

B. — STUDI DI GEOLOGIA TOPOGRAFICA E IDRAULICA

del Socio prof. G. UZIELLI.

(con quattro Tavole illustrative, continuazione e fine).

III.

Sulle linee topografiche e le trasformazioni oro-idrografiche.

Lo scopo della mia memoria sopraccennata non era già quello di voler prescegliere fra i varii significati della parola *pendenza* l'uno piuttosto che l'altro; ma essa aveva in mira varie proposizioni, accennate in parte in detta memoria e che saranno più distesamente svolte in ulteriore lavoro. Il pensiero fondamentale di esse è il seguente.

Nelle linee che si considerano alla superficie del suolo bisogna distinguere quelle che implicano un concetto esclusivamente geometrico del suolo stesso, cioè che si riferiscono alla sua configurazione, da quelle che implicano un concetto meccanico e fra esse da quelle che si riferiscono al moto delle acque scorrenti su di esso.

Vari autori confondendo i due ordini di fatti, usando quindi parole improprie, e partendo inoltre da premesse non corrispondenti alle condizioni naturali del suolo, sono stati indotti a stabilire proposizioni generalmente erronee, benchè ora, in parte almeno, ammesse da autorevoli scrittori.

Le principali di tali proposizioni sono: (1)

« Le acque seguono le linee di massima pendenza.

« I corsi d'acqua segnano le linee d'impluvio della regione circostante.

« Un fiume tende al suo stabilimento e una volta raggiunto non se ne scosta più, ecc. ecc. »

Sarò ora scusato dal lettore se, per evitare ulteriori equivoci, riassumerò qui cose in parte note e in parte già dette nella mia citata memoria e se per brevità userò linguaggio algebrico, mentre rimando, a illustrazione delle linee varie di cui ora parlerò, alla Tav. I^a.

1.^o Consideriamo una porzione della superficie terrestre e supponiamo tale porzione identificabile con una porzione di una data superficie geometrica. Convien subito notare che le proprietà che l'analisi permetterà di stabilire saranno relative all'intera superficie geometrica, ma solo a una limitata porzione della superficie del suolo.

Inoltre in quanto segue considererò porzioni di superficie di suolo che non presentano punti speciali come punti di vetta, linee di vetta determinate ciascuna da due versanti piani, ecc. ecc., nelle quali condizioni il problema varia caso per caso (2). Supporrò, in altri termini, che la porzione che considero della superficie del suolo sia prolungata all'infinito a valle e a monte, in modo tale che la superficie stessa, così estesa, non abbia punti singolari.

Ciò premesso, riferendo la superficie geometrica a assi ortogonali

(1) Vedi tali teoremi diffusamente esposti in molti trattati antichi e moderni dal Guglielmini in poi, e chiaramente riassunti dagli autori seguenti: TURAZZA D. *Trattato d'Idraulica pratica*. Padova 1880. Vedi pag. 382 e seg. pag. 400 a 402 e seg. VENTUROLI G., *Elementi di Meccanica e d'Idraulica*. Milano 1817, Vol. 2.^o in 8.^o Vedi vol. II p. 132, 167.

(2) Vedi in proposito anche JORDAN C. *Sur les lignes de faite et de thalweg* [n]. *Comptes rendus de l'Acad. de Sciences* t. LXXV (1872) p. 626 nota (f).

e supponendo l'asse della z verticale, potrò in generale rappresentarla con l'equazione:

$$(I) \quad z = f(x, y)$$

La curva o linea di livello all'altitudine h , avrà per equazione, nel piano orizzontale:

$$(II) \quad h = f(x, y)$$

Potrò sempre supporre che il valore z varii con continuità e quindi considerare curve di livello che si succedano con continuità.

Indicherò le derivate parziali dedotte dalla (I) colla solita notazione, cioè porrò:

$$p = \frac{dz}{dx}, \quad q = \frac{dz}{dy}, \quad r = \frac{dp}{dx}, \quad s = \frac{dp}{dy} = \frac{dq}{dx}, \quad t = \frac{dq}{dy}.$$

2.º In generale ogni curva di livello presenterà dei punti di massima curvatura separati da un flesso.

L'equazione della proiezione orizzontale del luogo geometrico dei punti l di flesso è, in termini finiti:

$$(III) \quad q^2 r + p^2 t - 2 p q s = 0$$

la quale può anche mettersi sotto la forma:

$$\begin{vmatrix} 0 & p & q \\ p & r & s \\ q & s & t \end{vmatrix} = 0$$

Chiamerò ora *linee poligrife* (1) i luoghi geometrici dei punti di curvatura massima o minima (escluso il caso dei riflessi) (2), delle linee di livello successive infinitamente vicine.

Le *linee poligrife* successive saranno alternativamente, in relazione al piano orizzontale di riferimento x, y , *linee poligrife superiori* o *linee di vetta*, cioè *creste* (lignes de faite) e *linee poligrife inferiori* o *linee di valle* (thalwegs).

La tangente a qualsiasi linea di livello, nel punto in cui questa incontra una linea poligrifa, è esterna, in generale alla superficie del

(1) Da *polys* molto e *gryphos*, curvo. Non intendo qui introdurre in topografia una parola nuova, ma valermi di un solo vocabolo per definire linee aventi una proprietà comune e render così più semplice il linguaggio e più chiara l'esposizione.

(2) In generale le linee di livello nella valle o nella vetta presentano curvatura massima nei punti ove incontrano le linee poligrife, ossia linee di valle e linee di vetta; può avvenire, per altro, che in quei punti esse presentino la curvatura minima, e che da lati opposti (rispetto alle linee poligrife) di essi, si trovi, per ciascun lato, un punto di curvatura massima. Ma questo avviene, in generale, quando la superficie si riduce a una *modanatura* (vedi più avanti) ed allora la valle ha un'infinità di linee di valle, e il colle un'infinità di linee di vetta.

suolo, fuorchè nel punto di contatto, se la linea poligrifa è superiore (linea di vetta); è interna alla superficie stessa, se la linea poligrifa è inferiore (linea di valle).

L'equazione della linea poligrifa è, in termini finiti:

$$(IV) \quad 3 (q^2 r + p^2 t - 2 p q s) [p q (r - t) + s (q^2 - p^2)] - \\ - (p^2 + q^2) \left[q^3 \frac{dr}{dx} - p^3 \frac{dt}{dy} + 3 p q \left(p \frac{dt}{dx} - q \frac{dr}{dy} \right) \right] = 0$$

3.° La pendenza della superficie del suolo in un suo punto è misurata dall'angolo acuto φ , che il piano tangente alla superficie in quel punto, fa col piano orizzontale. La pendenza di una retta è misurata dall'angolo acuto φ che la retta fa con la sua proiezione nel piano orizzontale. Da qui nasce che l'angolo φ varia da 0° a 90° e che si può, senza equivoco, misurare la pendenza invece che con φ , con una funzione dell'angolo α la quale, fra i detti limiti, cresca e decresca con esso, come $\tan \varphi$ e $\sin \varphi$.

4.° Da ogni punto della superficie del suolo (esclusi i punti singolari) parte una sola *linea di massima pendenza*, cioè una linea tale che in ogni suo punto qualunque altra linea che vi passa ha pendenza minore di essa. L'equazione di tale linea si ottiene integrando l'equazione differenziale

$$(V) \quad \frac{dy}{dx} = \frac{q}{p}$$

e determinando la costante arbitraria colla condizione che la linea che si considera passi per un dato punto della superficie. Le linee di massima pendenza tagliano ad angolo retto le curve di livello che incontrano; esse formano dei rami di curve, ognuno dei quali è asintotico per ogni versante alle due linee poligrife successive che comprendono il versante stesso (1).

Si noti che le linee poligrife sono anch'esse linee di massima pendenza (2).

(1) Non conoscendo, quando pubblicai la mia Nota del 1883; (*Alcune osservazioni orografiche ed idrografiche* [in] *Boll. della Soc. geog. ital.*, Serie II Vol. VIII, 1883, V. p. 563 art. 11, 2) le osservazioni del Jordan e del Boussinesq, ritenevo allora che le linee di massima pendenza incontrassero a distanza finita, nel caso più generale, le linee poligrife, mentre che sono a queste asintotiche; errore che in detta nota commisi nel testo e nell'unito disegno, e che credo opportuno qui rilevare.

(2) JORDAN C. *Sur les lignes de faite et de thalweg. Comptes rendus de l'Acc. de Sciences* t. LXXIV (1872) p. 1457, Séance du 3 Juin 1872.

Il Jordan scrive: « les lignes de faite ou de thalweg ne se distinguent en rien, dans leur parcours des autres lignes de plus grande pente ».

