
C) SISTEMAZIONE DEI TORRENTI.

§ I. Scopo della sistemazione dei torrenti. Principio fondamentale.

Un torrente lasciato in balia di sè stesso tende a produrre con le sole forze della natura la sua pendenza di compensazione; ma non può raggiungere lo stato di equilibrio che col tempo e a spese di erosioni e di franamenti (³², ³³ e ³⁴). Ora lo scopo della sistemazione d'un torrente è appunto quello di anticipare artificialmente il suo assetto, evitando, il più possibile, disordini e danni.

Le Tav. 14-21 danno qualche idea dei guasti e delle devastazioni che possono produrre i torrenti.

La sistemazione di un torrente però oltre al costituire uno dei compiti meno facili della idraulica, è sempre opera costosa.

Ma fortunatamente non tutti i torrenti danneggiano e anche quelli che danneggiano, non danneggiano in eguale misura.

(³²) J. M. ZIEGLER, « Ueber das Verhältnus der Topographie zur Geologie »; Zürich, 1876.

(³³) DE LAPPARENT, « Traité de Geologie »; 1885.

(³⁴) NOË et MARGERIE, « Les formes du terrain »; Paris, 1888.

Chiunque percorra una grande vallata alpina rileva subito che gli affluenti anche i più vicini, pur presentando alcuni caratteri affini, non manifestano un egual grado di devastazione. Infatti mentre, nascendo ad altezze pressochè eguali, hanno lunghezza e pendenze pressochè consimili e sono soggetti a quantità di precipitazioni o di piogge quasi eguali, pur tuttavia non trasportano eguali quantità di materie, perchè non tutti hanno la stessa conformazione geognostica e specialmente eguale grado di permeabilità e franosità.

Si troveranno peggiori i torrenti che scorrono entro bacini costituiti di terreni o di rocce franose: quali sono le formazioni argillose e marnose e certe qualità di schisti micacei, talcosi, cloritici, argillosi e serpentinosi specialmente quando essi contengono pirite di ferro, arsenicati e sostanze carboniose che si prestano facilmente alla disgregazione delle rocce sotto la influenza degli agenti atmosferici. Meno degradabili sono le rocce cristalline e i graniti.

Sono poi ancora più cattivi quei torrenti che sono costituiti da terreni, i quali oltre ad essere franosi, sono impermeabili, poichè allora si ha anche l'aggravante, che l'acqua defluisce tutta alla superficie e necessariamente quindi le piene saranno più grandi, e più pericolose ne saranno le conseguenze.

Fra le rocce più impermeabili vanno ricordate anzitutto le argille, le marne, i calcari argillosi, poi i serpentini argillosi, gli schisti argillosi in ragione della quantità di argilla che contengono e tutte le rocce primitive o paleozoiche, quali i graniti, le dioriti, le sieniti, i gneiss.

Invece sono i terreni e le rocce permeabili che favorendo l'assorbimento delle piogge danno luogo a piene meno forti e più lente. Tali sono per es. le arenarie sabbiose, le sabbie, le ghiaie, gli schisti talcosi-micacei-serpentinosi per la loro stratificazione che favorisce la

circolazione delle acque, e i calcari, nonchè i terreni cretacei, oolitici e tufacei perchè spesso sono assai fessurati.

Queste formazioni permeabili danno luogo al fenomeno di poderose sorgenti, e talvolta anche di veri fiumi sotterranei.

Oltre alle condizioni geognostiche altri elementi concorrono ad aumentare la torrenzialità di un corso d'acqua.

Sono coefficienti positivi, che cioè tendono ad accrescere la torrenzialità, le condizioni ipsometriche, e le precipitazioni atmosferiche: sono invece coefficienti negativi, tendenti cioè a diminuire la torrenzialità ed i danni che ne derivano, la vegetazione (specialmente quella boschiva nei bacini montani) e le opere artificiali di difesa.

Le condizioni ipsometriche hanno grande influenza sulla formazione e sullo sviluppo delle piene; perchè quanto più è inclinato il terreno, tanto più riesce rapido il deflusso superficiale e quindi anche tanto più è improvvisa la formazione della piena.

Purtroppo sotto questo riguardo i torrenti delle nostre Alpi, e quelli Appenninici, si trovano tutti in cattive condizioni. È infatti notorio che il versante italiano delle Alpi è molto più ripido del versante settentrionale ⁽³⁵⁾.

I laghi Verbano e Lario e quelli di Ginevra, Zurigo, e di Costanza si trovano circa alla stessa distanza dalla cresta alpina; ma i laghi italiani sono assai più bassi, perchè si trovano circa alla quota di 200 metri sul livello del mare, mentre invece i laghi svizzeri sono alla quota di circa 400 metri, ed anzi il Lago di Garda si

⁽³⁵⁾ Già il grande storico TIRTO LIVIO ebbe a scrivere: « pleraque Alpium ab Italia sicut breviora, ita arrectiora sunt ».



Tav. 13. — Torrente Mera nella piena della primavera 1911 dopo l'apertura della Savenella attraverso, allo sbarramento prodotto dall'alluvione del torrente Dragonera, nell'estate precedente.

trova ancora assai più basso, perchè è alla quota di circa 70 metri. È quindi evidente che il versante italiano è più ripido e i suoi torrenti di conseguenza per questo riguardo sono in condizioni meno favorevoli.

Precipitazioni atmosferiche. — È naturale che un bacino sarà soggetto a piene, tanto più forti, quanto più le sue piogge saranno intense e frequenti.

Le Alpi e l'Appennino appartengono alle regioni più piovose del continente europeo. Perciò anche sotto l'aspetto jetografico i torrenti montani d'Italia si trovano in condizioni meno buone.

Per esempio mentre, salvo alcune località litoranee, nella pianura abbiamo una media annua di precipitazioni che oscilla fra 400 e 1000 mm. d'acqua, nei nostri bacini montani si superano non solo i 1000 mm. ma anche i 2000 mm. e fino i 2500 mm. di pioggia all'anno⁽³⁶⁾.

In alcune plaghe montane cade in pochi giorni e talvolta in poche ore tanta pioggia, quanta in alcune località poco piovose di pianura in un intero anno.

Giova ricordare i due principi formulati, il primo da Dausse, e il secondo da Belgrand, in quanto che essi danno, a grandi linee, idea come avviene la distribuzione delle precipitazioni atmosferiche.

I. Le piogge diminuiscono a misura che cresce la distanza dai grandi specchi acquei, cioè dai mari e dai laghi.

II. Le piogge crescono con l'aumentare dell'altezza.

Nei riguardi della sistemazione i torrenti si possono dividere in tre categorie:

1. Torrenti, che hanno oramai raggiunto il loro

(36) D. FILIPPO EREDIA, « Le precipitazioni atmosferiche in Italia dal 1880 al 1905 »; Roma, 1908.

assetto definitivo (*estinti*, come li chiamò il Surell e che non producono quindi più danni).

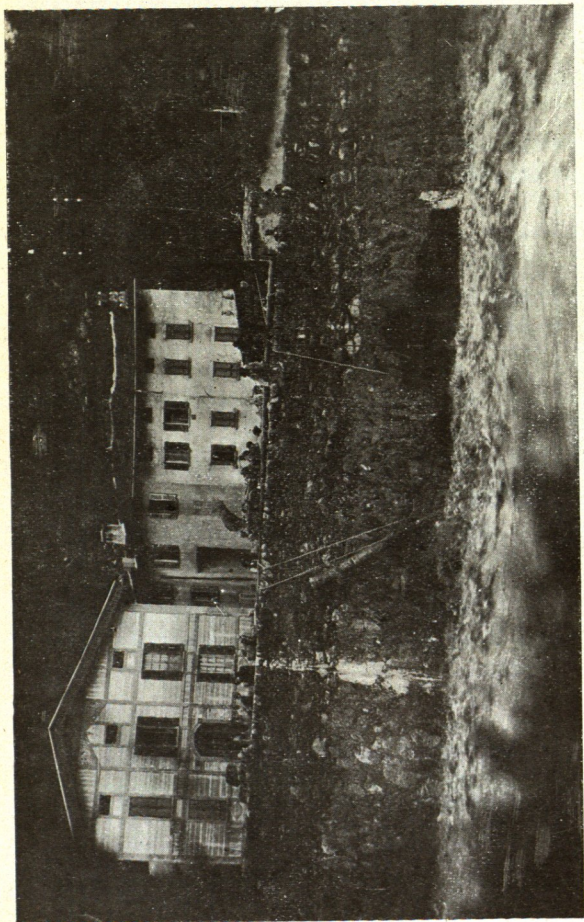
2. Torrenti, che per le loro condizioni naturali possono raggiungere presto e facilmente il loro assetto definitivo. Producono danni esigui e quasi sempre per essi la vegetazione, il bosco e una buona pulizia montana (che sono sempre un potente ausiliario in ogni opera di sistemazione) possono bastare. Soltanto assai di rado richiedono l'intervento di poche opere, per lo più limitate e circoscritte, che nemmeno meritano il nome di una vera sistemazione.

3. Torrenti ancora lontani dal loro assetto definitivo. Sono quelli che recano danni più o meno grandi, costituiscono un pericolo permanente per le strade e per le proprietà, ed esercitano una considerevole azione perturbatrice sopra il corso d'acqua di cui sono tributari.

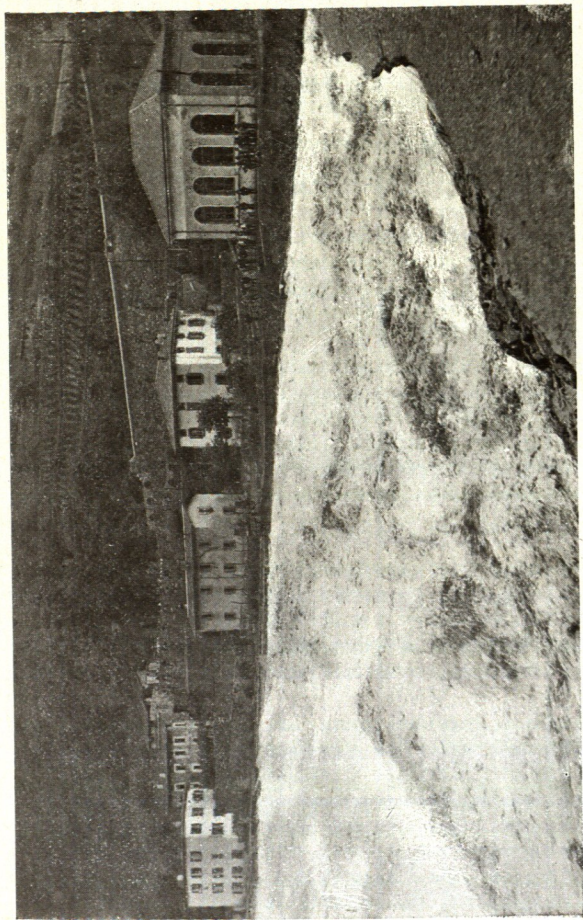
È quindi indispensabile intraprendere la sistemazione dei torrenti di quest'ultima classe.

