

**CONSULENZA SULLE OPERE IDRAULICHE
IN GABBIONI**

(27 settembre – 11 ottobre 2001)

RAPPORTO Di MISSIONE

ESTRATTO

D. Tricoli

INDICE

1 – INTRODUZIONE.....	3
2 – FABBRICAZIONE DEI GABBIONI E LORO UTILIZZO NELLE OPERE IDRAULICHE.....	4
2.1 –La fabbricazione dei gabbioni.....	4
Metodo artigianale	4
Metodo industriale	5
2.2 – Modalità di impiego dei gabbioni nelle opere idrauliche	5
3 – SISTEMAZIONI IDRAULICHE PER LA LOTTA CONTRO L’EROSIONE DEI SUOLI	7
3.1 – Raccolta dati.....	7
Climatologia e pluviometria	7
Deflusso	8
Topografia.....	8
Geologia.....	8
Idrogeologia	9
Pedologia.....	9
Vegetazione.....	9
Erosione dei suoli.....	9
3.2 – Studi idrologici.....	10
Metodi utilizzati.....	10
Principali risultati ottenuti.....	14
3.3 – Opere per la conservazione dei suoli e delle acque	15
4 – CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	19

Bibliografia

ALLEGATI

ALLEGATO A – Termini di riferimento della missione	23
ALLEGATO B – La fabbricazione dei gabbioni, metodo artigianale	24
ALLEGATO C – Criteri per la progettazione e la realizzazione di opere idrauliche in gabbioni.....	25
ALLEGATO D – Programma preliminare per la realizzazione di opere per la conservazione dei suoli e delle acque nel bacino idrografico dello ouadi al Sahal al Garbi.....	26
ALLEGATO E – Studio preliminare per la realizzazione di un’opera idraulica per la laminazione del deflusso delle acque piovane sullo ouadi al Sahal al Garbi	30
ALLEGATO F – Studio preliminare per la realizzazione di una soglia in gabbioni sullo ouadi al Sahal al Garbi.....	32
ALLEGATO G – Calendario della missione	35
ALLEGATO H – Documentazione fotografica.....	36

1 – INTRODUZIONE

La missione svolta a Tobruk aveva principalmente lo scopo di verificare la possibilità di avviare una produzione di gabbioni in zona e di verificare le capacità di realizzazione delle opere in gabbioni parte degli operatori locali.

Inoltre uno studio speditivo di fattibilità è stato condotto su 25 ouadi per valutare la possibilità di sfruttare le acque piovane di deflusso in tali zone, sulla base dei risultati ottenuti, si è quindi ritenuto opportuno concentrare l'attenzione su un singolo ouadi, scelto tra quelli più interessanti dal punto di vista delle quantità di deflusso, per proporre lo schema di un piano generale di sistemazione del bacino idrografico, all'interno di tale piano poi due opere sono state esaminate più nel dettaglio.

Nel seguito del rapporto le varie problematiche affrontate nel corso della missione sono esaminate più nel dettaglio, negli allegati invece è possibile trovare una descrizione più ampia di alcuni argomenti di particolare interesse svolti all'interno della missione.

2 – FABBRICAZIONE DEI GABBIONI E LORO UTILIZZO NELLE OPERE IDRAULICHE

L'utilizzo dei gabbioni nelle opere idrauliche di modeste dimensioni risale ai tempi dei romani, anche attualmente però i gabbioni sono largamente usati sia per le loro caratteristiche strutturali che per la loro semplicità di fabbricazione e messa in opera. La plasticità di un'opera idraulica in gabbioni costituisce infatti una garanzia rispetto a cedimenti di modesta entità che il deflusso delle acque può provocare nella sua struttura. La fabbricazione dei gabbioni è un procedimento abbastanza semplice che può essere svolto anche artigianalmente con l'ausilio di semplici attrezzature.

Nel seguito i vari metodi per la fabbricazione dei gabbioni saranno descritti e si procederà quindi ad una loro analisi economica preliminare, per un maggiore dettaglio sulla fabbricazione artigianale dei gabbioni si veda l'Allegato B. In questo capitolo saranno inoltre brevemente descritte le procedure per la realizzazione delle opere in gabbioni, per un maggiore dettaglio su tali procedure si rimanda all'Allegato C.

2.1 –La fabbricazione dei gabbioni

Per la fabbricazione dei gabbioni è necessario disporre, in primo luogo, di filo di ferro galvanizzato d'opportuno spessore. La lega utilizzata per la produzione del filo deve contenere un tipo d'acciaio in quantità sufficiente per garantire al gabbione solidità e resistenza all'abrasione e alla ruggine, ma allo stesso tempo deve permettere una sufficiente malleabilità del filo stesso per la tessitura della rete.

I gabbioni possono essere fabbricati sia industrialmente che artigianalmente, il prodotto finale è sostanzialmente lo stesso anche se nei due casi il filo di ferro utilizzato è leggermente diverso, per la fabbricazione artigianale si utilizza filo di ferro di un unico spessore (3 mm), mentre per la fabbricazione industriale si utilizza anche filo di spessore maggiore (4÷5 mm) per la realizzazione degli spigoli del gabbione. Il metodo artigianale richiede un investimento iniziale molto basso, è molto semplice, quindi si presta ad avere una vasta diffusione, ed inoltre è facilmente modulabile secondo le quantità richieste dal mercato. Per quanto concerne il metodo di fabbricazione industriale dei gabbioni, occorre verificare che la zona di intervento presenti un contesto industriale idoneo ad accogliere un impianto quale quello per la fabbricazione dei gabbioni che, pur non essendo caratterizzato da un'altissima tecnologia, è pur sempre composto da macchine che necessitano di opportuna manutenzione e di idonei pezzi di ricambio.

Metodo artigianale

Per la fabbricazione artigianale dei gabbioni occorrono tavoli di opportune dimensioni, in base alla lunghezza del gabbione da fabbricare realizzati in ferro o anche, in parte, in legno. Di seguito si farà riferimento alla fabbricazione di gabbioni di 2 metri di lunghezza, di 1 metro di larghezza e un'altezza di 0.5 o 1 metro. I tavoli sono costituiti da una parte piana dotata di perni disposti secondo la grandezza della maglia della rete del gabbione, sono inoltre presenti due morse per fermare la rete mentre si procede alla tessitura (vedi figura A.1 e A.2). Su ogni tavolo lavorano, allo stesso tempo e in modo coordinato, due persone. Un'officina per la fabbricazione dei gabbioni è composta da un numero minimo di tavoli (4÷5) come descritti in precedenza e un altro tavolo, più piccolo, equipaggiato di morsa per la preparazione del filo prima della tessitura della rete. E' inoltre

necessario disporre di uno spazio per lo stoccaggio del filo, delle reti in lavorazione e dei gabbioni fabbricati. Un'officina così equipaggiata ha una produzione annua di circa 2÷3.000 gabbioni.

Nella fabbricazione dei gabbioni, in primo luogo si procede alla tessitura della parte principale del gabbione e quindi a quella dei suoi lati, in un secondo tempo il tutto viene assemblato, ripiegato e preparato per il trasporto verso il luogo di posa in opera.

Di seguito si riporta una breve analisi dei costi che concorrono sia per equipaggiare l'officina che per la fabbricazione dei gabbioni.

Officina

- tavoli	5 u x 150 DL/u =	750 DL
- tavolo con morsa	50 DL/u =	75 DL

		825 DL

Gabbioni

- dimensioni 2 x 1 x 1 m ³		
- filo di ferro	16 kg x 1.5 DL/kg =	24 DL
- manodopera		8 DL

		32 DL
- dimensioni 2 x 1 x 0.5 m ³		
- filo di ferro	12 kg x 1.5 DL/kg =	18 DL
- manodopera		6 DL

		24 DL

Metodo industriale

Nei casi in cui la zona di intervento sia particolarmente vasta e quindi le quantità annue di gabbioni necessarie per la realizzazione delle opere idrauliche siano notevoli, allora si può valutare la possibilità di installare un impianto industriale per la fabbricazione degli stessi gabbioni.