5°. Le *linee di declività massime* sono il luogo geometrico dei punti delle linee di livello ove la pendenza è massima, rispetto a quella dei punti vicini, quando si cammina sopra una medesima linea di livello; e quindi in quei punti le linee di livello debbono aver la minima distanza fra loro (1). Esse sono pure i luoghi geometrici dei punti *D* di flesso delle linee di massima pendenza. Le linee di declività massima si trovano, in generale, a mezzo versante fra due linee poligrife successive.

Le *linee di declività minima* sono i luoghi geometrici dei punti analoghi ove la pendenza è minima. Esse sono pure il luogo dei flessi *d* delle linee di massima pendenza, allorchè queste si avvicinano alle parti relativamente convesse delle linee poligrife stesse. Esse formano dei rami di curva fra due punti di flesso *v* delle linee poligrife e sono successivamente situate da parte opposta di ciascuna di queste.

Il Jordan in altra memoria (*C. R. de l'Acc. de sciences*, t. LXXV (1872) pag. 1024, note 1. Séance du 28 octobre 1872) dice che con le parole *leur parcours* intende *un parcours fini quelconque*. In altra memoria (*C. R. de l'Acc. de sciences*, t. LXXV (1872) p. 626) scrive: « il n'existe en général aucune ligne de plus grande pente jouissant dans tout son parcours des propriétés spéciales » e lo dimostra considerando le linee di massima pendenza, e facendo variare in un dato intervallo la superficie del suolo. Non intendo qui obbiettare nulla alla dimostrazione dell'insigne matematico; osserverò solo che essa non contraddice la seguente proposizione, cioè che *per una data superficie del suolo vi sono linee di massima pendenza che incontrano le linee di livello, corrispondenti alla superficie stessa, nei punti ove la curvatura delle linee di livello è massima, e queste linee di massima pendenza sono appunto le poligrife della data superficie*. (È del resto con questo criterio che praticamente nelle carte a curve di livello si riconoscono le linee poligrife cioè di valle e di vetta). In altri termini le linee poligrife non hanno proprietà diverse da quelle delle linee di massima pendenza tracciate su una data superficie rispetto alla superficie stessa, ma le hanno diverse rispetto alle linee di livello tracciate su quella superficie a seconda dei punti ove le intersecano.

Si noti infatti che l'equazione differenziale (V) della pag. 738 è quella di tutte le linee di massima pendenza possibili, mentre l'equazione (IV) a pag. 738, è l'equazione in termini finiti che corrisponde a un gruppo di equazioni integrali della (V), il cui integrale particolare è caratterizzato dalle coordinate di un punto per cui passa quella delle linee poligrife che si considera.

(1) Da quanto qui si dice risulta che le linee di declività massima devono soddisfare a due condizioni, cioè passare per i punti del suolo ove le linee di livello hanno la minima distanza fra di loro, e passare per i punti di flesso delle linee di massima pendenza. Ora la *TAV. I*, essendo stata disegnata per tentativi, e non volendo togliere la generalità alla dimostrazione dando alla superficie del suolo una forma definita da un'equazione speciale, queste due condizioni non hanno potuto sempre venire soddisfatte nel disegno con quella perfezione che teoricamente sarebbe stata necessaria.

La equazione in termini finiti della proiezione sul piano orizzontale della linea di declività massima e minima è (1):

$$(VI) \quad (p^2 - q^2) s = p q (r - t)$$

Si osservi che, in generale, sono le linee di declività minima e non le linee poligrife che godono della proprietà di essere in ognuno dei loro punti meno inclinate sopra l'orizzonte che le linee di massima pendenza vicine. Soltanto nel caso che la superficie del suolo sia una *modanatura*, cioè quando le linee di massima pendenza sono contenute in un piano verticale, ossia quando hanno per proiezione orizzontale una linea retta, solo allora le linee poligrife, coincidendo colle linee di declività minima, godono della detta proprietà. Nel caso generale quindi i punti che godono di detta proprietà non si trovano sulle linee poligrife, ma un poco vicine (3).

6°. Una proprietà interessante delle linee di declività massima o minima è quella che, in ognuno dei loro punti, la linea di livello e quella di massima pendenza che vi s'incrociano, sono tangenti alle due linee di curvatura della superficie che vi s'incrociano egualmente, linee di curvatura la cui equazione differenziale è, come è noto:

$$(VII) \quad \left(\frac{r}{1 + p^2} - \frac{s}{p q} \right) \left(\frac{d x^2}{1 + q^2} + \frac{d x d y}{p q} \right) = \\ = \left(\frac{t}{1 + p^2} - \frac{s}{p q} \right) \left(\frac{d y^2}{1 + p^2} - \frac{s}{p q} \right) \left(\frac{d y^2}{1 + p^2} + \frac{d y d x}{q p} \right)$$

la quale si può anche mettere sotto la forma seguente:

$$\begin{vmatrix} 1 + p^2 & q p & 1 + q^2 \\ r & s & t \\ d y^2 & - d x d y & d x^2 \end{vmatrix} = 0$$

(1) SAINT VENANT (E de) [in] *Bullettin de la Société Philomatique*, 6 Mars 1852.

Il Boussinesq ha dato l'equazione differenziale delle medesime linee (*Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences*, t. LXXIII, 11 Dec. 1871, p. 1367) sotto la forma:

$$\frac{d \frac{q}{p}}{d x} + \frac{q}{p} \frac{d \frac{p}{d y}}{d y} = 0$$

Le linee di declività massima hanno importanza speciale quando si considera una carta quotata, in vista di farvi una costruzione stradale o idraulica. Secondo tali linee s'incontrerebbero declività massime, cioè maggiori che non secondo qualsiasi altra linea che si potesse segnare sul terreno e quindi si avrebbero, in generale, seguendo tali linee di massima declività, maggiori opere di sostegno e di difesa da fare, che non seguendo altre, e perciò maggiori spese.

(3) BRÉTON DE CHAMP. *Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences*, t. LXX, 2 Mai 1870, pag. 982.

7°. Esaminiamo ora quale sia la curva descritta da un punto materiale (cui si può ridurre la considerazione di una molecola d'acqua) che si move sotto l'azione della gravità sulla superficie:

$$(I) \quad z = f(x, y)$$

L'equazione differenziale che unitamente alla (I) definisce tale curva, è:

$$(VIII) \quad \frac{v^2}{g} \left[\frac{(p \, dz + dx) \, dz}{ds^2} \cdot d \cdot \frac{dy}{dz} - \frac{(q \, dz + dy) \, dz}{ds^2} \cdot d \cdot \frac{dx}{dz} \right] - (p \, dy - q \, dx) = 0$$

Se la velocità iniziale è nulla questa equazione riduce alla

$$(V) \quad \frac{dy}{dx} = \frac{q}{p},$$

ciò che dimostra che all'origine del movimento un punto materiale descrive, partendo dal riposo l'elemento della linea di massima pendenza che vi passa. Ma nell'istante successivo se ne allontana perchè l'azione della gravità si compone con la forza viva acquistata dal corpo per la sua caduta e con le forze di attrito dipendenti dalla natura del liquido e della superficie.

Chiamerò in generale linea *idrodinamica* la linea seguita da una molecola d'acqua che sotto l'azione della gravità parte, con o senza velocità iniziale, da un punto di una data superficie. La linea idrodinamica è rappresentata dall'equazione (VIII) finchè la molecola d'acqua si trova sulla superficie. Ma quando l'abbandona (come avviene nelle cadute d'acqua) allora la sua forma è evidentemente quella della curva balistica.

L'equazione differenziale della proiezione sul piano orizzontale della curva descritta dal punto materiale è:

$$(IX) \quad p \frac{d^2 y}{dT^2} - q \frac{d^2 x}{dT^2} = 0$$

essendo dT l'elemento del tempo.

Il Poisson ha dimostrato (1) che le curve rappresentate dalle equazioni (V) e (IX) si riducono ad una unica, cioè alla (V), solo quando le linee di massima pendenza giacciono in un piano verticale. E il PUISSANT (2), riferendone la dimostrazione, aveva già notato nel 1820

(1). PUISSANT L. *Traité de topographie et d'arpentage*, Paris, 1820, 2^a ed. p. 372.

(2). PUISSANT L. *Traité de topographie et d'arpentage*, ecc., p. 227 e 372 a 376.

l'errore, ripetuto poi generalmente dagli autori di ritenere che le acque seguono sulla superficie del suolo le linee di massima pendenza.

Il Prof. Ulisse Dini, rispondendo ad una mia domanda, ha poi dimostrato che *le sole superficie che godono delle proprietà di avere le linee di massima pendenza giacenti in un piano verticale, cioè di avere linee rette per proiezioni sopra un piano orizzontale, sono le modanature* (1).