Il principio fondamentale per la sistemazione di qualsiasi torrente è sempre quello di anzitutto curare il male alla radice pur non trascurando di riparare i diversi guasti prodotti dal torrente lungo la sua asta. L'esperienza va da secoli dimostrando che i lavori, come muraglioni, argini, pennelli, ecc. eretti al piano e sui coni di deiezione, da soli, sono insufficienti a fornire una difesa stabile e duratura. Infatti è ovvio che se non si provvede ad impedire la produzione e la discesa delle materie, queste arrivate poi in basso devastano e danneggiano irrimediabilmente il regime del corso d'acqua, nonchè le opere ed i beni esistenti al piano.

Perciò bisogna rivolgere fin da principio tutta l'attenzione alle diverse sorgenti da cui possono derivare le dette materie, ossia agli spazi franosi e a quelli che possono diventare franosi, sia per essere nudi, sia per essere maggiormente esposti all'azione erosiva delle acque e alla degradazione degli agenti atmosferici.



Tav. 14. — Breccia prodotta dalla piena del torrente Mallero, il 22 agosto 1911, alla sua arginatura in Gombero (Sondrio).



Tav. 15. — La piena del torrente Mallero, il 22 agosto 1911, esporta il campo di pattinaggio in Gambaro (Sondrio).

L'erosione e la degradazione su certi terreni agiscono in modo così diseguale che restano piramidi solitarie anche di notevole altezza dove prima era roccia continua. Talvolta sulle piramidi rimangono tratti di crosta tellurica originariamente più solida, o grossi massi erratici, che assumono la apparenza bizzarra di enormi cappelli, che ricoprono il vertice della piramide, e che in alcuni luoghi sono detti cappelli del diavolo (Tav. 22).

Infatti anche l'ossigeno e l'acido carbonico contenuto nell'aria (il primo specialmente per la sua azione ossidante e l'acido carbonico perchè scioglie i silicati), contribuiscono a una più o meno rapida e progressiva decomposizione delle rocce, la quale è inoltre favorita dal concorso delle azioni meccaniche, prodotte dal gelo e disgelo, dalle radici, dai germi distruttori, ecc. ecc.

Il risultato di questa degradazione è una graduale dissoluzione e frantumazione delle diverse rocce a cui nessuna pietra sfugge dalle più tenere, come sono le rocce sedimentari e alle più dure, come sono tutte quelle che contengono in minore o maggior quantità il quarzo, che è resistentissimo.

Per citare un esempio, i calcari sono assai facilmente sciolti dall'acido carbonico contenuto nell'acqua che viene con loro in contatto. Non è quindi da meravigliarsi se i torrenti che attraversano le montagne dolomitiche e calcari trasportano una gran quantità di materiale.

Sono migliaia d'anni che questo processo di degradazione, potentemente coadiuvato dall'azione distruttiva dei torrenti, lavora a livellare la superficie terrestre.

Al progresso della degradazione contribuiscono anche il clima, l'altitudine, l'esposizione e la nudità del suolo.

Il clima influisce in quanto sono maggiormente esposte alla degradazione le località soggette alle piogge intense e frequenti, ai venti, ai temporali, alla gragnuola, e a una rapida alternanza fra il gelo e il disgelo.

Anche l'altitudine e la esposizione, dalle quali in gran parte dipende poi il clima, esercitano una grande influenza sulla degradazione. È provato che la zona larga circa 1000 metri immediatamente sotto il limite delle nevi, va soggetta a una grande rovina, per la disgregazione delle rocce⁽³⁷⁾. Infatti in nessuna regione viene come in quella, mantenuta dai sovrastanti nevai una costante umidità, in nessuna come in quella manca un manto protettore sia di neve, sia di vegetazione, in nessuna è così frequente il passaggio dal gelo al disgelo.

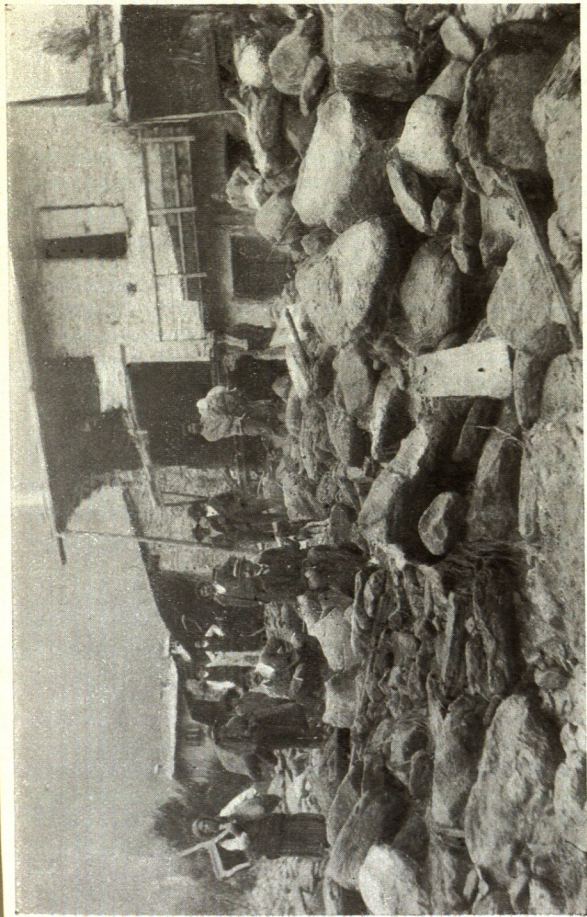
Nessuna meraviglia quindi se in quella zona nascono tanti burroni e tanti torrenti.

Nei riguardi della esposizione è da notarsi che in generale i versanti esposti a mezzodì sono più soggetti alla degradazione degli altri. La cagione principale sta in ciò che i raggi del sole e i venti di sud di primavera vi fanno sparire assai per tempo le nevi cadute nell'inverno e quindi vi favoriscono la formazione del gelo notturno che è tanto dannoso.

Poi i versanti esposti a mezzodì sono di regola, appunto in grazia delle più favorevoli condizioni climatiche, i più popolati, e ciò contribuisce di solito a peggiorare le condizioni della vegetazione, giacchè l'alpigiano, come è ben noto, tende a dissodare il bosco sostituendovi il prato anche dove non potrebbe attecchire che la foresta, e propende per ricavare maggior reddito a estendere la superficie della campagna seminata, anche dove per la consistenza del suolo si dovrebbe lasciar crescere solo il bosco o tutto al più una coltivazione erbacea.

Vegetazione e boschi. — Per quanto però l'acqua e gli agenti atmosferici lavorino senza tregua alla distruzione dei monti, il verdè manto della vegetazione eser-

(37) ALBERT HEIM, « Ueber Verwitterung im Gebirge »; Basel, 1879.



Tav. 16. — Abitato di Fusine invaso dall'alluvione del torrente Madrasco, il 21-22 agosto 1911 (Valtellina).

cita una efficace difesa contro i suoi attacchi. Pure i bacini che si trovano per gli altri riguardi in condizioni sfavorevolissime, sono assai poco molestati dai torrenti se sono protetti e ricoperti di un fitto strato di vegetazione.

Anche la vegetazione erbacea riesce di grande giovamento, perchè i muschi assorbono l'acqua come vere spugne; mentre le zolle erbose ed i cespugli oppongono ad ogni momento un ostacolo meccanico all'acqua scorrente e nello stesso tempo col fitto intreccio delle loro radici proteggono il terreno sciolto dagli smottamenti.

I boschi poi esercitano un'azione ancora più benefica nei paesi di montagna perchè impediscono che le acque vi facciano profondi scavi e provochino notevoli scosscendimenti, i quali fornendo ai fiumi grandi congerie di materiali sono la causa principale dei danni delle piene.

Inoltre il soprassuolo boscoso diminuisce la velocità dell'acqua che scorre superficialmente ed anche nelle grandi piogge ne assorbe una parte, moderando perciò le piene in grado tanto maggiore quanto meno permeabile è il terreno sottostante al bosco⁽³⁸⁾.

Il deflusso è dunque in generale più lento nei bacini bene protetti dalla vegetazione e da boschi, e se le piene sono più lunghe, in compenso non raggiungono mai proporzioni allarmanti.

Disgraziatamente però il bosco non può essere spinto oltre una certa altezza che nel nostro clima oscilla in generale da 2000 a 2500 metri sul mare, perchè ivi non attecchisce più nessuna specie arborea o si ha soltanto qualche isolato esemplare nei luoghi più riparati; mentre d'altra parte l'utilità del bosco sarebbe pur tanto grande. Infatti, come abbiamo visto, è in quella zona,

(38) ZOPPI, « Carta idrografica d'Italia, L'Aniene »; Roma, 1891.

dove il terreno è esposto a rapido e forte rovinio, che si trova il bacino di formazione della maggior parte dei torrenti.

Perciò è specialmente in quella regione che bisognerà rivolgere la propria attenzione per supplire alla mancanza del bosco mediante quelle innumerevoli piccole opere di rinsodamento di cui si dirà in seguito.

§ 2. Elementi e rilievi necessari per procedere alla sistemazione di un torrente.

La prima cosa da farsi, quando si deve procedere alla sistemazione di un torrente è quella di eseguire una visita di ricognizione generale, facendosi accompagnare da persona pratica dei luoghi e capace di dare tutte le informazioni più esatte possibili ed attendibili sul modo di comportarsi del torrente stesso, specialmente nei periodi di piena.

Durante questa visita si dovranno:

1^o Osservare attentamente i tratti nei quali il torrente tenda ad erodere il letto e quelli ove invece tenda a formare depositi;

2^o Accertare le frane che si trovano sul bacino;

3^o Finalmente rilevare tutti gli spazi nudi e incolti, e specialmente quelli formati da terreni sciolti, o per se stessi franosi, perchè questi terreni andranno per i primi rimboschiti o per lo meno ricoperti di un manto di vegetazione⁽³⁹⁾, oppure presidiati con apposite opere se essi si trovano al disopra del limite di ogni vegetazione; — potendo essere assai pericoloso il non curare le frane anche incipienti (Tav. 23).

Il Briot nel lodevole intento di salvare il ripopolamento del bosco dalle avversioni ingiuste e spesso cri-

⁽³⁹⁾ BRIOT, « Études sur l'économie alpestre »; Paris, 1907.

minose dei pastori e dei montanari, si è in questi ultimi tempi dedicato a bandire in Francia la teoria della temperanza, facendo molto opportunamente notare — come già aveva validamente provato il De Montzey — che in molti casi, per assicurare la consistenza del suolo, bastano il prato, il pascolo e il pascolo alberato, il quale in particolare si presta a conciliare la pastorizia con la silvicoltura.

I rilievi necessari per la compilazione del progetto di sistemazione saranno sommari e puramente di massima. Infatti ognuno sa che un torrente subisce spesso rapide variazioni; e perciò un rilievo esattissimo sarebbe meno che opportuno.

Per la planimetria, di solito potrà bastare di ricorrere alle carte dell'istituto geografico militare, nella scala di 1 a 25.000 le quali essendo a curve di livello, nella maggior parte dei casi possono servire assai bene.

