

A T T I
DELLA
SOCIETÀ TOSCANA
DI
SCIENZE NATURALI
RESIDENTE IN PISA

MEMORIE - SERIE A
VOL. LXXIX - ANNO 1972

PROCESSI VERBALI 1972

I N D I C E

DALLAN NARDI L., NARDI R. - Particolari strutture sedimentarie da «slumping» nel macigno della Val di Lima (Appennino pistoiese)	Pag. 1
FRANZINI M., LEONI L. - A full matrix correction in X-ray fluorescence analysis of rock samples	» 7
GALLI E. - La pumpellyite di Tiso-Theis (Bolzano)	» 23
GALLI E. - Nuovi dati sulla pumpellyite di Hicks Ranch (California)	» 29
MENESINI E. - Balani (cirripedia) miocenici dell'Ungheria	» 36
GIANNELLI L., SALVATORINI G. - I Foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'Arcipelago maltese. I. Biostratigrafia del «Globigerina Limestone»	» 49
MENESINI E. - Resti di vertebrati raccolti in sedimenti miocenici dell'Arcipelago maltese	» 77
BOSSIO A. - Alcune specie di <i>Aturia</i> (Nautiloidea) della Puglia e dell'Arcipelago di Malta	» 87
ORLANDI P. - Note di mineralogia toscana - 1. I minerali dei Monti Livornesi	» 95
ROSSI R. - Ring-opening reactions of strained alicyclic molecules by transition metal compounds of group VIII	» 101
VITTORINI S. - Il bilancio idrico secondo Thornthwaite in alcuni bacini della Toscana	» 138
RAPETTI F., VITTORINI S. - I venti piovosi a Legoli (Toscana) in relazione ai processi di erosione del suolo	» 150
GIANNINI E., LAZZAROTTO A. - Significato paleotettonico e paleoambientale della Formazione di Lanciaia (Toscana meridionale) nel quadro dei corrugamenti verificatisi nelle aree di sedimentazione dei complessi liguri nel Cretaceo superiore e all'inizio del Terziario	» 176
RADI G. - Tracce di un insediamento neolitico nell'isola di Lampedusa	» 197
FANCELLI GALLETTI M. L. - I carboni della grotta delle Arene Candide e l'evoluzione forestale in Liguria dopo l'ultima glaciazione	» 206
CAPEDRI S., RIVALENTI G. - First results of an investigation on plastic deformations in the Ivrea-Verbanò zone in an area between Val Sessera and Val Sesia (Vercelli)	» 213
CORADOSSI N. - Nuovi ritrovamenti di composti di ammonio in zone geotermiche	» 223
GRASSSELLINI TROYSI M., ORLANDI P. - Sulla melanoflogite del Fortullino (Livorno)	» 245

LAZZAROTTO A. - Caratteri strutturali dei nuclei mesozoici di Montalceto, Trequanda e Piazza di Siena (Prov. di Siena)	» 251
RICCI C. A. - Geo-petrological features of the metamorphic formations of Tuscany	» 267
FRANZINI M., RICCI C. A., SABATINI G. - Note di mineralogia toscana: ritrovamento di chapmanite alla miniera del Tafone (Manciano, Grosseto)	» 280
CAPEDRI S. - On the presence of graphite and its bearing on the migmatitic environmental conditions of the dioritic gneisses («diorites»), basic formation Ivrea-Verbanò (Italy)	» 286

PROCESSI VERBALI

Adunanza del 10 Febbraio 1972	Pag. 295
Adunanza dell'8 Giugno 1972	» 296
Adunanza straordinaria del 24 luglio 1972	» 296
Assemblea straordinaria del 14 Settembre 1972.	» 297
Assemblea ordinaria del 14 Dicembre 1972	» 298
<i>Elenco dei soci per l'anno 1972</i>	» 301
<i>Norme per la stampa di note e memorie sugli Atti della Società Toscana di Scienze Naturali</i>	» 307

F. RAPETTI, S. VITTORINI *

I VENTI PIOVOSI A LEGOLI (TOSCANA) IN RELAZIONE AI PROCESSI DI EROSIONE DEL SUOLO **

Riassunto — Scopo di questa ricerca è quello di studiare le modalità con cui le piogge, sotto l'azione dei venti possano contribuire ad un'erosione selettiva dei versanti argillosi ed in particolare di quelli esposti a sud che risultano maggiormente soggetti ai processi di erosione accelerata.

Dopo aver discusso sul significato di vento piovoso, gli autori esaminano le correlazioni esistenti tra quantità ed intensità di precipitazioni da una parte e velocità e direzioni di provenienza dei venti piovosi dall'altra, nella stazione sperimentale per lo studio dell'erosione del suolo di Legoli (Toscana). Dai dati forniti dagli strumenti si constata che, diversamente da quanto in genere si afferma, gli afflussi meteorici di maggior entità non sono prevalentemente accompagnati da venti dei quadranti meridionali.

Viene esaminato anche l'effetto che il vento esercita sulla distribuzione delle piogge sui versanti diversamente orientati. A tale proposito gli autori propongono una relazione trigonometrica che consente di valutare, per via teorica, l'afflusso reale delle precipitazioni, deviate dalla verticale per l'azione del vento, su versanti variamente inclinati ed orientati, rispetto agli afflussi registrati dal pluviografo a bocca orizzontale. Viene considerata inoltre la variazione di velocità di impatto delle gocce al suolo per effetto del vento.

Data la debole intensità oraria delle piogge registrate, risulta che l'erosione da impatto (splash erosion) è trascurabile. Inoltre, considerato l'equilibrio esistente tra la quantità delle piogge accompagnate da venti meridionali e quella delle piogge accompagnate da venti settentrionali, non è possibile imputare la maggiore erosione dei versanti argillosi meridionali soltanto ad un'azione diretta delle precipitazioni.

Summary — This paper describes the selective erosive action on the clay slopes, especially the Southern ones, of the rains because of the winds.

After an explanation of the term «rainy wind», the authors examine the correlations between quantity and intensity of the rains on the one hand, and speed and direction of rainy winds on the other, in the experimental station for the study of

* Istituto di Scienze Geografiche dell'Università di Pisa.

** Lavoro eseguito con il contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

erosion set up in Legoli (Toscana). By the data of the meteorological instruments, the authors observe that, differently from the common opinion, the large part of the rains is not prevalently linked together with Southern winds.

The authors also consider the effect of the wind on the distribution of the rains on the different slopes, and suggest a trigonometric formula that allows to compute the real rainfalls, deviated from the wind, on the different slopes as regards the rains gauged by means of common horizontal pluviometers.

Further the authors consider the change of speed of the raindrops according to the wind.

Since the rain intensity is very weak, it turned out that the splash-erosion is negligible. At last, because the amount of the rains with Southern winds is almost equal to that with Northern ones, it is impossible to attribute the more widespread erosion of the clay slopes facing South only to a direct action of rainfall.

PREMESSA

Pochi sono gli studi compiuti sulla frequenza dei venti piovosi o, in generale, sulla correlazione tra la frequenza e velocità dei venti e le precipitazioni (A. FANTOLI [1960]; C. MENNELLA [1961]; F. FLIRI [1965]; M. PANICUCCI [1966]), anche se questo argomento presenta un certo interesse teorico, come lo studio del topoclima, o applicativo, come nel caso delle ricerche idrologico-agrarie, irrigue e di quelle sull'erosione.

Con il termine «venti piovosi» intendiamo indicare quei venti che soffiano durante le piogge. Abbiamo preferito questa dizione a quella, usata da altri autori, di «venti apportatori di pioggia» per non cadere nell'equivoco di attribuire a determinati venti la causa della pioggia. Le precipitazioni, com'è noto, si verificano per l'urto di masse di aria calda e umida con quelle di aria più fredda. Tale urto determina la formazione di perturbazioni. Rispetto ad un determinato luogo interessato da una di queste perturbazioni, i venti soffiano, al loro passaggio, secondo svariate direzioni che dipendono dal tipo della perturbazione e dalla sua direzione di provenienza. A nostro parere è la frequenza ed il tipo di perturbazioni che determinano a loro volta la frequenza di un determinato vento su di un determinato luogo durante le piogge, senza contare poi gli elementi locali, come la morfologia del rilievo e la posizione del luogo interessato rispetto ai centri di azione del tempo.

La presente ricerca vuol apportare, attraverso lo studio dei venti piovosi in una località della Toscana centrale, un contributo agli studi sull'erosione condotti dall'Istituto di Scienze Geografiche del-

l'Università di Pisa, sulla scorta dei dati del campo sperimentale di Legoli. Questo campo fu istituito nel 1963 allo scopo di valutare quantitativamente gli effetti della pioggia su due parcelle di 1000 mq di superficie e di studiare il diverso comportamento dei versanti sotto l'azione degli agenti atmosferici. A tale scopo le due parcelle furono scelte in modo da essere orientate approssimativamente l'una a sud e l'altra a nord.

