Prof. NICOLA MATARRESE

L'EROSIONE IDRICA IN DUE SUB-BACINI DELL'UFITA E LA SEDIMENTAZIONE NEI RISPETTIVI LAGHETTI COLLINARI

Estratto da «Scienza e Tecnica Agraria»
Anno VIII - N. 2 - Febbraio 1968

LATERZA - BARI
Edizione digitale, Bari 2010

L'EROSIONE IDRICA IN DUE SUB-BACINI DELL'UFITA E LA SEDIMENTAZIONE NEI RISPETTIVI LAGHETTI COLLINARI

Prof. NICOLA MATARRESE

Docente di Tecnica della bonifica
nell'Università di Bari

Sulla base di relazioni empiriche e semiempiriche sulla erosione idrica superficiale e sulla sedimentazione negli invasi, descritte in precedenti lavori, l'A. offre un esempio di determinazione indiretta della quantità di materiale erodibile in due piccoli bacini imbriferi e della sedimentazione nei laghetti collinari a cui gli stessi bacini sono sottesi.

1. Premessa

I tentativi di valorizzazione agricola, o agricola-forestale e turistica, dei comprensori di bonifica montana hanno notevolmente accresciuto, in questi ultimi anni, l'interesse a realizzare piccoli e medi invasi, soprattutto di quelli stagionali.

La costruzione dei laghetti collinari, sia per soli scopi irrigui, sia per scopi multipli, non può prescindere, però, dalla preventiva conoscenza della probabile diminuzione nel tempo della capacità disponibile di ciascun invaso.

Tale conoscenza assume particolare importanza nei bacini imbriferi totalmente, od in gran parte, coltivati, ove, per l'azione congiunta di alcuni fattori, può verificarsi una notevole produzione di sedimento.

In mancanza di validi dati disponibili rilevati da misure dirette, dei valori approssimativi, su detta perdita di capacità d'invaso, possono essere ottenuti attraverso l'impiego di relazioni empiriche e semiempiriche tra le caratteristiche del bacino imbrifero — e dell'invaso — e la quantità sia di erosione idrica superficiale, sia di sedimentazione.

Il presente studio si propone di offrire un esempio di applicazione delle predette relazioni su due *bacini campione*, per la determinazione indiretta, appunto, della erosione idrica superficiale e della sedimentazione negli invasi a cui detti bacini sono sottesi.

Il territorio interessato allo studio fa parte del bacino imbrifero dell'Ufita, nell'alto Calore, affluente del fiume Volturno (Fig. 1).

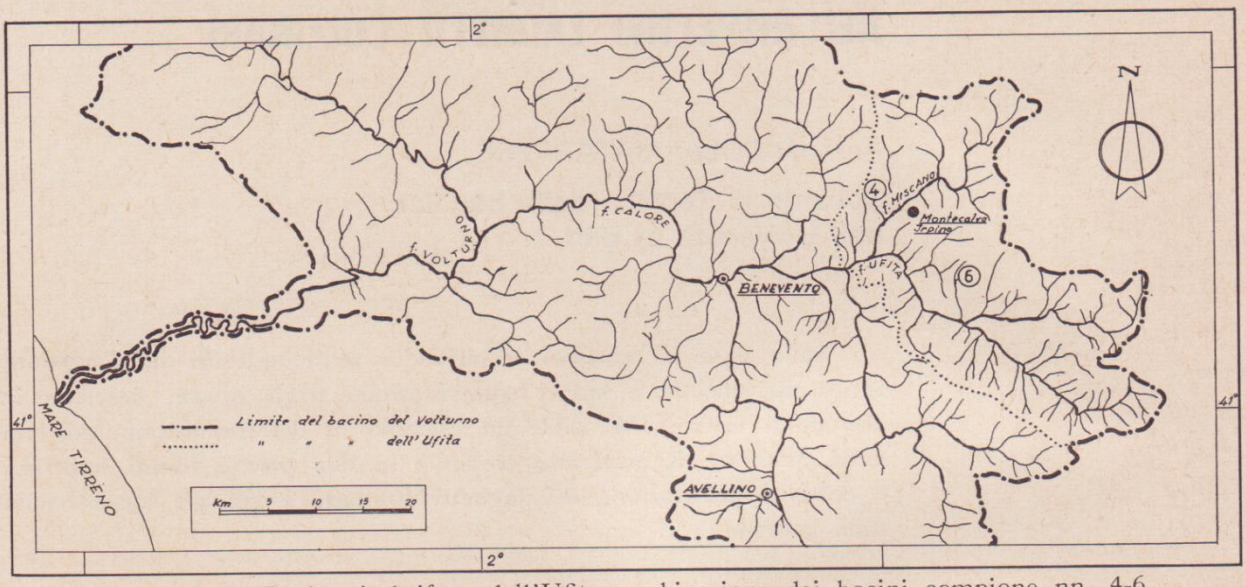

Fig. 1 - Bacino imbrifero dell'Ufita e ubicazione dei bacini campione nn. 4-6.

Degli invasi proposti dal Consorzio di bonifica dell'Ufita (1) sono stati prescelti quello indicato con il n. 4, posto nel sub-bacino « Cesine », in agro di Buonalbergo (Avellino), della capacità di m³ 452.000 e quello indicato con il n. 6, posto nel sub-bacino « La Vallina », in agro di Ariano Irpino, della capacità di m³ 240.000.

La scelta appare giustificata dalle caratteristiche dei due bacini; infatti, il n. 4 ha una superficie imbrifera compresa tra 100 e 400 ettari, ossia entro il campo dei più diffusi laghetti collinari, le condizioni morfologiche, poi, sono tipiche dei bacini di produzione dei sedimenti (fig. 2); la stessa capacità di invaso è da considerare abbastanza valida agli effetti della vita economica di un laghetto a scopi multipli (regimazione delle acque nei bacini montani, utilizzazione irrigua, turistica-ricreativa, ecc.).

Inoltre, è stata anche considerata la circostanza, prospettata dal citato Consorzio, che una parte del bacino imbrifero diventi zona irrigua con acqua proveniente da altri due invasi posti immediatamente a monte di quello n. 4.

Non è stata trascurata, altresì, l'auspicabile possibilità — facilitata dalla agevole accessibilità all'invaso — di verificare, attraverso successivi rilievi batimetrici, la validità delle relazioni analitiche adottate nel presente lavoro.

---

(1) Che quì si ringrazia vivamente.

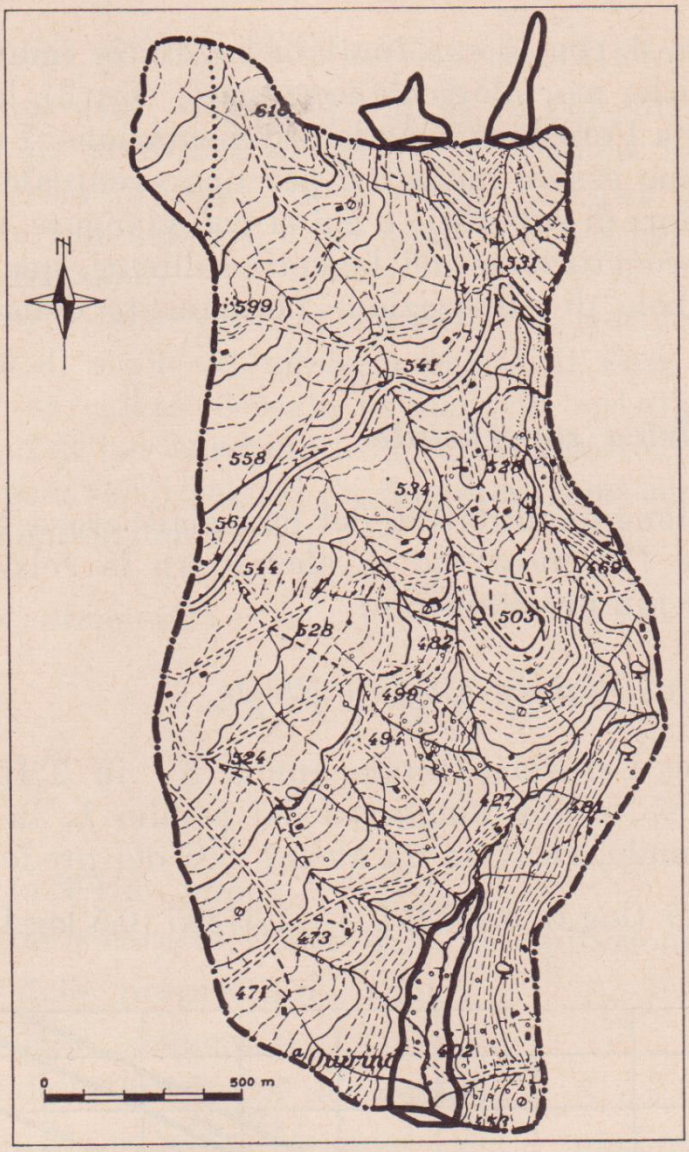

Fig. 2 - Bacino imbrifero n. 4.