Per aggiornare la planimetria specialmente nei tratti particolareggiati, dove dovranno sorgere opere speciali, si farà uso di strumenti molto semplici e facili a maneggiare. Di solito può bastare uno squadra graduato o anche la semplice bussola topografica. Di queste ultime è assai raccomandabile perchè pratica e sufficiente, il tipo di bussola Schmalkalder.

Per i rilievi altimetrici, pure appoggiandosi per il profilo generale alle carte militari al 25 mila, le quali essendo, come si disse, corredate di curve orizzontali equidistanti per solito 10 metri, forniscono già un profilo generale abbastanza approssimativo — bisognerà però fare una livellazione generale di rettifica perchè per la sistemazione del torrente è indispensabile avere un suo profilo longitudinale abbastanza preciso.

Per questa livellazione basterà ricorrere ad un barometro aneroido, previamente verificato. E per i tratti dove si dovrà svolgere un profilo longitudinale particolareggiato basterà un livellino di montagna (di quelli con canocchialino a riflessione).

Si adoperano strumenti molto semplici e di facile maneggio, perchè molto spesso lungo i torrenti, capita di dover lavorare in luoghi di difficile accesso e perchè è inutile portarsi dietro strumenti geodetici e topografici molto esatti e perfetti che pesano molto, sono di costo notevole e si guastano facilmente, quando l'esattezza di misura che essi possono dare non è assolutamente richiesta.

In ogni punto dove si manifestano erosioni o depositi si dovrà determinare qual sia la grossezza media dei materiali che si trovano sul fondo; e per le ragioni già esposte a pag. 17 si dovranno assumere i materiali più grossi.

Questo rilievo potrà essere eseguito in due modi.

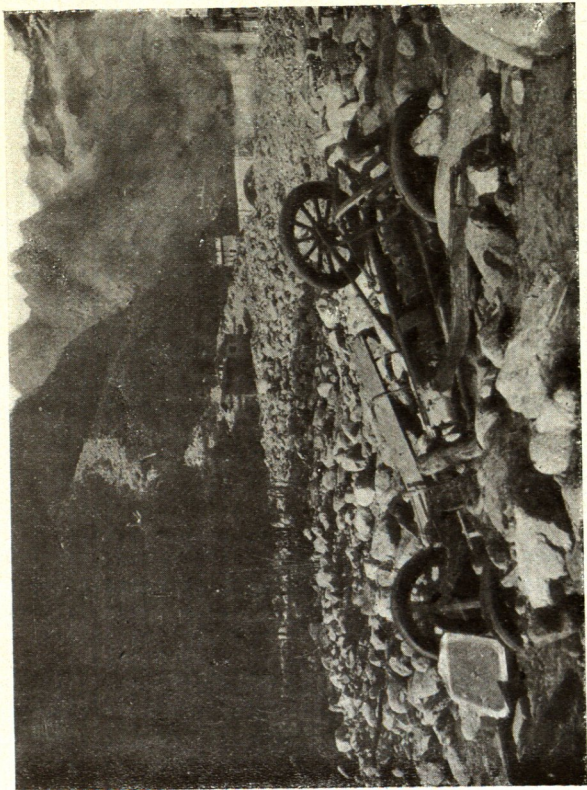
a) O scegliendo cioè soltanto alcune pietre misurandole individualmente e facendone la media. Ed è questo il metodo più spedito;

b) Oppure si prenderà una cassa di nota capacità, la si riempirà con i detti materiali più grossi alla rinfusa, come si trovano nel letto del torrente contandoli in modo da conoscerne il numero ed escludendo però la sabbia, la terra e la materia minuta perchè queste saranno sostituite da un equivalente volume di acqua che si verserà fino a colmare tutti gli interstizi. In tal modo si determinerà il volume dei sassi per differenza tra il volume della cassa e quello dell'acqua versata e come prima se ne farà la media.

Per maggior scrupolo si può ricorrere ad ambedue i detti modi di misura ed attenersi alla loro media.

Come si è visto, la notizia della grossezza dei materiali è necessaria per determinare la pendenza di compensazione.

A tale scopo sarà anzi bene fare il rilievo di questa grossezza anche nei tratti già per caso naturalmente sistemati: perchè si potrà procedere alla ricerca della pendenza conveniente col metodo più spedito dei confronti.



Tav. 17. — Automobile dei Bagni di Masino (Valtellina) fermata a Cataeggio il 21 agosto 1911 dalla frana di Materlo e travolta dalle acque del torrente Masino nella notte successiva.

Per ogni frana poi — siccome la maggior parte degli scoscendimenti è provocata dall'acqua sia che questa scorra alla superficie, sia che scorra nel sottosuolo — bisognerà attentamente esaminare la via che l'acqua tiene.

Ciò che non riesce difficile di accertare anche se si tratta di deflusso sotterraneo, perchè questo si rivela sempre o per mezzo di semplici trasudamenti o anche per via di vere polle che escono qua e là alla superficie del suolo.

Se ad una certa profondità si trova uno strato roccioso o terreno impermeabile l'acqua piovana assorbita dal suolo si raccoglie su di esso, tendendo a distaccarne lo strato superiore che vi si appoggia, e ciò tanto più facilmente quanto più il sottostante terreno impermeabile declina con pendenza forte, perchè allora la sua faccia superiore forma un vero piano di scorrimento, facendo scoscendere tutto il terreno che vi si trova di sopra.

Accertata la presenza dell'acqua bisognerà poi mediante trivellazioni o escavo di pozzi determinare la profondità dei punti, dove le acque stesse si raccolgono, onde poter progettare il più opportuno sistema di fognatura o di canali di drenaggio per smaltirle quanto meglio e più rapidamente sarà possibile, rendendole così innocue.

Sempre poi sarà bene formarsi un concetto della natura geognostica dei terreni che costituiscono ogni singolo scoscendimento; senza poi dire che in un accurato progetto di sistemazione sarà pure sempre utile di fare almeno a grandi linee, uno studio geologico di tutto il bacino del torrente.

Altri due elementi è necessario di conoscere per lo studio della sistemazione di un torrente e cioè: *a*) la sua portata; *b*) la pendenza media dei versanti del bacino.

§ 3. Determinazione della portata di un torrente.

Questa determinazione è necessaria per poter stabilire la giusta sezione da assegnarsi sia ai tratti del torrente da inalvearsi, sia alla cunetta delle briglie, sia ad ogni altro manufatto, perchè la corrente non abbia a scalzare le opere alle rive e lateralmente, oppure non si abbiano a costruire opere di dimensioni eccessive.

È però sempre assai arduo il misurare la portata di piena di un torrente, più che per le difficoltà materiali inerenti al rilievo della sezione trasversale, perchè i materiali trasportati dalla corrente mettono il tecnico quasi sempre nell'impossibilità di far uso degli strumenti delicati che si adoperano per rilevare la velocità dell'acqua.

In alcuni casi si riesce a misurare la portata se non proprio durante la piena, per lo meno durante il periodo di morbida, oltre che nelle magre, mediante uno stramazzo.

L'espediente usato — quando non si ha la fortuna di trovare un salto naturale abbastanza regolare — è quello di sbarrare il torrente con una diga provvisoria in maniera da formare una specie di stramazzo non rigurgitato; e allora la portata Q è data, in funzione della larghezza L e della altezza dell'acqua allo stramazzo H , misurata a monte della chiamata di sbocco, dalla formola

$$Q = \mu_0 L \sqrt{2 g H^3} \quad (25)$$

in cui per il coefficiente μ_0 nel caso di calcoli approssimati, si può prendere il valore medio 0,40.

Questa formola si può ridurre ancora a forma più semplice e facile da collocarsi, raggruppando $\sqrt{2 g}$

e μ_0 in un unico coefficiente, scrivendo la formola così

$$Q = k L H^{\frac{3}{2}} .$$

Rammentando che $g = 9.8$; $\mu_0 = 0.40$ sarà $\sqrt{2g} = 4.43$ e $K = \mu_0 \sqrt{2g} = 1.77$ circa; nella pratica si può approssimativamente adottare quindi l'espressione

$$Q = 1,75 L H^{\frac{3}{2}} \quad (26)$$

Se però non si possono fare misure, e nemmeno si può costruire uno stramazzo, allora bisogna ricorrere a mezzi indiretti; dei quali poi bisogna quasi sempre servirsi per valutare i deflussi di piena che, come si è detto, riesce di somma difficoltà se non addirittura impossibile di direttamente rilevare.

Un metodo indiretto per determinare la portata di piena è quello di desumerla dalla pioggia, supponendo che il deflusso di piena equivalga a una pioggia oraria della maggiore intensità possibile la quale abbia a precipitare sull'intero bacino del torrente.

Per ammettere le condizioni più sfavorevoli, si usa di solito ritenere il terreno come tutto già pregno di acqua, e l'atmosfera pure satura di vapore in modo che tutta la pioggia caduta sul bacino venga a defluire superficialmente e ad essere smaltita dal torrente.

Detta h la quantità oraria di pioggia, in millimetri, caduta sul bacino intero, e detta pure q la portata specifica, cioè la portata per Km^2 e per minuto secondo in metri cubi, avremo:

$$q = \frac{1,000,000 \cdot h}{1000 \cdot 3600} .$$

Da questa, con facili riduzioni si ottiene:

$$q = \frac{10}{36} h = 0,278 h \quad (27)$$

Se A è la superficie totale del bacino in Km²., la portata totale massima di piena che potrà avere il torrente sarà allora:

$$Q = qA \quad (28)$$

Nei nostri torrenti eccettuati i bacini attigui al mare, per i quali vi è una tendenza a sorpassare la misura ⁽⁴⁰⁾ è raro che le piogge più forti diano una altezza h maggiore di 10 mm. per ora, a cui in base alla precedente formola corrisponde un deflusso massimo di metri cubi 2.78 per secondo e per chilometro, ossia in cifra tonda 3 metri cubi.

Si sono però verificati anche dei casi in cui questo valore di h è stato notevolmente sorpassato. Per es. a Finale Emilia si è osservato una massima altezza oraria di 70 mm. (cioè circa 20 m³ all'ora per Km².); dallo studio per la fognatura di Milano si rileva che durante un nubifragio si raggiunsero 25 mm. in un quarto d'ora che darebbe $q = 27,75$ mc.: ma queste intensità dovute a violente ed eccezionali bufere, sono circoscritte a località aventi pochi Km² di estensione, e inoltre hanno breve durata.