2.2 – Modalità di impiego dei gabbioni nelle opere idrauliche

Come detto in precedenza, i gabbioni si prestano molto bene alla realizzazione di opere idrauliche, di piccole e medie dimensioni, anche qualora non siano disponibili importanti mezzi per la loro messa in opera. Le opere in gabbioni possono essere infatti realizzate in fasi successive. La prerogativa principale delle opere idrauliche in gabbioni è comunque quella di mantenere nel tempo una certa plasticità per cui possono assecondare eventuali cedimenti dei terreni senza per questo perdere le loro caratteristiche statiche e funzionali iniziali.

Affinché le opere in gabbioni mantengano tali caratteristiche funzionali è però necessarie che siano realizzate utilizzando opportuni accorgimenti, in particolar modo nella zona di contatto tra i gabbioni ed il terreno di fondazione o quello di riporto. E' in questa zona infatti che il passaggio dell'acqua può provocare asportazione di materiale provocando un assestamento del gabbione che,

se eccessivo, può causare un sifonamento della struttura e la conseguente perdita delle sue caratteristiche funzionali.

Per evitare i problemi sopraccennati e garantire quindi l'integrità della struttura ne tempo è necessario utilizzare opportune tecniche nella posa in opera dei gabbioni ed in particolare occorre:

- ?? interporre tra il suolo e i gabbioni uno strato di materiale di fondazione opportunamente compattato, nel caso che il terreno naturale non offra adeguate garanzie di solidità, altrimenti sarà sufficiente una semplice compattazione del terreno di fondazione;
- ?? in tutte le zone interne dell'opera soggette al passaggio delle acque è necessario interporre tra i gabbioni e il terreno di fondazione o di riporto uno strato di geotessile (tessuto non tessuto) sufficientemente robusto, di circa 400 gr/mq; il geotessile infatti, pur garantendo la permeabilità della struttura, riduce sensibilmente la velocità delle acque che defluiscono all'interno della struttura ed evita quindi ogni asportazione di terreno;
- ?? le opere trasversali in gabbioni quali le briglie, in particolar modo quelle fatte allo scopo di ricalibrare un corso d'acqua diminuendone la pendenza, devono essere dotate di un terrapieno, disposto sul lato monte ed addossato ai gabbioni, in modo da garantire una certa impermeabilità al corpo dell'opera, indispensabile per evitare il rischio di erosione al di sotto dei gabbioni e per costituire un livello fisso di sfioro per il deflusso delle acque;
- ?? le briglie in gabbioni devono essere adeguatamente ancorate alle spalle della valle che sbarrano tramite opportuni ammorsamenti di profondità e altezza adeguata a impedire il deflusso delle acque in questa zona, sia al di sopra dei gabbioni che al loro interno, a tale scopo a volte in queste zone è opportuno utilizzare dei veri e propri schermi impermeabili (con cemento e bentonite) o semi-permeabili (con geotessile);
- ?? nelle briglie di particolare importanza, in particolare quando l'altezza supera il metro di altezza ed il battente idrico al di sopra della gavetta può superare qualche decina di centimetri, allora è necessario realizzare un bacino di dissipazione delimitato a valle della briglia da una controbriglia, realizzata a sua volta in gabbioni, di opportune dimensioni; il bacino di dissipazione può essere rivestito o meno e serve a contenere la dissipazione di energia (risalto idraulico) dovuta al salto della briglia ed evitare quindi che un'erosione concentrata al piede della struttura possa provocare la sua distruzione;
- ?? nel caso il deflusso delle acque possa essere accompagnato da trasporto solido di materiale grossolano, l'altezza della briglia superi il metro ed il deflusso possa prolungarsi per qualche ora, allora è sempre opportuno rivestire la parte di monte del bacino di dissipazione con una lastra di cemento armato adeguatamente ancorato allo strato sottostante di gabbioni.

Da un esame sommario delle opere in gabbioni visitate nella zona di Tobruk, risulta che le tecniche sopraccennate per il dimensionamento e la realizzazione delle opere in gabbioni, meglio descritte nell'allegato B, non siano utilizzate. E' da notare peraltro che si tratta, per la maggior parte, di opere molto semplici e di modeste dimensioni. Per tali opere infatti, anche in considerazione del deflusso al quale sono soggette che è molto modesto, gli accorgimenti sopradescritti non sono indispensabili. Nel caso di corsi d'acqua più importanti invece, quali per esempio gli uidan Sahal ash Sharqui e al Jirfan, le opere ivi esistenti andrebbero adeguate con l'utilizzo di queste tecniche che garantirebbero una maggiore durata e funzionalità alle opere.

3 – SISTEMAZIONI IDRAULICHE PER LA LOTTA CONTRO L'EROSIONE DEI SUOLI

3.1 – Raccolta dati

Climatologia e pluviometria

Dall'elaborazione delle serie dei dati pluviometrici raccolti in 5 stazioni fino al 1973 (Institute for development of water resources. 1974) risulta una pluviometria media annuale nella fascia costiera della Shabia di Tobruk di circa 120 mm, mentre i valori relativi ad un anno umido con tempo di ritorno di 10 e 100 anni sono rispettivamente 205 e 330 mm, gli stessi valori relativi ad una anno secco sono invece rispettivamente 63 e 40 mm.

Le medie mensili estratte dai dati pluviometrici mostrano un periodo secco che si estende da aprile a settembre e un periodo umido da ottobre a marzo, con un massimo mensile che varia tra i 20 e 40 mm e che si situa tra ottobre e gennaio a secondo della stazione considerata.

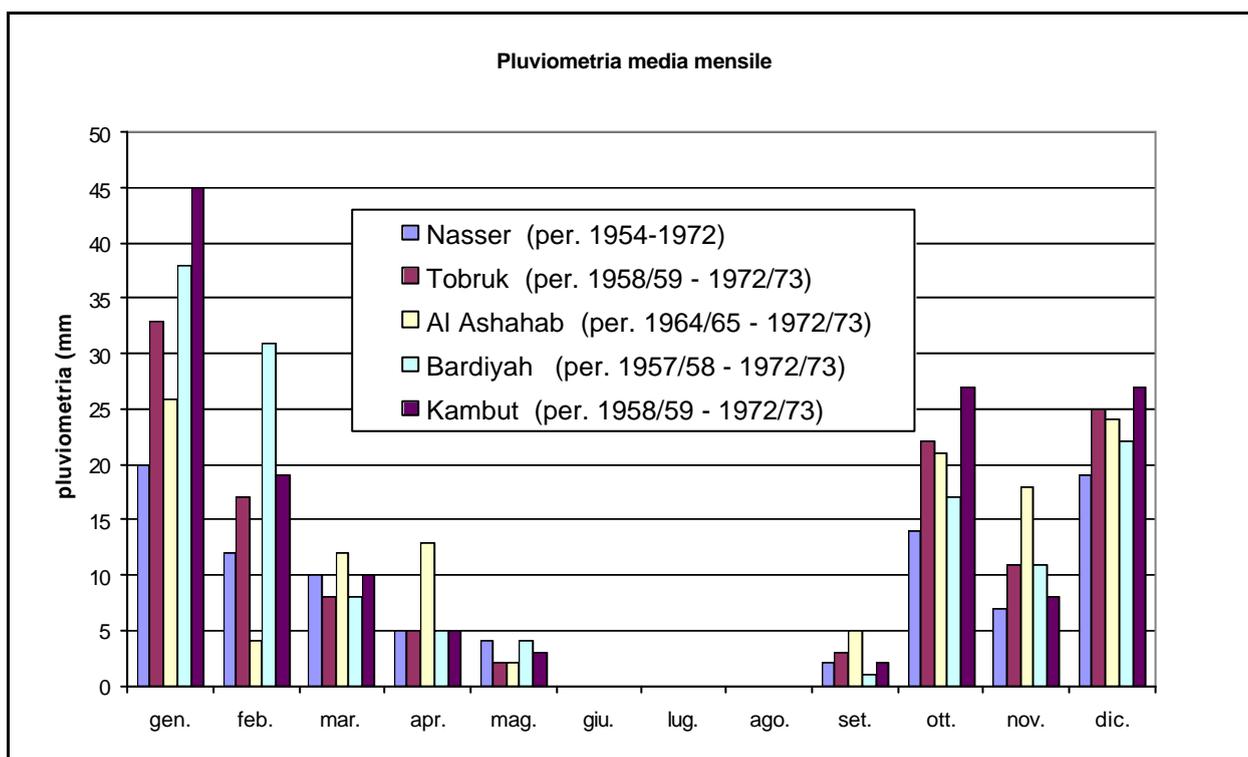


Fig. 3.1 – Pluviometria: medie mensili

Dall'analisi dei dati di pioggia giornalieri risulta, relativamente ad un tempo di ritorno di 10 anni, una altezza di pioggia di circa 50 mm che sale a circa 80 mm per un tempo di ritorno di 100 anni. In figura 3.2 sono riportate le curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori a 10 ore, riferite a tempi di ritorno di 10 e 100 anni.