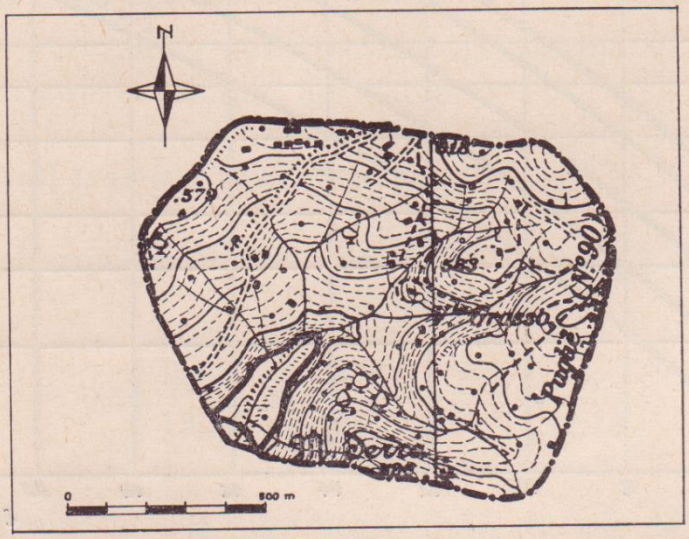

Fig. 3 - Bacino imbrifero n. 6.

Il bacino n. 6, con la sua limitata superficie imbrifera (Ha 86) e con caratteristiche morfologiche accentuate, (fig. 3), ha fatto ritenere molto elevata sia l'erosione e sia la sedimentazione. I dati che ne sono derivati potranno essere indicativi per una eventuale determinazione dei limiti inferiori di superficie a cui si può giungere, in analoghe condizioni, nella progettazione dei laghetti collinari, qualora la loro destinazione sia solo di utilizzazione permanente delle acque accumulabili.

2. *Erosione idrica superficiale*

La valutazione quantitativa del materiale eroso è stata determinata attraverso l'applicazione di alcune tra le relazioni note (Matarrese, 1966) e più precisamente:

(a) - *Relazione di Blakely, Coyle e Steele,*

che esprime l'erosione totale annua S_t, in T/Ha, in base alla pendenza i, in %, e alla lunghezza del pendio L, in metri, secondo la seguente formula, ricavata da alcuni dati dei predetti AA.:

$$\log S_t = [2{,}127\ (\log.i)^2\ 0{,}43525] + [1{,}57395\ (0{,}5\ \log.L)] \qquad [1]$$

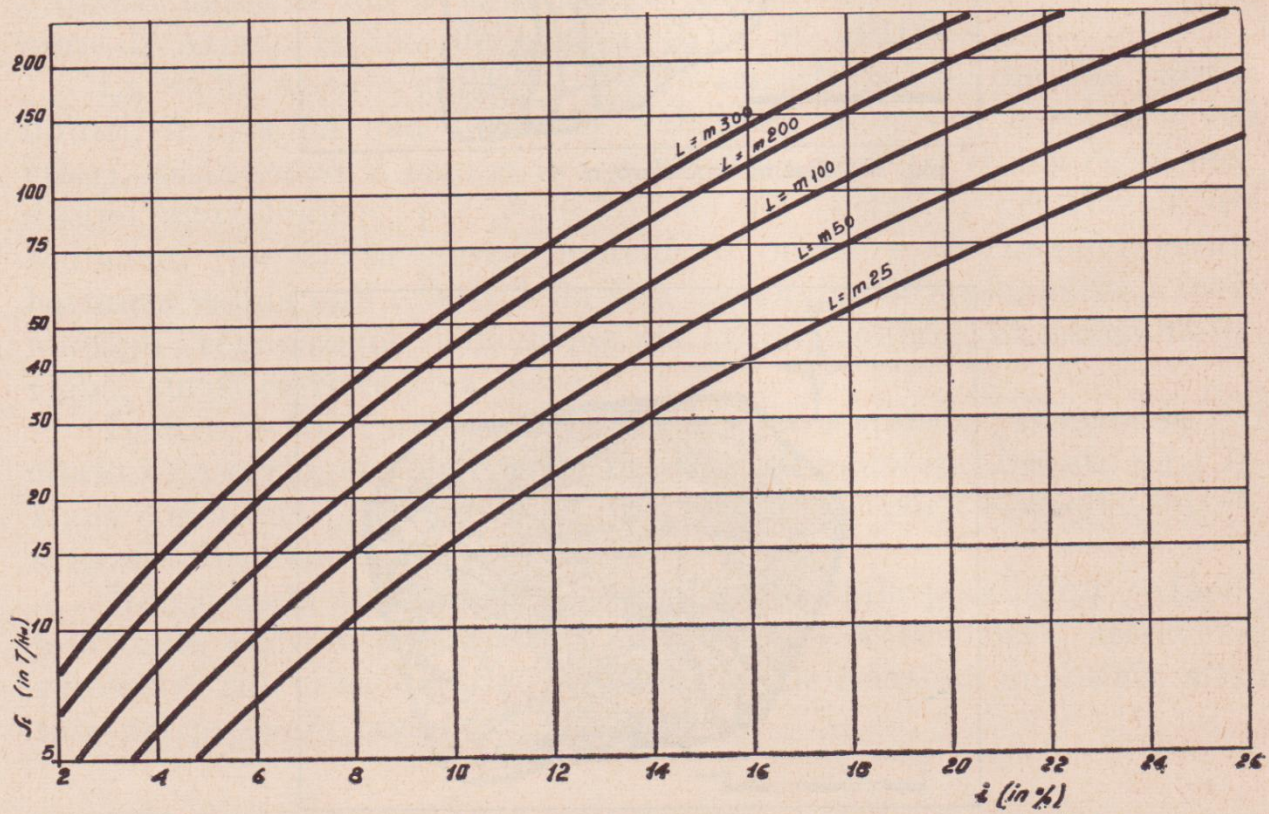

Fig. 4 - Media annua di materiale eroso (T/Ha) su terreni lavorati secondo le curve di livello. [1]

Detta relazione si riferisce a terreni lavorati lungo le curve di livello ed il valore di S_t della [1] (fig. 4) va poi corretto con un cosidetto « indice di erodibiltà », variabile, secondo altri ricercatori, tra 1,00, per terreni profondi, di prateria, 1,25 per terreni a bosco, 1,50 per alcuni terreni sabbiosi e per quelli a bassa permeabilità e 1,75 per terreni impermeabili.

Inoltre, occorre tener conto di un indice di coltivazione, variabile tra 100 (perdita di suolo ottenibile, a parità di altre condizioni, con una rotazione: sarchiate - cereali primaverili - erbai), 422 per sarchiate continue, 242 per sarchiate con cereali intercalari, 65 per sarchiate-cereali primaverili seguiti da due anni consecutivi di erbai, 27 per cereali autunno-primaverili.

(b) - *Formula « universale »*:

$$S_t = R_p \; K \; i' \; L \; R_c \; W \qquad [2]$$

in cui:

S_t = erosione in T/Ha - anno;
R_p = funzione delle caratteristiche delle precipitazioni della località;
K = funzione delle proprietà del suolo;
i' = funzione della pendenza;
L = funzione della lunghezza del pendio;
R_c = funzione della copertura vegetale, della rotazione, produttività, arature ed altre operazioni colturali, nonchè della distribuzione durante l'anno delle piogge intense in relazione allo stadio vegetativo delle colture;
W = fattore di correzione nel caso che nel bacino vi siano opere di difesa e di conservazione del suolo.

(c) - *Formula di Musgrave* (modificata),

secondo cui l'erosione media annua E', in mm, è data da:

$$E' = 0{,}30 \frac{R_p \; K}{13{,}36} \; W \; \frac{R'}{100} \left[\frac{i}{10}\right]^{1{,}35} \left[\frac{L}{22{,}13}\right]^{0{,}35} \qquad [3]$$

R_p, K e W, hanno lo stesso significato indicato per la formula « universale »;

R' = fattore di copertura (maggese o sarchiate continue = 100);
i = pendenza in % (con 10% di base);
L = lunghezza del pendio in m (con m 22,13 di base);
0,30 e 13,36, sono coefficienti di trasformazione, rispettivamente, del fattore R_c, del fattore coltivazione per sarchiate continue e del peso specifico dell'ettaro-mm in T.

L'applicazione delle suindicate relazioni, com'è ovvio, richiede preliminarmente, la determinazione o la scelta dei valori dei singoli fattori in esse considerati (2).

2.a — *Fattore pioggia* R_p

È dato da:

$$\frac{\sum EI}{10^5} \qquad [4]$$

La indisponibilità dei diagrammi pluviometrici, necessari per la determinazione della massima intensità nell'intervallo di 30 minuti, occorrente per il calcolo del fattore EI (prodotto dell'energia cinetica per intensità), ha reso necessaria la ricerca del fattore R_p attraverso la relazione approssimativa con il prodotto C dei seguenti parametri pluviometrici (Wischmeier e Smith, 1958):

a) massima altezza di pioggia caduta in 1 ora, con frequenza biennale;

b) massima altezza di pioggia giornaliera, caduta anche essa con frequenza biennale;

c) altezza, media della pioggia annua.