Tutto il complesso delle attrezzature è posto alla testata del torrente Granchiaie, affluente del Roglio, in Val d'Era. Le due parcelle sono disposte l'una di fronte all'altra, sui due versanti di una vallecola e sono orientate rispettivamente a SSW e a NNW. La loro ubicazione è stata scelta opportunamente su di un terreno non soggetto a fenomeni di erosione di massa per poter valutare esclusivamente l'erosione dovuta al dilavamento. Tuttavia il versante esposto a sud, su cui è posta la parcella n. 1, è interessato, non lontano dalla parcella stessa, da estese forme di erosione accelerata in cui prevalgono i movimenti di massa. Tali movimenti non hanno una precisa periodicità, anche se di preferenza si verificano in autunno e in primavera (S. VITTORINI [1971]), dopo lunghi periodi umidi, e rappresentano perciò degli episodi parossistici del lento, ma continuo defluire del suolo verso valle. Il risultato finale di questo movimento, come è stato osservato anche in altri luoghi, è la scomparsa del suolo dalle pendici interessate dal fenomeno le quali si presentano denudate della loro cotica erbosa e sono perciò più facilmente soggette all'azione battente della pioggia e al dilavamento, azione che verrebbe esaltata proprio dal vento che determina un aumento della velocità di impatto delle gocce d'acqua ed una distribuzione selettiva della pioggia sui versanti diversamente orientati.

Per quanto non sia stata compiuta ancora un'indagine statistica, eccetto quella compiuta anni or sono (M. BUCCIANTE [1922]), peraltro fatta solo sulla scorta delle tavolette dell'IGM, risulta evidente all'osservatore che la maggior parte dei fenomeni di erosione accelerata in Val d'Era è localizzata nei versanti meridionali⁽¹⁾. Per questo motivo è importante la conoscenza della direzione e della velocità del vento durante la pioggia per poter stabilire se è vero e in che misura i venti piovosi contribuiscono a questa distribuzione così selettiva dell'erosione.

In un precedente lavoro (S. VITTORINI [1971]), è stata illustra-

(1) Risulterebbe infatti che nella Toscana il 26% dei calanchi è esposto a sud; il 12% a sud-ovest; il 19% a sud-est; il 18% ad est; il 14% ad ovest; l'1% a nord-ovest; l'8% a nord e il 5% a nord-est.

ta un'ipotesi che spiegherebbe la maggior frequenza dei fenomeni di erosione nei versanti a sud. Secondo tale ipotesi però si invocano altri fattori piuttosto che l'azione dei venti piovosi, tuttavia non è priva di interesse un'indagine su questo ultimo fattore, anche perché è opinione diffusa, e accreditata anche da alcune pubblicazioni, che durante le piogge spirano più frequentemente venti provenienti dalle regioni meridionali, e in particolare dal terzo quadrante, che

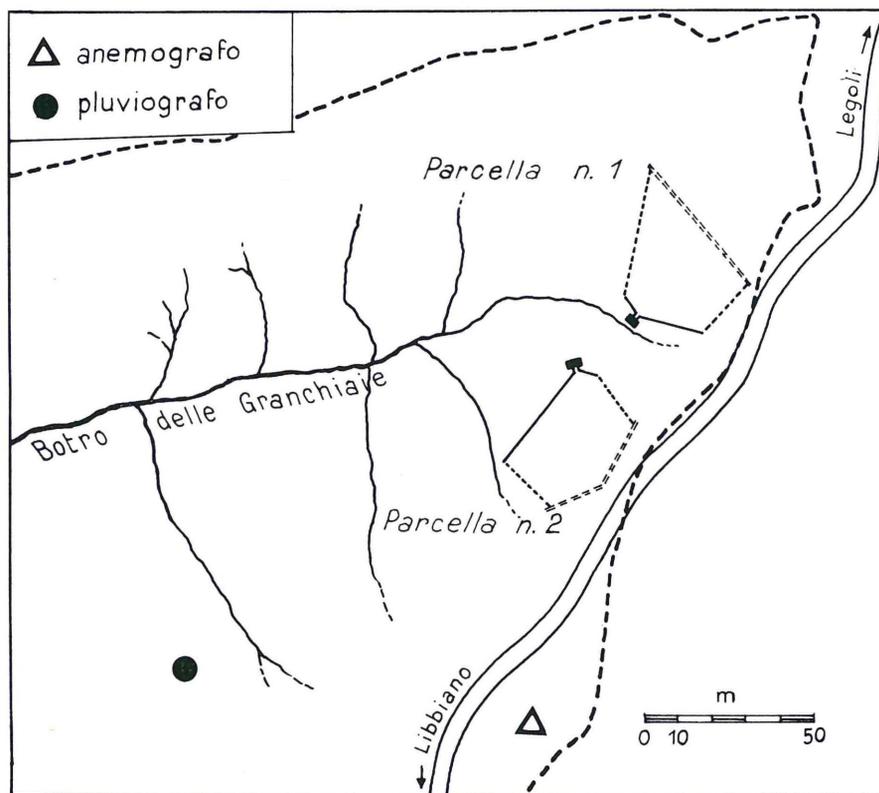


Fig. 1 - Disposizione delle parcelle e degli strumenti registratori nella stazione sperimentale di Legoli.

spesso vengono definiti «apportatori di pioggia». Tali venti contribuirebbero e non poco alla maggiore diffusione dell'erosione nei versanti meridionali (G. PASSERINI [1937]).

Com'è noto infatti la pioggia esplica la sua azione erosiva in due modi diversi: azione diretta per l'effetto battente dell'acqua dovuto all'energia cinetica accumulata dalle gocce di pioggia e azione indiretta attraverso l'asportazione delle particelle del terreno ri-

mosse per l'effetto battente della pioggia o per altra causa, come ad esempio la disintegrazione idromolecolare dell'argilla (G. PASSE-
RINI [1957]), e attraverso l'accumulo dell'acqua nel suolo che deter-
mina la formazione di movimenti di massa, quali colate di fango,
smottamenti e tipi particolari di soliflusso. D'altro canto l'influenza
del vento durante le piogge si manifesta sia nell'aumento dell'ener-
gia cinetica delle gocce d'acqua sia nella diversa distribuzione della
pioggia sui versanti in rapporto alla direzione del vento e di conse-
guenza nel deflusso che risulterà maggiore nei versanti controvento
che in quelli sottovento.

Tuttavia dalle nostre osservazioni dirette e da una prima ani-
lisi dei dati offerti dagli strumenti in prossimità delle parcelle, è
risultato che, almeno a Legoli, non si verificava una concordanza
tra piogge e venti dei quadranti meridionali, ma che anzi le piogge
erano in gran parte accompagnate da venti spiranti da tutt'altra
direzione. Ci siamo accinti pertanto a compiere un'analisi partico-
lareggiata dei diagrammi del vento e della pioggia misurando dire-
zione e velocità del vento e quantità di pioggia caduta nell'interval-
lo di ciascuna ora, con una frequenza perciò di 24 osservazioni gior-
naliere, per un periodo di quattro anni, dal marzo 1968 al marzo
1972. Un'indagine in questo senso era compatibile con le attrezza-
ture a nostra disposizione in quanto potevamo usufruire di un ane-
mografo per lo studio del vento, di un pluviografo, di idrometro-
grafi per lo studio delle portate delle due parcelle diversamente
orientate e di vasche di decantazione per la misura delle torbide
defluite dalle parcelle⁽²⁾.

CORRELAZIONE TRA PRECIPITAZIONI E VENTI PIOVOSI

Prima di iniziare la trattazione dei venti piovosi a Legoli è bene
parlare brevemente dei venti in genere della bassa valle dell'Arno

(2) I dati dell'anemografo dovrebbero essere a rigore attendibili in quanto lo
strumento è posto sulla sommità di una collinetta a circa 200 m di altitudine, sullo
spartiacque tra il T. Granchiaia e il T. Melogio. Tutt'intorno i rilievi hanno altitu-
dini minori eccetto il Colle Belverde che è di 202 m e dista circa 300 m in linea
d'aria e il Poggio dei Pini, di 240 m, sul quale sorge Legoli, che dista circa 1 Km.
Elevazioni maggiori di queste si rinvencono ad almeno 10 Km di distanza, sullo
spartiacque tra la Val d'Era e la Val d'Evola, ad est del campo sperimentale, e
tuttavia sono contenute entro i 550 m. Inoltre intorno allo strumento non vi sono
alberi o costruzioni che potrebbero disturbare il normale flusso del vento.

dal quale poco si discosterà quello della Val d'Era, data la sua posizione e la debole elevazione delle colline che caratterizzano il suo rilievo.