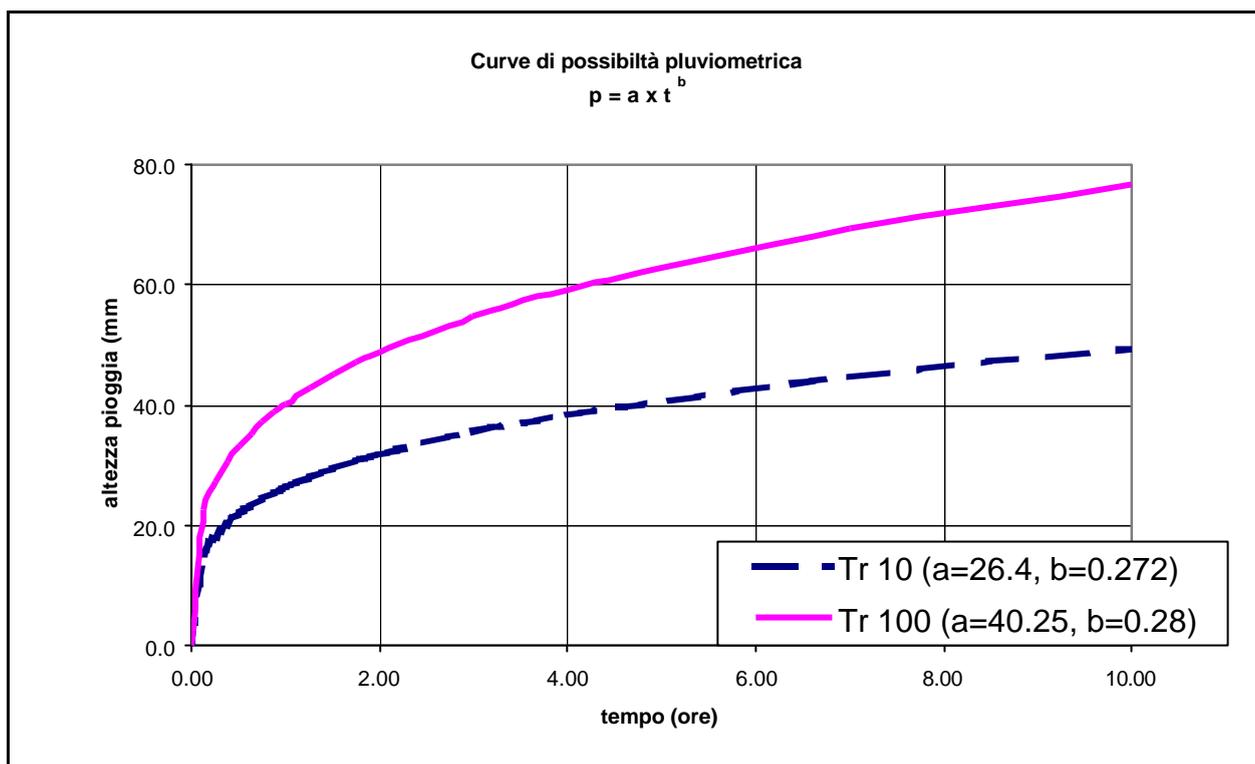


Fig. 3.2 – Curve di possibilità pluviometrica

Deflusso

Allo stato attuale non risultano disponibili dati sul deflusso negli uidan oggetto di studio anche se notizie di campagne di misure del trasporto solido e liquido in alcuni di questi uidan sono riportati sui documenti forniti dalla Shabia (Institute for development of water resources. 1974, Coditec. 1983).

Topografia

Presso la Shabia sono stati reperiti 5 fogli in scala 1:50.000 della Cartografia prodotta da Corps Of Engineers, US Army, a seguito di rilievo fotogrammetrico eseguito nel 1964 ed aggiornamento sulla base di immagini Landsat del 1977, in scala 1:250.000. I 6 fogli reperiti non coprono interamente la superficie oggetto di studio.

Geologia

Per la geologia della zona oggetto di studio si fa riferimento al documento fornito dalla Shabia (Institute for development of water resources. 1974, Coditec. 1983).

La zona costiera tra Tobruk e Bardiya fa parte della regione Marmarika che si distingue dalla vicina Cirenaica per alcune sue particolari caratteristiche geomorfologiche. La zona di Tobruk rappresenta il più giovane gradino dell'evoluzione paleogeografia della regione. Il sollevamento di questa zona, come del quello di tutta la Marmarica e della Pirenaica, iniziò nel Miocene per continuare nel Pliocene e nel Quaternario. La rete di drenaggio è molto densa e caratterizzata da

uidan relativamente corti che scorrono prevalentemente nella direzione sud-nord. Sia le curve ipsometriche dei bacini idrografici degli uidan che il profilo longitudinale del loro corso confermano come la zona sia attualmente in evoluzione e lontana da uno stato di equilibrio geomorfologico.

L'intera zona oggetto di studio è litostraticamente omogenea ed è formata da carbonati del Miocene Medio, con uno spessore massimo di circa 100 m. Al di sopra della formazione di carbonati è presente uno strato di calcare dello spessore di qualche metro con uno strato rosso di conglomerato di calcare spesso circa due metri, in questo strato si può notare la formazione di una crosta cementata di circa 30 cm di spessore che limita fortemente l'infiltrazione dell'acqua piovana.

Le indagini condotte nei siti identificati per la realizzazione di opere idrauliche dallo studio succitato mostrano delle buone caratteristiche dei terreni di fondazione, peraltro abbastanza omogenee tra i vari siti. I materiali da costruzione sia per il terrapieno che per il suo rivestimento e per il riempimento di gabbioni si trovano in abbondanza anche in prossimità dei siti di interesse.

Idrogeologia

L'indagine idrogeologica ha mostrato la presenza di un acquifero carsico leggermente al di sopra del livello del mare (2-8 m) con un potenzialità idrica che varia tra i 2 e i 6 l/s per pozzo o trincea drenante, tale acquifero è ricaricato dalle infiltrazioni acque piovane che avvengono principalmente attraverso le fessure dello strato di carbonato o le sue zone di fratture, la quantità di acqua piovana che si stima possa raggiungere l'acquifero carsico è stimata tra il 3 e il 5% della sua quantità totale. Esistono poi, nei depositi alluvionali, nel quaternario e nei depositi eolici, alcuni acquiferi confinati. La capacità di questi acquiferi è più limitata rispetto all'acquifero carsico e i pozzi possono dare tra 0.5 e 3 l/sec di acqua.

Negli acquiferi alluvionali e carsici che si trovano in prossimità del mare si verifica l'intrusione di acqua salata che interessa il primo tratto, lungo in generale qualche centinaio di metri, del corso dello ouadi. La profondità dell'intrusione del cuneo salino varia in funzione dei deflussi, durante la stagione umida, e dei prelievi fatti sia a scopo irriguo che potabile.