Gli stessi AA. che hanno accertata la relazione tra R_p e C, hanno indicato alcune relazioni grafiche, riferite a zone degli USA, tra le quali:

— (A), curva relativa alle pianure semiaride con precipitazioni annue di 380÷635 mm e con piogge erosive concentrate in 3-4 mesi estivi;

(2) Per più approfondite conoscenze su questa parte, come su tutte le relazioni qualitative dell'erosione idrica superficiale, vedasi: N. MATARRESE: *L'erosione idrica superficiale e l'analisi dei fattori che la determinano.*

— (B), curva relativa alle regioni del nord-est con piogge annue di 980÷1.145 mm, nelle quali i $\frac{4}{5}$ circa delle piogge erosive si hanno nei 6 mesi più caldi.

Le curve (A) e (B) sono riportate nella fig. 5, nella quale è indicata anche la curva intermedia (B'), di probabile validità per aree aventi caratteristiche comprese, appunto, tra le due zone avanti descritte.

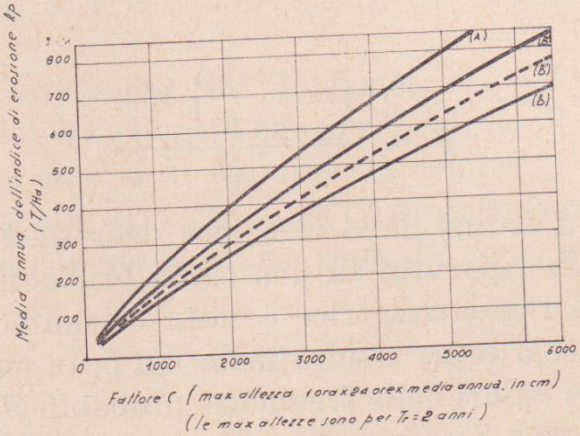

Fig. 5 - Curve del valore R_p in funzione di C.

Le curve rispondono alle seguenti relazioni:

$$R_p = 1{,}1 \quad C^{0{,}773} \quad (A) \qquad [5]$$

$$R_p = 0{,}751 \quad C^{0{,}8} \quad (B') \qquad [6]$$

$$R_p = 0{,}405 \quad C^{0{,}85} \quad (B) \qquad [7]$$

Il fattore C è stato calcolato sulla base dei dati disponibili rilevati nella vicina stazione pluviometrica di Montecalvo Irpino (3).

Mentre per le piogge medie annue si hanno 36 dati riferiti al periodo di osservazione 1921-1961, per precipitazioni di massima intensità annuale, riferite ad intervalli relativamente piccoli (da 1 a 24 ore) i dati disponibili sono, purtroppo, scarsi. Infatti, tra il 1921 ed il 1961, solo per due periodi (1922÷1937 e 1949÷1958) è stato possibile disporre di dati.

(3) Annali Idrologici del Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP., Sezione Autonoma del Genio Civile di Napoli.

Per le applicazioni, relative alla correlazione approssimativa tra il fattore pioggia R_p ed i parametri pluviometrici, come avanti detto, sono stati adottati, per dati di base, i massimi valori annuali di pioggia di durata di 1 e di 24 ore e non i casi critici. Per le elaborazioni di questo studio, infatti, occorreva una serie completa di dati pari al numero N degli anni di osservazioni e non quelli riferiti ad una sola parte di questi.

I dati disponibili sono 19, per altrettanti anni di osservazioni, sulle massime piogge di durata di 1 ora e 23 per quelle relative a 24 ore.

La distribuzione della frequenza, determinata con la formula di Hazen (1930):

$$F = \frac{\left(m - \frac{1}{2}\right) 100}{N} \qquad [8]$$

(m = al numero d'ordine della classifica decrescente dell'evento pluviometrico), è stata riportata su una carta probabilistica logaritmico-normale. La retta regolarizzatrice è stata ottenuta con il metodo dei minimi quadrati, così come risulta nella fig. 6, in cui, sulla ascisse, in corrispondenza dei valori delle frequenze probabili F (in %), sono indicati i tempi di ritorno Tr (in anni).

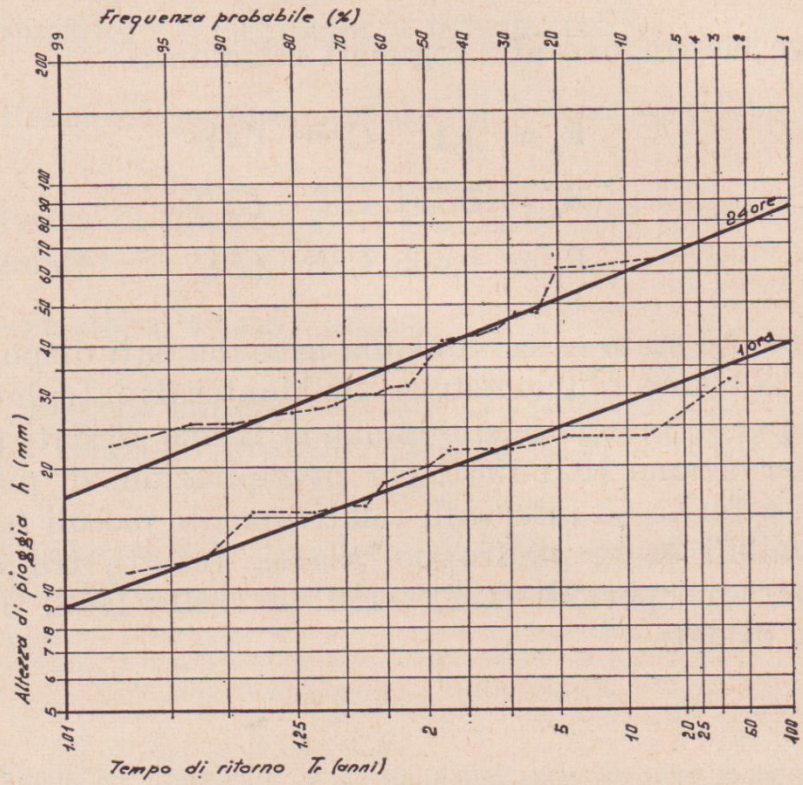

Fig. 6 - Curve altezza-frequenza-durata delle piogge (Stazione pluviometrica di Montecalvo Irpino).

Quest'ultimo valore rappresenta, mediamente, l'intervallo di tempo in cui una certa pioggia, di una data durata (nel caso in esame, 1 ora e 24 ore), si verificherà o verrà superata come massima annuale.

Per un tempo di ritorno Tr di 2 anni la massima altezza di pioggia è risultata essere di mm 18,8 e 38,1, rispettivamente, per una durata di 1 ora e 24 ore.

Poichè la pioggia media annua, per i 25 anni di osservazioni considerati, è risultata di mm 656,7, il valore del fattore C, con le altezze di pioggia in cm, è, conseguentemente, pari a:

$$C = 1{,}88 \times 3{,}81 \times 65{,}67 = 470{,}38$$

L'esame delle caratteristiche pluviometriche del versante in destra Ufita ha inoltre indotto a ritenere che per il calcolo di R_p sia più idonea una relazione il cui campo di validità sia compreso entro quello dato dalle curve relative alle aree (B) e (B') avanti indicate.

Tale relazione, che qui si indica come B'', può essere così rappresentata:

$$R_p = 0{,}58 \; C^{0{,}83} \qquad (B'') \qquad [9$$

Sostituendo, si ha pertanto:

$$R_p = 0{,}58 \times 470{,}38^{0{,}83} \simeq 96$$

Per la stazione di Ariano Irpino, la più vicina all'invaso n. 6, l'esiguità dei dati pluviometrici disponibili non ha consentito l'elaborazione delle curve di frequenza. Pertanto, per quest'ultimo bacino imbrifero si ritiene di poter assumere gli stessi valori delle piogge massime di durata di 1 e 24 ore trovati per la stazione di Montecalvo Irpino, relativa allo stesso versante in destra Ufita. Per la pioggia media annua i dati della stazione di Ariano, riferiti ai due periodi 1922÷1937 e 1949÷1958, danno una misura di mm 828,5.

Ne consegue che:

$$C = 1{,}88 \times 3{,}81 \times 82{,}85 = 593{,}44$$

$$R_p = 0{,}58 \times 593^{0{,}83} \simeq 116$$

2.b — *Fattore pendenza - lunghezza del pendio* $i'L$

Per la determinazione di tale fattore, i bacini imbriferi sono stati opportunamente suddivisi in « unità morfologiche », onde ottenere versanti con pendenza il più possibile uniforme (figg. 7 e 8).