I venti di gran lunga più importanti che spirano nella bassa valle dell'Arno sono l'E da una parte, con una frequenza del 15,73%, seguito dall'ESE (7,10%) e dall'ENE (3,51%) e l'W dall'altra con una frequenza dell'11,50%, seguito dall'WSW (6,78%), dal SW (3,94%) e dall'WNW (3,63%). Le altre direzioni hanno frequenze più basse, inferiori al 3% (M. PINNA [1958]). Per quanto riguarda il regime anemometrico si può affermare che durante il semestre invernale soffiano venti orientali, con prevalenza dell'E, mentre durante il semestre estivo soffiano venti occidentali con prevalenza dell'W.

Da questi dati si arguisce che la valle dell'Arno ha una grande importanza sull'andamento dei venti in quanto, data la sua posizione perpendicolare ai meridiani, agisce non solo come via naturale ai venti di E e di W, ma influisce sulla direzione di quegli altri, che non hanno direzione decisamente meridiana, deviandoli dalla loro direzione originaria, «guidandoli» secondo la direzione dei paralleli.

L'andamento dei venti piovosi si può inquadrare nell'ambito di questa situazione, poiché anche in questi si riscontra un ben preciso orientamento secondo i paralleli. Infatti, come si può notare dalla tabella n. 1 i principali venti che soffiano durante le piogge sono l'E (23,82%), l'ENE (12,86%), l'WNW (11,12%). Ma tale orientamento appare più marcato se si raggruppano i venti dei due settori interessati, dal momento che l'E, l'ENE e l'ESE insieme assommano il 41,86% delle frequenze e l'W, l'WSW, e l'WNW il 20,10% per un totale del 61,96% contro il 14% dei venti del settore meridionale (il S, il SSE e il SSW). Gli altri venti hanno scarso rilievo e in particolare il SW registra appena il 2,95% delle frequenze.

Ancora più evidente appare l'importanza dei venti piovosi orientali e occidentali se, come appare dalla Tab. 1 questi due gruppi di venti che prevalgono per la loro frequenza sono anche quelli che raggiungono le velocità più elevate. Infatti sono gli unici che registrano velocità superiori ai 12 m/s pari a 43,2 Km/h. Tali velocità sono piuttosto rare invero, poiché la massima frequenza dei venti piovosi (41,08%) si registra nella seconda classe, quella da 3 a 6 m/s e solo il 19,28% registra velocità comprese tra 6 e 9 m/s. In contrapposizione ai venti piovosi con direzione parallela, quelli

con direzione meridiana, il S e il N, non raggiungono velocità elevate avendo la loro massima frequenza nelle prime classi di velocità.

In complesso perciò la velocità dei venti, com'era logico prevedere, durante le piogge si mantiene entro limiti non elevati, tuttavia le piogge in presenza di calma sono rare raggiungendo appena il 3,23% delle frequenze.

Un'altra considerazione importante riguarda l'intensità oraria delle piogge a seconda dei venti che spirano a Legoli. Innanzitutto è bene precisare che le precipitazioni registrate nell'arco dei quattro anni di osservazione hanno un'intensità oraria relativamente bassa; l'intensità media risulta essere infatti di 1,25 mm/h. Rarissime le piogge con intensità di 30 mm/h, verificatesi in un paio di occasioni, hanno avuto la prevalenza quelle di bassa intensità fino a 3 mm/h, mentre quelle con intensità media da 5 a 8 mm/h hanno avuto una frequenza modesta. Tuttavia si sono avute sensibili variazioni a seconda della direzione del vento spirante al momento della pioggia.

Se consideriamo il vento da E infatti, possiamo notare che è caratterizzato in prevalenza da piogge poco intense poiché il 50% delle precipitazioni che si verificano con questo vento non supera 1,8 mm/h. Dalla tabella si può notare che la quantità delle piogge con tale vento diminuisce con l'aumentare dell'intensità oraria. Infatti solo il 5,06% delle piogge ha un'intensità superiore a 14 mm/h.

Di contro le piogge più intense si sono verificate con venti soffianti dal settore occidentale, tra i quali il NW ha ben il 23,36% di precipitazioni superiori ai 14 mm/h. Col vento da S le intensità si sono mantenute su di un valore medio, con una frequenza quasi costante in tutte le classi di intensità.

In complesso si può dire che le piogge con intensità più elevata sono accompagnate da venti occidentali mentre le piogge di intensità bassa o molto bassa sono accompagnate da venti orientali. E' abbastanza frequente infatti osservare nel corso della giornata lunghe serie di ore con piogge inferiori al millimetro caratterizzate da vento da E mentre è possibile registrare una sola abbondante pioggia di un'ora accompagnata da vento di WNW.

E' pure interessante esaminare l'andamento delle frequenze dei venti piovosi nei vari mesi dell'anno. Possiamo così constatare dalla fig. 2 che quelli orientali prevalgono nel semestre invernale, con massimo tra novembre e gennaio mentre quelli occidentali preval-

gono, anche se con frequenza minore, nella tarda primavera e nell'inizio dell'estate. Durante l'estate, che coincide con la stagione asciutta, si verifica, naturalmente, un minimo dei venti piovosi. I venti del settore meridionale coincidono con le piogge del semestre invernale, rimarcandosi la loro completa assenza durante le precipitazioni estive.

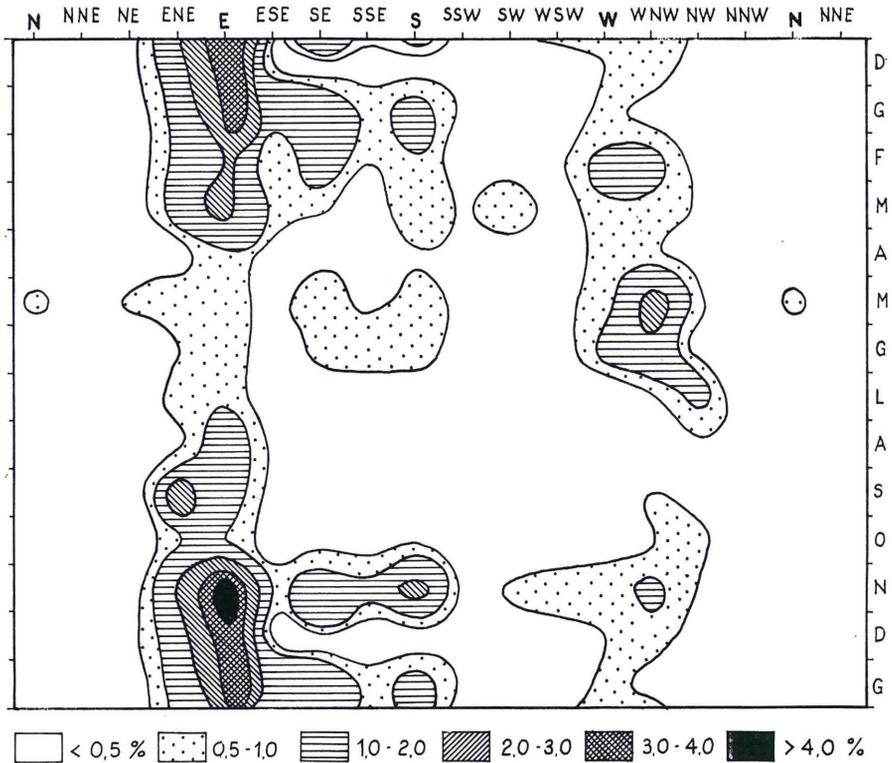


Fig. 2 - Distribuzione percentuale della pioggia nei vari mesi dell'anno per ogni direzione di provenienza dei venti piovosi.