Le *modanature* sono definite dalle equazioni

$$(X) \quad \begin{cases} x = \int m \sin \varphi \, du + Z \cos \varphi \\ y = \int m \cos \varphi \, du + Z \sin \varphi \\ z = z \end{cases}$$

ove m e φ sono funzioni arbitrarie di u , e Z è funzione della sola z .

Fra le varie specie di *modanature* giova far particolar menzione di quelle che si ottengono quando nelle (X) si pone $m = 0$.

Allora quadrando e sommando le due prime delle (X), esse si riducono facilmente alla:

$$(XI) \quad z = F(x^2 + y^2),$$

equazione che comprende, come è noto, tutte le superficie di rivoluzione intorno a un asse.

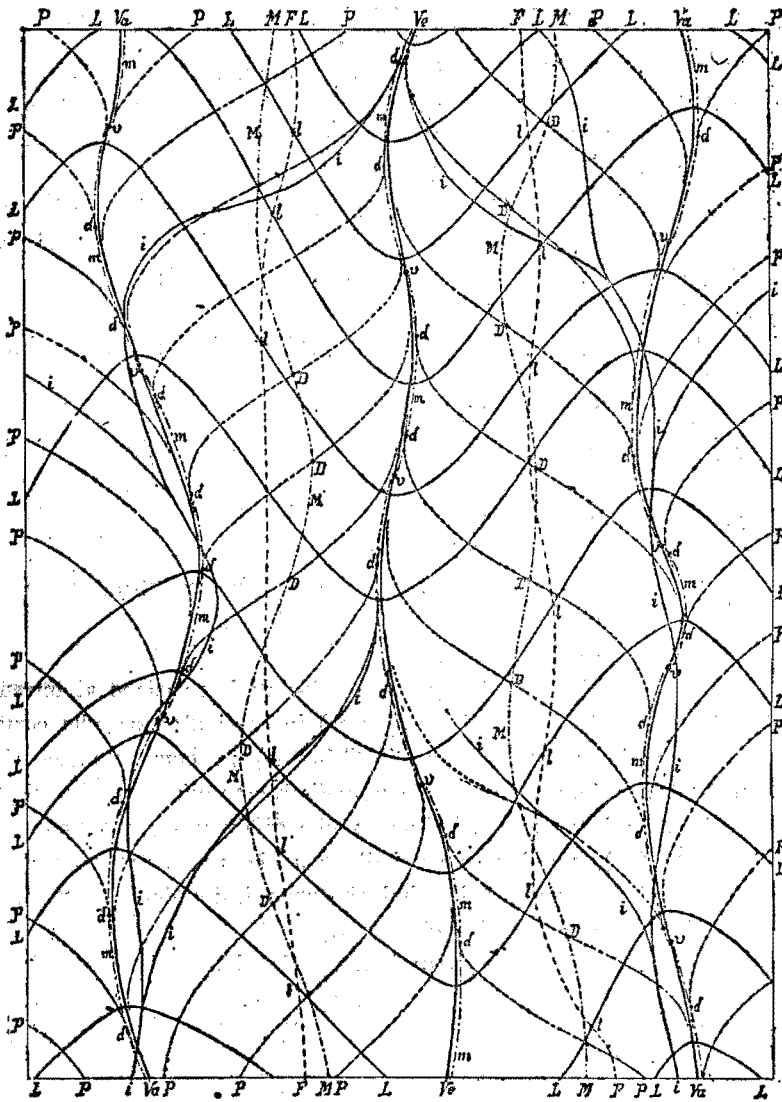
8.º Da quanto precede si deduce che *le sole superficie su cui le acque seguono le linee di massima pendenza sono quelle in cui queste linee giacciono in un piano verticale, cioè le modanature, famiglia di superficie della quale sono un caso particolare le superficie di rivoluzione.*

È chiaro che le equazioni che precedono, essendo tutte (meno quelle che sono riducibili e una stessa forma) essenzialmente differenti, in generale, fra loro, ne risulta pure che debbono essere anche differenti, in generale fra loro, le linee che ad esse corrispondono, cioè le linee di livello, poligrife, di massima pendenza, idrodinamiche, ecc.

IV.

La confusione in alcuni argomenti che riguardano a un tempo la topografia e l'idraulica è dipesa, fra le altre cause, da questo; cioè che mentre si è dato il nome di *pendenza* a quantità diverse, si è poi supposto che la cadente di un corso d'acqua, cioè la linea media da esso seguita, fosse sempre e esattamente la linea di massima pendenza; e infine si sono confuse le linee seguenti che non sempre e generalmente coincidono; le quali hanno questo di comune cioè di dipendere da un dato di sistema di rappresentazione del suolo con curve di livello parallele a un dato piano.

(1) UZIELLI G. *Alcune osservazioni orografiche ed idrografiche*, [in] *Boll. Soc. geogr. ital.*, Serie II, Vol. VIII, 1883. vedi p. 560.



TAV. I^a — Linee topografiche ed idrodinamiche.

LL, — Curve di livello.
VaVa, — Linee di valle } *Linee poligrife*.
V₂V₂, — Linee di vetta }
P.P., — Linee di massima pendenza.
D, D, — Punti di flesso delle linee di massima pendenza, in generale a mezzo versante.
d, d, — Punti di flesso delle linee di massima pendenza, presso le poligrife.

v.v., — Punti di flesso delle linee poligrife.
ll, — Punti di flesso delle linee di livello.
MM, — Linee di declività massima, luogo dei punti *D*.
mm, — Linee di declività minima, luogo dei punti *d*.
FF, — Linee luogo dei punti di flesso *l* delle curve di livello.
i, i, — Linee idrodinamiche.

Queste linee sono: (Vedi Tav. I^a).

- 1.^o Linee di massima pendenza, *P, P*;
- 2.^o Linee poligrife, cioè di valle e di vetta, *Va Va, Ve Ve*;
- 3.^o Linee di declività massima e minima, *MM, mm*;
- 4.^o Linee di displuvio e d'impluvio;
- 5.^o Linee idrodinamiche, *ii*.

Nello stesso tempo gli scrittori che si sono occupati di tali linee, non hanno, in generale, distinto chiaramente le varie ipotesi che si possono immaginare per il terreno e che sono le seguenti:

I. Terreni incorrodibili.

1.^o Terreno a struttura omogenea e isotropica e a forma invariabile.

II. Terreni corrodibili.

2.^o Terreno a struttura omogenea e isotropica e a forma variabile per essere corrodibile da corsi d'acqua a portata costante.

3.^o Terreno a struttura omogenea e isotropica e a forma variabile per essere corrodibile da corsi d'acqua a portata variabile.

5.^o Terreno a struttura non omogenea, anisotropica e corrodibile da corsi d'acqua a portata variabile e di cui la forma varia per cause indipendenti dalle acque stesse.

Infine anche i corsi d'acqua vanno distinti in relazione al terreno e (in riguardo all'oggetto di questa nota) in corsi d'acqua che corrodono senza mai disalveare, (come il Colorado) in corsi d'acqua che hanno disalveato in passato, e che non disalveano più o rarissimamente e con piccolo effetto; in corsi d'acqua che disalveano più o meno periodicamente (Po), e infine in corsi d'acqua che non corrodono nè disalveano, corsi d'acqua questi ultimi che sono il tipo dei fiumi stabiliti, tipo del rimanente più teorico che reale.

Passiamo brevemente in rivista i vari casi dei terreni sopra indicati, in relazione colle acque che possono percorrerli.

1.^o Terreno a struttura omogenea e isotropica e a forma invariabile.

Da quanto si è detto precedentemente si deduce che in un terreno di tal natura, cioè incorrodibile, la linea idrodinamica non coinciderà in generale con la linea di massima pendenza, nè con la linea di valle.

La linea idrodinamica coinciderà con la linea di massima pendenza negli spazi della superficie del suolo ove questa è identificabile a una modanatura, purchè le molecole d'acqua che partono da quegli spazi e a cui una data linea, si riferisce, non abbiano velocità iniziale o che la direzione di questa sia contenuta nel piano verticale in cui sta, in

questo caso, la linea di massima pendenza, la quale viene perciò a essere seguita dalle molecole d'acqua.

Come casi particolari delle superficie ove tali condizioni possono verificarsi, sono da mentovare, come sopra si è detto, le superficie di rivoluzione e fra esse le superficie coniche.

I vari casi che si possono presentare, si osservano facilmente formando in gesso, una superficie che rappresenti una data estensione di terreno, ove siano figurate le varie linee di cui fin qui abbiamo discorso (1).