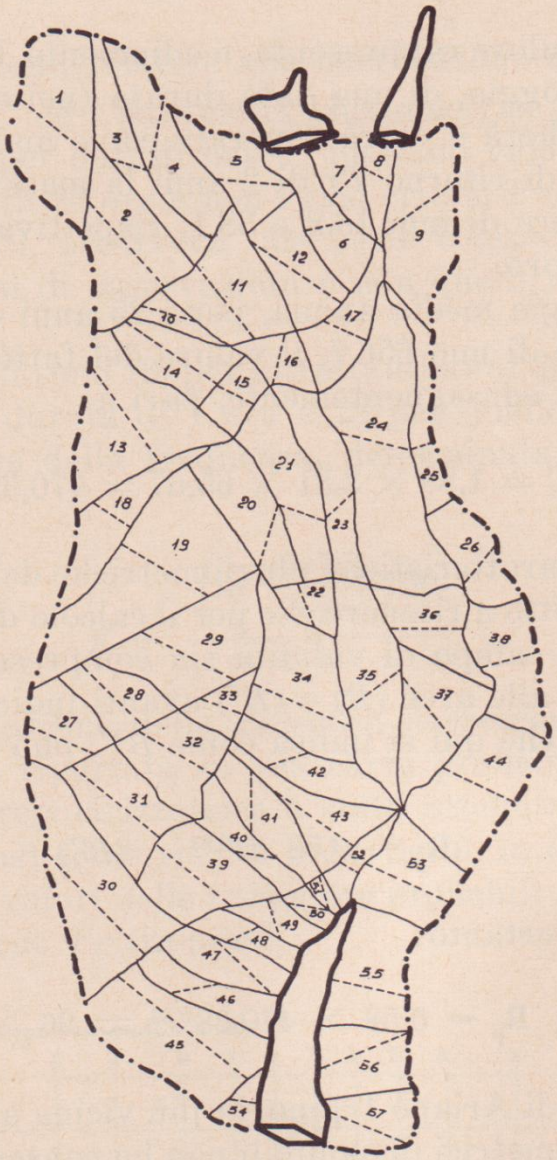

Fig. 7 - Unità morfologiche del bacino n. 4.

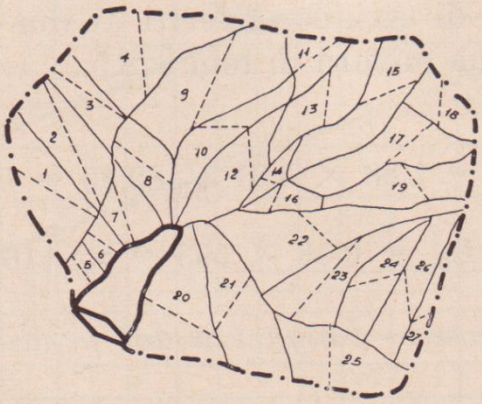

Fig. 8 - Unità morfologiche del bacino n. 6.

Per il bacino n. 4, sono risultate 57 unità, di superficie variabile tra un minimo di Ha 0,30 ed un massimo di Ha 12 e con pendenza compresa tra il 7% ed il 27%, mediamente 15%, mentre le lunghezze del pendio sono risultate variabili tra m 60 e 410, in media m 207.

Il fattore $i'L$ è stato determinato per ogni singola coppia di valori i e L applicando la relazione:

$$i'L = \frac{0{,}52 + 0{,}36\ i + 0{,}052\ i^2}{2{,}036} \sqrt{\frac{L}{324{,}8}} \qquad [10]$$

I valori ottenuti vanno da un minimo di 2,27 ad un massimo di 15,54 (Tab. I).

Per il bacino n. 6, le unità morfologiche sono state 27, di superficie variabile tra Ha 0,80 e Ha 6,90; la pendenza varia tra il 7% ed il 36%, mediamente del 21%, la lunghezza del pendio è compresa tra m 50 e 330, in media di m 180.

I valori del fattore $i'L$ (Tab. II), variano tra 1,50 e 29,94.

2.c — *Caratteristiche del suolo*

2.c.a — *Fattore di erodibilità K*

Tenuto conto che rispetto ai terreni di cui alle prove indicate in precedenza, quelli del bacino imbrifero n. 4 (Buonalbergo) hanno valori di $i'L$ più elevati e di R_c più bassi e che la loro costituzione è mediamente rappresentata dal 38% di sabbia, 22% di limo e 40% di argilla, si ritiene che attribuendo a K il valore di 0,45 si dovrebbe essere abbastanza vicini alle condizioni del bacino.

Per il bacino n. 6 (Ariano Irpino) invece, tale valore sembra possa essere assunto in 0,40.

2.c.b — *Fattore colturale* R_c

In rapporto alle perdite di suolo ottenibili su terreni destinati a maggese lavorato, aventi le stesse caratteristiche sia morfologiche di i e L, sia fisiche, nonchè in analoghe condizioni di piovosità, sono stati proposti, per diversi territori e per numerose colture, i quozienti parziali di R_c. Questi, riferiti ad un intero anno solare, variano tra 0,08 per il grano, a 0,90 per le colture orticole (Cormary, 1964); per sarchiate continue il valore di R_c varia tra 0,60 e 0,92 (Barnett et al. 1965).

Tenuto conto del presumibile andamento mensile della copertura vegetale di ciascuna coltura dei più diffusi avvicendamenti praticati

TAB. I - *Fattore i'L per il bacino n. 4.*

Unità morfol. n.	i %	L m	i'L	Superficie A (Ha)
1	7	240	2,58	7,50
2	10	280	4,46	6,50
3	9	95	2,27	3,50
4	8	180	2,59	5,20
5	21	185	11,31	3,60
6	21	110	8,78	3,70
7	15	110	4,78	2,00
8	20	80	5,05	1,40
9	17	220	8,96	6,60
10	12	140	4,04	1,30
11	14	240	6,45	5,90
12	10	275	4,31	4,00
13	12	295	5,66	8,50
14	11	280	5,19	4,00
15	11	105	3,18	2,00
16	13	130	4,38	2,10
17	15	115	5,02	3,30
18	9	110	2,30	4,50
19	11	255	4,41	11,90
20	13	170	4,92	4,80
21	17	120	6,25	5,00
22	17	115	6,03	1,40
23	13	100	3,80	4,10
24	17	180	7,64	12,00
25	27	60	9,86	2,90
26	12	130	3,97	3,00
27	12	180	4,62	3,60
28	10	225	3,92	3,30
29	11	260	4,56	7,30
30	12	355	6,17	9,20
31	14	280	9,87	5,00
32	11	215	4,39	4,20
33	13	115	4,10	1,60
34	17	265	9,91	7,00
35	14	170	5,28	6,40
36	22	180	12,48	3,70
37	23	225	14,45	5,30
38	17	150	7,45	4,50
39	14	240	6,76	5,30
40	17	100	5,88	2,30
41	12	155	3,96	3,10
42	17	105	6,13	3,60
43	16	235	7,95	3,40
44	21	200	12,41	6,80
45	12	410	6,52	8,50
46	14	120	4,78	3,20
47	22	190	12,13	3,10
48	25	85	10,32	1,80
49	21	110	8,78	1,60
50	26	90	11,29	0,60
51	16	95	5,09	0,30
52	20	60	4,36	1,40
53	23	230	15,54	4,60
54	19	80	6,21	1,30
55	24	195	14,97	5,20
56	18	240	9,97	3,70
57	20	200	11,45	3,30
	$\overline{M} = 15$	$\overline{M} = 207$		244,90

TAB. II - *Fattore i'L per il bacino n. 6.*

Unità morfol· n.	i %	L m	i'L	Superficie A (Ha)
1	18	230	10,08	4,00
2	19	330	12,67	3,80
3	16	220	7,82	2,20
4	15	215	6,93	6,00
5	21	95	8,26	1,00
6	16	90	5,41	1,00
7	18	165	8,48	2,00
8	15	175	6,64	2,00
9	23	280	16,80	6,90
10	15	125	5,48	2,90
11	23	140	11,57	1,60
12	21	160	10,90	3,40
13	31	140	20,36	3,30
14	24	50	7,52	0,80
15	22	160	11,46	4,00
16	15	80	4,28	1,10
17	17	140	7,08	4,20
18	17	120	6,56	1,80
19	17	115	6,60	3,10
20	35	210	29,94	5,40
21	33	165	24,60	4,90
22	36	140	26,69	6,00
23	13	260	5,90	3,60
24	13	135	4,59	2,50
25	17	160	7,83	4,10
26	7	140	1,85	2,90
27	8	60	1,50	1,60
	$\overline{M} = 21$	$\overline{M} = 180$		86,05

nei bacini imbriferi in esame, si ritiene che il valore medio annuo di R non dovrebbe essere inferiore a 0,30, per il bacino 4 e 0,25, per il n. 6. Infatti, dati i valori non certo bassi di i e di L, il movimento di terra erosa si abbassa, nelle condizioni di copertura dei due bacini, al $30 \div 25\%$ di quello che si avrebbe qualora detti terreni fossero lasciati permanentemente a maggese lavorato.

2.c.c — *Fattore sistemazione terreni W*

Si assume che, in rapporto alle perdite di terreno che presumibilmente si otterebbero con le lavorazioni lungo le linee di massima pendenza, per la pendenza mediana del 15% del bacino n. 4, dette perdite non possano superare il 55%, mentre per il bacino n. 6, con pendenza mediana del 24%, il 63%.

Questi ultimi valori sono stati desunti dalla interpolazione di quelli trovati da Smith e Whitt (1948) e quelli definiti nell'apposita sessione di studi di Lafayette (1956) per pendenze analoghe a quelle dei bacini in esame.

2.d — *Discussione dei risultati*

La determinazione della probabile erosione idrica superficiale annua nei due bacini imbriferi n. 4 e n. 6 è stata fatta introducendo il valore dei fattori specifici di essi, così come finora esaminato, alle 3 relazioni: Blakely, et al., « universale » e Musgrave modificata.