Finalmente sempre allo scopo di determinare la portata di piena viene usata anche una formola affatto empirica e cioè la formola:

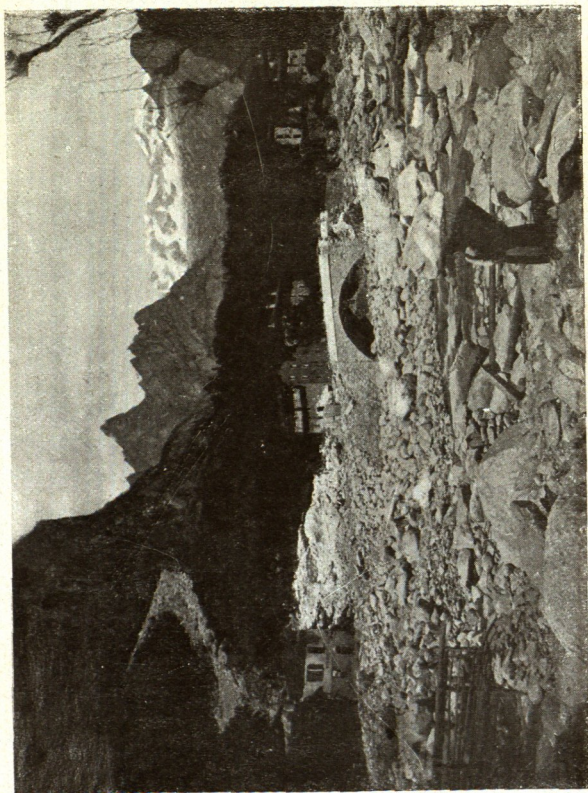
$$q = \frac{25}{\sqrt{A}} \div \frac{30}{\sqrt{A}}$$

e mediamente

$$q = \frac{27}{\sqrt{A}}$$

⁽⁴⁰⁾ FANTOLI, INGLESE e CANEPA, « Sulla portata massima del Torrente Bisagno »; Genova, 1909. — Da questo studio si rileva che la portata massima del Bisagno, che ha un bacino di 92 km²., si aggira presso 500 mc.

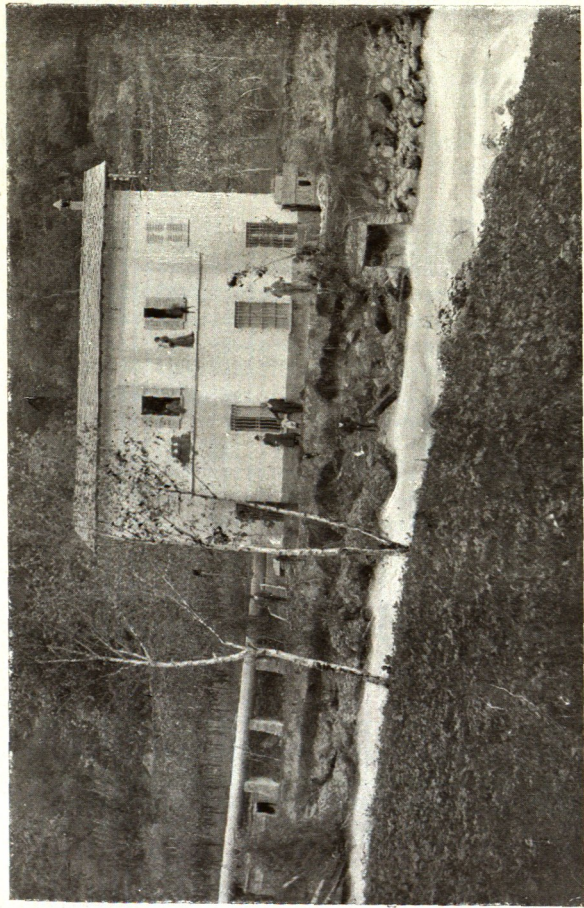
500 : 92 = 5,43
400



Tav. 18. — Ponte della nuova strada Ardenno-Bagni, con l'arcata sinistra asportata dal torrente Masino nell'alluvione 21-22 agosto 1911 (Valtellina).

$\sqrt{92} = 9,58$
 $1100 : 18$
 $17500 : 190$

3200 : 10,08 = 3



Tav. 19. — Officina idroelettrica per Tirano, minacciata dall'alluvione del torrente Poschiavino la notte del 21 agosto 1911 (Valtellina).

Dove le lettere q ed A hanno lo stesso significato come nella formola (28).

Detta quindi Q la portata totale di piena del torrente, sarà

$$Q = q A = \frac{27 A}{\sqrt{A}} = 27 \sqrt{A} \quad (29)$$

Questa formola dà però valori abbastanza vicini al vero, almeno pei nostri torrenti, quando sia applicata a bacini i quali abbiano una superficie compresa fra 1000 e 100 Km².; ma fornisce invece valori troppo piccoli nel caso di bacini di estensione minore di 100 Km²., per i quali la portata di massima piena va desunta col calcolo in base alla massima pioggia che può cadere in un'ora.

Tuttavia può sembrare troppo arbitrario il principio di ritenere, che per tutti i bacini indistintamente la portata di massima piena equivalga al prodotto della massima pioggia oraria per la superficie del bacino.

Per farsi un concetto più preciso del rapporto che esiste fra la pioggia e la portata di un torrente, giova considerare il bacino suddiviso in zone, come per es. ha indicato l'ing. Imbeaux ⁽⁴¹⁾.

Se si considera una molecola d'acqua caduta nel punto m del bacino (fig. 23) si vede che essa dovrà percorrere un certo cammino $m b a$ e impiegare un certo tempo per arrivare in a . Esisteranno pure altri punti del bacino m' , m'' , m''' tali, che le molecole, che vi cadano, impieghino lo stesso tempo per arrivare in a . Perciò tutti questi punti saranno situati su una curva, che è il loro luogo geometrico e che si può

⁽⁴¹⁾ Ing. Dott. ED. IMBEAUX, « Essai-programme d'Hydrologie » ; Zeitschrift für Gewässerkunde, Anni 1898 e 1899. Leipzig.

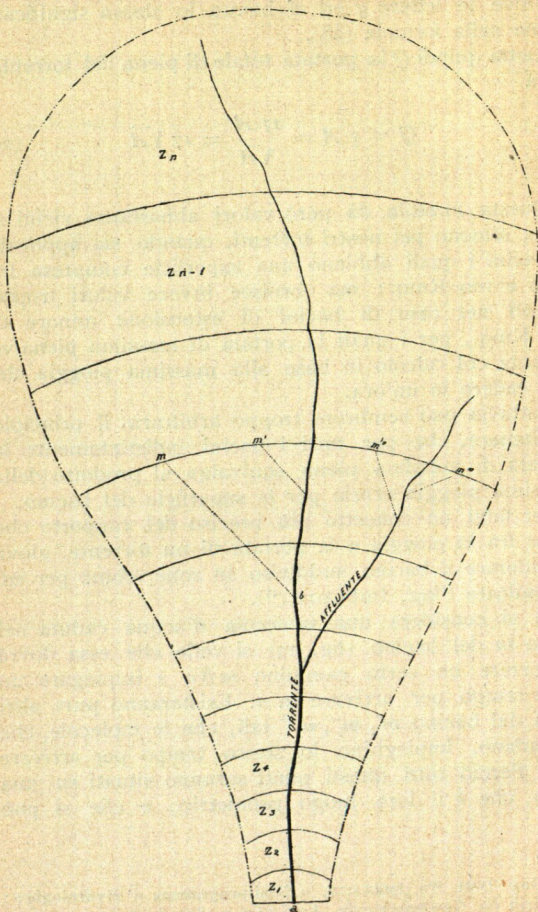


Fig. 23. — Bacino diviso mediante curve isocrone.

chiamare *curva isoreocrona*, ossia di egual tempo di deflusso.

Allora immaginando il bacino suddiviso in n zone $Z_1, Z_2 \dots Z_n$ delimitate dalle curve isoreocrone e tali che la pioggia impieghi rispettivamente una, due, ecc., n volte l'unità di tempo adottata per arrivare alla località a ; e immaginando pure che questa unità di tempo (la quale per i bacini piccoli non dovrà essere maggiore del quarto d'ora o al più della mezz'ora e nei bacini grandi potrà essere di un'ora), sia nel nostro caso di un'ora; se si considera un nubifragio della durata di t ore e dell'intensità oraria r ; al punto a durante la prima ora defluirà soltanto l'acqua caduta sulla prima zona Z_1 ; durante la seconda ora incomincerà ad affluirvi anche quella caduta su Z_2 ; e così via.

Ora si potranno dare due casi:

1^o Caso ($t > n$): Cioè il numero delle ore che rappresenta la durata t della pioggia sia maggiore del numero n delle zone in cui è suddiviso il bacino. Allora il fenomeno sarà rappresentato dalla fig. 24. La massima piena sarà espressa da $r \sum_1^n Z$, ovvero sia anche da $r A$, essendo evidentemente la superficie dell'intero bacino $A = \sum_1^n Z$. Questa massima piena si manterrà costante per tutto il tempo che la pioggia continuerà a cadere, ossia fino all'ora tma , dando luogo a una stanca che durerà $t - n$ ore. Poi cessando la pioggia, la zona Z_1 comincerà nell'ora seguente a non portare più il suo tributo, nella seconda ora cesserà anche la zona Z_2 e così di seguito finchè n ore dopo il termine della pioggia, cesserà anche il tributo della zona Z_n . La piena intera (crescita, stanca e decrescita) durerà così $n + t$ ore e la durata della crescita sarà eguale a quella della decrescita cioè sarà di n ore.

Per il fatto, che a mano a mano che si sale nel bacino la pendenza cresce e quindi anche crescerà la velocità del deflusso superficiale e per conseguenza anche

Caso $l > n$

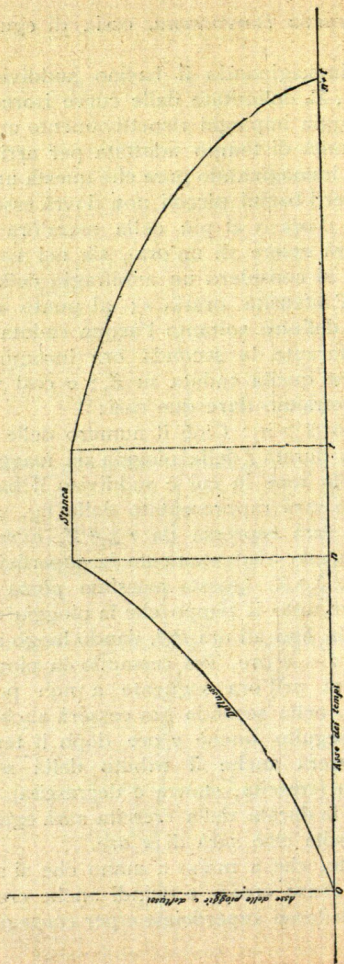
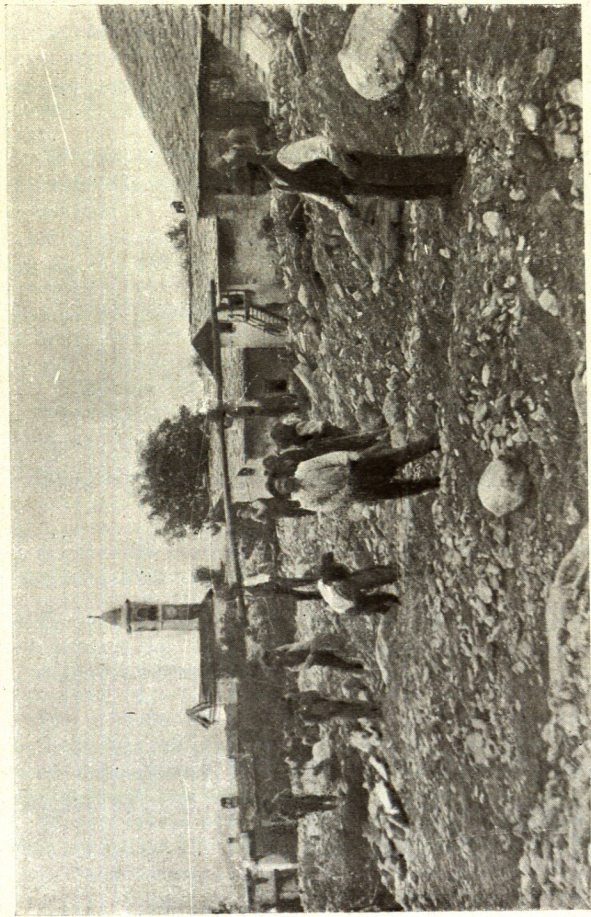


Fig. 24. — Diagramma deflusso piene.