Ivi si vedrà come una linea idrodinamica differisce dalla linea di massima pendenza e come, in generale, finisce per oscillare intorno a una linea di valle e come la sua forma è costante se la massa d'acqua è costante, ed è variabile se questa è variabile; come sopra una modanatura (monti conici, con vulcanici, con di deiezione, ecc.) se l'acqua non ha velocità iniziale per cause estranee alla gravità, la linea idrodinamica che segue, coincide colla linea di massima pendenza, sia questa anche una linea di vetta; come questo abbia luogo anche se la molecola d'acqua, al suo arrivo sulla superficie conica, ha una data velocità, purchè questa sia tale che la retta che ne indica la direzione si trovi in uno dei piani che contengono una generatrice del cono, cioè una sua linea di massima pendenza; ed a questi casi particolari molti altri potrei aggiungerne.

Se si considera ora l'acqua cadente da ogni punto dei due versanti di una valle, la linea idrodinamica che risulta dal sommarsi delle singole masse d'acqua, potrà, in molti casi, chiamarsi linea *d'impluvio della valle*; linea che varierà, variando le masse d'acqua da cui dipende. La linea di vetta poi potrà sempre riguardarsi come linea di displuvio; ma la linea d'impluvio di una valle mentre talora può coincidere con la linea di valle, talora può differirne assolutamente, come più avanti si vedrà.

2°. Terreno a struttura omogenea e isotropica, e a forma variabile, per essere corrodibile da corsi d'acqua a portata costante.

In un dato terreno consideriamo una data massa d'acqua che parte

(1) A schiarimento di questi vari casi ho fatto costruire un modello in gesso. In esso le curve di livello sono state segnate con una punta che si poteva muovere successivamente in piani orizzontali paralleli. Le curve di massima pendenza sono state segnate a mano, colla condizione che ciascuna fosse normale ad ogni linea di livello e asintotiche alle linee poligrife che incontrava. Le linee idrodinamiche furono determinate sperimentalmente, facendo arrivare in un dato punto un afflusso costante di acqua e quindi segnando a mano la linea che seguiva il filetto liquido così ottenuto.

da un punto di esso. Essa scenderà secondo una data linea idrodinamica. Siccome il suolo è corrodibile, le corrosioni e le infiltrazioni avverranno più facilmente verso la linea di valle che non verso la linea di vetta.

Quindi il corso d'acqua tenderà a scendere verso la linea di valle. Avvenuta la coincidenza, la linea di valle sarà poi modificata a valle dalle corrosioni avvenute a monte e viceversa; ma essa rimarrà d'allora in poi coincidente con la linea idrodinamica e quindi anche con la linea d'impluvio. Ma per quanto si è detto prima la superficie del suolo, dovrà essere allora divenuta una *modanatura*.

Infine in un terreno analogo a quello supposto le acque tenderebbero a ridurlo a una modanatura cioè le acque finirebbero per scorrere in piani verticali. Se noi immaginiamo tali modificazioni in tutto il loro *divenire* è facile vedere che tali modanature finirebbero per costituirne una sola, cioè la superficie di tutta la terra.

In altri termini l'ipotesi di cui sopra, ridurrebbe la superficie della terra ad essere una *superficie di livello dinamica* della terra stessa e questa quindi prenderebbe la forma geometrica regolare di un solido perfetto di rivoluzione.

Due sono le ipotesi che si possono fare sullo stato anteriore della terra, in relazione con la sua forma attuale, cioè che essa sia stata primitivamente fluida o che essa sia stata sempre solida con un'atmosfera aeroidrica (cioè contenente aria e vapor d'acqua) L'Hennesy (1) ha calcolato non solo per la terra, ma anche per i principali pianeti, quale avrebbe dovuto essere, nella seconda ipotesi, il loro schiacciamento; cioè ha calcolato la forma che deve necessariamente prendere un corpo celeste in rotazione, supposto originariamente solido e di forma qualsiasi, anche irregolare, come sono le meteoriti, ma avente un'atmosfera aeroidrica e quindi soggetto a erosioni e a trasporti aeroidrici di materia sulla stessa superficie; quindi ha confrontato gli schiacciamenti ottenuti in questa ipotesi, con quelli dedotti dal Newton, dal Maclaurin, ecc., nell'ipotesi della fluidità, ed ha trovato nell'ipotesi della solidità valori più piccoli che non nell'ipotesi della fluidità ed ha trovato pure che questi ultimi e non i primi erano d'accordo con i dati dell'osservazione, cioè con lo schiacciamento della terra e con quelli dei vari pianeti. Ora però che la terra è solida, almeno alla superficie, è certo che i fenomeni di erosione aeroidrica, considerati isolatamente,

(1) Hennesy H. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, tom. LXXXVII, 1878; tom. XC, 1880; tom. XCII, 1881.

tendono, astrazione fatte da altre cause geocosmiche, a ridurre la terra ad una *modanatura* speciale, cioè a una superficie di rivoluzione con uno schiacciamento minore dell'attuale; in altri termini, per l'azione dell'erosione aeridrica considerata isolatamente, lo schiacciamento terrestre deve essere andato sempre diminuendo dall'epoca della solidificazione terrestre, in poi, cioè, accettando i calcoli di William Thomson, da circa 100 milioni di anni fa. La parte acquea, per altro, della superficie terrestre tende a far conservare alla terra stessa uno schiacciamento poco differente da quello che avrebbe secondo il calcolo, se fosse tutta liquida, schiacciamento, a sua volta, poco differente da quello osservato.

3°. Terreno a struttura omogenea e isotropica e a forma variabile per essere corrodibile da corsi d'acqua a portata variabile.

Supponiamo che la portata sia costante per un tempo elementare Δt ; in quell'intervallo tenderebbe a verificarsi quanto si è detto sopra. Ma se nel tempo successivo la portata varia, la linea idrodinamica si allontana dalla linea di valle. Se non avvengono ulteriori variazioni di portata si ritorna al caso 2°, cioè la linea idrodinamica e di valle tendono a coincidere di nuovo; ma se avviene una nuova variazione di portata, la nuova linea idrodinamica si allontana dalla linea di valle, poi tende a tornarvi ecc., ecc.. Egualmente se la portata dei corsi d'acqua è variabile, la linea idrodinamica oscilla in modo variabile intorno alla linea di valle, mentre, nello stesso tempo, contribuisce a spostarla. Da ciò dipende il fatto cui corrisponde il seguente:

Teorema. — Le sinuosità dei corsi d'acqua sono dovute unicamente, nei terreni omogenei, isotropici e corrodibili, alle oscillazioni, intorno alle linee di valle, delle linee idrodinamiche, in causa delle variazioni delle portate dei corsi d'acqua medesimi.

Noterò qui che i tre tipi di terreno che precedono sono quelli che implicitamente si suppongono, quando si pone la regola che ogni fiume tende ad avere un alveo stabilito (1).

4°. Terreno a struttura non omogenea, anisotropica, corrodibile dalle acque, e di cui la forma varia per cause indipendenti da queste.

Tale terreno è quello reale della superficie della terra, di cui la forma superficiale varia continuamente:

a) per l'azione varia e multipla delle acque in relazione alla non omogeneità e anisotropia del terreno stesso;

b) per le variazioni delle portate dei corsi d'acqua che vi scorrono;

c) per le oscillazioni del suolo.

Si osservi in primo luogo che queste cause non sono indipendenti fra

(1) Vedi pag. 18.

loro poichè il moto delle acque non dipende solo dalla portata, ma inoltre dalla pendenza del terreno e della sua natura, mentre da questa dipende, a sua volta, la forma dell'alveo che le acque possono incidere nel terreno

Le molteplici relazioni che queste varie cause hanno fra loro, fanno sì che ogni fiume si trova in condizioni diverse e che nella realtà non si possono verificare se non che parzialmente e incompletamente le condizioni ammesse nei casi teorici precedenti.

a) Per i periodi geocosmici.

Non potendo ora qui svolgere questo importantissimo argomento considererò alcuni casi e alcuni corsi d'acqua particolari, a illustrazione dei seguenti principi fondamentali qui sotto enunciati come conclusione generale delle pagine che precedono.

A) In un corso d'acqua la linea idrodinamica varia a ogni variazione di portata ed oscilla intorno alla linea, essa pure variabile, della propria valle, mentre la direzione che prende dipende inoltre dalla non coincidenza della linea di valle colla linea di declività minima, dalla natura varia del terreno in cui cammina e dalle oscillazioni che il terreno stesso può subire.