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Relazione	BACINO N° 4		BACINO N° 6	
	T/Ha	totale T	T/Ha	totale T
Blakely et al.	60	14.700	92	7.912
"universale"	58	14.237	92	7.893
Musgrave (modificata)	50	12.250	67	5.762

In particolare:
nella relazione di Blakely, è stato assunto come fattore di erodibilità il valore di 1,10 per ambedue i bacini imbriferi, mentre come fattore di coltivazione è stato assunto il valore 0,65 per il bacino n. 4 e 0,50 per quello n. 6. Questa differenziazione è stata ottenuta ponderando i valori di 0,65 e 0,20 alle rispettive superfici, coltivate e a bosco.

Pertanto, *per il bacino n. 4*, con *i* mediano = 15% e *L* mediano = m 207, si è ottenuto:

$$\log: S_t = [2{,}127\ (1{,}17609)^2\ 0{,}43429] + [\bar{1}{,}57395 + (0{,}5 \times 2{,}31597)]$$

$$\log. S_t = 2{,}01866$$

$$S_t = 104{,}4 \times 1{,}10 \times 0{,}65 = \text{T/Ha } 74{,}6;$$

per il bacino n. 6, con *i* mediano = 21% e *L* mediano = m 180, si è ottenuto:

$$\log. S_t = [2{,}127\ (1{,}32222)^2\ 0{,}43429] + [\bar{1}{,}57395 + (0{,}5 \times 2{,}25527)]$$

$$\log. S_t = 2{,}31648$$

$$S_t = 207 \times 1{,}10 \times 0{,}50 = \text{T/Ha } 113{,}8$$

I valori (1,10×0,65) e (1,10×0,50) si riferiscono a terreni lavorati con buone pratiche colturali. Ma, secondo gli AA., per un alto livello di dette pratiche, i suindicati fattori possono essere ridotti fino al 70%.

Per quanto tali riduzioni sfuggano ad una esatta giustificazione, si può forse ammettere che nei due bacini, la cura delle lavorazioni, agli effetti della riduzione dell'erosione, consente l'arbitrio di applicare una riduzione del 10% rispetto al 30% massimo.

In tal caso si avrebbero, rispettivamente, circa T/Ha 60 per il bacino n. 4 e poco più T/Ha 92 per il bacino n. 6.

Nella formula «universale», i valori assunti per ciascun parametro sono stati già discussi in precedenza. I risultati dei calcoli per ciascuna unità morfologica sono riportati nella Tab. III per il bacino n. 4 e nella Tab. IV per il bacino n. 6.

Nella formula Musgrave modificata, applicando i valori mediani noti dei simboli, e sostituendo è stato ottenuto:

— *per il bacino n. 4*

$$E' = 0{,}30 \left[\frac{92 \times 0{,}45}{13{,}36}\right] 0{,}65 \times 1{,}7 \left[\frac{15}{10}\right]^{1{,}35} \left[\frac{207}{22{,}13}\right]^{0{,}35}$$

E' = mm 3,848, pari a m^3/Ha 38,48 ed a circa T/Ha 50 (assumendo lo stesso peso specifico medio di 1,30 trovato da Cotecchia per il bacino del Rendina);

TAB. III - *Determinazione di* S_t *per il bacino n. 4.*

Unità morfolog. n.	Fattori					A	St Totale
	i' L	R_p (= 96)	K (= 0,45)	R_c (= 0,30)	W (= 0,65)	Ha	T
1	2,58	247,68	111,45	33,435	21,732	7,50	162,990
2	4,46	428,16	192,67	57,801	37,570	6,50	244,205
3	2,27	217,92	98,06	29,418	19,121	3,50	66,923
4	2,59	248,64	111,88	33,564	21,816	5,20	113,443
5	11,31	1085,76	488,59	146,577	95,275	3,60	342,990
6	8,78	842,88	379,29	113,787	73,961	3,70	273,655
7	4,78	458,88	206,49	61,947	40,265	2,00	80,530
8	5,05	484,80	218,16	65,448	42,541	1,40	59,557
9	8,96	860,16	387,07	116,121	75,478	6,60	498,154
10	4,04	387,84	174,52	52,356	34,031	1,30	44,240
11	6,45	619,20	278,64	83,592	54,334	5,90	320,570
12	4,31	413,76	186,19	55,857	36,307	4,00	145,228
13	5,66	543,36	244.51	73,353	47,679	8,50	405,271
14	5,19	498,24	224,20	67,260	43,719	4,00	174,876
15	3,18	305,28	137,37	41,211	26,787	2,00	53,574
16	4,38	420,48	189,21	56,763	36,895	2,10	77,479
17	5,02	481,92	216,86	65,058	42,287	3,30	139,547
18	2,30	220,80	99,36	29,808	19,375	4,50	87,187
19	4,41	423,36	190,51	57,153	37,149	11,90	442,073
20	4,92	472,32	212,54	63,762	41,445	4,80	198,936
21	6,25	600,00	270,00	81,000	52,650	5,00	263,250
22	6,03	578,88	260,49	78,147	50,795	1,40	71,113
23	3,80	364,80	164,16	49,248	32,011	4,10	131,245
24	7,64	733,44	330,04	99,012	64,357	12,00	772,284
25	9,86	946,56	425,95	127,785	83,060	2,90	240,874
26	3,97	381,12	171.50	51,450	33,442	3,00	100,326
27	4,62	443,52	199,58	59,874	38,918	3,60	140,104
28	3,92	376,32	169,34	50,802	33,021	3,30	108,969
29	4,56	437,76	196,99	59,097	38,413	7,30	280,414
30	6,17	592,32	266,54	79,962	51,975	9,20	478,170
31	9,87	947,52	426,38	127,914	83,144	5,00	415,720
32	4,39	421,44	189,64	56,892	36,979	4,20	155,311
33	4,10	393,60	177,12	53,136	34,538	1,60	55,260
34	9,91	951,36	428,11	128,433	83,481	7,00	584,367
35	5,28	506,88	228,09	68,427	44,477	6,40	284,652
36	12,48	1198,08	539,13	161,739	105,130	3,70	388,981
37	14,45	1387,20	624,24	187,272	121,726	5,30	645,147
38	7,45	715,20	321,84	96,552	62,758	4,50	282,411
39	6,76	648,96	292,03	87,609	56,945	5,30	301,808
40	5,88	564,46	254,01	76,203	49,531	2,30	113,921
41	3,96	380,16	171,07	51,321	33,358	3,10	103,409
42	6,13	588,48	264,91	79,443	51,637	3,60	185,893
43	7,95	763,20	343,44	103,032	66,970	3,40	227,698
44	12,41	1191,36	536,11	160,833	104,541	6,80	710,878
45	6,52	625,92	281,66	84,498	54,923	8,50	466,845
46	4,78	458,88	206,49	61,947	40,265	3,20	128,848
47	12,13	1164,48	524,01	157,203	102,181	3,10	316,761
48	10,32	990,72	445,82	133,746	86,934	1,80	156,481
49	8,78	842,88	379,29	113,787	73,961	1,60	118,37
50	11,29	1083,84	487,72	146,316	95,105	0,60	57,063
51	5,09	488,64	219,88	65,964	42,876	0,30	12,862
52	4,36	418,56	188,35	56,505	36,728	4,40	51,419
53	15,54	1491,84	671,32	201,396	130,907	4,60	602.172
54	6,21	596,16	268,27	80,481	52,312	1,30	68,005
55	14.97	1437,12	646,70	194,010	126,106	5,20	655,751
56	9,97	957,12	430,70	129,210	83,986	3,70	310,748
57	11,45	1099,20	494,64	148,392	96,454	3,30	318,298
	389,88					244,90	14.237,223
						$\overline{M} = T/Ha$	58

TAB. IV - *Determinazione di* S_t *per il bacino n. 6.*

Unità morfolog. n.	Fattori					A	St Totale
	i' L	R_p (=116)	K (=0,40)	R_c (=0,25)	W (=0,63)	Ha	T
1	10,08	1169,28	467,71	116,927	73,664	4,00	294,656
2	12,67	1469,72	587,88	146,970	92,591	3,86	351,845
3	7,62	883,92	353,56	88,390	55,685	2,20	122,507
4	6.93	803,88	321,55	80,387	50,643	6,00	303,858
5	8,26	958,16	383,26	95,815	60,363	1,00	60,363
6	5,41	627,56	251,02	62,755	39,535	1,00	39,535
7	8,48	983,88	393,47	98,367	61,971	2,00	123,942
8	6,64	770,24	308,09	77,022	48,523	2,00	97,046
9	16,80	1948,80	779,52	194,880	122,774	6,90	847,140
10	5,48	635,68	254,27	63,567	40,047	2,90	116,136
11	11,57	1342,12	536,84	134,210	84,552	1,60	135,283
12	10,90	1264,40	505,76	126,440	79,657	3,40	270,833
13	20,36	2361,76	944,70	236,175	148,790	3,30	491,007
14	7,52	872,32	348,92	87,230	54,954	0,80	43,963
15	11,46	1329,36	531,74	132,935	83,749	4,00	334,996
16	4,28	496,48	198,59	49,647	31,277	1,10	34,404
17	7,08	821,28	328,51	82,127	51,740	4,20	217,308
18	6,56	760,96	304,09	76,022	47,893	1,80	86,207
19	6,60	765,60	306,24	76,560	48,232	3,10	149,519
20	29,94	3473,04	1389,21	347,302	218,800	5,40	1181,520
21	24,60	2853,60	1141,44	285,360	179,776	4,90	880,902
22	26,90	3120,40	1248,16	312,040	196,585	6,00	1179,510
23	5,90	684,40	273,76	68,440	43,117	3,60	155,221
24	4,59	532,44	212,97	53,242	33,542	2,50	83,855
25	7,83	908,28	363,31	90,827	57,221	4,10	234,606
26	1,85	214,60	85,84	21,460	13,519	2,90	39,205
27	1,50	174,00	69,60	17,400	10,962	1,60	17,539
	277,81					86,00	7892,906
						$\overline{M} = T/Ha$	91,70

— *per il bacino n. 6*

$$E' = 0{,}25 \left[\frac{116 \times 0{,}40}{13{,}36}\right] 0{,}63 \times 1{,}7 \left[\frac{21}{10}\right]^{1{,}35} \left[\frac{180}{22{,}13}\right]^{0{,}35}$$

E' = mm 5,20 pari a m³/Ha 52 ed a circa T/Ha 67.