Tav. 20. — Abitato di Cedrasco invaso dall'alluvione del torrente omonimo, la notte del 21 agosto 1911.
(Valtellina).

la larghezza delle zone, in generale il ramo ascendente della curva dei deflussi, cioè quello corrispondente alla fase di crescita, volgerà la sua concavità al cielo, e invece il ramo discendente volgerà la convessità in alto.

2^o Caso ($t < n$): Cioè il numero delle ore che corrisponde alla durata della pioggia è minore del numero delle zone.

La curva dei deflussi è allora rappresentata nella fig. 25. Gli afflussi si comporteranno come nel caso precedente, per tutto il tempo che durerà la pioggia, cioè per le prime t ore, alla fine delle quali la portata in a sarà $r \sum_1^t Z$. Poi nella prima ora successiva la pioggia essendo cessata, la zona Z_1 , non fornirà più il suo contributo, ma sarà rimpiazzata dalla zona Z_{t+1} .

E siccome Z_{t+1} generalmente è più grande che Z_1 , la piena continuerà a salire. All'ora n^{ma} , al punto a arriverà l'apporto $r \sum_{n-t}^n Z$ delle ultime t zone, le quali sono le zone più montuose e le più estese. Questo apporto darà un colmo, ma naturalmente esso sarà meno elevato dell'altezza che aveva raggiunta alla stanca la

piena del caso precedente, perchè $\sum_{n-t}^n Z < A$.

A questo momento, le prime $n-t$ zone non danno più nulla; poi le seguenti cesseranno pure una dopo l'altra di portare il loro contributo; e la decrescita che incomincerà all'ora n^{ma} durerà t ore; essa sarà più corta della crescita, la quale invece ha la stessa durata che nel caso precedente.

Dunque, come si vede, nel primo caso che si verifica nei bacini più piccoli, la portata massima è quella data dalla formola (28), cioè è eguale al prodotto della massima pioggia per la superficie. Invece nel secondo caso che si verifica nei bacini meno piccoli, la portata

di massima piena resta inferiore del detto prodotto e

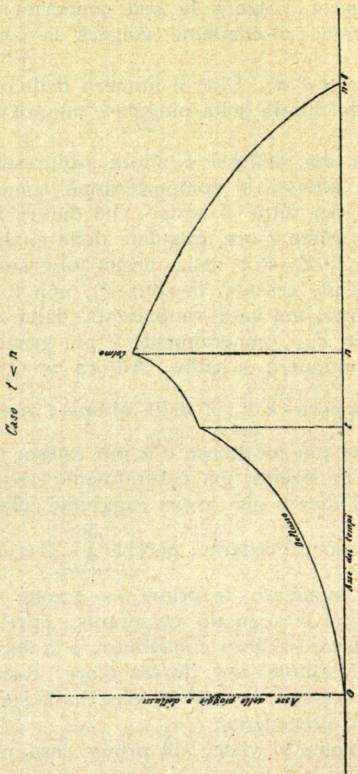


Fig. 25. — Diagramma deflusso piene.

lo resta tanto più quanto più grande è il bacino, a parità di precipitazioni atmosferiche.

§ 4. Ricerca della pendenza media dei versanti di un bacino montano.

La pendenza media dei versanti di un bacino è necessaria non solo per valutare l'impetuosità delle piene del torrente, ma anche per calcolare la superficie effettiva del bacino.

Disgraziatamente però non è facile il determinare la detta pendenza media.

Tuttavia questa si può calcolare approssimativamente in modo abbastanza semplice nel modo seguente.

Si suppone il bacino trasformato in altro costituito da tanti terrazzi o scaglioni sovrapposti limitati da curve di livello tutte equidistanti dell'altezza h . Vedi fig. 26. Allora se consideriamo 2 curve isoipse vicine, lunghe rispettivamente l_{s+1} ed l_s e racchiudenti l'area a_s evidentemente la pendenza media i della porzione di bacino compresa fra le dette due curve sarà data dalla espressione:

$$i = \frac{1}{2} (l_s + l_{s+1}) \frac{h}{a_s}$$

Perciò la pendenza media di tutto il bacino sarà eguale alla media delle pendenze medie di tutti i gradini, e si potrà quindi esprimere con grandissima approssimazione il seguente principio:

La pendenza media del bacino è data dal rapporto fra la somma delle lunghezze delle isoipse moltiplicata per la equidistanza e la somma delle superfici orizzontali dei gradini.

La somma delle superfici orizzontali dei gradini equivale alla superficie della proiezione orizzontale di tutto il bacino.

Perciò l'angolo A della pendenza media, si può⁽⁴²⁾ calcolare con la seguente formola:

$$\text{tag. } A = \frac{\text{Equidistanza} \times \text{Somma delle lunghezze delle isoipse}}{\text{Superficie della proiezione orizzontale}}$$

Le lunghezze delle curve isoipse si desumono facil-

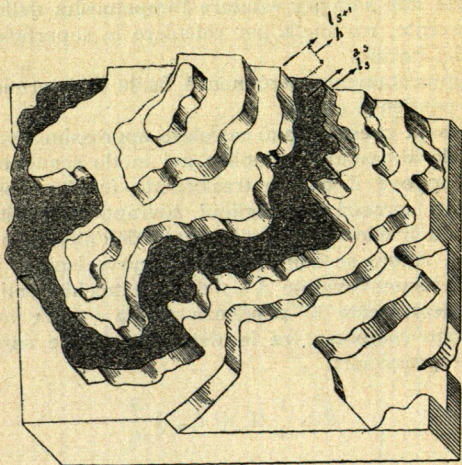


Fig. 26. — Bacino decomposto in terrazzi mediante le curve isoipse.

mente dalla carta col curvimetro e la superficie della proiezione orizzontale del bacino si ricava pure dalla carta col planimetro.

Allo scopo però di avere risultati soddisfacenti bi-

⁽⁴²⁾ S. FINSTERWALDER, « Ueber den mittleren Böschungswinkel und das wahre Areal einer topographischen Fläche »; München, 1890.

sogna che la equidistanza delle isoipse sia piccola e quindi che le isoipse stesse siano in gran numero.

Ne segue che bisogna fare molte misure per avere le corrispondenti l_s , e quindi il procedimento riesce un po' laborioso.

Allo scopo di rendere questa ricerca più spedita il prof. Penck ha proposto di ricorrere ad una curva detta *clinografica* che si costruisce nel modo seguente.

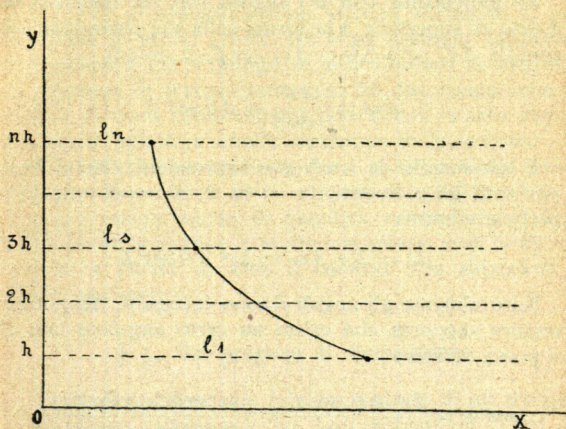


Fig. 27.

Presi due assi ortogonali (vedi fig. 27) su quello delle Y si portano le equidistanze h e per i punti di divisione si tirano tante parallele all'asse delle X portandovi rispettivamente le lunghezze di alcune isoipse.

Unendo allora gli estremi di queste lunghezze si ottiene la suaccennata curva clinografica la quale dà approssimativamente per interpolazione la lunghezza di tutte le altre isoipse.

Naturalmente la curva clinografica dà le lunghezze delle isoipse in modo continuo anche quando vi sono dei colmi e delle selle secondarie; ma ciò non esercita una notevole influenza sulla esattezza dei risultati e le differenze sono tanto più trascurabili quanto più piccoli sono i detti colmi e selle secondarie.

Vediamo ora come si può determinare la superficie effettiva di un bacino montano.

Se indichiamo con β l'angolo che un qualsiasi elemento di superficie $\Delta \omega$ forma colla sua proiezione orizzontale $\Delta \theta$, sarà $\Delta \omega = \Delta \theta \cos \beta$, e quindi

$$\Delta \omega = \frac{\Delta \theta}{\cos \beta} = \Delta \theta \sec \beta$$

E sommando le analoghe espressioni che si hanno per tutti gli elementi $\Delta \omega$ si ha il valore di tutta la superficie effettiva

$$\Omega = \sum_1^n \Delta \omega = \sum_1^n \Delta \theta \sec \beta$$

Naturalmente gli angoli β sono incogniti, ma potremo sempre supporre che esista un certo angolo φ tale che si possa scrivere

$$\sec \varphi = \frac{\sum_1^n \Delta \theta \sec \beta}{\sum \Delta \theta} = \frac{\text{superficie effettiva}}{\text{superficie orizzontale}}$$

Allora siccome si può ritenere con sufficiente approssimazione che questo angolo φ corrisponda a quello A della pendenza media che abbiamo più sopra determinato, tanto che senza grave errore si può sostituirlo con questo; avremo che la superficie effettiva sarà

$$\Omega = \sum_1^n \Delta \omega = \sec A \sum_1^n \Delta \theta$$

e quindi il problema è risolto, perchè questa espressione ci dice che la superficie effettiva di un bacino

montano si può ritenere eguale al prodotto della proiezione orizzontale della superficie stessa moltiplicata per la secante dell'angolo che corrisponde alla pendenza media del bacino stesso.

Prima di lasciare questo argomento è da porsi bene attenzione che poichè come, abbiamo visto nei precedenti esempi, nelle ricerche orometriche e morfografiche assai spesso bisogna ricorrere ad ipotesi semplificatrici, è indispensabile di andare ben cauti e di non eccedere nell'amore di semplificazione, perchè altrimenti si può incorrere in errori gravi. Ne è un esempio luminoso, il risultato a cui si giunge se si fa l'ipotesi di sostituire la porzione di terreno compreso fra due isoipse con un tronco di cono compreso fra due cerchi di area rispettivamente eguale a quella racchiusa dalle isoipse.

