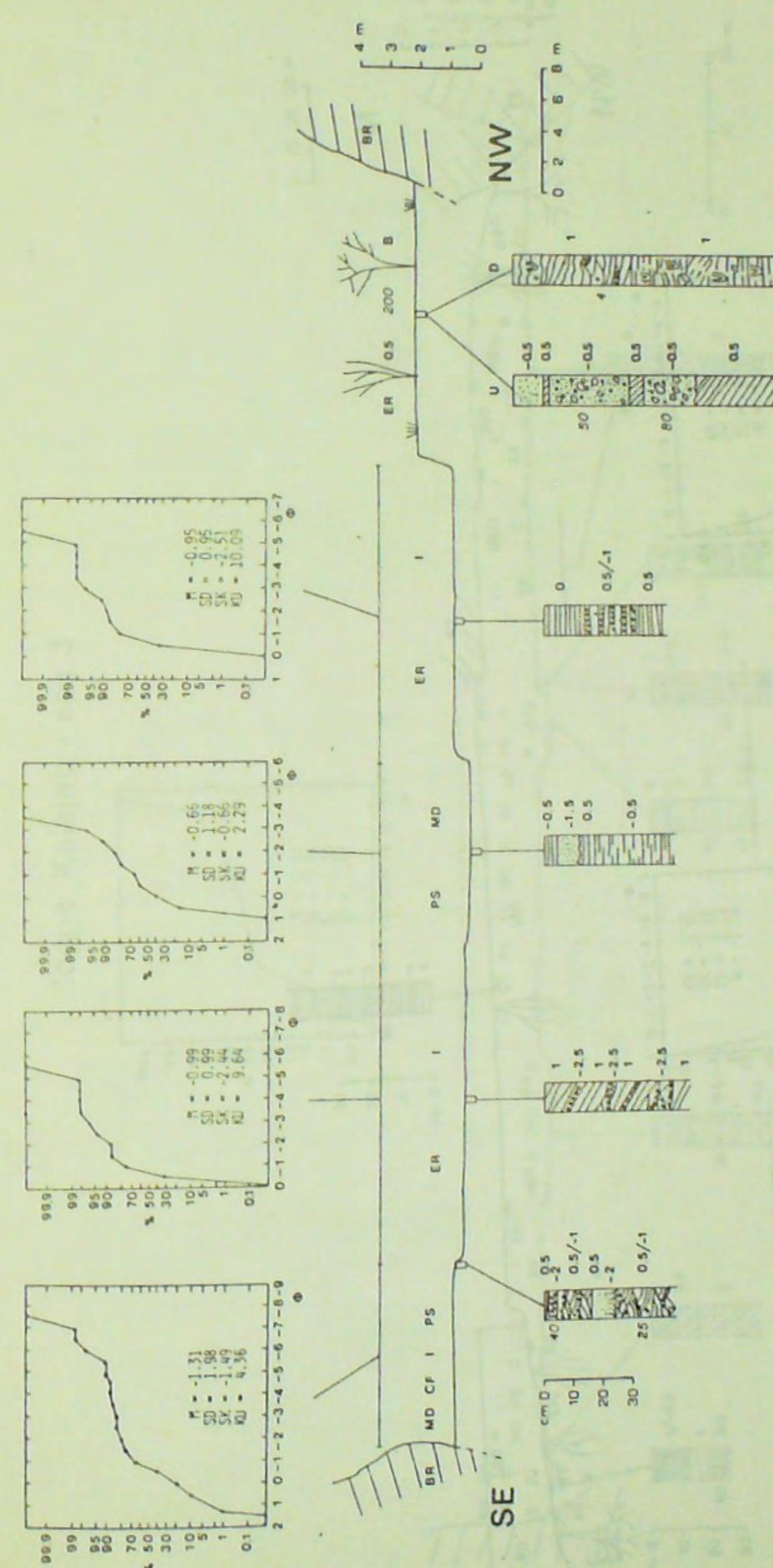


Togga Biyoguure - Sez.3

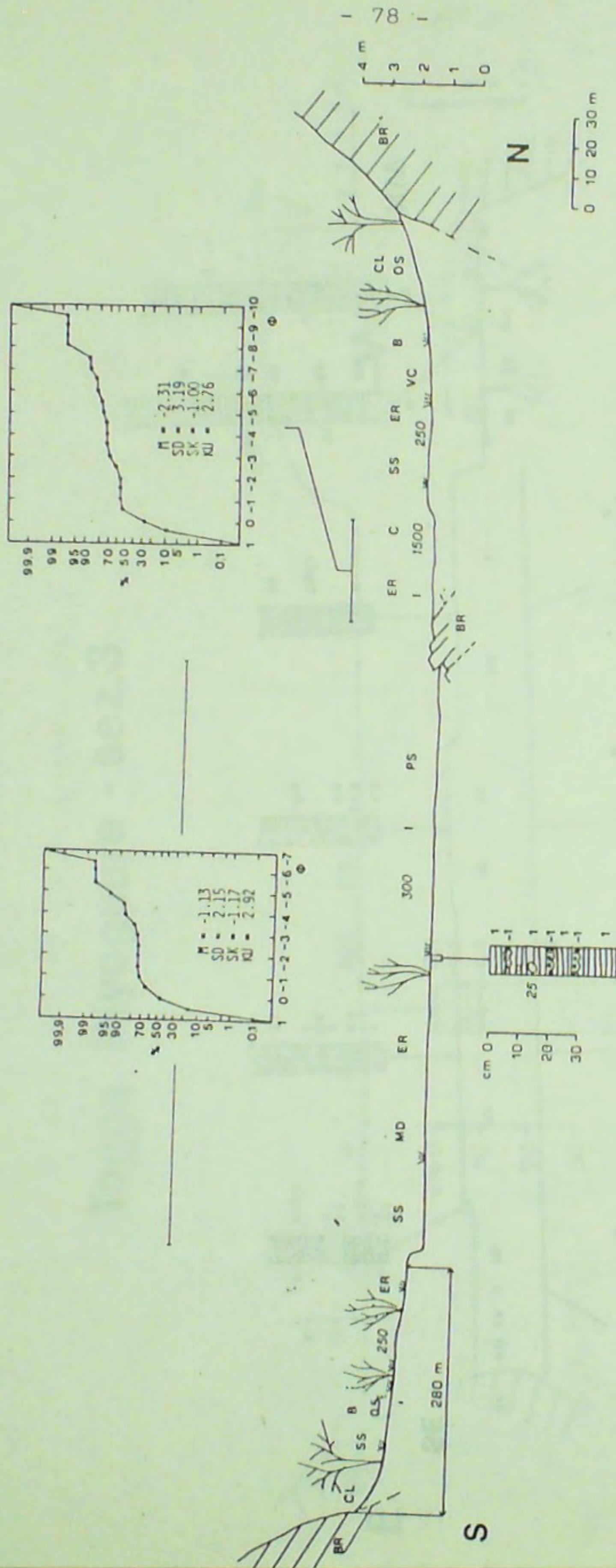


- 76 -

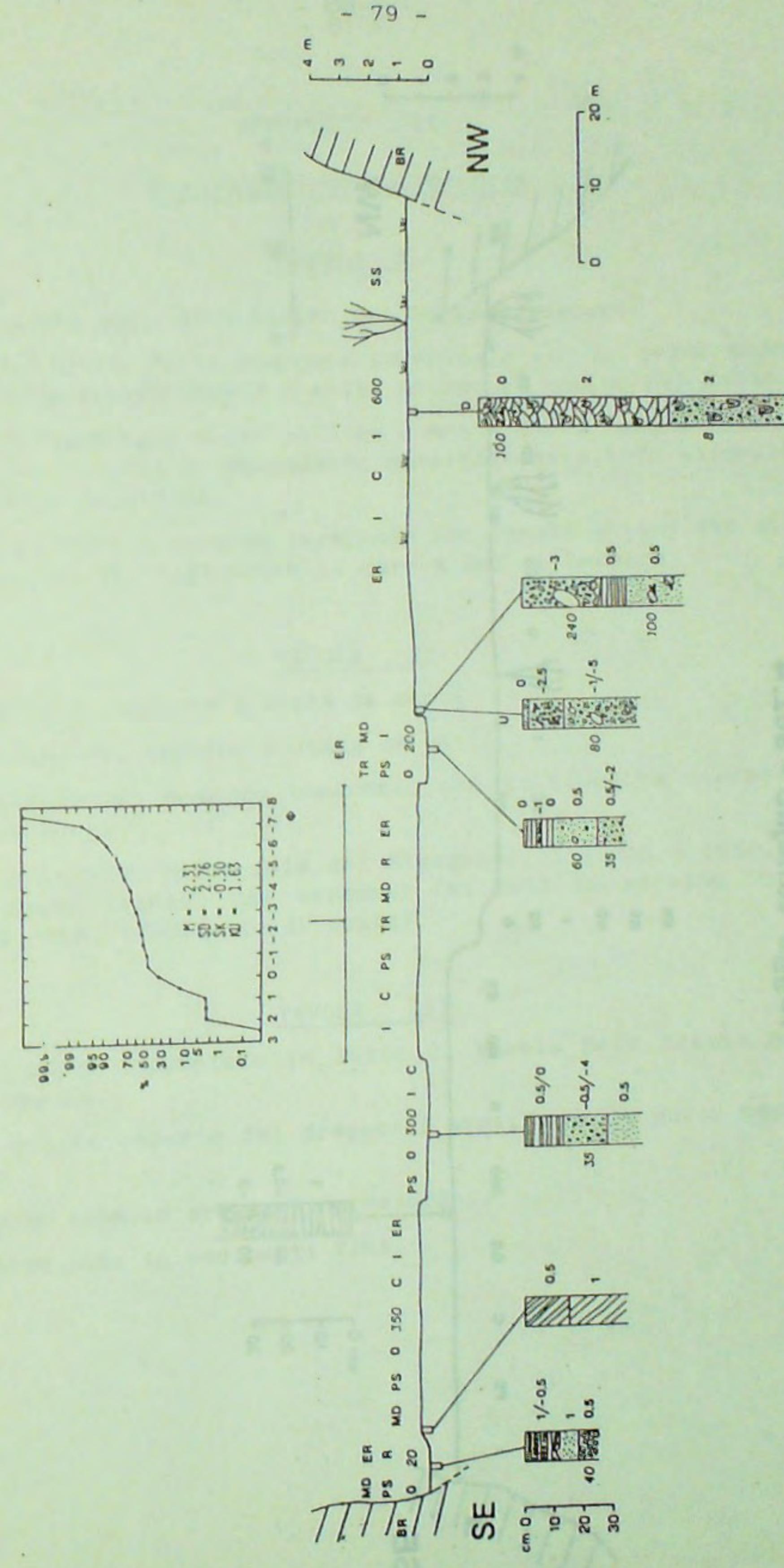
Togga Kalajab - sez.1



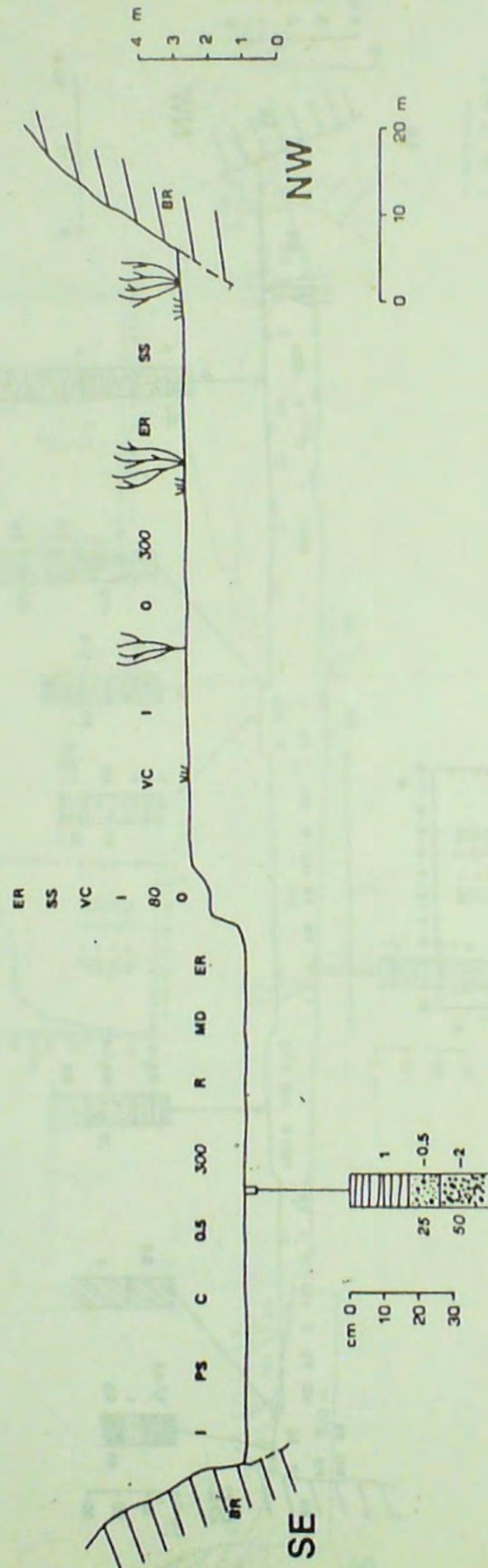
Togga Kalajab - sez.2



Togga Kalajab - sez.3



Togga Kalajab - sez.4



- 80 -

- 81 -

APPENDICE II

Documentazione fotografica

TAVOLA I

- Piccolo canyon nell'alto bacino del Togga Biyoguure.
- Vista panoramica della scarpata principale con in primo piano la base della scarpata stessa e sullo sfondo il bacino del Daban.