La generale prevalenza dei venti piovosi orientali durante l'inverno a Legoli è dovuta, in un quadro più ampio, all'incontro di aria fredda proveniente dall'Europa orientale con quella più calda proveniente dall'Africa settentrionale; su scala regionale, ad una situazione caratterizzata dalla presenza di un'area di bassa pressione sulla Sardegna o sul Tirreno centrale. La circolazione antioraria che si determina intorno a tale area depressionaria determina l'afflusso

sulla Toscana centrale di correnti dal settore orientale e in prevalenza da E. Tale situazione è accompagnata sovente dall'arrivo di perturbazioni da W o da ciclogenesi sul Mediterraneo occidentale che provocano precipitazioni prolungate nel tempo, ma di debole intensità. Una situazione di questo tipo è illustrata dalla fig. 3 a che si riferisce al 24 nov. 1971, quando un'area di bassa pressione staziona sul Mediterraneo occidentale e alle ore 12 è incentrata sulla Sardegna. Una massa d'aria calda proveniente dall'Africa settentrionale confluisce sull'Italia scontrandosi con l'aria più fredda proveniente dall'Europa nord occidentale, favorita dalla presenza di una vasta area di alta pressione sull'Atlantico settentrionale, determinando precipitazioni sull'Italia centrale. Un fronte freddo infatti proveniendo da W, in via di occlusione, interessa le coste della Toscana e del Lazio. La circolazione antioraria intorno al nucleo depressionario determina correnti orientali sulla Toscana. A Legoli in quel giorno si sono avuti 15,2 mm di pioggia distribuiti nell'arco di 15 ore, accompagnata da vento da E. Si è potuto riscontrare che, generalmente, in concomitanza di vento piovoso da E si registra la presenza di perturbazioni da W e da SW e mai da NW.

I venti piovosi occidentali soffiano invece quando sull'Italia si verifica l'afflusso di aria umida atlantica favorito dalla presenza di un'area ciclonica molto estesa sulla Gran Bretagna e di un'area anticiclonica sulle Azzorre. Si verifica l'arrivo di fronti freddi che determinano piogge intense sulle regioni occidentali della Penisola. Altra situazione con venti piovosi occidentali è quella in cui il minimo depressionario è localizzato sull'Europa centro orientale ed è accompagnato da perturbazioni da NW. Una situazione di questo genere è indicata nella fig. 3 b in cui è chiaramente visibile la zona di bassa pressione sull'Austria orientale e la serie di fronti freddi ruotanti intorno ad essa. In questa occasione si sono verificati a Legoli precipitazioni di quasi 4 mm in una sola ora, accompagnate da vento di WNW.

Altra situazione, anche se poco frequente, è quella con venti piovosi da S. In questo caso la bassa pressione è localizzata sul Golfo di Genova o sul Golfo del Leone, e si verifica un afflusso di aria calda dall'Africa settentrionale e di aria fredda dall'Europa nord occidentale. E' una situazione simile in molti tratti a quella con venti piovosi da E, solo che il centro di azione del minimo depressionario è collocato più a NW rispetto a Legoli per cui la Toscana centrale è investita da venti meridionali, come mostra la Fig. 3 c.

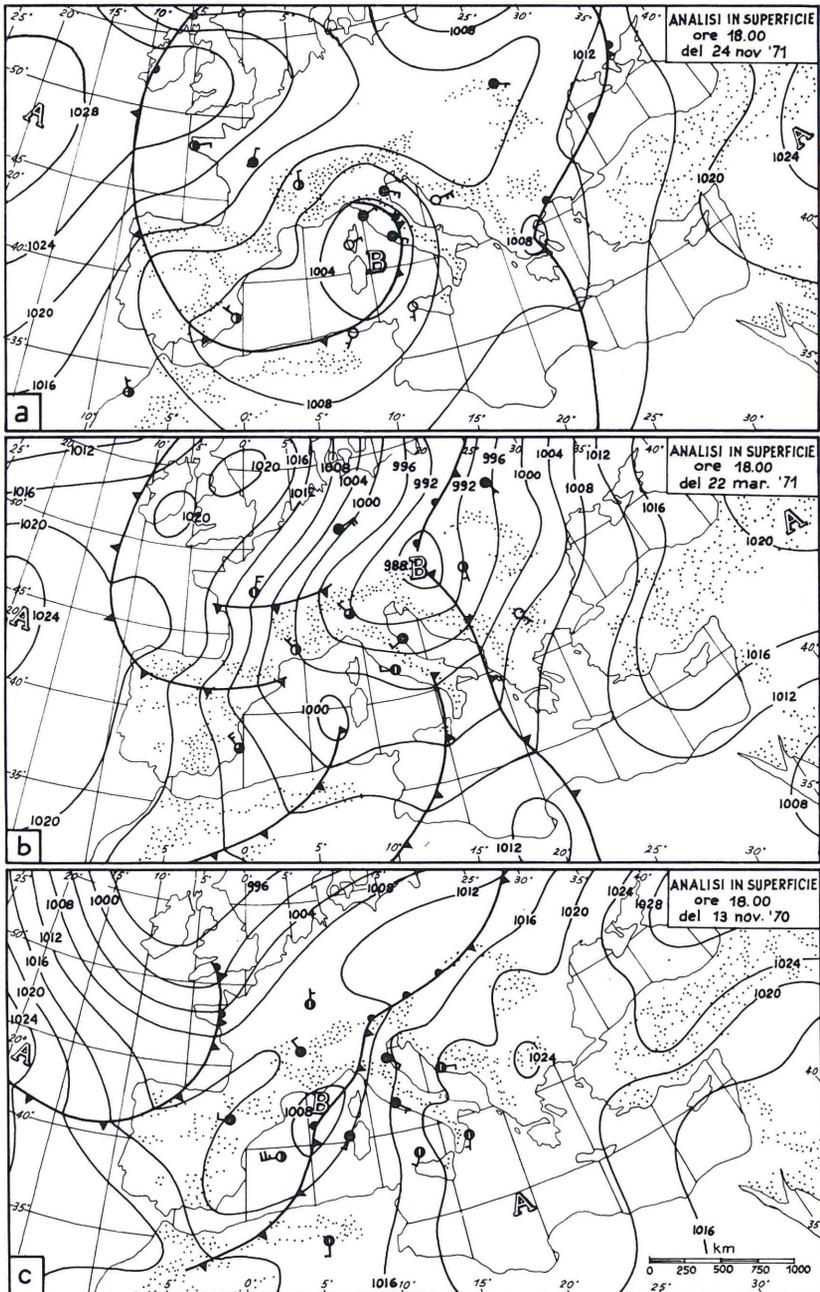


Fig. 3 - Alcune situazioni sinottiche al suolo spieganti le condizioni del tempo con venti orientali (a), occidentali (b) e meridionali (c).

Su scala regionale pertanto, a prescindere dalle situazioni di carattere generale che determinano il cattivo tempo su vaste regioni, la direzione dei venti piovosi sulla Toscana centrale e quindi a Legoli è condizionata dalla posizione, rispetto ad essa, delle zone di bassa pressione di non grande rilievo gravitanti sul Tirreno e di quelle presenti sull'Italia settentrionale o sull'Europa centro orientale. L'alta frequenza dei venti piovosi orientali sarebbe dovuta pertanto alla presenza dell'area ciclonica stazionante sul Tirreno centro-settentrionale, intorno alla quale si genera una circolazione antioraria che determina l'afflusso di venti imputabili ad una circolazione regionale. Ciò spiegherebbe la bassa frequenza di venti piovosi da SW i quali sarebbero più frequenti con tale situazione nelle regioni poste più a S della Toscana.

Influisce pure la presenza della valle dell'Arno che esercita una sensibile azione di canalizzazione sui venti, in specie di quelli orientali e occidentali, della circolazione generale, mentre è da escludere che sulla frequenza dei venti piovosi possano incidere le brezze di mare e di terra le quali, anche se sono frequentissime a Legoli, com'è risultato dallo spoglio dei diagrammi, si presentano quasi esclusivamente durante i giorni di sereno e di bel tempo.

AZIONE DEL VENTO SULLE PRECIPITAZIONI

Si premettono alcune considerazioni di carattere generale circa l'azione erosiva diretta delle precipitazioni (erosione da impatto o splash erosion); successivamente si esamina l'interazione fra vento e pioggia ed i suoi principali effetti.

L'interazione fra vento e precipitazioni si esplica essenzialmente in due modi: da una parte essa determina un aumento della velocità di caduta delle gocce di pioggia, con relativo aumento della loro energia cinetica, e dall'altra mediante uno spostamento della traiettoria delle stesse gocce dalla verticale, che a sua volta produce una distribuzione selettiva degli afflussi meteorici nei versanti diversamente orientati rispetto alla direzione di provenienza dei venti piovosi.

a) *Energia cinetica della pioggia*

Nel presente paragrafo si esamina brevemente l'influenza del vento relativamente all'aumento dell'aggressività erosiva delle precipitazioni.