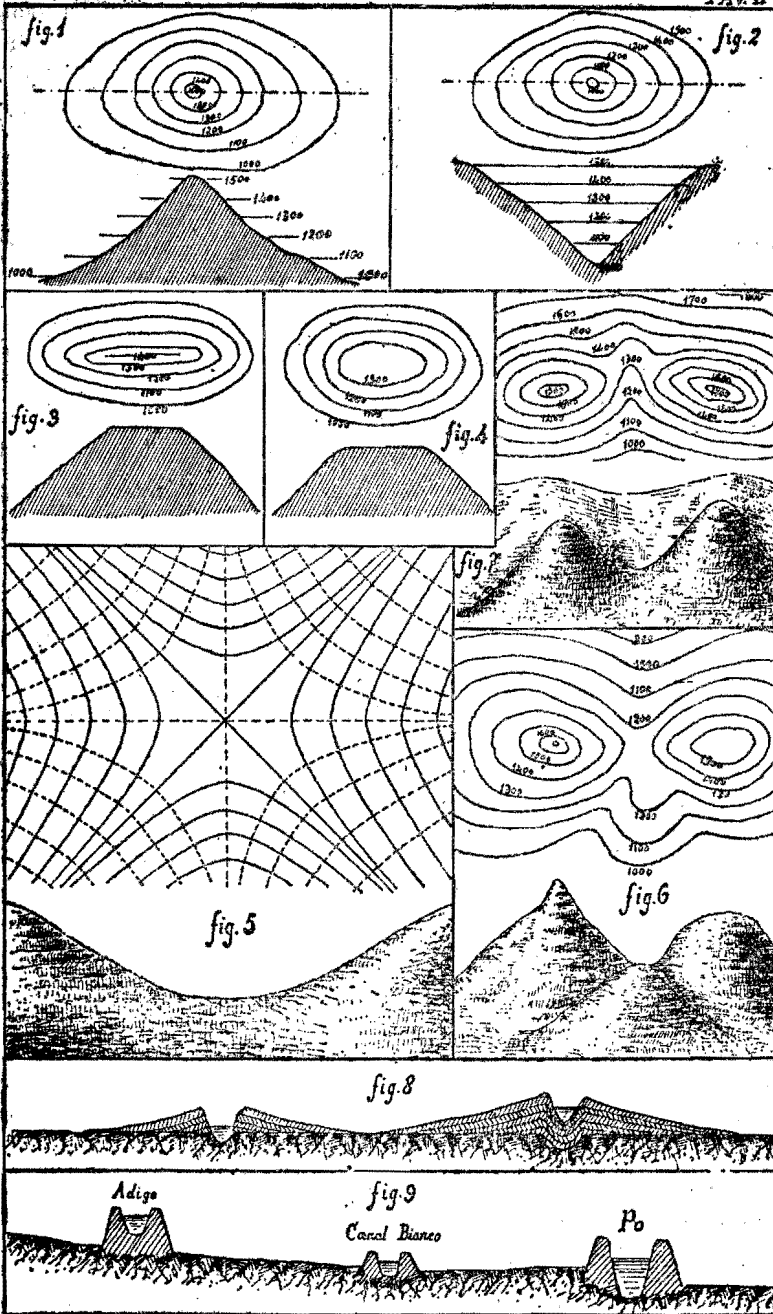
B) Le cause che producono le variazioni continue che subiscono le linee topo-idrografiche sopra accennate, sono pur quelle da cui dipendono le sinuosità del corso dei torrenti e dei fiumi, sia in montagna, sia in pianura e il loro avvicinarsi o il loro recedere dal proprio stabilimento il quale per essere assoluto e permanente, richiederebbe omogeneità, isotropia e stabilità endogena della terra, condizioni che avrebbero per conseguenza di ridurre la terra a una *modanatura*.

C) La coincidenza delle linee idrodinamiche colle linee di massima pendenza ha luogo solo se la superficie del terreno che si considera è identificabile a una *modanatura*; ma in generale ciò non è; quindi, in generale, sulla superficie del terreno le acque non seguono le linee di massima pendenza.

Il Jordan, il Boussinesq e altri hanno considerato le proprietà che presentano le linee topografiche in vicinanza dei varchi (*cols*). Si potrebbe però, oltre quel caso, considerarne moltissimi altri, poichè si possono immaginare per il terreno una infinità di forme speciali e singolari, diverse le une dalle altre.

Non potendo invero prendere in esame tutti i casi che si possono presentare e che sono realmente numerosissimi, ne ricorderò soltanto alcuni dei principali.

Assumendo come si usa, per piano coordinato orizzontale quello che contiene la curva di livello di quota 0 (generalmente il livello del



mare) e dando valori positivi crescenti alle linee di livello superiori alla curva O e negativi a quelle inferiori e infine chiamando indici delle curve di livello i numeri che le caratterizzano, avremo i casi seguenti:

I. Linee di livello a raggio di curvatura che tende verso zero.

Linee di massima pendenza costituenti una superficie conoidica a doppia curvatura (1).

- | | | |
|--|---|---|
| A) Linee di livello a indici crescenti | { | a) positivi (vetta, cima, culmine, picco, sommità, ecc.). Tav. II fig. [1]. |
| | { | b) negativi (scoglio subacqueo, punta subacquea). Tav. II fig. [1] con indici negativi. |
| B) Linee di livello a indici decrescenti | { | a) positivi (bacino chiuso, massimo fondo lacustre o palustre, fondo di cratere subaereo, ecc.). Tav. II, fig. [2]. |
| | { | b) negativi (fondale). Tav. II. fig. [2] con indici negativi. |

II. Linee di livello il cui raggio di curvatura tende a zero in due punti e a ∞ negli altri, e linee di massima pendenza che s'incontrano sopra una linea singolare della superficie (cresta) fig. [3].

III. Linee di livello il cui raggio di curvatura tende verso un valore costante e linee di massima pendenza costituenti un tronco di superficie conoidica a doppia curvatura.

A) Linee di livello a indici crescenti positivi (altipiano) tav. II, fig. [4].

B) Linee di livello a indici crescenti negativi (basso fondo marino banco marino). Tav. II, fig. [4] con indici negativi.

IV. Linee di livello formanti due iperbole a assi fra loro normali e a centro comune.

- | | | |
|--|---|--|
| A) I due rami di una iperbole hanno gli indici crescenti, e quelli dell'altra decrescenti a partire. | { | a) indici positivi (colle, sella, varco, passo). Tav. II, fig. [5]. |
| | { | b) indici negativi (canale, passo). Tav. II, fig. [5] con indici negativi. |

- | | | |
|---|---|--|
| B) I due rami di una iperbole hanno gli indici crescenti a partire dal centro comune e quelli della seconda gli indici crescenti in un sol senso. | { | Indici positivi (gola). Tav. II, fig. [6]. |
|---|---|--|

(1) Per evitare confusione nelle figure della Tav. II non sono in esse segnate le linee di massima pendenza ma solo le linee di livello, eccetto che nella fig. [5].

V. Caso di 3 valli convergenti ad un varco, due da un lato e una dall'altro (fig. 7).

In questo caso le linee di massima pendenza formano un sistema di due iperbole, ortogonali alle iperbole formata dalle linee di livello. Questo è il caso considerato più particolarmente dal Jordan (1).

Prima di dare alcuni esempi, che chiariranno i paragrafi teorici che precedono, debbo rispondere ad un'obiezione che potrebbe sorgere in mente a qualcuno, cui appunto potranno sembrare le considerazioni svolte nei paragrafi stessi, affatto teoriche, troppo sottili e prive di qualsiasi utilità pratica.

Qualunque cosa si possa dire in teoria, è evidente, essi diranno, che i corsi d'acqua camminano, in generale, nelle *linee d'impluvio* delle valli, talchè dette linee, quelle di *valle* e le *linee* chiamate, da chi scrive, *idrodinamiche*, sono una sola ed unica cosa. Invece lo scrivente ritiene che la gravità, le acque correnti e altri fenomeni idroaerei, e insieme ad essi le oscillazioni terrestri, danno origine a un numero grande e continuamente variabile di movimenti infinitesimi, il cui accumularsi in modo diverso e continuo è la sola ed unica causa della forma, in un dato istante del tempo, di una data parte della superficie terrestre e delle coincidenze e non coincidenze che possono presentare le varie linee caratteristiche della topografia e idrografia della superficie medesima, la cui invariabilità implicherebbe su di essa la mancanza di calore e di vita, cioè l'assoluta immobilità; e questo risulterà chiaramente dagli esempi che seguono, dati qui appunto per rispondere alle obiezioni sopra indicate.

V.

1.° *Valle del Po*. — Risaliamo ai tempi geologici remotissimi nei quali la sola parte emersa dell'Italia erano le Alpi.