- Superficie sommitale delle colline a monte della catena costiera. Si noti la presenza di abbondante materiale detritico accumulatosi per erosione selettiva.
- Pianura costiera e conoide terminale con canali attivi che si esau_riscono prima di raggiungere il mare a Sud di Berbera.

TAVOLA II

- Togga Kalajab: sezione 3 vista da monte.
- Togga Biyoguure: sezione 2 vista da valle.
- Togga Biyoguure: meandro incassato che il fiume ha inciso nella catena costiera.
- Punto più stretto della gola del Biyoguure. L'alveo è ostruito da grandi massi franati dai versanti (si noti la persone in basso a destra come riferimento di scala).

TAVOLA III

- Pebble scour incompleto in letto di sabbia nel tratto mediano del Biyoguure.
- Pebble scour coperto dal drappo di argilla nella parte bassa del Kalajab.
- Transverse ribs in sedimenti grossolani.
- Transverse ribs in sedimenti fini.

TAVOLA IV

- a - Laminazione piano-parallela leggermente inclinata. La direzione principale della corrente è indicata dalla freccia.
- b - Clasto d'argilla in sabbie a laminazione parallela orizzontale nella parte sottocorrente di una barra laterale del Kalajab alla sezione 3.
- c - Laminazione piano-parallela inclinata in corrispondenza di una piccola barra longitudinale.
- d - Sabbie a laminazione convoluta nella zona sottocorrente della barra laterale della sezione 3 sul Kalajab che si sovrappongono a vecchi sedimenti in stato avanzato di pedogenesi.