È infatti troppo evidente che i valori dati dal tronco di cono sono certo assai minori di quelli reali (e lo possono essere anche di quantità notevolissime se lo sviluppo delle isoipse è molto irregolare, vedi la fig. 28) perchè a parità di area il cerchio è la superficie di minor perimetro.

§ 5. Del progetto di sistemazione.

Giova premettere che la sistemazione di un torrente assai spesso esige parecchie fasi costruttive, la cui durata può talvolta superare il periodo di alcuni anni.

Perciò e anche per le rapide variazioni che può subire un torrente, il progetto di sistemazione pur contemplando tutto il bacino dovrà essere sempre solo di massima e contenere soltanto in via eccezionale i dettagli per le parti che sono eventualmente di sicura previsione e di immediata esecuzione.

Ogni progetto deve in massima constare dei seguenti allegati: *Relazione, corografia generale, profilo longitudinale* ed eventuali profili particolari di dettaglio (e,

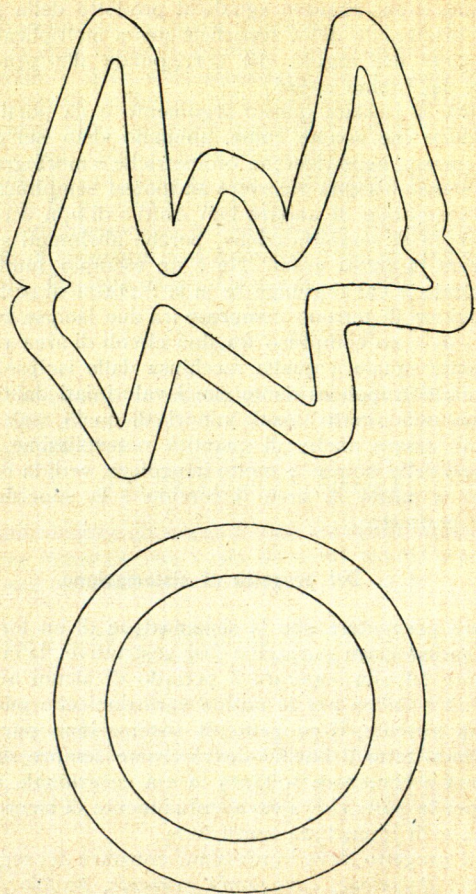


Fig. 28. — Sostituzione di curve semplici ad altre di forma complessa.

quando sia il caso, anche *profili geognostici*) *sezioni trasversali*, *disegni delle opere d'arte*, *perizia o stima dei lavori e finalmente capitolato speciale d'appalto* nei casi in cui le opere devano essere date in appalto o a cottimo.

La *Relazione* deve chiaramente spiegare quali sieno le opere che si propongono, dimostrando che le proposte fatte corrispondono allo scopo. Darà inoltre idea chiara e precisa di quelle circostanze che non possono risultare dai disegni e che hanno influenza sulla riuscita del progetto.

Si dovranno poi, in via sommaria, accennare anche le proposte di indole forestale nonchè quelle di polizia montana.

Infatti gran parte delle rovine che si trovano nelle vallate alpine sono dovute all'incuria degli uomini e in particolare alla aspirazione assai spesso irragionevole degli alpigiani di ricavare dai terreni redditi sempre maggiori. Ne derivano quindi i disboscamenti e i disodamenti delle falde montane per farne dei pascoli o dei terreni coltivabili ed in generale quelle utilizzazioni agricole, le quali, se sono più che lodevoli in pianura ed anche in collina, rendono invece franosi e distruggono i terreni della montagna.

Specialmente verso lo sbocco delle vallate gli abitanti, che più spesso vengono in contatto con le popolazioni più progredite della pianura, cedono alle maggiori esigenze e spingono le coltivazioni all'eccesso. Ed è appunto là che si trova il maggior numero delle frane e degli scoscendimenti, anche perchè ivi d'ordinario il suolo è rivestito in maggior quantità, da grossi strati di terreni sciolti dovuti per lo più ad antichi trasporti alluviali.

Sarà quindi necessario che la relazione contenga anche le proposte sia forestali sia di pulizia montana opportune per far cessare dovunque siano dannosi i

dissodamenti, i disboscamenti e le manomissioni dei rimboschimenti, come pure in generale per disciplinare lo esercizio del pascolo negli spazi di recente imboschiti, o in corso di rimboschimento.

Nella relazione del progetto si dovranno poi almeno succintamente accennare le fasi successive e progressive per le quali si presume dovrà passare la sistemazione prima di essere completa e si dovrà dichiarare in via di larga previsione sommariamente il programma delle opere da eseguire nelle singole fasi.

Inoltre, qualora lungo il torrente esistano manufatti od opere precedentemente costruite da privati o da enti qualsiasi per loro esclusivo interesse e beneficio, si esaminerà se tali manufatti ed opere possano coesistere con quelle proposte nel progetto o se invece possano cagionare danni e debbano quindi essere abbattute o modificate.

Da ultimo, essendo la buona organizzazione della manutenzione delle opere, come si vedrà meglio più avanti, un requisito indispensabile per la loro buona riuscita e richiedendo tale manutenzione un servizio che sarà bene sia disposto fin da quando si intraprendono i lavori, la relazione indicherà i criteri per la organizzazione di questo servizio.

Corografia generale. — Basta in generale la carta militare, a curve orizzontali nella scala di 1 a 25 mila salvo a ricorrere anche a piante particolareggiate per tratti speciali e nei casi eccezionali.

Nella detta corografia generale, oltre a dare distinti i due ordini di lavori idraulici e forestali, si rappresentano con tinte le zone da rimboscare, quelle in cui basta proibire il pascolo, quelle da mantenersi o porsi a prato, e si segnano in linea di grande massima i punti, ove si devono costruire opere o difese.

Profilo longitudinale. — Si adottano per solito due scale cioè quella di 1 a 25000 per le lunghezze e quella

di 1 a 2500 per le altezze. Essendo perciò le altezze dieci volte più grandi delle lunghezze data la forte pendenza che di solito hanno i torrenti il profilo riesce in generale molto alto e quindi da taluni si usa ricorrere all'artificio di riferirli invece che ad una sola orizzontale ad una o più linee di riferimento tutte parallele ed equidistanti, che si dispongono opportunamente inclinate come si vede nelle due figure 29 e 30.

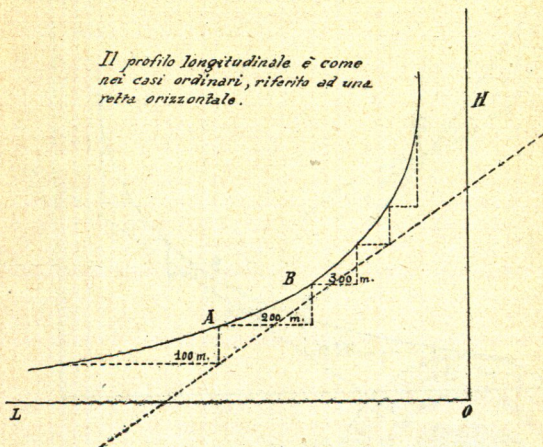


Fig. 29.

Sarà bene che il profilo longitudinale rappresenti anche le linee del fondo nelle diverse fasi progressive sia di erosione sia di deposizione che si verificarono in passato e che si presume possano verificarsi in avvenire quando non intervenga nessuna opera di correzione: come pure indicherà le successive graduali modificazioni prevedibili che il fondo subirà in causa della sistemazione.

La figura 31 dà uno schizzo che può servire di esempio.

Sezioni trasversali e disegni delle opere d'arte. — Per le sezioni trasversali si suole ordinariamente adottare la scala di 1 a 200, salvo a ricorrere ad una scala più piccola ogni qualvolta le sezioni devano attraversare tutta la valle. Giova poi rammentare, che per antica consuetudine convenzionale si usa rappresentare le se-

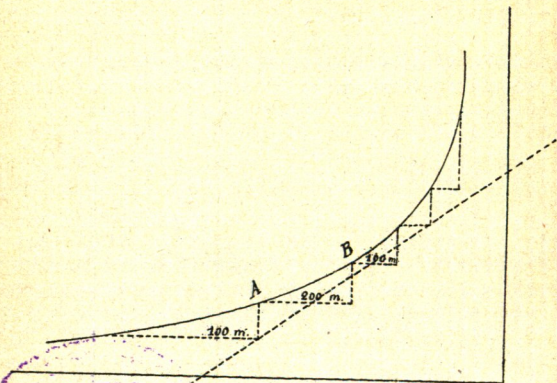


Fig. 30.

Il profilo longitudinale è disegnato su linee di riferimento inclinate.

zioni trasversali come le vedrebbe un osservatore che partendo dalla sorgente andasse verso la foce del corso d'acqua, ovvero si colloca la riva destra a destra del disegnatore e viceversa.

Di solito per la sistemazione di un torrente occorrono molte opere dello stesso tipo. Basterà quindi dare i disegni-moduli di ogni gruppo o tipo di opere rappresentando invece una per una le opere speciali. Di ogni

tipo d'opera si suole dare in generale, la pianta, l'alzato e uno spaccato fatto lungo l'asse del torrente.

Stima. — Il calcolo della spesa si otterrà applicando al computo metrico sommario delle quantità dei lavori delle varie categorie i prezzi correnti della località; verrà così computato l'importo di ciascuna specie di lavori e quindi quella di tutte le opere. Però, qualora queste debbano essere appaltate, la stima oltre a dare la somma necessaria ad eseguire i lavori a base di asta, indicherà anche quella necessaria per gli eventuali lavori in economia.

Inoltre verrà sempre computata la somma concernente le spese di sorveglianza, di direzione, e quella necessaria per le eventuali espropriazioni.

Si aggiungerà poi la spesa prevedibile per la manutenzione, che come già si accennò, va organizzata severamente fin da principio, perchè ha importanza grandissima nel successo delle opere.

E finalmente indicherà la somma reputata necessaria per far fronte alle spese impreviste. Quest'ultima somma nei progetti di facile previsione si stabilisce di solito nel 10^o/₁₀₀ della spesa totale, ma nei progetti di sistemazioni montane che sono solo di massima e che sono inoltre di meno sicura previsione sarà bene abbondare in una misura che naturalmente varierà di caso in caso.

Da ultimo, quando non si tratti di sistemazioni montane le quali a mente della legge 13 Luglio 1911, N. 774, devono eseguirsi interamente a cura e spesa dello Stato, si indicherà in quali proporzioni a termini della legge stessa la spesa dovrà essere ripartita fra gli Enti interessati.

Capitolato speciale d'appalto. — Quando le opere debbano essere appaltate, questo documento è necessario ed assume grandissima importanza.

Il capitolato speciale d'appalto dovrà esprimere chia-

ramente, per non dar luogo a interpretazioni equivoche od erronee, tutte le prescrizioni per la esecuzione dei lavori.

Consta, di solito, di tre capi.