In sostanza, sembra interessante rilevare che numerose determinazioni fatte su bacini degli USA hanno dato un rapporto, tra i risultati delle formule Musgrave e « universale », di 1,00 a 1,13.

Nei casi in esame tale rapporto risulta essere di 1,00 a 1,16 per il bacino n. 4 e di 1,00 a 1,35 per il bacino n. 6.

Considerando che, nell'ambito di ciascun bacino, le differenze sono dovute, ovviamente, al diverso « peso » attribuito a qualche fattore, mentre la differenza tra i due bacini è chiaramente dovuta alla maggiore pendenza mediana del n. 6 rispetto al n. 4 e tenuto presente il carattere puramente indicativo dei risultati ottenibili con i procedimenti di determinazione preventiva oggi applicabili, si ritiene di poter assumere come valori conclusivi quelli medi risultanti dalle formule « universale » e di Musgrave che appaiono le più attendibili.

In definitiva, quindi, sembra che attribuendo al bacino imbrifero n. 4 una erosione media annua di T/Ha 54 ed a quello n. 6 di T/Ha 78 non si dovrebbe essere molto lontani dalla realtà.

3. *Probabile sedimentazione negli invasi campione*

Per i due invasi prescelti, sono noti i seguenti dati:

		bacino n. 4	bacino n. 6
— superficie imbrifera (A)	Ha	245	86
— superficie dell'invaso alla massima altezza di ritenuta	Ha	6,6	3
— capacità dell'invaso (C_i)	m³	452.000	240.000
— volume disponibile (C_d)	m³	450.000	225.000
— volume utilizzabile	m³	437.000	225.000
— afflusso annuo (A_f)	m³	561.500	243.900
— erosione totale annua (S	T/Ha	54	78

Con la scorta delle mappe IGM 1:25.000, ingrandite a 1:10.000, sono stati determinati:

	per il bacino n. 4	*per il bacino n. 6*
— dislivello medio R tra quota media del perimetro e quota media fondo lago	m 532 — 404 = 128	577 — 485 = 97
— lunghezza L media della rete idrografica (media degli affluenti di diverso ordine)	m 2.500	1.160
— $i_a = R/L$	m 0,051	0,0836

La determinazione della probabile sedimentazione nei due serbatoi è stata fatta applicando le seguenti relazioni (4):

a) — *Formule di Woodburn*

$$S_d = \frac{A^{0,8957}\ S_t^{0,8573}\ C_s^{0,3423}\ T_n^{0,6573}}{4,057} \qquad [11]$$

$$S_d = 2,492\ A^{0,9151}\ S_t^{0,8303}\ T_n^{0,7329} \qquad [12]$$

dove:

S_d = quantità di materiale sedimentato, in T;
A = superficie del bacino imbrifero, in Ha;
S_t = quantità di materiale eroso, in T/Ha per anno;
C_s = rapporto capacità d'invaso/superficie del bacino, in m^3/Ha;
T_n = età dell'invaso, in anni.

b) — *Formule di Ackermann e Corinth*

$$S_d = 0,043\ S_t\ T_s\ \frac{D^{1/3}\ (5,28\ i)^{1/2}}{F^{3/4}} \qquad [13]$$

$$S_d = 0,0088\ S_t\ T_s\ D^{1/2}\ (5,28\ i)^{3/4} \qquad [14]$$

(4) Per maggiori notizie vedasi: N. MATARRESE: *La sedimentazione negli invasi ed alcuni aspetti metodologici per la sua misura indiretta.*

in cui, oltre al noto significato dei simboli S_d e S_t.

T_s = all'efficienza della capacità di trattenuta del sedimento da parte dell'invaso (in %);

D = al rapporto tra l'afflusso annuo alla diga (in m³) e la superficie dell'invaso (in Ha);

i = alla pendenza media degli affluenti di 1° ordine, meno quella degli affluenti di 2° ordine (in m/km);

F = al rapporto tra la lunghezza del corso d'acqua principale (in km) ed il diametro equivalente (d_e) del bacino imbrifero (in km).

c) — *Formule di Roehl*

$$\log. S_d = 2{,}82687 - 0{,}26 \log. 10 A - 0{,}531 \operatorname{colog}. i_a \quad [15]$$

$$\log. S_d = 4{,}59574 - 0{,}23043 \log. 10 A - 0{,}51022 \operatorname{colog}. i_a - 2{,}78594 \log. BR \quad [16]$$

in cui, con il significato di A noto:

S_d = alla sedimentazione, espressa in % dell'erosione totale;

i_a = al rapporto tra il dislivello R (ottenuto dalla differenza tra la quota media del perimetro del bacino imbrifero e la quota del letto del corso d'acqua nella zona d'invaso) e la lunghezza media L di ciascun ordine di affluenti;

BR = alla media ponderata del rapporto di biforcazione, tra gli ordini crescenti degli affluenti, o indice di confluenza.

3.a — Per l'applicazione dell'equazione [11] di Woodburn, oltre fattori noti A ed S_t, avanti indicati, è stato calcolato il fattore $C_s = C/A$, ossia il rapporto tra la capacità dell'invaso e la superficie del bacino imbrifero, che è, rispettivamente, di m³/Ha 1845, per il bacino n. 4 e m³/Ha 2790 per il n. 6.

I lavori ottenuti (in T) della sedimentazione cumulata al tempo T_n sono stati i seguenti (⁵).

T_n	BACINO n. 4		BACINO n. 6	
anni	T	m³	T	m³
1	12.846	9.731	13.273	10.055
2	21.214	16.071	20.931	15.856
3	27.690	20.977	27.325	20.700
5	38.740	29.348	38·230	28.962
10	61.100	46.287	60.290	45.674
20	96.360	73.000	95.090	72.037
50	175.980	133.318	173.660	131.560

(⁵) La trasformazione in volume è stata ottenuta considerando un peso specifico di 1,32, così come indicato dall'A.

Rapportando i valori in peso alla quantità (assunta come costante) del materiale eroso annualmente, sono stati ottenuti i valori percentuali di S_d riportati nella Fig. 9.

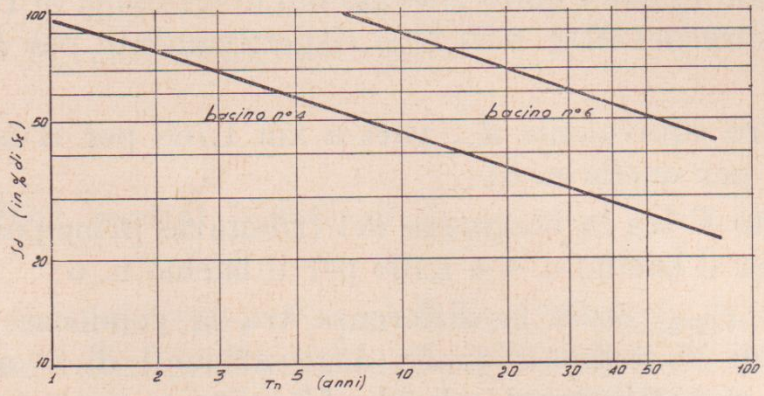

Fig. 9 - Variazione di S_d (in % di S_t) nel tempo T_n (in anni) secondo la [11].

Come si può rilevare, i valori relativi al bacino n. 6 sono risultati anormali, segno evidente della non applicabilità della [11] a bacini molto piccoli e con notevole pendenza, così come è il n. 4, il quale, peraltro, ha un elevato rapporto C_s capacità invaso/superficie del bacino.

Con l'adozione della [12] sono risultati valori più bassi rispetto alla [11] e cioè:

T_n	BACINO n. 4		BACINO n. 6	
anni	T	m³	T	m³
1	10.502	7.956	5.468	4.142
2	17.454	13.222	9.087	6.884
3	23.495	17.771	12.232	9.266
5	34.164	25.881	17.788	13.475
10	56.778	43.013	29.560	22.393
20	94.360	71.484	49·130	37.219
50	184.680	139.909	96.160	72.848

Detti valori, inoltre, appaiono più armonici sia nel tempo e sia tra i due bacini, così come si può rilevare anche dalle percentuali annue, ricavate rispetto all'erosione, riportate nella fig. 10.