Come è noto dalla meccanica l'energia cinetica E_c dei corpi dotati di movimento è espressa dalla relazione $E_c = 1/2mv^2$, dove con m si indica la massa e con v la velocità. L' E_c esprime il lavoro meccanico che un corpo di massa m può compiere riducendosi allo stato di quiete. Dunque la relazione citata, valida per tutti i corpi dotati di movimento, può applicarsi alle singole gocce di pioggia che costituiscono una precipitazione naturale. Naturalmente se si considera la grande variabilità nel tempo e nello spazio degli elementi caratteristici delle precipitazioni, si deve concludere che il calcolo dell'energia globale può compiersi solo attraverso valutazioni di tipo statistico. Quindi per determinare l' E_c di una pioggia è necessario conoscere la massa delle singole gocce, la loro velocità di caduta e la loro relativa area di impatto⁽³⁾.

Per quanto riguarda l'influenza del vento relativamente all'aumento della velocità di caduta delle gocce, Hudson propone la relazione seguente:

$$V_r = \frac{V_v}{\cos \beta}$$

dove con V_r indica la velocità reale delle gocce in presenza di vento, con V_v la velocità terminale in atmosfera calma e con β l'angolo di impatto delle gocce al suolo. La relazione proposta da Hudson si può utilizzare quando siano noti i diversi valori di β nelle varie condizioni anemometriche. Quando invece sia conosciuta la velocità del vento, la relazione che esprime la velocità reale di caduta delle gocce ha la forma seguente:

$$V_r = \sqrt{V_v^2 + V_c^2}$$

dove V_c indica la velocità di caduta in atmosfera calma e V_v la velocità del vento. Occorre appena ricordare che quest'ultima relazione si ottiene considerando la goccia di pioggia animata contemporaneamente da due velocità, la velocità di caduta e la velocità del

(3) Vari autori hanno determinato, con l'ausilio di dispositivi di misura, la massa, la velocità terminale ed il diametro delle gocce che in un determinato intervallo di tempo cadono sull'unità di superficie; in particolare, per quanto riguarda la velocità terminale delle gocce, si è osservato, conformemente a quanto previsto dalle leggi della meccanica, che essa è pressoché costante e compresa tra 1 e 10 m/s, in funzione del diametro.

vento, procedendo successivamente alla composizione delle due velocità con la nota regola del parallelogramma. Dunque il vento determinando un aumento della velocità di caduta delle gocce di pioggia incrementa la loro energia cinetica.

In particolare sui suoli incoerenti o poco coerenti e non coperti da forme di vegetazione, l'energia cinetica della pioggia viene trasformata nel lavoro di frantumazione e dislocazione degli aggregati terrosi, che successivamente vengono presi in carico dalle pellicole d'acqua che costituiscono il ruscellamento e trasportati a valle. Per quanto riguarda l'entità del lavoro erosivo bisogna aggiungere che oltre all'energia cinetica della precipitazione è necessario considerare come fattore la acclività del versante, cioè la componente gravitativa parallela alle linee di massima pendenza del versante stesso. In un suolo pianeggiante, anche in seguito ad acquazzoni violenti non si verifica nessun apprezzabile spostamento di suolo in senso laterale, poiché le dislocazioni di particelle terrose, che pure avvengono, si compensano statisticamente punto a punto; mentre nei versanti acclivi la componente della forza di gravità determina spostamenti di materiale sciolto verso le zone topograficamente più depresse.

In ogni caso, da prove sperimentali (N. W. HUDSON [1961]), si è visto che piogge di intensità minore di 25 mm/h producono un effetto erosivo molto basso, e soltanto sopra tale valore limite dell'intensità si stabilisce una relazione pressoché lineare fra l'energia cinetica della precipitazione e la quantità di materiale eroso.

b) *Influenza del vento sulla distribuzione degli afflussi meteorici*

In zone non pianeggianti, l'azione del vento oltre a variare l'aggressività erosiva delle precipitazioni, determinando lo spostamento delle gocce di pioggia dalla loro normale traiettoria di caduta, influisce in modo sensibile sulla distribuzione degli afflussi meteorici nei versanti diversamente orientati rispetto alla direzione dei venti piovosi, specie se prossimi agli spartiacque dove, in genere, a causa della massima velocità raggiunta dai venti, le precipitazioni subiscono la deviazione massima dalla verticale.

Lo studio quantitativo della distribuzione degli afflussi meteorici sui versanti acclivi nasce dall'esigenza di conoscere in modo preciso i volumi d'acqua intercettati dalle pendici dei bacini montani e collinari (M. PANICUCCI [1966]). Tale conoscenza rappresenta

infatti il fattore di base per ogni ulteriore indagine di tipo idrologico, idrogeologico, agronomico e, ciò che interessa nel nostro caso, per lo studio dei fenomeni erosivi e del trasporto solido, poiché accumuli selettivi d'acqua su versanti di esposizione diversa hanno influenza sullo stato di saturazione dei suoli, sul ruscellamento e quindi esercitano un'azione diretta e indiretta e quantitativamente rilevante su tutti i processi di erosione, ed in particolare sui processi di erosione accelerata. La conoscenza approfondita degli eventi pluviometrici appare inoltre particolarmente rilevante per gli studi di previsione di piena dei bacini.

Com'è noto gli afflussi meteorici sono misurati in Italia a cura delle Sezioni del Servizio Idrografico, facenti capo al Ministero dei LL. PP., che dispongono di apparecchi registratori a bocca orizzontale, riferenti cioè l'afflusso meteorico alla proiezione sul piano orizzontale della superficie topografica del terreno.

In zone pianeggianti ed in assenza di vento tali registrazioni pluviometriche hanno una validità assoluta; in terreni acclivi ed in presenza di vento le registrazioni eseguite con pluviografi a bocca orizzontale introducono errori notevoli rispetto ai volumi d'acqua effettivamente caduti sulla superficie topografica del terreno. Tali errori determinano in alcuni casi forti anomalie fra afflussi meteorici e deflussi liquidi, fino a determinare deflussi molto maggiori di uno⁽⁴⁾. Horton, ad esempio, in uno studio sul rapporto fra afflussi e deflussi in alcuni bacini delle Montagne Rocciose, situate in prossimità degli spartiacque, determina deflussi da tre a sette volte superiori rispetto agli afflussi dedotti dalle registrazioni di strumenti a bocca orizzontale (R. E. NORTON [1919]); l'autore spiegherebbe tali anomalie come principalmente dovute all'errore che si commette utilizzando i normali dati pluviometrici al posto delle quantità reali di precipitazioni intercettate dalle pendici del bacino, specie quando queste sono esposte a venti piovosi o nevosi costanti⁽⁵⁾. Errori sono possibili anche in senso inverso, quando cioè la direzione dei venti piovosi rispetto all'esposizione del versante determina un valore più basso della quantità d'acqua intercettata dalla pendice rispetto al valore pluviometrico.

(4) Tali anomalie possono in alcun casi essere attribuite alla struttura tettonica ed alla natura litologica delle rocce del bacino in esame.

(5) Infatti i fiocchi di neve per il loro alto rapporto superficie-peso, in presenza di vento, si inclinano sotto angoli anche di 70°-80°, determinando accumuli al suolo altamente selettivi.

La valutazione teorica del rapporto fra l'afflusso meteorico registrato dallo strumento a bocca orizzontale e l'afflusso reale intercettato dalla pendice di un bacino può compiersi per via geometrica. I fattori che influenzano tale rapporto sono: la pendenza del versante, l'angolo di deviazione delle gocce di pioggia dalla verticale, l'angolo azimutale che la linea di massima pendenza del versante fa con una direzione di riferimento (nel nostro caso rispetto alla direzione nord-sud) e l'angolo azimutale fra la direzione di provenienza del vento piovoso (meglio con la sua proiezione sul piano orizzontale) e la stessa direzione di riferimento nord-sud.

Per la determinazione teorica dell'afflusso effettivamente intercettato dalla pendice si propone la relazione seguente:

$$(1) \quad Pr = Po \frac{\cos \Phi}{\cos \beta}$$

dove con Po si indica la registrazione pluviometrica effettuata con uno strumento a bocca orizzontale, con Pr l'afflusso reale calcolato intercettato dalla pendice, con Φ l'angolo formato fra la normale alla pendice e la direzione di provenienza della pioggia e con β l'angolo di deviazione delle gocce di pioggia dalla verticale. La relazione (1) è valida per la determinazione dell'afflusso reale calcolato (Pr), noto Po e in riferimento alla superficie reale del terreno acclive⁽⁶⁾.

Quando sia necessario determinare l'afflusso reale calcolato (Pr) in rapporto alla proiezione sul piano orizzontale della pendice la relazione (1) assume la forma:

$$(2) \quad Pr = Po \frac{\cos \Phi}{\cos \beta} \frac{I}{\cos \alpha}$$

per la quale valgono le notazioni già espresse.