Capo I: Riguarda l'oggetto e il prezzo dell'appalto, la designazione, la forma e le dimensioni principali delle opere appaltate.

Capo II: Contiene le prescrizioni per il modo di eseguirlo di ogni categoria di opere, la qualità e la provenienza dei materiali, e l'ordine dell'andamento dei lavori.

Capo III: Dà le disposizioni particolari relative all'appalto e indica il modo di valutare i lavori.

In questo capo, richiamata l'osservanza del capitolato generale, si determineranno i seguenti oggetti:

a) Importo della cauzione provvisoria e quello della cauzione definitiva. (Di solito la cauzione provvisoria richiesta all'appaltatore uguaglia $\frac{1}{20}$ dell'importo totale dei lavori; la definitiva uguaglia $\frac{1}{10}$ dell'importo stesso);

b) La misura dell'aggio, cioè degli interessi da corrispondersi all'appaltatore sulle somme che questi dovrà eventualmente somministrare a termini del contratto.

(Per esempio, per materiali provveduti per lavori fatti dall'amministrazione in economia, per paghe di operai assunti direttamente dall'amministrazione ecc.);

c) L'importo delle rate da pagarsi all'appaltatore in corso d'opera in ragione dell'avanzamento dei lavori;

d) La somma da corrispondersi a corpo all'appaltatore per l'obbligo che questi ha di mantenere e conservare l'opera fino al collaudo, e per tutti gli altri obblighi generali a carico dell'appaltatore;

e) Le prescrizioni e norme per la misurazione e valutazione dei lavori;

f) Il tempo entro cui dovranno essere compiuti tutti i lavori;

g) La multa di cui sarà passibile l'appaltatore in caso di ritardo nella esecuzione dei lavori ;

h) Il termine entro cui dovrà compilarci il conto finale dei lavori, e il termine entro cui i lavori stessi dovranno essere collaudati a datare dalla completa e regolare loro ultimazione ;

i) I prezzi unitarî in base ai quali, sotto deduzione del ribasso d'asta, saranno pagati i lavori appaltati a misura e le somministrazioni per le opere ad economia.

§ 6. Ordine dei lavori.

Questo argomento merita tutta la attenzione perchè sebbene la stretta osservanza del debito ordine sia necessaria in ogni genere di lavori, pur tuttavia si può dire che in pochissime altre opere essa esercita tanta importanza, come nella sistemazione dei torrenti. La regola generale di ogni sistemazione montana come si ebbe già ad avvertire, è di incominciare a consolidare i tronchi superiori, perchè se non si correggono e riparano i disordini prodotti dalle erosioni e dalle frane nella parte alta del bacino, potranno sempre scendere materiali a guastare ed anche a distruggere i lavori eventualmente fatti in basso.

Si possono però dare delle eccezioni. Ci sono infatti dei casi nei quali è necessario derogare dalla detta norma.

Può accadere, per esempio, che il torrente minacci seriamente un grosso abitato, una strada importante, una vasta campagna, un tronco ferroviario ; e allora è evidente che, siasi o no, già intrapresa la sistemazione della parte superiore del torrente, bisogna subito provvedere alla difesa delle opere minacciate.

Oppure può anche occorrere di dovere incominciare dal costruire in basso, per es., una robusta briglia per

sostenere le opere che si stanno per intraprendere nei tronchi superiori.

Può poi accadere che per far più presto e conseguire nel minor tempo possibile la sistemazione di tutto il bacino, convenga suddividere il torrente in tanti tronchi separati da punti solidi (per es. affioramenti di roccia, tratti già consolidati e di maggior resistenza o comunque in buone condizioni) per attaccare i lavori in tutti i tronchi contemporaneamente. In questo caso converrà sempre sbarrare al basso ogni tronco sempre con un robusto briglione, perchè se anche eventualmente una piena dovesse danneggiare le opere nei tronchi più alti, resti almeno assicurata la conservazione e il buon andamento dei lavori nei tronchi a valle.

§ 7. **Diverse fasi della sistemazione di un torrente.**

Lo scopo della sistemazione è, come si è già detto, quello di produrre artificialmente lo stato di equilibrio del torrente in un tempo molto più breve di quello richiesto dall'opera naturale ed evitando il più possibile frane ed erosioni pericolose.

In generale si arriva a ciò raddolcendo la pendenza del fondo (vedi fig. 32 e Tav. 24) mediante manufatti trasversali (che si chiamano briglie, traverse o serre) dotate di altezza tale e disposte a distanza tale che la linea che congiunge la sommità di una briglia col piede della precedente a monte coincida con la pendenza di compensazione previamente calcolata e determinata.

La costruzione di questi manufatti produce subito due importanti effetti:

1^o A monte di ogni briglia il torrente viene interrito, quindi si ha nella corrente una velocità minore e di conseguenza una minor tendenza ad erodere il fondo.

2^o In conseguenza dei depositi che vanno formandosi a tergo di ogni briglia il fondo va gradatamente alzandosi, quindi viene a occupare sempre maggior larghezza, il che favorisce il consolidamento anche

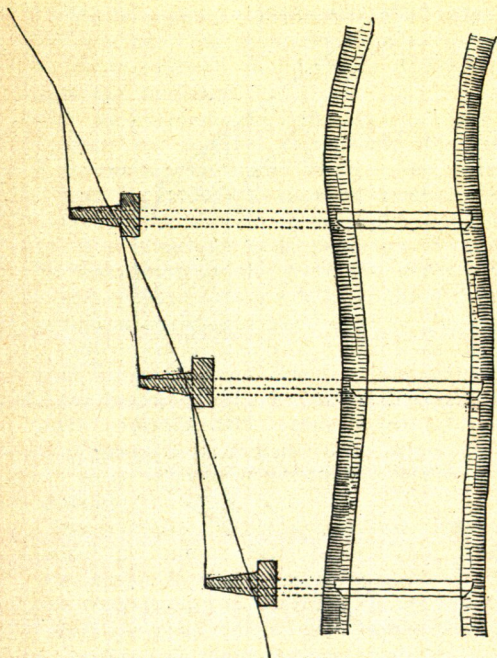


Fig. 32.

delle rive, perchè le scarpe di queste potranno disporsi con inclinazione sempre più dolce (vedi la fig. 33).

Questo primo periodo di lavori dicesi d'*impianto* (o *delle grandi briglie*).

Senonchè col progredire della sistemazione comincerà anche a diminuire sia il volume sia la grossezza delle materie trasportate, e perciò diminuirà pure il

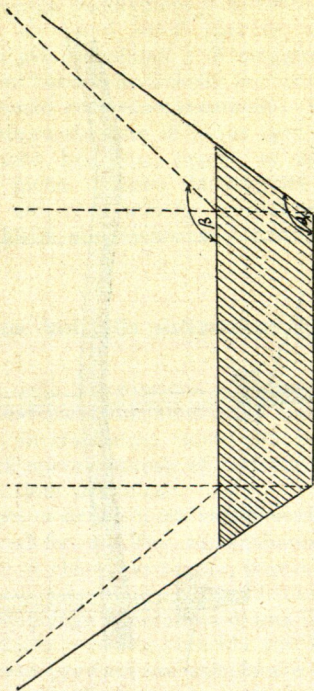


Fig. 33.

valore della giusta pendenza d'assetto, ossia della pendenza di compensazione.

Per convincersene basta richiamare la formola (14)

che esprime questa pendenza, ossia la formola

$$\operatorname{tag} a = \frac{d - 1000}{100} \frac{b}{c^2 R} \quad (14)$$

E poichè la quantità b diminuisce e il coefficiente c che come è noto sta inversamente alla torrenzialità cresce, risulta evidente che il valore di $\operatorname{tag} a$ tenderà a sempre più diminuire.

Perciò, considerando che l'estremo a valle del profilo longitudinale del torrente corrisponde allo sbocco e quindi costituisce un punto fisso; come pure è un punto fisso la corona di ciascuna briglia, a motivo della sua maggior solidità in confronto del fondo del torrente la diminuzione della pendenza si tradurrà in una tendenza generale allo scavo che andrà a mano a mano propagandosi a monte dalla sommità di ciascuna briglia fino ad arrivare al piede della briglia sopracorrente, che correrà il rischio di essere scalzata.

Quindi bisognerà stare attenti a intervenire nuovamente per inserire mediante altre briglie nuovi gradini tra quelli costituiti dalle prime briglie AB e CD ; perchè altrimenti le fondamenta delle prime briglie verrebbero messe a nudo e ne sarebbe compromessa la loro stabilità.

Le nuove briglie da costruire avranno naturalmente dimensioni più ridotte delle prime. Vale però anche per esse sempre la stessa norma costruttiva, che cioè la linea tracciata fra la sommità di una briglia e il piede della prossima a monte deve essere parallela alla nuova pendenza di compensazione (vedi fig. 34).

Ne risulta che la loro corona deve essere più alta della prima linea di compensazione e il loro piede più basso. Soltanto prima di intraprendere la costruzione di queste nuove briglie, si dovrà far attenzione che la prima pendenza sia veramente raggiunta e che già si

stia per entrare su tutta la estesa nella fase di formazione della seconda pendenza. Queste briglie di secondo

ordine saranno naturalmente più numerose delle prime, e pur essendo di dimensioni più modeste tuttavia non recheranno minor vantaggio.

Questo secondo periodo si dice *periodo di formazione* ossia *periodo delle briglie di 2° ordine*.

Ma i lavori di rimboscamento e di rassodamento delle frane nel frattempo progrediranno ancora finchè arriverà il momento che saranno completamente ultimati; le acque del torrente si faranno in conseguenza sempre più chiare fino a divenire del tutto limpide o quasi, perchè se potranno ancora trasportare materie queste saranno assai minute, e in quantità piccolissima e quindi allora le acque saranno dotate della loro mag-

gior forza erosiva. Ne verrà come effetto un avviamento del fondo verso la pendenza di compensazione ultima

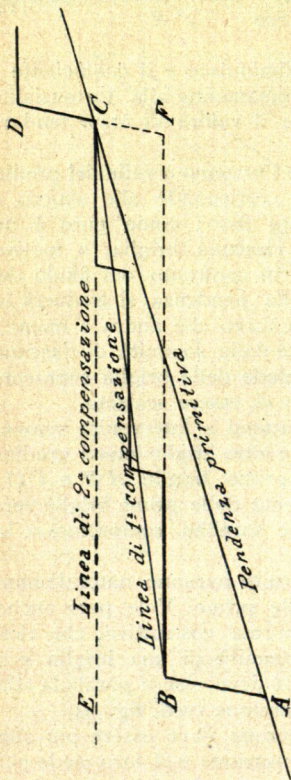


Fig. 34.

ossia verso la pendenza di equilibrio cioè verso quella pendenza per la quale vi sarà equilibrio completo, anche per le materie più piccole, tra la loro resistenza e la forza di trasporto.

Di fronte a questa nuova tendenza ad ulteriori scavi, si dovrà intervenire per impedire che restino danneggiate le briglie di seconda classe ciò che abbiamo già visto avvenire per quelle di prima.