3.b — L'impiego della formula [13] di Ackermann e Corinth ha richiesto la preventiva determinazione dei seguenti parametri:

— l'efficienza della capacità di trattenuta del sedimento T_s da parte dell'invaso, in relazione al rapporto capacità dell'invaso/afflusso annuo. Tale valore è stato rilevato dal diagramma di Brune (1953), nella misura del 97% e 97,2%, rispettivamente per l'invaso n. 4 e n. 6;

— il diametro equivalente d_e, pari a km 1,766 per il bacino n. 4 e km 1,046 per quello n. 6;

— il rapporto F tra la lunghezza del tributario principale e d_e, pari a 1,766 per il bacino n. 4 e 1,108 per il bacino n. 6;

— il fattore $i_{(1-2)}$, ossia la differenza tra la pendenza media degli affluenti di 1° ordine e quella degli affluenti di 2° ordine che è risultata, rispettivamente, di 32 e 55 m/km.

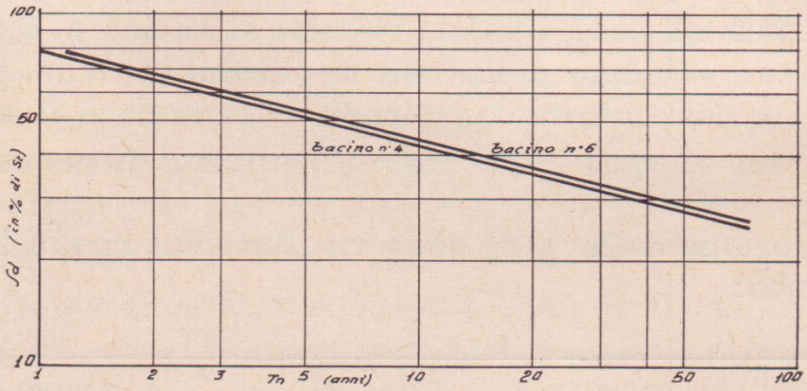

Fig. 10 - Variazione di S_d (in % di S_t) nel tempo T_n anni) secondo la [12].

La quantità della presunta sedimentazione, in T/Ha per anno, che ne è risultata è stata di 17,18, pari al 31,81% dell'erosione, per il bacino n. 4 e di 45,76, pari al 58,66% per il bacino n. 6.

Anche il valore ottenuto dalla [13], così come in precedenza si è visto per la [11], per il bacino n. 6 risente oltre che del valore dell'erosione S_t, anche della relativa limitata lunghezza dell'affluente principale rispetto al diametro equivalente (fattore F), nonchè della notevole pendenza media degli affluenti di 1° ordine rispetto a quelli di 2° ordine; a questi ultimi motivi probabilmente è da attribuire il 26,85% in più di sedimentazione tra gli invasi 6 e 4.

La [11], invece, la quale non è correlata al fattore F, dà i seguenti valori di S_d:

— *bacino n. 4*

T/Ha 27,94, pari al 51,74% di S_t

— *bacino n. 6*

T/Ha 59,62, pari al 76,43% di S_t

L'assenza del fattore F, pur lasciando pressochè inalterata la differenza dei valori percentuali della sedimentazione tra i due invasi (24,69%), migliora sia i valori assoluti in T/Ha che quelli percentuali relativi all'erosione totale.

3.c — Dalle applicazioni delle formule di Roehl, sono stati ricavati i seguenti valori di S_d in % dell'erosione totale annua S_t in T/Ha.

Dalla [15]:

$S_d = 59{,}35\%$, pari a 32,05 T/Ha per anno, per il bacino n. 4;

$S_d = 101{,}25\%$, per il bacino n. 6.

Questa formula, anomala per il bacino n. 6, ha evidenziato in modo troppo marcato le particolari caratteristiche topografiche di quest'ultimo bacino, nei riguardi, appunto, della limitata estensione e del grande rapporto R/L.
Dalla [16] invece:

$S_d = 63{,}00\%$, pari a T/Ha 34,02, per il bacino n. 4;

$S_d = 97{,}58\%$, pari a T/Ha 76,11, per il bacino n. 6.

Anche questa formula ha dato, per il bacino n. 6, un valore piuttosto elevato di S_d. Il miglioramento comunque è da attribuire probabilmente alla introduzione del coefficiente BR, il quale, per quanto relativamente basso, è riuscito a contenere, sia pure in minima parte, l'effetto del fattore R/L.

Per l'adozione di questa relazione, infatti, è stato necessario de-

terminare il coefficiente di biforcazione BR (6) che è risultato di 4,50 per il bacino n. 4 e di 4,08 per quello n. 6.

In sostanza, a parte i valori anomali, con le equazioni finora adottate, sono risultati valori di trasporto torbido specifico S_d, compresi tra 11 e 24 m³/Ha per il bacino n. 4 e tra 18 e 58 m³/Ha per il n. 6, contro un valore medio misurato per vari serbatoi della catena appenninica centro-meridionale (Giandotti, 1947) di m³/Ha 3 ed uno relativo ai torrenti appenninici (Forti, citato da Passerini, 1947) di $48 \div 64$ m³/Ha.

4. Conclusioni

L'impiego delle relazioni empiriche per la determinazione indiretta della sedimentazione ha mostrato che alcune di esse sono palesemente inadatte per le condizioni topografiche e morfologiche del bacino n. 6, giacchè per questo invaso sono derivati dati superiori alla stessa erosione.

Particolare interesse hanno mostrato, invece, le formule [12] di Woodburn, [14] di Ackermann e Corinth e [16] di Roehl, sia perchè appaiono tra le più complete, nei riguardi dei fattori in esse considerati, e sia perchè hanno offerto valori, della quantità annua di sedimentazione o del grado di sedimentazione, che si possono ritenere rientranti nel campo di quelli accettabili in confronto a quelli noti, per casi più o meno analoghi a quelli considerati.

Le quantità di sedimento accumulabili negli invasi n. 4 e n. 6, nel tempo T_n compreso tra 1 e 50 anni, secondo le suindicate tre relazioni, sono riportate nella tab. V.

Da detta tabella, e forse ancora meglio dai grafici nn. 11 e 12 si rileva facilmente ciò che si è avuto modo di evidenziare in precedenza, ossia il differente andamento dei valori della produzione di sedimento S_p ottenuti dalla [12] nei riguardi di quelli ottenuti dalle [14] e [16].

---

(6) Ossia, la media ponderata dei rapporti tra il numero degli affluenti di 1° ordine con quello degli affluenti di 2° ordine, e così via.

Per esempio, se il numero degli affluenti di 1° ordine è di 36, quello di 2° ordine di 8, quello di 3° ordine di 1, il rapporto di biforcazione è di: 36/8=4,50 e 8/1=8; la media ponderata di questi due rapporti, vale a dire il valore di BR, è, in questo caso, di 5,09.

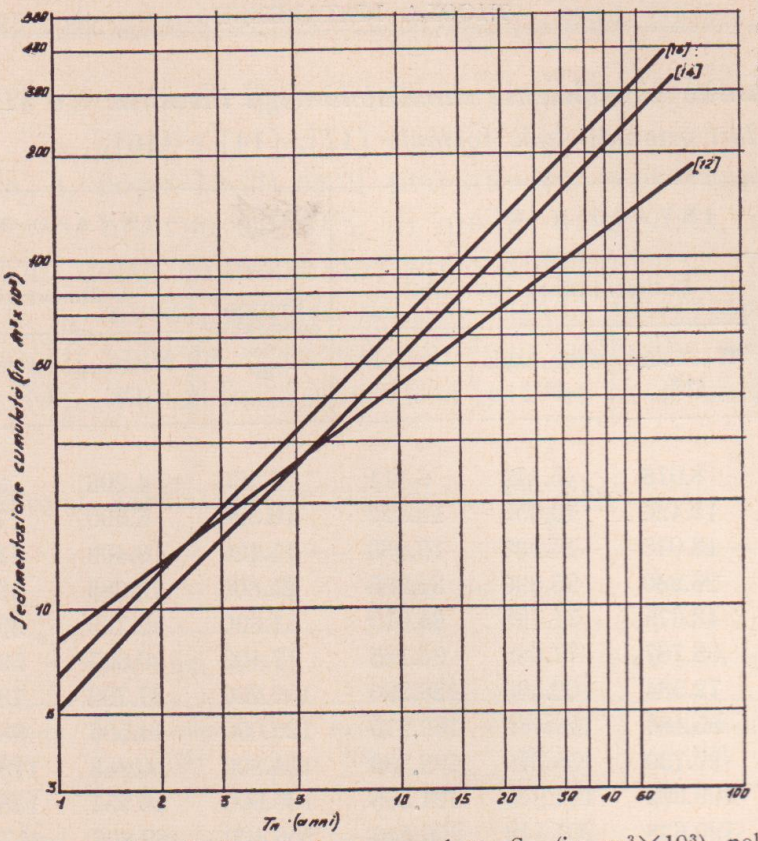

Fig. 11 - Sedimentazione cumulata S_p (in $m^3 \times 10^3$) nel tempo T_n (in anni), secondo le [12], [14] e [16] per il bacino n. 4.