TAVOLA I

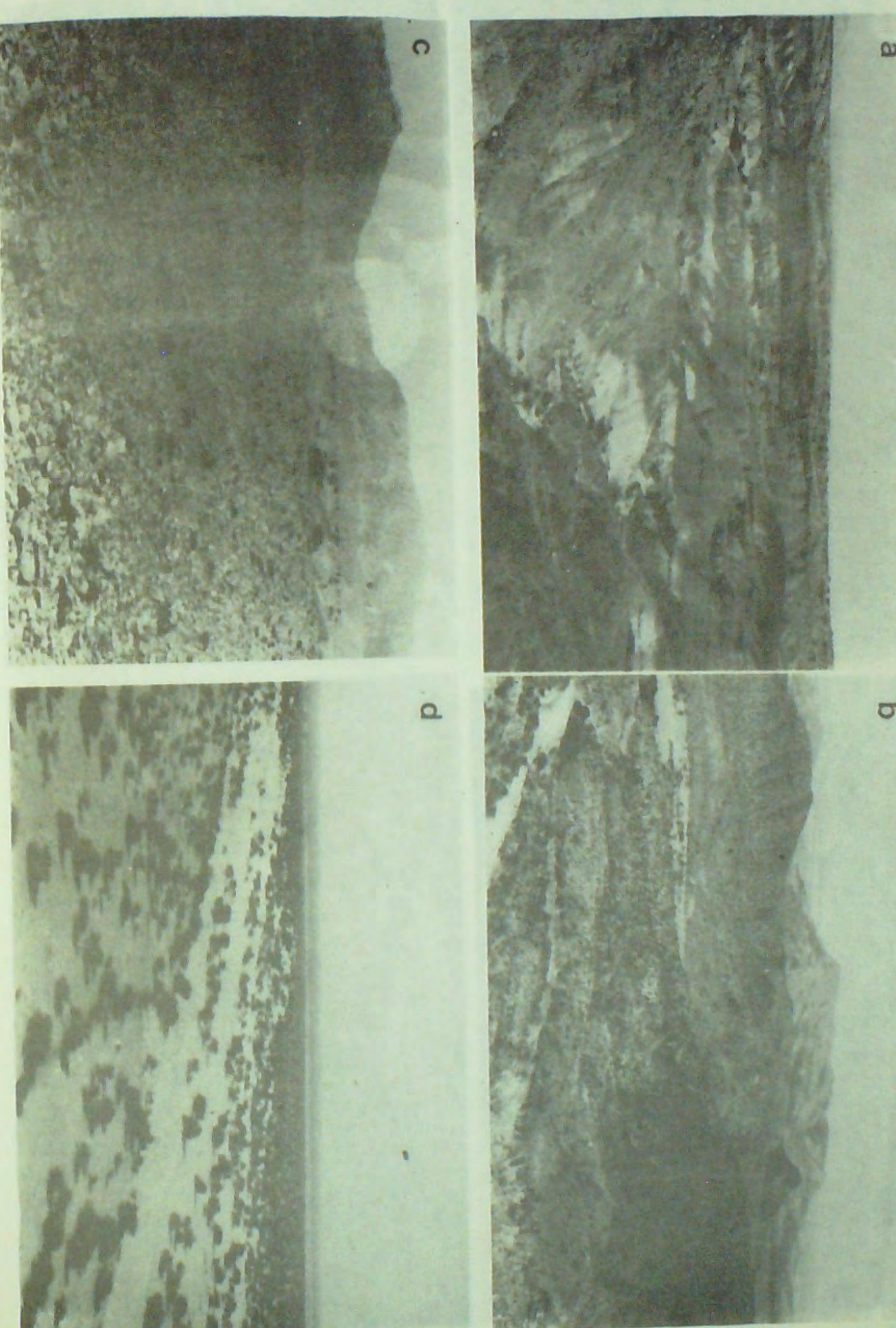