Pedologia

Le indagini pedologiche indicano un'origine colluviale dei suoli. Nel basso corso degli uidan i suoli sono salinizzati, quindi di scarso interesse per l'agricoltura, per una superficie di circa 700 ha. I suoli presentano una leggera tessitura e si presentano principalmente sottoforma di sabbie limose, di limi sabbiosi e di limo con sabbia e argilla. In generale i suoli degli uidan hanno una scarsa presenza di humus anche se per la loro composizione e leggera tessitura ben si prestano alle pratiche agricole.

Vegetazione

La vegetazione nella zona è molto scarsa e caratterizzata per lo più da specie arbustive, essa riflette il livello di degrado dei suoli dovuto all'azione combinata dell'erosione idrica ed eolica.

Erosione dei suoli

Dall'analisi effettuata risulta che la maggior parte della zona costiera presa in considerazione risulta nella classe di media intensità di erosione. Il rischio di erosione è più alto nelle zone limitrofe al corso degli uidan. Il materiale eroso è poi depositato nelle piane dove forma le terre arabili.

L'incremento negli ultimi anni di terre coltivate sugli altopiani con mezzi meccanici, senza nessun metodo di controllo dell'erosione, incrementa notevolmente in queste zone la capacità di erosione eolica e idrica.

3.2 – Studi idrologici

Metodi utilizzati

Il metodo utilizzato per lo studio ideologico del bacino imbrifero dei 25 uidan fa riferimento ad una teoria sviluppata dall'ORSTOM sulla base di numerose campagne di misure di deflusso effettuate in tutta l'Africa nord-occidentale. L'elaborazione di queste osservazioni ha portato ad una semplice schematizzazione del processo di trasformazione afflussi-deflussi da parte di Rodier.

Di seguito si riporta una breve descrizione di questa teoria in quanto può essere considerata molto utile per una classificazione dei bacini versanti, in base a determinate caratteristiche fisiche, e permette inoltre di determinare dei valori di riferimento per il tempo di concentrazione dell'idrogramma unitario (temp de monté) e per il coefficiente di deflusso K_s .

Per la classificazione dei bacini idrografici sono prese in considerazione le seguenti caratteristiche: la superficie, la forma, l'ipsometria e i tipi di suolo. Si introducono i concetti di:

- indice di forme (indice de compacité) $I_{comp} = 0.282 P S^{1/2}$ con P e S rispettivamente perimetro e area del bacino,

- rettangolo equivalente: è un rettangolo che ha la stessa superficie, lo stesso indice di forma e la stessa distribuzione ipsometrica del bacino considerato, la sua lunghezza è data dall'espressione

$$L = S^{1/2} (I_{comp} / 1.128) (1 + (1 - (1.128 / I_{comp})^2)^{1/2}) \quad (\text{in km})$$

- indice globale di pendenza $I_g = D / L$ (in m/km)

con D che rappresenta il dislivello in metri tra le altitudini che hanno rispettivamente una percentuale della superficie del bacino al di sopra di 5 e 95 %, quando però le pendenze trasversali del bacino sia molto superiori a I_g (la differenza supera il 20%) allora è necessario prendere in considerazione un indice globale di pendenza corretto con la relazione

$$I_{g_{corr}} = ((n-1) I_g + IT) / n$$

con $n = 2$ per $L > 5$ km
 $n = 3$ per $5 < L < 25$ km
 $n = 4$ per $25 < L < 50$ km
 $n = 3$ per $L > 50$ km

IT è la pendenza trasversale, espressa in m/km, determinata come media tra 4 a 6 pendenze trasversali.