Fino al cadere del periodo eocenico, cioè prima che cominciassero a emergere gli Apennini, alle falde orientali e meridionali delle Alpi italiane si deposero potenti alluvioni. Dopo l'emersione degli Apennini è da ritenersi che prevalsero ancora, per lungo periodo di tempo, le alluvioni delle Alpi a quelle degli Apennini e quindi che l'asse del Golfo Padano e più tardi quello del corso d'acqua che fu poi chiamato Po, si trovasse più vicino agli ultimi monti che non è ora. Ma affievolendosi le alluvioni alpine ed elevandosi sempre più gli Apennini, divenute infine, per complesse cause, le pendenze della riva destra del

(1) JORDAN C. *Sur les lignes de faite et de thalweg. Comptes Rendus de l'Ac. des Sciences*, t. LXXIV (1872) p. 1457.

Po maggiori, che non quelle della riva sinistra, ebbe luogo un movimento contrario; cioè l'asse medio del Po andò spostandosi verso il nord. A ciò avrà certamente contribuito l'oscillazione media prevalente dell'Italia dall'epoca eocenica in poi, in causa della quale il nostro suolo si eleva prevalentemente dal lato Mediterraneo e si abbassa dal lato Adriatico; fenomeno che probabilmente ha luogo anche nei tempi attuali.

Nel 1866 riconoscendo che in Italia si avevano idee molto vaghe e contraddittorie sopra le oscillazioni del suolo della Penisola, riconobbi necessario di riprendere il problema dalla base e perciò richiamare sul fenomeno l'attenzione delle persone in caso di potere conoscere i dati necessari a risolverlo, cioè la Direzione generale dei Musei e degli Scavi d'Antichità, perciò che riguarda le variazioni di livello rivelati dagli antichi monumenti, e l'Istituto Geografico Militare incaricato della triangolazione dell'Italia, perciò che riguarda i dislivelli verificatisi in tempi recenti, come quelli resi noti dal confronto della livellazione del Reno bolognese fatta dal Brighenti nel 1845 con quella fattavi dal Lanciani nel 1875, i quali rivelarono nei capisaldi più recenti degli innalzamenti che giunsero fino a 0,15 e degli abbassamenti che giunsero fino a 0,78 rispetto ai capisaldi della prima livellazione (1).

Il Comm. Fiorelli mi dette un valido appoggio e in data del 23 giugno 1876, diramò, con apposita circolare a tutti gli Ispettori degli Scavi e Monumenti del Regno, un apposito questionario da me compilato e che ebbe importanti risposte, fra le quali quelle notevolissime dell'Ispettore per Venezia signor Tommaso Luciani. Queste ultime furono stampate insieme alle mie domande nel *Bollettino della Società Geografica Italiana* nel 1881, in occasione del Congresso Geografico di Venezia; nel quale ebbi l'onore di essere nominato dalla Società stessa suo relatore per quanto riguardava l'argomento in discorso. Le idee che sostenni allora in nome della Società, ebbero l'approvazione del Congresso che lo confermò come esplicito voto. Rimando poi ai rapporti della Commissione internazionale del grado per coloro che dubitassero dell'importanza che tale problema ha preso ultimamente, in special modo per quanto riguarda le livellazioni di precisione (2).

(1) UZIELLI G. *Sulle ondulazioni terrestri, ecc.* in *Boll. della Soc. Geologica Ital.*, Anno II, 1883, p. 145.

(2) Colgo questa occasione per rispondere a coloro che si meravigliano che la sezione terza del detto Congresso in seguito alle mie parole, e soprattutto a quelle di autorevolissimi geografi e fisici ivi presenti, come i professori Rein, T. Fischer, Abbate Bey, e altri non votasse l'inserzione negli Atti del Congresso medesimo, di una elaboratissima memoria del prof. A. Issel (che egli poi ampliò e pubblicò in forma di

In ogni modo, qualunque sia la spiegazione che si voglia dare delle oscillazioni del suolo dell'Italia certo si è, dalle epoche storiche in poi, cioè dalle epoche in cui un grosso ramo navigabile del Po passava presso Ravenna ai tempi attuali, l'asse medio di questo fiume è andato prevalentemente spostandosi verso il nord.

Il diboscamento e le arginature hanno inoltre potentemente contribuito a portare continue variazioni al Corso del Po e dei suoi affluenti. Tali effetti non si possono riguardare del resto come anomalie extranaturali, a meno di non riguardare l'uomo stesso come extranaturale, a meno di non riconoscere anormali le condizioni idrografiche dell'Italia tutta, ove arginature, colmate e prosciugamenti di paludi e laghi l'hanno ridotto allo stato idrografico attuale; a meno di non riguardare extranaturali le azioni che esercitano sulle condizioni dei terreni i vermi ed altri animali come le talpe, le cui perforazioni nelle sponde dei fiumi, o negli argini fatti dall'uomo hanno talora prodotto così terribili inondazioni e così grandi ulteriori trasformazioni idrografiche (1).

libro). Io non disconosco l'erudizione di quel lavoro; ma egli dava come risoluto un problema di cui la Società, della quale io era relatore, chiedeva si ponessero le basi scientifiche. Quindi era necessario che la Sezione o disapprovasse la mia relazione, ovvero la memoria del prof. Issel. Del rimanente è facile mostrare che il problema delle oscillazioni del suolo è ora per l'Italia allo stato in cui era nel 1881. Basti notare che il prof. Issel scrive di un paese assai vicino a Genova: « Tutta la spiaggia compresa fra Chiavari e Sestri Levante presenta i caratteri dei litorali in via di accrescimento, ed infatti gli abitanti del paese concordano nell'asserzione che il mare lentamente si allontanano. » Ora è notissimo che da 50 e più anni gli abitanti di Chiavari sono in ansie per le potenti corrosioni che sulla loro spiaggia esercita il mare, il quale in quest'ultimo ventennio e anche di recente, ha fatto danni e distrutto vari edifici che vi si trovavano, e che l'anno scorso infine, dopo numerose relazioni di dotti ingegneri, come sono i signori Boraggini, Cornaglia e Parodi e molti altri, sono cominciati i lavori di cui ho dato cenno nella *Gita geologica nella Liguria Orientale*, compilata da un mio ex-allievo l'ingegnere Cesare Jonghi.

Non è qui il luogo di esaminare tale complessa questione, ma certo è cosa per lo meno strana il dire che gli abitanti di Chiavari concordino nell'asserire che il mare ora lentamente si allontanano dalle loro spiagge.

Vedi: *Bollettino della Società Geografica italiana*, Serie II, vol. VI, 1881, p. 560, e 592. — *Rassegna settimanale*, vol. VIII, p. 286. — JONGHI C., *Gita geologica nella Liguria Orientale*, Torino, Tip. L. Roux e C., 1888. — ISSEL A., *Le oscillazioni lente del suolo o bradisismi*, Genova, 1883, a p. 189. — *Terzo Congresso Geografico internazionale tenuto a Venezia nel 1881*. Roma, 1882, vol. I, p. 257 a 269, 351-52 e 390.

(1) Rimando per schiarimenti alle note opere *Raccolta d'autori che trattano del moto delle acque* e alle memorie speciali inserite nei periodici: *Giornale del Genio Civile*, *Il Politecnico*, ecc., ecc.

Fra queste trasformazioni non posso a meno di notare quella che in modo accelerato va eseguendosi nell'Alta Italia, il cui effetto sulle condizioni future di tutta la bassa pianura di quella regione sarà gravissimo.

Invece di valersi per la sistemazione idrografica dell'Alta Italia della forza stessa somministrata dai fiumi, il metodo usato attualmente è la lotta a oltranza contro essi e nello stesso tempo dai fiumi si fanno derivare canali con portate eccessive rispetto a quelle medie e di magra dei fiumi erogatori stessi, e quindi rapido rialzamento del letto di questi, tanto a monte che a valle della presa, aggravando i pericoli delle piene. Si vuole infine lottare, noi pigmei, con le leggi secolari geologiche.

Così nocivissimo ritengo il Canale Emiliano, alla cui attuazione se alcune provincie sono favorevoli altre, fortunatamente, si oppongono.

E a tutto ciò si aggiunge l'impotenza del Governo a vincere nell'interesse generale la coalizione degli interessi particolari che avverzano l'esecuzione di quei lavori i quali, per il Po, per esempio, sono stati riconosciuti opportuni e indispensabili onde evitare futuri disastri, da tutti i Congressi d'ingegneri tenuti in Italia in questi ultimi tempi: disastri di cui si può predire che il primo sarà quello del Polesine o per meglio dire di tutta la regione compresa fra il Po e l'Adige, a valle del Castagnaro, e della quale, se non si provvede a tempo, diverranno, o prima o poi, ma non fra molti secoli, padrone le acque.