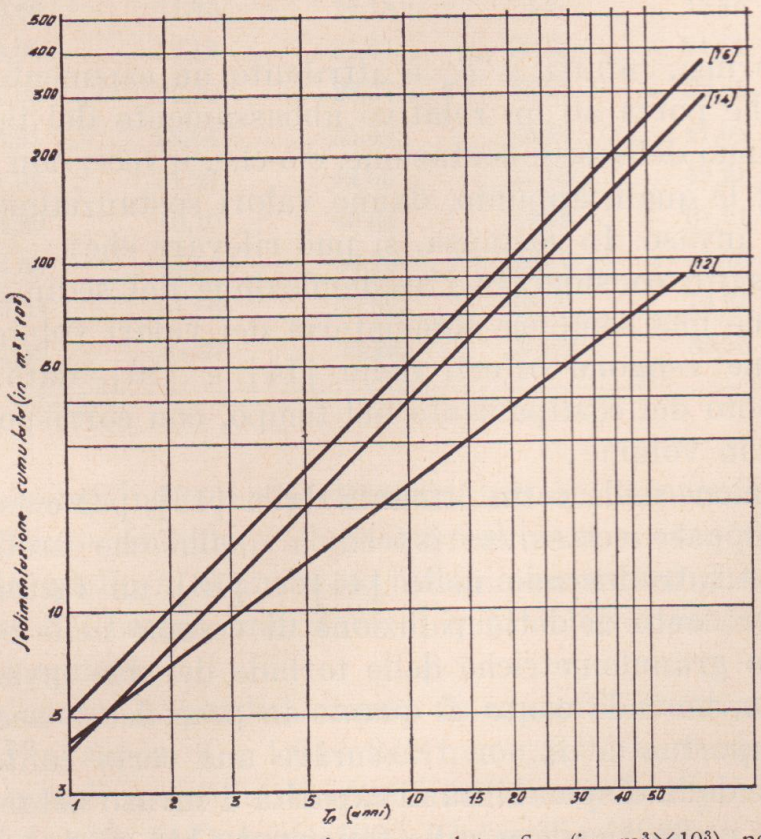

Fig. 12 - Sedimentazione cumulata S (in $m^3 \times 10^3$) nel tempo T **(in anni), secondo le** [12], [14] e [16] per il bacino n. 6.

TAB. V - *Quantità di sedimento cumulabile negli invasi n. 4 e n. 6 nel tempo T secondo i dati ottenuti dalle formule* [12], [14] e [16].

T_n anni	INVASO N. 4				INVASO N. 6			
	Erosione cumulabile m³	Sedimentazione cumulabile			Erosione cumulabile m³	Sedimentazione cumulabile		
		Woodburn [12]	Ackermann [14]	Roehl [16]		Woodburn [12]	Ackermann [14]	Roehl [16]
1	10.177	8.078	5.179	6.411	5.160	4.206	3.944	5.034
2	20.354	13.426	10.358	12.822	10.320	6.990	7.888	10.068
3	30.530	18.078	15.537	19.233	15.480	9.409	11.831	15.103
5	50.884	26.280	25.896	32.055	25.800	13.683	19.719	25.172
10	101.769	43.675	51.793	64.010	51.600	22.738	39.439	50.344
15	152.654	58.787	77.689	96.165	77.400	30.607	59.159	75.516
20	203.538	72.584	103.586	128.220	103.200	37.792	78.879	100.688
25	254.423	85.484	129.482	160.275	129.000	44.506	98.599	125.861
30	305.307	97.730	155.379	192.330	154.800	50.868	118.318	151.033
35	356.292	109.392	181.275	224.385	180.600	56.951	138.038	176.205
40	407.077	120.638	207.172	256.440	206.400	62.806	157.758	201.377
45	457.961	131.515	133.068	288.495	232.200	68.469	177.478	226.549
50	508.846	142.062	258.965	320.550	258.000	73.969	197.198	251.722

Nella prima, infatti, a T_n è attribuito un esponente minore dell'unità, il che porta ad un relativo abbassamento del tasso di accrescimento annuo della sedimentazione, ciò che, invece, non avviene nelle [14] e [16] le quali, appunto, danno valori sostanzialmente analoghi per ciascun invaso. In sostanza, si può rilevare che:

— non è esatto considerare l'accumulazione del sedimento negli invasi come una semplice sommatoria dei valori volumetrici annui, così come vengono offerti dalle [14] e [16], dato che occorre tener conto del costipamento nel tempo, con corrispondente diminuzione in volume;

— l'inclinazione della retta ottenuta dalla [12], per ciascuno dei due invasi, appare eccessiva rispetto a quella che probabilmente si otterebbe introducendo nelle [14] e [16] un fattore correttivo per tener conto di detta riduzione di volume nelle condizioni soprattutto granulometriche delle torbide dei due invasi.

Pertanto, tenendo conto di quanto in precedenza accennato, nonchè della opportunità di non trascurare una certa cautela nella determinazione della disponibilità di capacità d'invaso nel tempo, sembra che la scelta possa ricadere sulle equazioni [14] di Ackermann e Corinth e [16] di Roehl.

Dai valori ottenuti da queste ultime si può rilevare che (tab. VI e fig. 13):

— l'invaso n. 4, dopo 15-20 anni può ancora conservare una capacità d'invaso, intorno all'80% di quella originaria, mentre dopo 35÷45 anni, detta capacità dovrebbe dimezzarsi;

— l'invaso n. 6, invece, appare di più rapido interrimento, infatti, intorno ai 10 anni la capacità d'invaso potrebbe scendere al di sotto dell'80%, per ridursi alla metà intorno ai 25 anni.

TAB. VI - *Perdita di capacità d'invaso*: $P_n = \frac{100\ S_{dn}}{C}$

Età dell'invaso anni	P_n (%)					
	INVASO N. 4			INVASO N. 6		
	Woodburn [12]	Ackermann [14]	Roehl [16]	Woodburn [12]	Ackermann [14]	Roehl [16]
1	1,78	1,14	1,42	1,75	1,64	2,09
2	2,97	2,29	2,84	2,91	3,28	4,19
3	3,99	3,43	4,25	3,92	4,92	6,29
5	5,81	5,73	7,09	5,70	8,21	10,48
10	9,66	11,45	14,18	9,47	16,43	20,97
15	13,00	17,18	21,27	12,75	24,64	31,46
20	16,05	22,92	28,37	15,74	32,86	41,95
25	18,91	28,64	35,46	18,54	41,08	52,44
30	21,62	34,37	42,55	21,19	49,21	62,93
35	24,20	40,10	49,64	23,73	57,51	73,41
40	26,68	45'83	56,73	26,16	65,73	83,90
45	29,09	51,56	63,82	28,52	73,94	94,39
50	31,42	87,29	70,92	30,82	82,16	—

Tali elementi inducono a ritenere pressocchè normale, dal punto di vista dell'interrimento, il laghetto collinare n. 4 e forse con una certa cautela quello n. 6 anche se bisogna ricordare che le condizioni di erodibilità del bacino imbrifero di quest'ultimo sono risultate particolarmente spinte.

D'altro canto, la perdita annua di capacità di invaso dell'1,14÷1,42% per l'invaso n. 4 e 1,64÷2,09 per quello n. 6 risultano essere pressocchè uguali a quelle di altri due invasi, ben più grandi, della Lucania (Cotecchia e Lonoce, 1962, Cotecchia, 1963) i cui valori misurati sono stati dell'1,96 e 2,20%. Inoltre, numerosissime misure

PASSERINI G., 1947 - *La difesa del suolo e l'utilizzazione delle acque in montagna.* Atti del Congr. Naz. della Montagna e del bosco, Firenze, Accademia dei Georgofili, pagg. 223-236.

ROSA G., 1964 - *Prima indagine sull'interrimento dei laghetti collinari in Sardegna.* Estr. da « Studi Sassaresi », sez. III - annali della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari - vol. XI, pagg. 26.

ROEHL J. W., 1962 - *Sediment source areas, delivery ratios and influencing morfological factors.* Ass. Int. d'hydrologie Scient. pubbl. n. 59, Gentrbugge, pagg. 202-213.

SMITH D. D., WHITT D. M., 1948 - *Evaluating soil losses from field areas.* Agr. Eng., vol. 29, pagg. 394-396.

VEN TE CHOW, 1964 - *Handbook of applied hydrology.* Mc Graw - Hill Company - New York - pagg. 1418..

VISENTINI M., 1939 - *L'interrimento dei serbatoi, sua importanza, mezzi per diminuirlo e impedirlo.* L'Energia elettrica, giugno 1939.

VISENTINI M., 1939 - *Depositi alluvionali nei serbatoi italiani e trasporto solido fluviale.* L'energia elettrica, n. 10.

WISCHMEIER W. H., 1959 - *A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation.* Proc. Soil Scr. Soc. Amer. n. 23, pagg. 248-249.

WISCHMEIER W. H., SMITH D. D., 1962 -*Rainfall energy and its a tool in soil and water management planning.* Ass. Int. d'hydrologie scient. - pubbl. n. 59 - Gentbrugge, pagg. 148-159.

ZOLI L., 1954 - *Il dissesto idrogeologico della montagna meridionale.* Atti del II Conv. Tecnico - Cassa per il Mezzogiorno, Cosenza. .