TAVOLA III

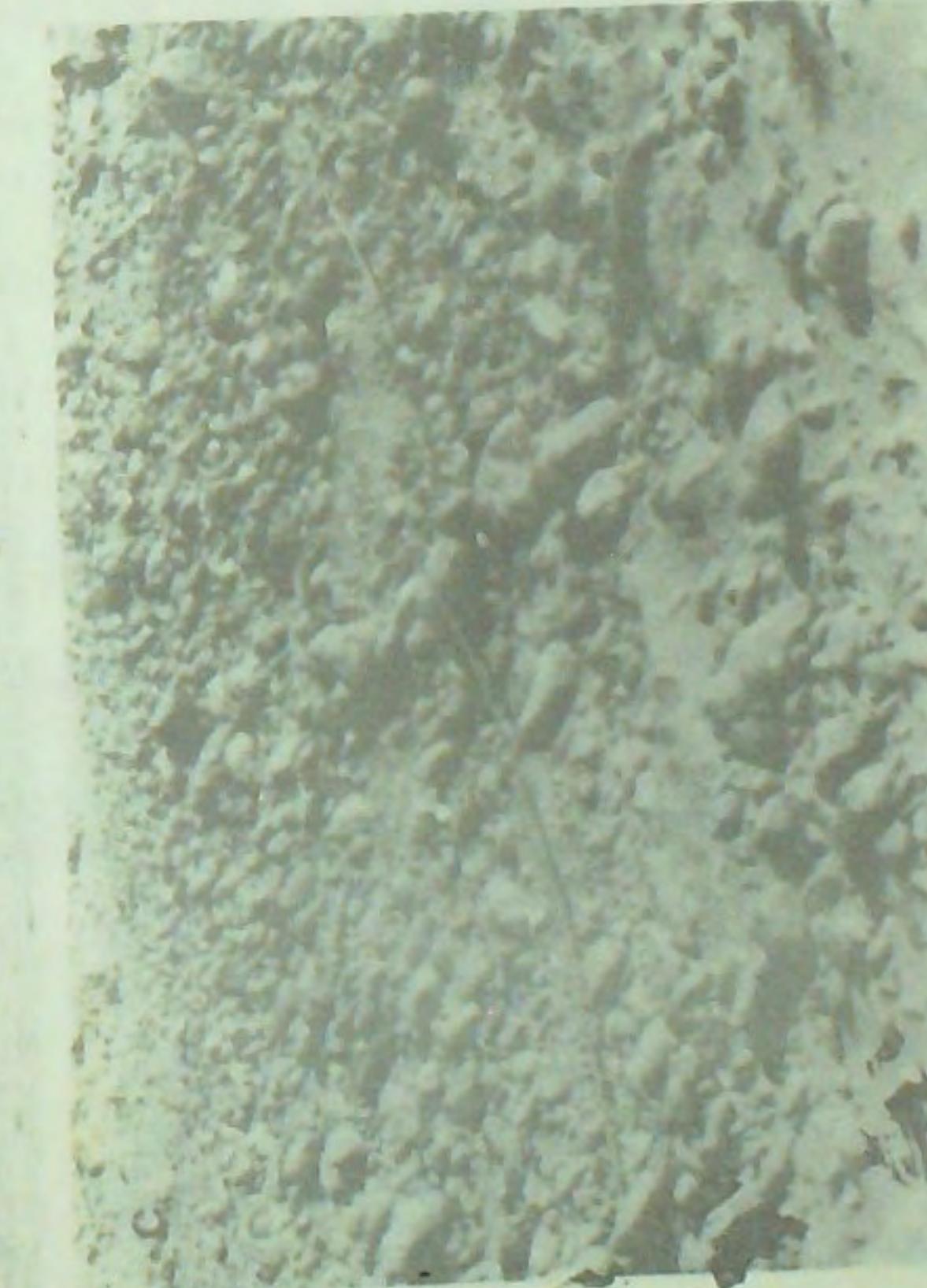