Se aggiungiamo a queste cause quelle dovute ai periodi geocosmici come sono quelli cui sono soggette le piogge, i ghiacciai in seguito ai periodi del calor solare, ecc., è chiaro che non si può dire che un fiume tende sempre in realtà al suo stabilimento; può tendervi invero per un certo periodo di tempo, ma allontanarsene in seguito, per poi tendervi di nuovo, ecc. ecc., avendo tali avvenimenti un carattere ed una storia speciale per ogni singolo fiume; e sono ben noti quelli del Po e dell'Adige, per non citare quelli colossali dei fiumi della China.

A tali ragionamenti si risponderà che la scuola idraulica Italiana è la prima del Mondo. Intendiamoci: vi sono due scuole Italiane in idraulica, la scuola di Leonardo da Vinci, e la scuola del Guglielmini. La prima risale esclusivamente dall'osservazione alla sintesi; l'altra, benchè non tralasci l'osservazione, ha una tendenza prevalente a teorematizzare, ricorrendo più a ipotesi che a osservazioni e a esperimenti. La prima risorse solo in questi anni, dai tempi di Leonardo, col Lombardini. La seconda ha moltissimi seguaci di alto ingegno, ma le sue premesse, non d'accordo spesso con le leggi reali del moto delle acque, hanno condotto talora a far lavori illogici e quindi a fatali conseguenze.

Certo Leonardo non si sarebbe valso per la misura della velocità

delle acque di istrumenti assurdi come il tubo di Pitot e altri ancora che hanno condotto per esempio, come ho dimostrato altrove, a dare una quantità d'acqua defluente annualmente dal Piemonte tale, che ripartita sulla superficie di questo corrisponderebbe a oltre 5 m. d'altezza, mentre le medie accettate generalmente e dedotte dalle osservazioni meteorologiche danno un metro circa; medie del resto che non hanno alcun valore, mancandovi elementi sufficienti per le ragioni più perturbate, cioè per le parti montagnose; misura che hanno condotto a ritenere che il Po potesse somministrare al canale Cavour 100 m. q. d'acqua al 1" mentre ne ha dato solo 50 circa. Sarebbe, del rimanente facile dimostrare che gli istrumenti generalmente usati debbono dare cifre tutte errate per eccesso.

Quando mi si mostreranno nella Penisola osservatorii idraulici ove si siano fatte e si facciano per una serie di anni osservazioni giornaliere (e non, bene inteso, limitate a sole letture idrometriche) e valendosi di tutti i mezzi e istrumenti che fornisce la scienza moderna, che abbiamo in Italia ma che dormono, in generale, negli armadii; quando non si daranno più, in pubblicazioni ufficiali, per l'evaporazione meteorologica (confusa con quella fisica) di un luogo, cifre tali che ne risulta che vi è maggiore quantità d'acqua evaporata, perfino il doppio, che non d'acqua piovuta; allora converrà che la grande e vera scuola idraulica italiana, cioè quella da Leonardo da Vinci, è risorta; altrimenti nò... e lascerò pure che ha proposito dell'immissione dell'Adige in Garda, immissione che prima e poi si dovrà necessariamente fare, come mi riserbo di dimostrare mi sia dato da ingegneri ufficiali e ortodossi il nome di profano e di eterodosso... Lo era Leonardo... posso esserlo anch'io (1).

Debbo ricordare infine, come segno del ritorno alla scuola del Vinci oltre gli scritti del Lombardini, del Gilardini, ecc. La memoria dell'ingegnere Antonio Averone (2) (*Giornale del Genio Civile*, serie V,

(1) Per maggiori schiarimenti rimando ai miei *Studi di geologia idraulica* (*Atti del Collegio degli Architetti ed Ingegneri a Firenze*, Anno X, Fascicolo di Luglio e Dicembre 1885) memoria di cui lo scopo fondamentale era quello di promuovere l'istituzione in Italia, accanto allo esuberante numero di Osservatorii meteorologici, anche quella di alcuni Osservatorii idraulici.

(2) LOMBARDINI E. *Dell'origine e del progresso della scienza idraulica nel milanese e in altre parti d'Italia*, ecc.. Ed. 3^a, Milano, Saldini, 1872, in 4.^o

GILARDINI G. *Rivista apologetica dei principi e delle regole dell'idraulica italiana*. Roma, Forzani e C., 1886, in 8.^o

AVERONE A. *Sui principi fondamentali dell'idrostatica e dell'idrodinamica in* *Giornale del Genio Civile*, Serie V, Anno XXVI, 1888, parte non ufficiale, p. 517.

anno XXVI, 1888, parte non uff., p. 517), di cui però non divido le idee quando l'autore vuol stabilire un antagonismo fra la pratica e la teoria, fra l'esperienza e la matematica, dea incontaminanda. Io sono infatti dell'opinione di Leonardo, il quale diceva è vero « la sapienza è figliuola dell'esperienza » e « l'esperienza non falla mai, sol fallano i vostri giudizi », ma diceva ancora: « nessuna certezza è, dove non si può applicare una delle scienze matematiche », ed infine: « la scienza è il capitano e la pratica sono i soldati. »

2.^o *Fiumi delle Romagne.* — Come esempio dei fiumi che tendevano verso il loro stabilimento e che se ne sono allontanati nell'ultimo secolo, ricorderò il Metauro e altri fiumi delle Romagne e delle Marche che ora sono del tutto disordinati, e ciò in seguito a varie cause, di cui la principale è stata il diboscamento dei monti.

3.^o *Coni di dejezione.* — Come esempio di non concordanza fra la linea d'impluvio e la linea di valle, basta esaminare i fogli della Carta dello Stato Maggiore relativi alle Alpi.

Ivi sovente si vedrà che quando l'asse del torrente, a monte del vertice del proprio cono di dejezione, è diretto secondo la linea di vetta del cono stesso, il corso del torrente si mantiene su questa linea di vetta, salvo l'incisione fatta dal torrente stesso nel proprio cono. In questo caso la linea d'impluvio del cono è la sua linea di base.

Questo è un caso di coincidenza di linea idrodinamica colla linea di vetta e di non coincidenza della linea d'impluvio colla linea idrodinamica.

Mi disse a questo proposito, nel 1884, il colonnello Perrier che rilevando al 10000 regioni Alpine, appariva appunto talora, nel disegno, che il torrente fosse senza alveo. Egli quindi credette opportuno, a scanso di equivoci, esagerare, in tali casi, la scala delle curve di livello in modo, che l'alveo stesso risultasse dall'inflessione delle curve medesime, benchè alla scala a cui era fatto il disegno, tali inflessioni non avrebbero dovuto essere segnate.

Come esempi di tali condizioni citerò i seguenti:

Carta Stato Maggiore Italiano F. 55, III, N. E. 1 : 25000 ;

Rio Mulutta, riva sinistra della Dora Riparia, poco a monte di Bussoleno ;

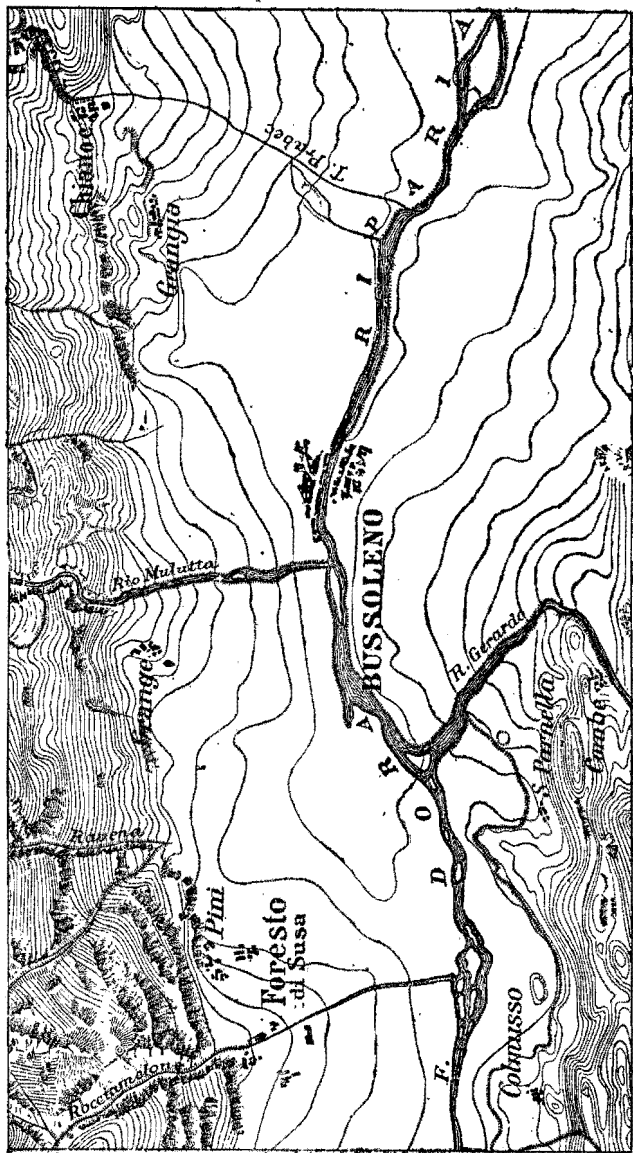
Rio Gerardo, riva destra della Dora Riparia poco a monte di Bussoleno ;