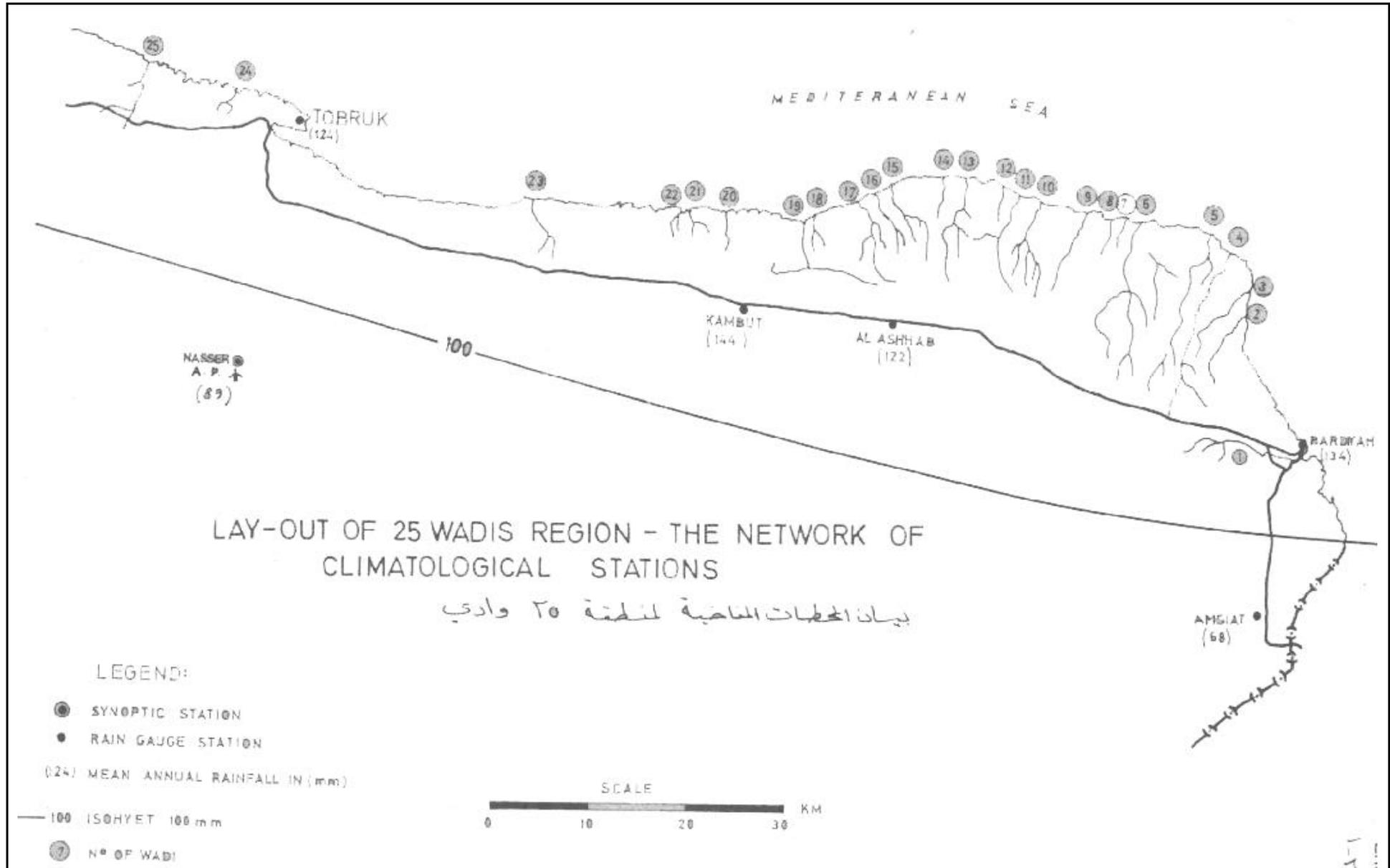


Fig. 3.3 – Zona di intervento

CONSULENZA SULLE OPERE IDRAULICHE IN GABBIONI – TOBRUK - LIBIA

N	Nome	superficie	perimetro	lunghezza	dislivello	Indice di compacità (lcomp)	lunghezza del rettangolo equivalente (L)	Indice globale di pendenza (I _g)	Penedenza media (IT)	Coeff. per la correzione di I _g (n) - 5, 3 pour L > 5 Km)	Indice globale di pendenza corretto (I _{gcor})	Dislivello specifico (Ds)	Classe di infiltrabilità dei suoli
		km ²	km	km	m		km	m/km	m/km		m/km	m	
1	Wadi Jirfan	47.5	32.0	15.5	90	1.31	18.56	4.8	40.0	3.00	16.57	114.17	RI
2	Wadi al Shagah	15.9	26.0	11.5	100	1.84	14.13	7.1	58.7	3.00	24.28	96.80	RI
3	Wadi al Mallahah	17.4	22.4	10.4	80	1.51	12.58	6.4	29.3	3.00	14.02	58.47	RI
4	Wadi al Manastir ash Sharqi	54.5	50.6	20.6	110	1.93	27.30	4.0	33.6	3.00	13.89	102.52	RI
5	Wadi al Manastir al Garbi	40.4	42.0	17.6	120	1.86	22.77	5.3	30.0	3.00	13.51	85.89	RI
6	Wadi al Kib	100.5	46.0	19.5	110	1.29	26.76	4.1	14.7	3.00	7.63	76.49	RI
7	Wadi al Halgumah	8.3	19.6	6.1	50	1.92	10.58	4.7	20.0	3.00	9.82	28.28	RI
8	Wadi al Qabqabah	10.5	18.0	9.4	50	1.57	10.05	5.0	26.4	3.00	12.12	39.27	RI
9	Wadi Rabi	22.1	24.9	11.5	70	1.49	14.03	5.0	24.0	3.00	11.33	53.25	RI
10	Wadi al Hattawah	27.3	27.2	13.0	80	1.47	15.38	5.2	24.0	3.00	11.47	59.92	RI
11	Wadi al Ayn	41.3	34.2	13.0	80	1.50	19.25	4.2	22.5	3.00	10.27	66.01	RI
12	Wadi Lak	7.4	12.9	3.5	20	1.34	7.44	2.7	12.0	3.00	5.79	15.75	RI
13	Wadi al Khabayri	38.1	30.0	13.5	80	1.37	17.21	4.6	18.0	3.00	9.10	56.16	RI
14	Wadi al Qariah	8.7	13.2	5.2	35	1.26	7.73	4.5	24.0	3.00	11.02	32.50	RI
15	Wadi Zanzur	21.4	22.6	8.1	100	1.38	12.95	7.7	28.5	3.00	14.65	67.76	RI
16	Wadi Aid	12.6	19.4	8.0	90	1.54	10.86	8.3	43.2	3.00	19.92	70.73	RI
17	Wadi al Tirfawi	57.6	34.1	12.7	100	1.27	19.94	5.0	18.0	3.00	9.34	70.91	RI
18	Wadi al Harigah	12.9	17.1	6.5	100	1.34	9.86	10.1	24.0	3.00	14.76	53.02	RI
19	Wadi al Sahl ash Sharqi	131.4	59.5	13.0	90	1.46	33.65	2.7	36.0	3.00	13.78	157.99	RI
20	Wadi al Himarah	7.8	11.4	4.5	70	1.15	6.84	10.2	96.0	3.00	38.82	108.42	RI
21	Wadi al Rahib	10.4	15.0	5.0	70	1.31	8.70	8.0	96.0	3.00	37.37	120.50	RI
22	Wadi Bu al Afarit	7.1	11.5	4.5	60	1.22	6.79	8.8	96.0	3.00	37.89	100.95	RI
23	Wadi Rus al Kibash	16.4	20.0	8.5	110	1.39	11.43	9.6	32.0	3.00	17.08	69.17	RI
24	Wadi al Awadah	7.0	11.7	3.8	50	1.25	6.87	7.3	24.0	3.00	12.85	34.00	RI
25	Wadi al Sahl al Garbi	57.4	33.3	12.8	160	1.24	19.58	8.2	26.7	3.00	14.34	108.62	RI
totale		781.9											

Fig. 3.4 – Caratteristiche dei bacini degli uidan

CONSULENZA SULLE OPERE IDRAULICHE IN GABBIONI – TOBRUK - LIBIA

N	Nome	superficie	Indice globale di pendenza corretto (lgcor)	tm	Coeff. di deflusso annuale (Ce)	Coeff. Di ruscellamento decennale (Kr)	Pluviometria media annuale (mm)	Pioggia decennale giornaliera (Pc) (mm)	Coeff. di riduzione per l'area (A)	Coeff. Della piena centennale	Pioggia di progetto (mm)	Portata progetto (Q) (m ³ /s)	Portata specifica (Qs) (m ³ /s/km ²)	Volume di deflusso medio annuale (m ³)	Percentuale del volume di deflusso rispetto al totale
		km ²	m/km	mn			mm	mm			mm	m ³ /s	m ³ /s/km ²	m ³	
1	Wadi Jirfan	47.5	16.57	77	0.12	0.21	120	50	0.74	2.51	93	133	2.8	684000	7.8%
2	Wadi al Shagah	15.9	24.28	37	0.13	0.30	120	50	0.81	1.97	80	115	7.3	248040	2.8%
3	Wadi al Mallahah	17.4	14.02	57	0.08	0.26	120	50	0.81	2.18	88	77	4.4	167040	1.9%
4	Wadi al Manastir ash Sharqi	54.5	13.89	89	0.12	0.21	120	50	0.73	2.53	92	132	2.4	784800	9.0%
5	Wadi al Manastir al Garbi	40.4	13.51	80	0.07	0.22	120	50	0.75	2.45	92	113	2.8	339360	3.9%
6	Wadi al Kib	100.5	7.63	137	0.06	0.17	120	50	0.69	3.00	103	143	1.4	723600	8.3%
7	Wadi al Halgumah	8.3	9.82	51	0.09	0.25	120	50	0.86	2.20	94	43	5.2	89640	1.0%
8	Wadi al Qabqabah	10.5	12.12	51	0.14	0.32	120	50	0.84	1.94	82	60	5.7	176400	2.0%
9	Wadi Rabi	22.1	11.33	68	0.08	0.23	120	50	0.79	2.36	93	77	3.5	212160	2.4%
10	Wadi al Hattawah	27.3	11.47	73	0.08	0.22	120	50	0.78	2.43	94	86	3.2	262080	3.0%
11	Wadi al Ayn	41.3	10.27	89	0.07	0.20	120	50	0.75	2.61	98	101	2.4	346920	4.0%
12	Wadi Lak	7.4	5.79	55	0.09	0.21	120	50	0.86	2.45	106	33	4.5	79920	0.9%
13	Wadi al Khabayri	38.1	9.10	89	0.08	0.20	120	50	0.75	2.61	98	94	2.5	365760	4.2%
14	Wadi al Qariah	8.7	11.02	50	0.09	0.26	120	50	0.85	2.16	92	47	5.3	93960	1.1%
15	Wadi Zanzur	21.4	14.65	60	0.08	0.25	120	50	0.79	2.23	88	87	4.1	205440	2.3%
16	Wadi Aid	12.6	19.92	41	0.09	0.28	120	50	0.83	2.05	85	81	6.4	136080	1.6%
17	Wadi al Tirfawi	57.6	9.34	104	0.07	0.19	120	50	0.73	2.73	99	116	2.0	483840	5.5%
18	Wadi al Harigah	12.9	14.76	50	0.09	0.27	120	50	0.83	2.11	87	67	5.2	139320	1.6%
19	Wadi al Sahl ash Sharqi	131.4	13.78	130	0.11	0.19	120	50	0.67	2.77	93	199	1.5	1734480	19.8%
20	Wadi al Himarah	7.8	38.82	22	0.14	0.37	120	50	0.86	1.74	75	110	14.2	131040	1.5%
21	Wadi al Rahib	10.4	37.37	25	0.14	0.33	120	50	0.84	1.84	77	120	11.5	174720	2.0%
22	Wadi Bu al Afarit	7.1	37.89	21	0.14	0.37	120	50	0.87	1.73	75	103	14.5	119280	1.4%
23	Wadi Rus al Kibash	16.4	17.08	50	0.08	0.26	120	50	0.81	2.16	87	82	5.0	157440	1.8%
24	Wadi al Awadah	7.0	12.85	44	0.09	0.28	120	50	0.87	2.06	89	44	6.3	75600	0.9%
25	Wadi al Sahl al Garbi	57.4	14.34	90	0.12	0.21	120	50	0.73	2.54	92	137	2.4	826560	9.4%
totale		781.9												8757480	

Fig. 3.5 – Caratteristiche idrologiche dei bacini degli uidan

Tramite I_g è possibile fare una prima classificazione dei bacini idrografici, per completare tale classificazione è poi necessario considerare tipi di suolo e in modo da determinare l'appartenenza del bacino ad una delle seguenti classi di permeabilità:

- TI (P1): rigorosamente impermeabile
- PI: particolarmente impermeabile
- I (P2) : impermeabile
- RI (P3) : relativamente impermeabile
- P (P4) : permeabile
- TP : molto permeabile.