Le opere che adesso si rendono necessarie sono sempre delle briglie, ma ancora meno importanti di quelle di 2^a classe. Si tratta di sbarramenti di piccola altezza che si dicono briglie minori o *soglie* e che spesso si fanno mediante semplici viminate o fascinate, perchè si costruiscono con semplici pali fra i quali vengono intrecciati vimini o altro materiale flessibile, dietro od entro i quali vengono fissati degli strati di fascine e che appunto per questo si chiamano *viminate palizzate*, *steconate*, *graticci* oppure *fascinate*.

Queste briglie minori vanno inserite tra le briglie di secondo ordine con gli stessi criteri e seguendo la medesima regola adoperata nell'inserire quelle di secondo ordine fra quelle di primo ordine come vedesi nella fig. 35.

Quest'ultimo periodo della sistemazione si chiama *periodo di consolidamento o delle briglie minori o delle viminate*.

Qualche volta però dopo le opere costruite nel primo periodo accade di non doverne costruire altre perchè succede, e la pratica ce lo insegna, che come vi sono dei torrenti pei quali occorrono tutti i suddescritti distinti periodi lavorativi per altri bastano solo i lavori del primo periodo, in quanto questi già provvedono a sopprimere affatto o quasi ogni pericolo sia d'erosioni sia di trasporti di materie.

Bisogna avvertire che solo per una convenzione adottata dai più recenti autori, si suppone di suddividere

le suddescritte fasi lavorative in tre periodi, poichè in alcuni casi il secondo periodo può essere rappresentato, anzichè da una sola, da più fasi intermedie.

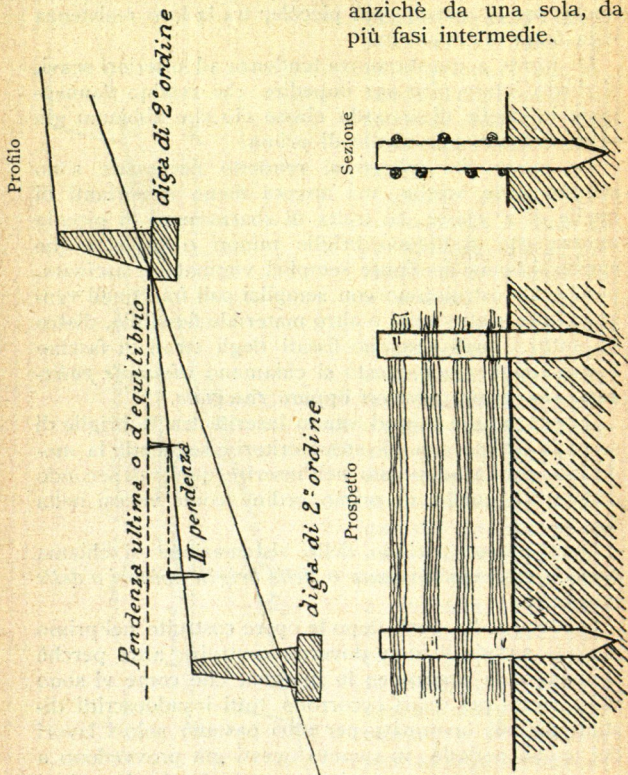


Fig. 35.

È da notare inoltre che la tendenza ad erodere in pratica non avviene sempre quando sia sorpassato il valore teorico della velocità limite di trasporto; perchè

sovente anche le materie minute che oltre una certa

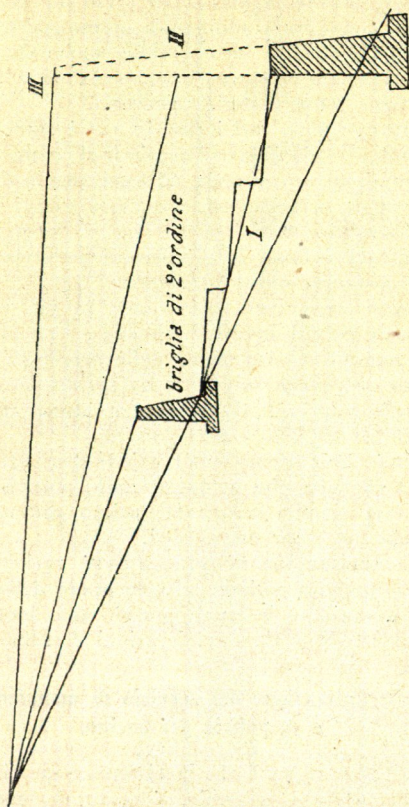


Fig. 36.

velocità potrebbero essere scalzate, smosse e quindi trascinate dalla corrente, invece insinuandosi fra le

materie più grosse (ghiaia, ciottoli, massi ecc.) contribuiscono a rendere la massa del greto più compatta e talvolta la convertono addirittura in una specie di conglomerato che risulta incorrodibile anche da correnti dotate di velocità ben maggiore, specialmente se vi entrano a farne parte materie calcaree.

Dunque non sono rari i casi in cui è sufficiente un solo primo periodo di lavori e quindi si commetterebbe cosa imprudente e contraria ad ogni regola di economia, se fin da principio ed in una fase sola ci si accingesse ad eseguire tutti i lavori che si devono poi attuare nei casi ordinari in più periodi per conseguire la completa sistemazione del torrente.

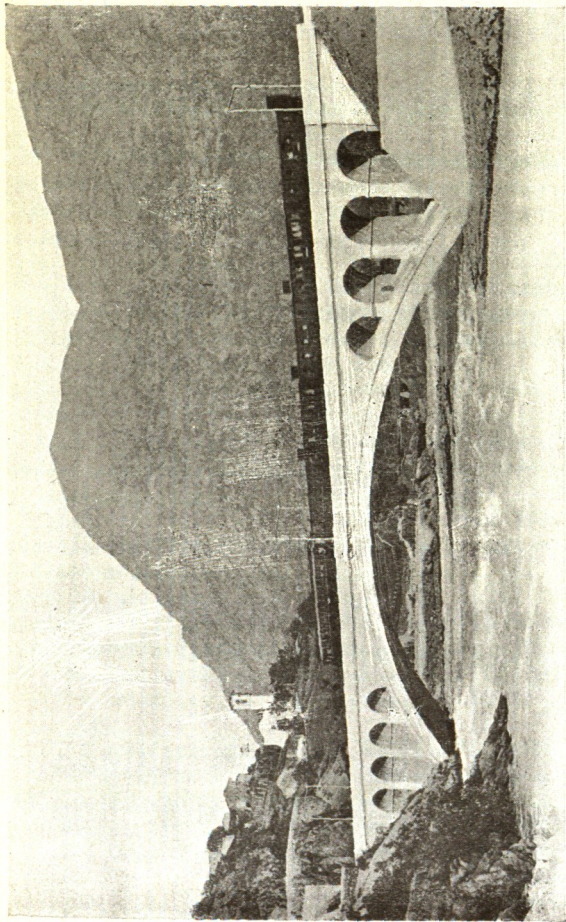
Su questo argomento, osservando la fig. 36 si potrebbe esser tentati, invece di riservare a un futuro più o meno remoto la costruzione delle briglie di secondo e di terzo ordine, di subito fin dal principio costruire delle briglie tanto alte da ottenere lo stesso effetto che con quelle di secondo e terzo ordine.

Ma non è che l'attenta osservazione degli effetti delle opere già eseguite che in questo caso potrà suggerire se sieno sufficienti i lavori del primo ordine o se a questi debbano tener dietro altri.

Quindi non sarebbe nè prudente nè razionale concentrare in un solo periodo tutte le opere delle diverse fasi di sistemazione le quali per sè sono ipotetiche e sono suggerite solo da considerazioni d'ordine teorico.

§ 8. Organizzazione del servizio di manutenzione e di polizia del bacino.

Richiedendo in generale la sistemazione di un torrente, una durata notevole, è naturale che anche quando i lavori di primo impianto sono tuttora in corso di esecuzione, può occorrere di dover provvedere al mantenimento delle opere già costruite.



Tav. 21. — Ponte (luce m. 70,00) e galleria della ferrovia Colico-Sondrio, al Desco, trasportata in questi ultimi anni sulla riva destra dell'Adda, per evitare i guasti del torrente Tartano, il cui conoide la ferrovia stessa originariamente attraversava.

L'esperienza ha dimostrato che il metodo più pratico per organizzare questo servizio di manutenzione è quello di assumere fin dall'inizio dei lavori, una squadra di operai intelligenti che sappiano essere all'evenienza un po' muratori, un po' manuali ed un po' forestali.

Così a questa squadra di operai, oltre alla conservazione e alla riparazione delle opere per avventura già compiute o che si andranno a mano a mano eseguendo, si potrà affidare l'esecuzione di tutti quei piccoli lavori che vanno eseguiti qua e là e che per quanto modesti sono indispensabili e devono essere intrapresi contemporaneamente alle principali opere di sistemazione; e in pari tempo alla squadra stessa potrà essere affidato il servizio di vigilanza su tutto il bacino.

Il regime dei torrenti è spesso turbato da piccoli disordini.

Sono talvolta piccoli scalzamenti e corrosioni di limitate superficie, che, trascurati, in breve assumono proporzioni così grandi e vaste da diventare focolare di perturbazione di tutto il bacino. In certi terreni, specialmente in quelli sciolti e in quelli costituiti da formazioni argillose e marnose, può bastare una semplice pioggia a dare origine a solchi ed anche a burroni. Quindi è indispensabile che vi siano fin dal principio operai incaricati di vigilare e che al manifestarsi di una frana possano accorrere a riparare ed impedire che i danni divengano troppo grandi o addirittura irrimediabili.

Poi è assai utile che la detta squadra di guardie ed operai fin dall'inizio della sistemazione dedichi la sua attenzione anche in un altro campo.

Fra i provvedimenti che subito si devono attuare per la sistemazione di un torrente vi è il rimboscamento di quelle plaghe nude che non può riuscire di difendere dalla degradazione e dalla rovina con altre vegetazioni o colture meno protettive del bosco. Se

queste plaghe dove giovane ancora è la vegetazione e deboli le piantagioni sono lasciate incustodite, gli alpiani collo stroncare polloni e virgulti possono recare troppo grave pregiudizio all'opera appena iniziata.

E maggiormente il bosco ancora in formazione può venire danneggiato, se, viene lasciato libero al pascolo del bestiame perchè questo, calpestando, e divellendo le piantine ancora tenere e novelle impedisce il crescere del bosco e paralizza l'opera di consolidamento.

Basta il considerare che il solo passaggio delle mandrie è sufficiente a produrre delle frane. Le capre poi sono particolarmente pregiudizievoli, perchè col loro dente voracissimo nulla risparmiano e distruggono anche la corteccia degli alberi su larghe zone.

Qualchè volta è il modo affatto irrazionale e abusivo di far scendere i tronchi d'albero nelle plaghe prive di strada, dove è stato autorizzato il taglio di un bosco, senza provvedere a opportunamente rivestire e presidiare con legname le vie ed i sentieri destinati allo scivolo dei tronchi per preservare il terreno da erosioni, che dà luogo a solchi o canali che si convertono presto in torrenti ripidissimi e pericolosissimi.