Occorre appena precisare che le relazioni (1 e 2) hanno un significato esclusivamente teorico, perché nelle situazioni naturali non

⁽⁶⁾ Nella relazione (1) si può dimostrare, con considerazioni di tipo vettoriale, che $\cos \Phi = \cos (90-\alpha) \cos \theta \cos (90-\beta) \cos \vartheta' + \cos (90-\alpha) \sin \theta \cos (90-\beta) \sin \vartheta' + \sin (90-\alpha) \sin (90-\beta)$, dove α indica l'angolo di acclività della pendice, β l'angolo di deviazione delle gocce di pioggia dalla verticale, θ l'angolo azimutale fra la direzione di massima pendenza del versante e la direzione nord-sud e θ' l'angolo azimutale fra la direzione di provenienza della pioggia e la stessa direzione di riferimento nord-sud.

esistono superfici acclivi perfettamente piane e di pendenza costante, come non esistono venti che spirino per intervalli abbastanza lunghi con direzione e velocità costanti; tuttavia con tali relazioni si possono determinare gli ordini di grandezza degli errori cui si va incontro quando nella valutazione degli afflussi meteorici si utilizzano, senza ulteriore considerazione, il dato pluviometrico ottenuto da strumenti a bocca orizzontale⁽⁷⁾.

DISTRIBUZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI NELLE DUE PARCELLE SPERIMENTALI

Prendendo spunto da quanto detto nel paragrafo precedente si è voluta calcolare la distribuzione degli afflussi meteorici applicando la formula (1) che tiene conto della direzione di provenienza dei venti piovosi e dell'angolo di deviazione delle gocce d'acqua della pioggia dalla verticale, in modo da determinare l'afflusso reale delle precipitazioni che investono le due parcelle che, com'è noto, sono diversamente orientate.

Per l'utilizzazione della formula (1) è necessario conoscere $\cos \Phi$ e $\cos \beta$; il primo risulta dalla relazione riportata nella nota 6 mentre per quanto riguarda $\cos \beta$ si è proceduto nel seguente modo. Si è calcolata la media ponderata della velocità del vento in m/s per ognuna delle sedici direzioni principali, quindi, in base alla intensità media delle precipitazioni, utilizzando le relazioni empiriche esistenti tra intensità della pioggia e diametro delle gocce (A. FEODOROFF [1965]), abbiamo assunto come velocità media di caduta delle gocce (V_c), in assenza di vento, il valore di 6 m/s. Componendo le due velocità, quella di caduta (V_c) e quella di traslazione impressa dal vento (V_v), con la nota regola del parallelogramma, abbiamo ottenuto la velocità reale calcolata di impatto della pioggia (V_r), come risulta dalla tabella 3.

(7) Per indagare sulla relazione fra l'errore teorico e l'errore in una situazione naturale (M. PANICUCCI [1966]; [1967]) che si commette considerando l'afflusso meteorico dedotto dallo strumento registratore a bocca orizzontale, l'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Protezione del Suolo di Firenze ha messo in esperimento uno speciale pluviografo «direzionale» che, oltre a misurare l'altezza pluviometrica secondo il metodo corrente, fornisce anche la direzione di provenienza della precipitazione e la sua deviazione dalla verticale. Dai primi risultati risulta una buona corrispondenza fra errore teorico e determinazione sperimentale.

Dalla relazione $\cos \beta = V_v/V_r$ (A. FEODOROFF [1965]) si ottiene $\cos \beta$ dove β rappresenta l'angolo di deviazione della pioggia dalla verticale.

Noti ora tutti i parametri della relazione (1), partendo da P_o , che rappresenta la quantità di pioggia registrata al pluviografo, è stato possibile calcolare gli afflussi reali di precipitazioni intercettate dalle due particelle per le diverse direzioni di provenienza dei venti piovosi. I dati ottenuti sono riportati nella tabella 4. Da essa risulta che la quantità calcolata delle precipitazioni non è uguale nelle due parcelle⁽⁸⁾ per ciascuna direzione di provenienza del vento, anche se la differenza tra le medie annue delle piogge intercettate dalle due parcelle è molto piccola. Passando all'esame di alcune direzioni si osserva quanto segue. Con piogge accompagnate da venti con direzione meridiana si verifica una forte differenza tra l'acqua intercettata dalle due parcelle: ad esempio con vento da nord la parcella n. 1 riceve 34,15 mm di acqua mentre quella n. 2 ne riceve 54,35, cioè a dire che nel primo caso c'è stato uno scarto del 29% in meno e nel secondo del 13% in più rispetto alle piogge registrate. Lo stesso dicasi per le piogge con vento da sud in cui gli scarti sono stati rispettivamente dell'11% in più e del 29% in meno. E' da precisare che, a causa della diversità di velocità del vento nelle singole direzioni, gli scarti tra le piogge con venti provenienti da opposte direzioni non sono reciproci, così come si è visto nel caso delle piogge provenienti da nord e da sud.

Per quanto riguarda le piogge laterali, da calcoli effettuati mediante l'applicazione della formula (1), con direzioni di provenienza della pioggia esattamente normali all'asse delle parcelle, risulta, in concordanza con quanto affermato da Panicucci (M. PANICUCCI [1966]), che la pioggia reale di provenienza laterale è uguale a quella registrata, qualunque sia l'angolo di deviazione delle gocce dalla verticale, a meno di un errore che dipende dall'angolo di inclinazione della superficie del terreno, errore che nel nostro caso è del 9% per la I parcella e dell'8% per la II.

Per le altre direzioni di provenienza della pioggia, l'errore do-

(8) I dati pluviometrici che si riferiscono al quadriennio di osservazioni 1968-1972 non corrispondono a tutte le precipitazioni effettivamente verificatesi in quanto alcuni diagrammi relativi a questo periodo, per motivi di ordine tecnico, non si sono potuti utilizzare. Tuttavia i dati mancanti sono una frazione talmente esigua da non compromettere il risultato della presente ricerca.

TABELLA 3 - Velocità risultante delle gocce (V_r) in rapporto alla velocità media del vento (V_v) e angolo di deviazione delle gocce (β) per ciascuna direzione di provenienza della pioggia.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
V_v m/s	3,4	4,1	3,8	5,3	5,5	4,0	4,3	3,5	3,5	3,3	4,1	3,9	3,9	4,3	3,3	3,6
V_r m/s	6,9	7,3	7,1	8,0	8,1	7,2	7,4	7,0	6,9	6,8	7,3	7,2	7,2	7,4	6,9	7,0
β	29°	33°	31°	41°	42°	33°	35°	30°	29°	27°	33°	32°	32°	35°	29°	30°

TABELLA 4 - Precipitazioni registrate al pluviografo (P_0), precipitazioni calcolate per le due parcelle (P_1 e P_2) e scarto percentuale tra le precipitazioni calcolate delle due parcelle (S %).

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Totali
P_0 mm	48,1	17,4	44,9	355,4	648,8	143,6	242,6	139,9	204,2	61,8	82,6	68,8	186,8	318,0	117,1	20,8	2700,8
P_1 mm	34,2	11,3	30,5	216,8	460,6	126,4	240,2	149,7	226,7	68,0	97,5	77,7	194,1	302,1	99,5	16,0	2351,2
P_2 mm	54,4	19,7	46,7	341,2	532,0	112,0	165,0	99,3	145,0	49,4	66,1	69,2	186,9	346,6	128,8	23,9	2384,1
S%	37,0	42,5	34,6	36,0	13,0	11,0	31,0	34,0	36,0	27,0	32,0	11,0	4,0	13,0	23,0	33,0	1,4

vuto all'acclività e quello derivante dall'inclinazione delle gocce dalla verticale si combinano a determinare le differenze, in più o in meno, rispetto alle piogge registrate.

Per questi motivi esistono tra le quantità d'acqua ricevuta dalle parcelle degli scarti considerevoli, specie con piogge provenienti da monte e da valle. Lo scarto più elevato (42%) si raggiunge con vento di NNE la cui direzione è praticamente parallela all'asse della parcella n. 1, esposta a SSW. In questo caso infatti la pioggia investe la parcella n. 1 da monte verso valle e la parcella n. 2 da valle verso monte e la quantità di pioggia intercettata, a causa della deviazione impressa dal vento alle gocce e dell'acclività del terreno, è proporzionale ai segmenti AB e CD che sono chiaramente diversi (fig. 4).