Utilizzando questa classificazione è possibile utilizzare delle formule, ricavate dall'elaborazione delle misure sperimentali, che danno per esempio t_c (in minuti) in funzione di I_g e classe di permeabilità:

$I_g = 60$	$t_c = 3.02 (S-0.1)^{1/2} + 4.5$
$I_g = 25$	$t_c = 6.64 (S-0.1)^{1/2} + 9$
$I_g = 15$	$t_c = 9.49 (S-0.2)^{1/2} + 16$
$I_g = 7$	$t_c = 20 (S-0.3)^{1/2} + 23$
$I_g = 3$	$t_c = 71 (S-0.3)^{1/2} + 75$

oppure ricorrere ai grafici contenuti nel testo indicato in bibliografia (FAO, 1996).

Principali risultati ottenuti

Lo studio ideologico effettuato, utilizzando il metodo sopraindicato, in base ai dati disponibili permette di ottenere una stima del deflusso medio annuale per i bacini idrografici dei vari uidan e una stima delle portate massime attese con tempo di ritorno di cento anni.

Occorre tener presente che, a causa della scarsità dei dati meteorologici e sul deflusso disponibili e dell'inesistenza di studi analoghi su altri bacini imbriferi della zona, ai risultati ottenuti va dato il giusto peso più quali indicatori di una linea di tendenza che di risultati affidabili. D'altra parte anche il metodo ideologico utilizzato ha le sue approssimazioni ma si è preferito il suo utilizzo per la sua semplicità in considerazione anche del fatto che un metodo più complesso e sofisticato non avrebbe portato a risultati più affidabili anche per la scarsità dei dati disponibili. Il deflusso medio annuo dei 25 uidan presi in considerazione è stimato a un totale di circa 9 milioni di metri cubi totali, gli analoghi valori per i singoli ouadi sono riportati nella tabella 3.2, penultima colonna, l'ultima colonna invece mostra le percentuali che il deflusso di ogni ouadi costituisce rispetto al deflusso totale. La tabella indica che il 70% del deflusso totale medio annuo è concentrato in 9 uidan, quelli con il bacino idrografico caratterizzato da una maggiore superficie e da una scarsa capacità di ritenzione delle acque piovane. Tra questi uidan spiccano il wadi al Sahal ash Sharqui e al Sahal al Garbi con rispettivamente 1.7 e 0.8 milioni di metri cubi di deflusso medio annuo, pari rispettivamente circa al 20 e 10 % del deflusso medio annuo totale stimato.

Le quantità di deflusso medio annuo stimate non sono molte elevate ma potrebbero essere significative soprattutto per alcune zone di fondovalle se opportunamente sfruttate. Occorre però considerare anche l'aleatorietà del regime pluviometrico nella zona, che è peraltro una caratteristica comune delle zone a clima arido. Occorre quindi evitare di investire risorse per lo sfruttamento dell'intero volume di deflusso medio annuale in quanto è difficile valutare la sua possibilità di utilizzo.

3.3 – Opere per la conservazione dei suoli e delle acque

La zona oggetto di studio è particolarmente soggetta all'erosione dei suoli, sia idrica che eolica, per la sua stessa conformazione morfologica e per la composizione dei terreni. A tale fenomeno naturale si aggiunge poi l'azione dell'uomo, le pratiche agricole in uso nelle zone d'altopiano prevedono infatti l'uso di mezzi meccanici per l'aratura delle terre. I suoli così lavorati sono facilmente erosi dal vento e dallo scorrimento superficiale delle acque di pioggia.

Nelle zone d'altopiano si formano i deflussi che poi confluiscono verso la rete di drenaggio secondaria e da qui nel corso degli uidan, qui il deflusso diventa importante e provoca una notevole erosione anche perché caratterizzato da durate molto brevi.

In generale, in questo tipo di terreni è necessario ricorrere ad una serie combinata di sistemazioni idrauliche e forestali per lottare contro l'erosione dei suoli. Occorre innanzi tutto agire sugli altopiani a debole pendenza tramite delle dighette antierosive, nelle zone dove la pendenza aumenta, in prossimità del reticolo di drenaggio le opere più adatte sono le trincee o le semi-lune. Tali opere facilitano l'assorbimento dell'acqua piovana da parte dello strato superficiale del suolo e permettono quindi le colture agricole e la piantagione di idonee specie di alberi. Lungo il corso dello ouadi occorre poi realizzare opportune opere idrauliche, in particolare all'inizio del corso, dove la pendenza non è eccessiva si possono realizzare invasi di laminazione (briglie a bocca tarata) allo scopo di prolungare il deflusso e abbassare quindi le portate massime, più a valle invece, in corrispondenza delle zone alluvionali si possono realizzare invece delle briglie in gabbioni allo scopo di diminuire la pendenza e aumentare il livello idrico, facilitando di conseguenza la ricarica delle falde.

In base ai dati raccolti gli uidan oggetto di studio possono essere classificati in due diverse categorie, utilizzando come criterio di selezione la pendenza del bacino versante e del corso dello ouadi espressi rispettivamente tramite l'indice di pendenza e il profilo longitudinale del corso d'acqua.

Tecniche per la conservazione del suolo e delle acque

La maggior parte della zona oggetto di studio è costituita da un altopiano a debole pendenza segnato da profonde valli che hanno una pendenza molto forte in prossimità dei residui di altopiano, tale pendenza diminuisce procedendo verso l'asse di drenaggio. Nel fondo delle valli più grandi si trovano poi delle terre di origine alluvionale.

Schematicamente si può dividere la zona nelle seguenti unità fisiografiche:

- ?? altopiano, prevalentemente composto da terre calcari,
 - ?? versanti rocciosi dell'altopiano: superiori, medi ed inferiori (in funzione della pendenza che varia in media tra il 20 ed il 5 %), calcarei, allo stato di blocchi, pietrisco e argilla,
 - ?? terre colluviali che raccordano i versanti con il fondo valle, limo-sabbiosi con argilla,
 - ?? terre alluvionali di fondo valle, argillosi con limo e sabbia,
- a volte poi alcune di queste unità possono essere interessate da fenomeni di erosione (eolica e/o idraulica) ed insabbiamento.

Solo le terre alluvionali possono essere sfruttate per le colture irrigue. Le terre colluviali e gli altopiani invece sono per lo più privi di vegetazione e difficilmente sfruttabili dal punto di vista agricolo in quanto presentano una dura crosta superficiale, ad eccezione dei casi in cui si presentano insabbiati.

Queste terre praticamente prive di vegetazione e quasi impermeabili, provocano dei deflussi violenti, con tempi di risposta dei bacini molto brevi e dei coefficienti di ruscellamento molto elevati.

La metodologia di intervento del progetto prevede in primo luogo la ripartizione dell'intera zona in sottobacini versanti . All'intervento di tali sottobacini le zone che ricevono i primi interventi sono quelle a monte, altopiani, versanti e terre colluviali, e quindi si procede verso valle.