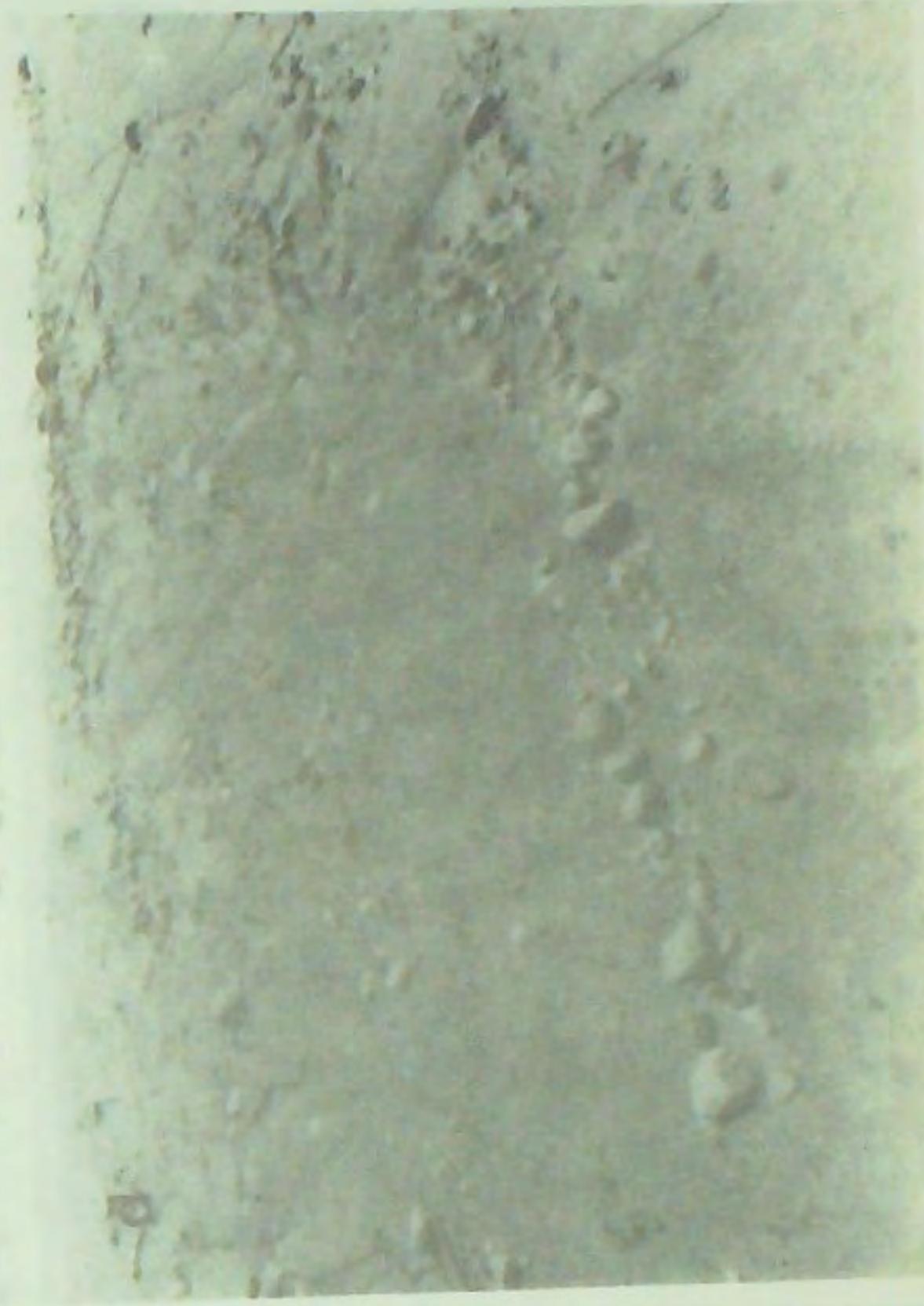


TAVOLA IV