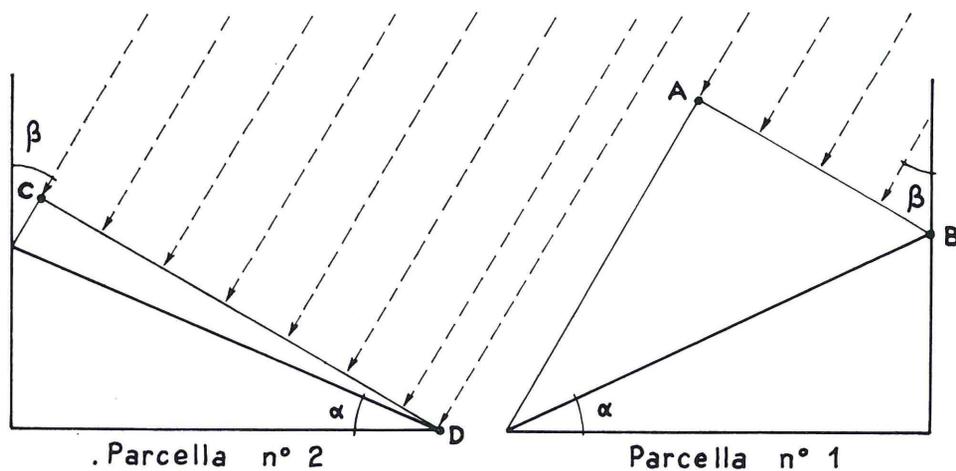


Fig. 4 - Distribuzione della pioggia «reale» sulle due parcelle nel caso di venti piovosi da NNE.

Analogamente si ha uno scarto elevato (36%) con piogge provenienti da sud, cioè quasi parallele all'asse della parcella n. 2. Lo scarto è inferiore a quello precedente a causa della minore inclinazione della pioggia, per effetto della minore velocità del vento, come risulta dalla tab. 3.

Lo scarto più basso si ha invece con vento da ovest poiché, in questo caso, il vento investe le due parcelle quasi lateralmente e in modo pressoché simmetrico. Il leggero scarto esistente (4%) è dovuto alla non perfetta simmetria delle due parcelle rispetto

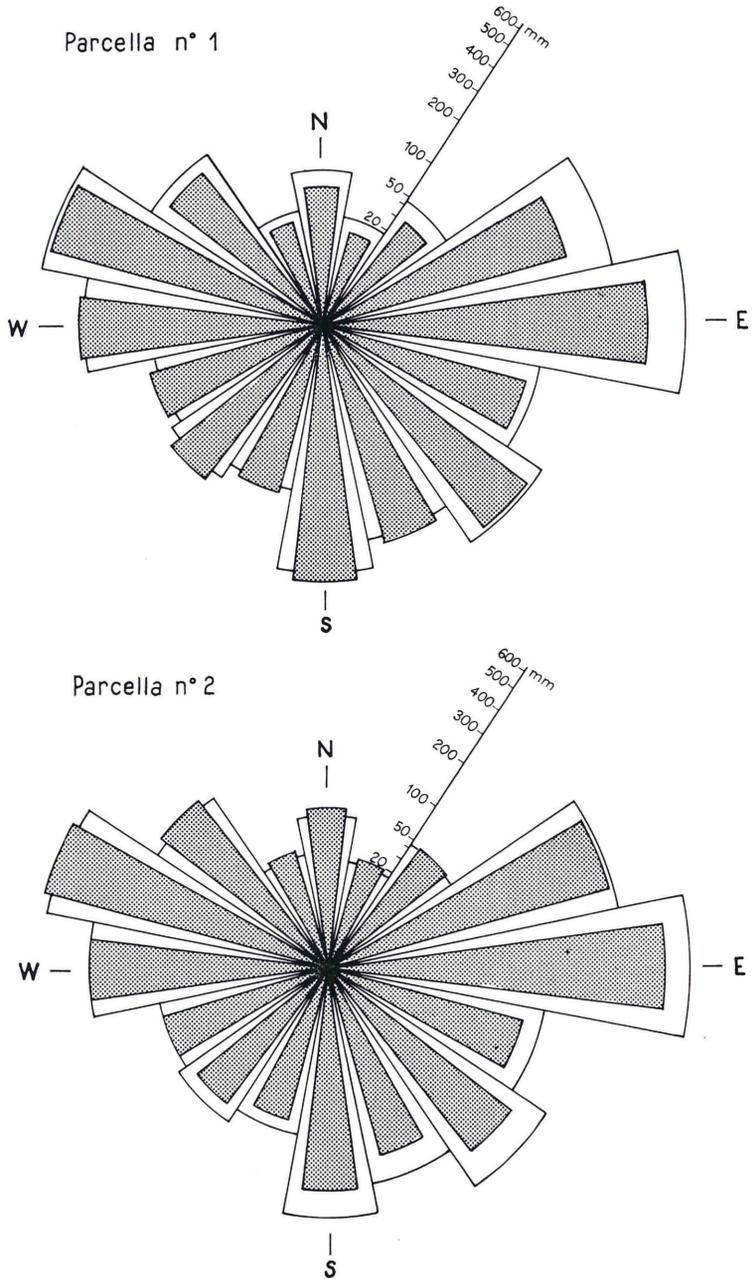


Fig. 5 - Distribuzione delle piogge «reali» nelle due parcelle a seconda delle 16 direzioni principali di provenienza dei venti piovosi. In bianco sono indicate le piogge registrate dal pluviografo; in grisè quelle calcolate.

alla direzione di provenienza della pioggia e alla diversa acclività dei due versanti.

Come si osserva dalla tabella 4 i valori annui delle piogge reali (calcolate) sono inferiori del 12-13% rispetto alla quantità registrata dal pluviografo e ciò dipende anche dal fatto che le maggiori quantità di pioggia provengono da oriente e intercettano ambedue le parcelle da monte, anche se con varie angolazioni rispetto al loro asse, e si verifica pertanto un errore negativo. Per questo motivo i deficit di pioggia assumono un valore assoluto molto elevato che non è compensato dalle eccedenze dovute alle piogge aventi direzioni opposte, occidentali, le quali sono meno abbondanti. Ad esempio, con piogge provenienti da est si hanno perdite di ben 188 mm per la prima parcella e di 117 mm per la seconda, rispetto alla quantità di pioggia registrata che è di 648,8 mm, contro i guadagni di solo 8 mm con piogge provenienti da ovest.

Nella fig. 5 è sintetizzato l'andamento delle piogge reali calcolate (settori in grisé) rispetto a quelle registrate dal pluviografo (settori bianchi). In essa appare evidente il diverso rapporto nelle due parcelle tra piogge reali e piogge registrate secondo ciascuna direzione. Nella prima parcella, esposta a SSW, le piogge reali sono più abbondanti con i venti meridionali, al contrario di quanto avviene nella seconda parcella, esposta a NNW, in cui invece le piogge reali prevalgono su quelle registrate quando soffiano i venti settentrionali. Con venti piovosi laterali il rapporto tra piogge reali e piogge registrate è pressoché uguale nelle due parcelle, a meno di piccoli scarti dovuti alla diversa acclività dei versanti ed alla loro non perfetta simmetria rispetto ai punti cardinali.

CONCLUSIONI

Scopo di questa ricerca era quello di svolgere da una parte un'indagine sulla distribuzione dei venti piovosi e dall'altra di ricercare le modalità con cui le piogge sotto l'azione dei venti possono contribuire ad una erosione selettiva su determinati versanti e in particolar modo su quelli esposti a sud che sono maggiormente soggetti all'erosione accelerata.

Dai risultati conseguiti si può constatare che i venti piovosi meridionali, considerando come tali quelli che vanno da ESE ad WSW, rappresentano il 35% sul totale. Con questi venti gli afflussi cal-

colati, intercettati dalla parcella n. 1 esposta a SSW, ammontano nel quadriennio a 986,2 mm di acqua, contro i 706,0 mm intercettati dalla parcella n. 2 esposta, come si sa, a NNW. Lo scarto tra i afflussi calcolati è di 280,2 mm, pari al 28,4% in favore della parcella n. 1.

D'altro canto i venti piovosi settentrionali, considerando quelli compresi tra WNW e ENE, rappresentano il 34,1% sul totale. Praticamente allora essi hanno una frequenza pari a quella dei venti piovosi meridionali. Gli afflussi intercettati dalla parcella n. 1 (710 mm) sono pertanto minori di quelli intercettati dalla parcella n. 2 (961 mm) con uno scarto del 26% in favore della parcella n. 2, anch'esso molto vicino a quello relativo ai venti piovosi meridionali.