Sugli altopiani e sulle terre colluviali si realizzano dighette, di circa 40 cm di altezza, poste perpendicolarmente alla pendenza, in terra battuta rivestite con pietre. Le dighette sono distanziate tra di loro in funzione della pendenza ed hanno lo scopo di fermare il deflusso delle acque. Per facilitare l'infiltrazione poi viene rotta la crosta superficiale impermeabile che caratterizza questi suoli con i ripper di trattori o bulldozer. Lungo le dighette vengono piantati degli alberi, per lo più delle varietà di acacie, e il resto del terreno ora può essere sfruttato per l'agricoltura oppure lasciato incolto ed utilizzato per l'allevamento del bestiame.

Nei versanti invece la tipologia di intervento utilizzata è quella delle trincee, di 3 metri di lunghezza e 60x60 cmq di sezione, scavate perpendicolarmente alla pendenza, in cui durante la stagione delle piogge vengono piantati degli alberi, la densità è di circa 500-600 trincee per ettaro. In tutte quelle zone dove a pendenza ed il terreno lo permettono inoltre sembra opportuno valutare la possibilità di realizzare semi-lune con mezzi meccanici per poter costituire una raccolta d'acqua sufficiente per la vita di un albero.

In alcuni sottobacini vengono poi realizzate delle ritenute collinari in materiali sciolti con lo scopo principale di laminare le acque, queste dighe sono infatti dotate di uno sfioratore intermedio e di uno superiore di sicurezza. Si tratta in generale di opere con un'altezza massima compresa tra gli 8 e 12 m, un volume di terrapieno tra i 15.000 e i 100.000 mc, volume massimo di ritenute tra i 150.000 e i 2.000.000 mc e un bacino versante tra 5 e 30 kmq.

Lo sfioratore intermedio, costituito da un tubo il cui diametro è funzione della superficie del bacino versante, è posizionato in genere 1 m al di sotto del livello di quello superiore e permette quindi di avere un importante effetto di laminazione del deflusso. Al di sotto del livello dello sfioratore intermedio si può trovare il volume di stoccaggio che in generale è ridotto per limitare le perdite per evaporazione durante la stagione secca.

Per la finalizzazione di questi interventi a monte vengono poi realizzate a valle delle briglie in gabbioni allo scopo di riprofilare il letto dei corsi d'acqua diminuendone la pendenza. Con queste opere il letto del corso , in generale incassato di 2-4 m, viene riportato quasi alla stessa quota del piano di campagna in modo da facilitare l'esondazione delle acque durante le piene. Tale spandimento delle acque sui terreni alluvionali ha l'effetto di ricaricare le falde ed irrigare delle zone di coltura aumentandone i rendimenti agricoli.

Per poter efficacemente lottare contro l'erosione eolica sarebbe inoltre opportuno realizzare bande di alberi posti in senso perpendicolare al vento dominante o in modo da forare delle celle in modo da limitare gli effetti dell'erosione eolica

In figura 3.5 è riportata una schematizzazione dei diversi tipi di intervento in funzione delle unità fisiografiche:

- 1 - dighette agro e silvo-pastorali sugli altopiani
- 2 - trincee sui versanti
- 3 - ritenute collinari
- 4 - dighette agro-pastorali sulle terre colluviali
- 5 - perimetri irrigui
- 6,7 - briglie e dighe nei fondo valle.

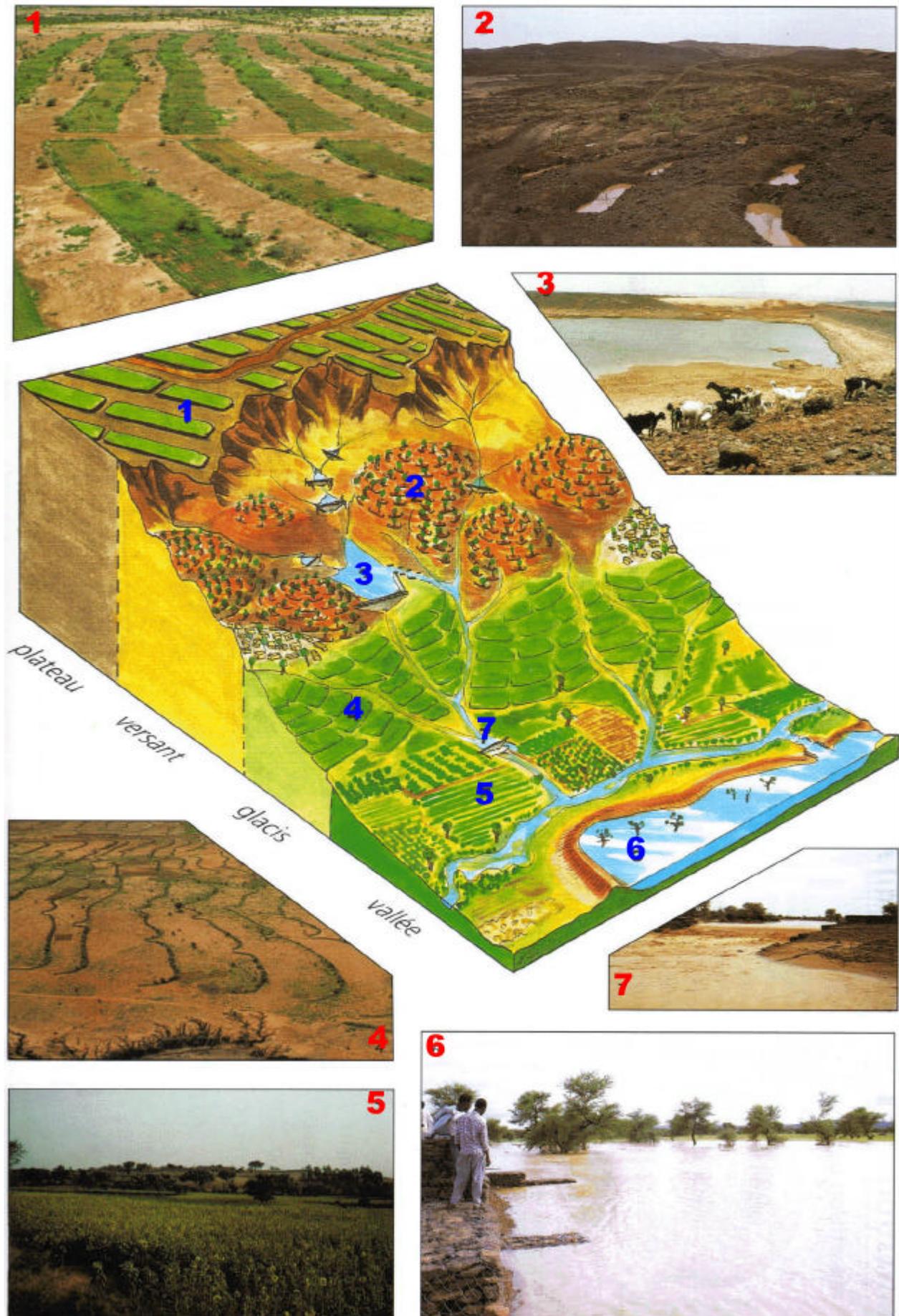


Fig. 3.5 – tipologie di opere di sistemazione

Come descritto nel paragrafo precedente tutti gli interventi di recupero delle terre e la realizzazione delle ritenute collinari hanno come scopo principale di modificare le caratteristiche di risposta dei bacini ad un evento di pioggia. In tal modo si riduce l'erosione lungo i corsi d'acqua e si consente la realizzazione a valle di opere per rallentare ulteriormente il deflusso e, soprattutto, facilitare l'esondazione delle acque nelle terre alluvionali.

Tutte le opere che vengono realizzate a monte hanno sicuramente un effetto sulle caratteristiche di deflusso, in particolare:

- le diguette e le trincee facilitano l'infiltrazione delle acque nel terreno,
- le ritenute collinari trattengono una parte del deflusso e su quella rimanente hanno un importante effetto di laminazione.

In base alle analisi ideologiche effettuate sui 25 principali uidan della zona, si è deciso quindi approfondire lo studio si è ritenuto opportuno concentrare l'attenzione su un singolo ouadi, al Shala al Garbi, scelto tra quelli più interessanti dal punto di vista delle quantità di deflusso, per proporre lo schema di un piano generale di sistemazione del bacino idrografico contenuto nell'allegato E, all'interno di tale piano poi due opere sono state esaminate più nel dettaglio una ritenuta collinare allo scopo di laminazione delle piene (allegato E) e una briglia in gabbioni per la ricarica delle falde (allegato F).

4 – CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Le problematiche raccolte nei pochi giorni di missioni sono numerose e in questo rapporto si è cercato di dare una risposta a tutte, sia pure non in forma definitiva perché ciò avrebbe richiesto un impegno ben diverso sia in termini di personale che di risorse impegnate.

Per quanto riguarda la fabbricazione locale dei gabbioni sembra opportuno avviare, al più presto possibile, una fabbricazione artigianale della rete una volta risolto il problema del rifornimento del filo. Tale metodo è particolarmente efficace in quanto non richiede grosse risorse finanziarie e anche un livello ridotto di preparazione del personale preposto per cui ben si presta da una larga diffusione anche in un contesto artigianale e agricolo.

Per quanto riguarda invece la fabbricazione industriale dei gabbioni, non è stato possibile fare alcuna ipotesi per la venuta meno della prevista visita alle Officine Maccaferri e quindi degli elementi necessari per fare qualsiasi ipotesi economica di sviluppo di tale metodo nella zona. A tale proposito occorre però rilevare che i ridotti volumi di gabbioni fin'ora utilizzati nella zona non giustificerebbero l'installazione di un impianto industriale per la loro fabbricazione a meno che non se ne preveda l'impiego anche per altre regioni della Libia.

Da un esame sommario delle opere in gabbioni fin qui realizzate nella zona si rileva la necessità di una formazione del personale preposto alla realizzazione delle opere in gabbioni sulle tecniche da utilizzare nella messa in opera dei gabbioni ed in particolare su:

- ?? uso geotessile tra gabbioni e terreno di fondazione;
- ?? impermeabilizzazione opere in gabbioni;
- ?? inserimento dei tiranti nei gabbioni;
- ?? uso del rivestimento in cemento armato per la protezione di zone delicate delle opere in gabbioni;
- ?? terra armata.

Il livello di degradazione dei suoli riscontrato nella zona è molto alto ed è provocato principalmente dall'erosione idrica ed eolica unitamente alla scarsità di precipitazioni, ma anche alcune pratiche agricole accelerano i fenomeni erosivi. Per ottenere un impatto efficace nella lotta contro la degradazione dell'ambiente è necessario realizzare opere per la conservazione delle acque piovane nelle falde ma è anche necessario intervenire anche più a monte con altre opere il cui scopo principale è quello della protezione dei suoli, altrimenti infatti il processo di degradazione del territorio sarebbe irrevocabile e non consentirebbe nemmeno un funzionamento ottimale delle opere idrauliche. E' auspicabile che il progetto, in funzione delle risorse disponibili, si possa fare promotore della sistemazione del bacino idrografico di uno oadi che possa servire come esempio ed ispirare la sistemazione degli altri, in tale ambito le tecniche di protezione ambientale potrebbero essere affinate ed adattate alla zona.

Al fine di raccogliere dati idrometeorologici, necessari per un corretto dimensionamento delle opere idrauliche previste nella zona, si rileva la necessità di completare e installazioni di monitoraggio idro-pluviometrico con l'installazione di almeno 4 pluviometri, 5 idrometri a ultrasuoni e 15 piezometri per una lunghezza totale di circa 200 m.

Per meglio affrontare le problematiche legate all'erosione del suolo e alla valutazione delle zone utilizzate a fini agricoli utilizzo di un sistema GIS, a tale proposito sarebbe necessario l'utilizzo di due postazioni GIS complete del software idoneo anche per il trattamento di immagini satellite, sarebbe inoltre opportuno l'acquisto di immagini satellite Ikonos per aggiornare e

completare la copertura cartografica della zona (costo 16-24 USD/kmq per immagini di archivio se disponibili altrimenti 35 USD/kmq, rif. Palnetek).

BIBLIOGRAFIA

FAO, Le projet de développement rural intégré de Keita, 1995

D.Tricoli, Procédure d'évaluation des effets des interventions sur le territoire sur les caractéristiques d'écoulement – Le cas du PDR-ADM au Niger, 1998.

FAO. 1996. Crues et apports. FAO Irrigation and Drainage Paper No 54. Rome

FAO. 1981. Arid zones hydrology. By Jones K.R., Berney O., Carr D.P., Barret E.C. FAO Irrigation and Drainage Paper No 37. Rome

United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. 1987. Design of small dams. Washington, DC.

United States Department of Agriculture National Resources Conservation Service. 1997. Ponds - Planning, Design, Construction. Agriculture Handbook 590 (<http://www.wcc.nrcs.usda.gov>)

United States Army Corps of Engineers PROSPECT Training Course. 1994. Streambank erosion and protection. Gabions structures for streambank erosion protection.

TerraAqua Gabion Systems. 1998. Gabion Installation (<http://www.terraaqua.com>)

Schwab G.O., Frevert R.K., Edminster T.W., Bornes K.K. 1992. Soil and water conservation engineering. John Wiley & Sons

Chow V. T., Maidment D. R., Mays L.W. 1988. Applied Hydrology. Singapore. McGraw Hill

Mc Cuen R.H. 1989. Hydrologic analysis and design. Prentice Hall.

Bedient P., Huber W. 1987. Hydrology and floodplain analysis. Addison-Wesley Publishing Company

French R.H., 1984. Open-channel hydraulics. Singapore. McGraw – Hill.

Rodier J. , Ribstein P. 1988. Estimation des caracteristiques de la crue decennale pour les petits bassins versant du sahel couvrant de 1 à 10 km². Montpellier. France. ORSTOM

Roche M. 1963. Hydrologie de surface. Paris. Gauthier Villars Editeur

Peyras L., Royet P., Degoutte G. 1991. Ecoulement et dissipation sur les deversoir en gradins de gabions. RGE. La houille blanche. No 1/1991.

Maione U. 1995. Le piene fluviali. Padova. Italia. La Goliardica Pavese

Moisello U. 1985. Grandezze e fenomeni idrologici. Padova. Italia. La Goliardica Pavese

Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F. , Ubertini L., Versace P., Marchi E. 1982. Dinamica Fluviale, Valutazione delle piene. CNR No 165.

Fiorillo G. 1993. Appunti di lezioni di idrografia e idrologia, Elaborazioni statistico-probabilistiche. Modelli afflussi-deflussi. AA 1993-94. Padova. Università degli Studi di Padova - Facoltà di Ingegneria - Istituto di Idraulica G. Poleni.

Supino G. 1965. Le reti idrauliche. Bologna. Italia. Patron Editore

Tonini D. 1983. Elementi di idrografia ed idrologia. Padova. Italia. Edizioni Libreria Cortina.

Cremonese. 1996. Manuale di Ingegneria Civile, vol. I. Bologna. Italia. Ed. Scientifiche Cremonese

Maccaferri 1990a. Opere trasversali per sistemazioni idrauliche e derivazioni. Bologna. Italia

Maccaferri 1990b. Rivestimenti flessibili in materassi Reno e gabbioni nei canali e nei corsi d'acqua canalizzati. Bologna. Italia.

Maccaferri 1990c. Principali istruzioni sulla posa in opera dei prodotti Maccaferri. Bologna. Italia.

Il servizio dell'agricoltura della Shabia di Tobruk ha inoltre reso disponibile il seguente materiale:

Institute for development of water resources. 1974. Investigations and studies of 25 wadis in Tobruk area (contract n° 26), Vol. 1, Basic results and documentation, Parts 1, Reports and Erosion Map (4 sheets). Belgrado. Jugoslavia.

Coditec. 1983. Detailed study of six wadis in Tobruk coastal area, Dams and reservoirs works for irrigation (contract n° 5/81), Technical notice - Annex document. Losanna. Svizzera.