La quantità delle piogge con venti provenienti da sud a Legoli è perciò uguale a quella delle piogge con venti provenienti da nord, contrariamente a quanto si poteva supporre prima di compiere questa ricerca. Se da una parte è arbitrario voler allargare i risultati conseguiti per Legoli a tutte le situazioni, dall'altra la somiglianza del regime dei venti piovosi, in questa località, con il regime dei venti nella bassa valle dell'Arno (M. PINNA [1958]), messa in evidenza nelle prime pagine di questo lavoro, fa supporre che non sarebbe del tutto azzardato ridimensionare quelle ipotesi che attribuiscono ai venti meridionali un maggior apporto di pioggia. Ciò sarebbe confortato anche dai risultati raggiunti da altri Autori (A. FANTOLI [1960]; C. MENNELLA [1961]) secondo cui non ci sarebbe una prevalenza dei venti piovosi meridionali sugli altri. In tal senso sarebbe opportuno fare ulteriori indagini in luoghi diversi, avendo cura di considerare i venti a terra e non quelli in quota, per non falsare lo spirito stesso di questo tipo di ricerca, rivolta ad indagare su come viene distribuita la pioggia su versanti diversamente orientati.

Tuttavia, se la quantità di pioggia intercettata dei due versanti è praticamente uguale, non è uguale viceversa il regime dei venti piovosi, in quanto, quelli meridionali si verificano di preferenza in autunno, con massimo in novembre, e alla fine dell'inverno, mentre quelli settentrionali si verificano prevalentemente in estate. Ciò verrebbe a confortare l'ipotesi che i venti piovosi meridionali siano più dannosi per l'erosione in quanto si verificano allorquando il suolo è saturo e si presta più facilmente all'attacco meccanico e chimico della pioggia e pertanto tali venti sarebbero più favorevoli ad uno sviluppo dei processi erosivi sui versanti meridionali.

A tale proposito bisogna precisare quali sono i meccanismi supposti dell'erosione nei terreni argillosi e quale la funzione delle precipitazioni in tali processi. Da una parte (G. PASSERINI [1957]) si prospetta che l'erosione è dovuta alla disintegrazione molecolare causata da fenomeni meccanici per la pressione dell'aria sotto la spinta «del fronte di avanzamento dell'acqua penetrante, per effetto della tensione superficiale (suolo-acqua) e interfacciale (aria-acqua)». Dall'altra diversi Autori (A. FEODOROFF [1965]) attribuiscono grande importanza all'azione battente della pioggia (splash erosion) sullo spappolamento dell'argilla e sullo spostamento delle particelle terrose, specie in suoli nudi non difesi nemmeno dalla vegetazione erbacea. In tutti e due i casi l'erosione vera e propria, ossia il trasporto del suolo, si verificherebbe quando ha inizio il deflusso superficiale con il trasporto verso valle delle particelle disintegrate o disgregate. Nel secondo caso in particolare ciò può verificarsi in terreni privi di vegetazione, quali quelli arati di recente o quelli in cui l'erosione ha già raggiunto il massimo stadio, dove è già scomparso ogni tipo di vegetazione, come nei calanchi o nelle biancane, quando cioè è possibile che tutta l'energia cinetica posseduta dalle gocce venga trasformata in lavoro erosivo. In ambedue i casi però l'erosione sarebbe del tipo «laminare» comportando un trasporto da parte delle acque superficiali dei materiali argillosi già divenuti incoerenti per le altre azioni già descritte.

Tuttavia dalle indagini compiute dal 1963 ad oggi nelle parcelle di Legoli è apparso evidente che l'entità dell'erosione laminare rappresenta una minima parte di quella dovuta all'erosione di massa (S. VITTORINI [1971]) e ciò potrebbe spiegarsi anche col fatto che in questo periodo l'erosione da impatto (splash erosion) è stata praticamente inesistente essendo state molto rare le precipitazioni di intensità superiore ai 25 mm/h, valore limite sotto il quale, come si è già detto, l'erosione da impatto è molto bassa⁽⁹⁾. La differenza di erosione laminare tra le due parcelle è risultata di modesta entità, anzi, in alcuni casi, l'erosione è stata maggiore nel versante esposto a nord, fenomeno questo spiegabile con la maggiore umidità del versante settentrionale, meno esposto alle radiazioni solari, e a particolari frequenze di venti piovosi settentrionali.

A parte le considerazioni sull'erosione laminare che a Legoli è di esigua entità, rimane da considerare che, non solo a Legoli,

⁽⁹⁾ In particolare, nel quadriennio in esame si sono verificate solo due precipitazioni di intensità superiore ai 25 mm/h.

località presa in considerazione dal presente lavoro, ma in tutta la Toscana ed in altre plaghe argillose, l'erosione accelerata, prevalentemente di massa, è molto più diffusa nei versanti meridionali ed è minima in quelli settentrionali. Come si ebbe ad osservare in altra sede (S. VITTORINI [1967]; [1971]), la genesi e lo sviluppo delle forme di erosione più appariscenti, come le colate di fango, le frane e i calanchi, che vengono catalogate sotto il termine di erosione di massa, non può essere imputabile all'azione delle acque superficiali, o meglio, dell'erosione laminare, ma a quelle che in un certo qual modo percolano al di sotto della superficie del terreno. Pertanto è da considerare con più attenzione lo stato di fessurazione del suolo al momento delle piogge, cioè la sua capacità di assorbire le acque meteoriche e di imbevversarsi fino alla saturazione ed al collasso. Si ebbe a dire, sempre nella stessa sede, che la causa della maggiore o minore predisposizione del suolo a raggiungere il punto critico di saturazione dipende dalla sua esposizione ai raggi solari e cioè al grado di disseccamento che, nel caso delle argille, facilmente contraibili, vuol dire fessurazione e crepacciamento.

Fatte queste premesse, si può affermare che, se pure i venti piovosi meridionali avessero una maggiore frequenza rispetto a quelli settentrionali, sarebbero una concausa rispetto alla causa principale che è l'esposizione dei versanti alle radiazioni solari e inoltre che, limitatamente a quanto emerso in questa ricerca, le forme di erosione accelerata presenti a Legoli non sono determinate da una frequenza prevalente di alcuni venti piovosi.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Prof. V. Checcucci per l'aiuto prestato nell'elaborazione della formula utilizzata per la determinazione degli afflussi reali.

OPERE CITATE

- BUCCIANTE M. (1922) - Sulla distribuzione geografica dei calanchi in Italia. *L'Universo*, 3 (3), 585-604.
- FANTOLI A. (1960) - Climatologia, sta in *Biogeografia delle Isole Pelagie*, a cura di E. Zavattari, *Acc. Naz. dei XL*, 125 pp.
- FEODOROFF A. (1965) - Mécanisme de l'érosion par la pluie. *Revue de Géogr. Phys. et de Géol. Dyn.*, 7 (2), 149-163.

- FLIRI F. (1965) - Synoptische Klimadiagramme. *Die Erde*, **46**, 122-135.
- HORTON R. E. (1919) - Rainfall interception. *Monthly Weath. Rev.*, **16**, 86-124.
- HUDSON N. W. (1961) - An introduction to the mechanism of soil erosion under conditions of subtropical rainfall. *Proc. Tr. Rhod. Sc. Ass.*, **49** (1), 15-25.
- MENNELLA C. (1961) - La distribuzione anemo-azimutale della pioggia a Napoli e sull'isola d'Ischia. *Atti XVIII Congr. Geogr. It.*, 147-154.
- PANICUCCI M. (1966) - Sugli errori derivanti dalle registrazioni effettuate mediante comuni pluviometri in zone non pianeggianti (Valutazione teorica). *Pubbl. Istit. Sper. per lo Studio e la Difesa del Suolo*, Firenze, 1966, 20 pp.
- PANICUCCI M. (1967) - Sugli errori derivanti dalle registrazioni effettuate mediante comuni pluviometri in zone non pianeggianti (Il pluviometro «direzionale»). *Pubbl. Istit. Sper. per lo Studio e la Difesa del Suolo*, Firenze, 1967, 13 pp.
- PASSERINI G. (1937) - Influenze della immersione degli strati ed influenze dell'orientamento dei versanti sulla degradazione delle argille plioceniche. *Boll. Soc. Geol. It.*, **56**, 209-291.
- PASSERINI G. (1957) - La degradazione idrometeorica dei terreni argillosi italiani. *Atti I Simp. Internaz. di Agrochimica*, Pisa, 85-107.
- PINNA M. (1958) - Il regime dei venti nella bassa valle dell'Arno. *Riv. Geogr. It.*, **65**, 97-118.
- VITTORINI S. (1965) - La valutazione quantitativa dell'erosione nei suoli argillosi pliocenici della Val d'Era. *Atti XIX Congr. Geogr. It.*, 83-100.
- VITTORINI S. (1971) - La degradazione in un campo sperimentale nelle argille plioceniche della Val d'Era (Toscana) e i suoi riflessi morfogenetici. *Riv. Geogr. It.*, **78** (2), 3-30.

(ms. pres. il 6 dicembre 1972; ult. bozze il 20 dicembre 1972)