Torrente Prabec, riva sinistra della Dora Riparia, poco a valle di Bussoleno ;

Torrente del Rocciamelone, riva sinistra della Dora Riparia, a Foresto,

F. 42, I. N. O. 1:25000. Il Lys, riva sinistra della Dora Baltea, a Pont-Saint-Martin, ecc. ecc.

Per i casi sopra citati che si presentano nella Valle della Dora Riparia, si veda la Tav. III, e per quello nella Valle della Dora Baltea la Carta dello Stato Maggiore sopra indicata.



TAV. III³ — *Torrenti che scorrono sulla vetta del proprio cono (Valle di Susa) Scala di 1 : 33,300.*

Noterò infine che il caso di questo paragrafo era già stato fatto notare dal Jordan C. (C. R. de l'Ac. des Sciences t. LXXIV (1872) pagina 627.

4.^o *Piemonte e Lombardia.* — Facendo una sezione di queste regioni da Torino a Verona, lungo la linea ferroviaria, si osservano fatti importantissimi. (Vedi tav. IV in fine del fascicolo).

Da Torino a Milano si hanno due linee di valle fondamentali, quella che coincide colla linea idrodinamica della Sesia, e quella che coincide colla linea idrodinamica del Ticino.

Tutti i fiumi che si trovano fra Torino e la Sesia hanno inciso il loro alveo sul versante di destra della Sesia. In altri termini la Valle della Dora Baltea ha, nel tronco inferiore, un solo versante, quello di destra; ciò che rilevasi ancora dall'andamento del Naviglio d'Ivrea e del Canale di Cigliano derivati dalla Dora Baltea (riva sinistra) e del Canale Cavour derivato dal Po (riva sinistra) presso Chivasso.

Il Ticino risulta, come si vede nella sezione, essere linea d'impluvio della campagna vicina. Però si noti che se sulla sponda Lombarda del Ticino, la ferrovia Torino-Milano risale verso il nord più a valle, facendo una sezione fra Gaggiano e Abbiategrasso (vedi tav. IV), tratto della ferrovia Milano-Mortara parallelo all'asse della Valle del Po e presso che normale alla direttrice del Ticino in quella regione, si riconosce che la campagna risale verso il Ticino. Quindi la linea d'impluvio della campagna di sinistra del Ticino non è, in quel tratto questo fiume, ma le acque defluiscono verso sud-est.

Tra Milano e Melzo la linea d'impluvio è il fiume Lambro, a circa 5 km. dalla prima città; poi la campagna sale fino presso a Melzo; fra Melzo e la cresta della sponda destra dell'Adda, a Cassano, la linea d'impluvio è in una bassura, a circa 20 km. da Milano. La campagna scende a partire dalla riva destra come dalla riva sinistra dell'Adda; questa è per così dire incassata in una linea di vetta; dalla cresta della riva sinistra dell'Adda fino a Rovato si ha una sola valle, di cui la linea d'impluvio è segnata dal Rio Morla.

Il Serio e l'Oglio hanno per così dire il loro corso inciso nel versante di sinistra della valle di cui il Rio Morla segna la linea di valle, mentre segna la linea d'impluvio della campagna compresa fra l'Adda e il Serio. Il Serio e l'Oglio, come si vede, non possono dirsi linee di valle; e sono linee d'impluvio, essenzialmente e soltanto, per la loro campagna di sinistra; anzi i dislivelli sono tali che, in una sistemazione idraulica di quella regione, sarebbe impossibile fare variare la dovuta funzione a quelle linee come naturali raccoglitrice delle acque della campagna circostante.

Fra Rovato e Brescia la linea d'impluvio è segnata dal torrente Gandovere sul cui versante di sinistra corre il torrente Mella assai più grosso di lui. Fra Brescia e il luogo detto le Fornaci vi è la valle di cui l'86 km. segna la linea di valle e d'impluvio. Segue la valle ove corre il Chiese, il quale è essenzialmente linea di valle e linea d'impluvio per la campagna compresa fra le Fornaci e Lonato. Fra Lonato e poco prima di Sommacampagna evvi il Mincio, che segna pure a un tempo essenzialmente la linea di valle e d'impluvio della campagna compresa fra detti luoghi.

In quanto precede ho, ben inteso, fatta astrazione da parecchi torrenti e canali secondari, i quali, in realtà, modificano il carattere dei corsi che ho citato come linee d'impluvio, ma che non influiscono essenzialmente su quanto riguarda le linee di valle.

Come spiegare questi fatti? È necessario considerarne le cause principali che sono tre:

1.° La configurazione dei primitivi coni di deiezione alpini.

Così la Dora Baltea cammina ancora, nel suo tronco inferiore, sopra i residui del primitivo gran cono di deiezione fluvio-glaciale della Valle d'Aosta, che ha quasi interamente tagliato nella parte più a monte del cono stesso (1).

(1) È opinione di molti, se non di tutti i geologi, e quindi cosa ormai comune nel pubblico, il ritenere l'Anfiteatro d'Ivrea come il tipo degli Anfiteatri morenici. Ciò è un errore che apparirà chiaro se si riflette che essendo n il numero delle valli secondarie sboccanti in una valle principale glaciale, la *morena centrale integrale* sarà costituita da $n-1$ morene parziali, originariamente laterali. Dato il valore elevatissimo che ha n per la Valle d'Aosta e data l'area dello sbocco di questa Valle, cioè, per così dire la sua *sezione d'efflusso morenico*, subito a monte d'Ivrea, cioè fra il M. Barone (2372) e il M. Gregorio (1954), area verticale ristrettissima rispetto all'area orizzontale, cioè all'estensione vastissima di tutta la Valle, è evidente che ivi dovettero ammassarsi e confondersi i materiali della *morena centrale integrale* con quelli della *morena laterale ultima di destra*, e con quelli della *morena laterale ultima di sinistra*; i quali tutti insieme confusi, formarono, a valle di detto sbocco, un gran cono di deiezione, in cui più tardi la Dora Baltea incise il suo corso, divagando ora a destra e ora a sinistra, e rimanendole ai fianchi, quali residui dell'antico cono, due pseudo-morene laterali. Ciò è provato: 1° dalla promiscuità dei materiali delle due pseudo-morene laterali, i quali provengono da valli secondarie tanto di destra quanto di sinistra, sboccanti nella Valle principale d'Aosta. 2° dalle sezioni trasversali, cioè normali alla Dora Baltea, condotte nell'Anfiteatro d'Ivrea, in modo da porre in rilievo le pendenze speciali dei due versanti di ciascuna pseudo-morena laterale, minori dal lato esterno che non dal lato interno riguardo all'Anfiteatro. Sotto un certo aspetto infine, si può dire che questo anfiteatro è costituito dai residui di un'antica morena frontale, stata corrosa dalla Dora Baltea.

Per le divagazioni di questo fiume nell'Anfiteatro d'Ivrea e per l'Anfiteatro stesso si veda l'*Atlante di Geologia* pubblicato in autografia a illustrazione del corso che faccio nella Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri in Torino.

2.^o Le inondazioni di coppie di fiumi paralleli.

Mi spiego. Supponiamo due fiumi che scorrano parallelamente in una campagna tale che il suo profilo trasversale (cioè normale agli assi dei due fiumi) rimanga orizzontale fra i fiumi stessi e che questi siano incassati nella regione che si considera, (tav. II, fig. 8). Se avviene che essi disalveino, le materie travolte dalle acque si depositeranno nelle campagne circostanti; ma siccome le acque appena disalveate perdono di velocità, così le torbide si depositeranno in maggior copia presso le sponde dei due fiumi. Ripetendosi il fenomeno, finirà per formarsi una linea d'impluvio fra i due fiumi, la quale raccoglierà le acque della campagna di destra dell'uno e della campagna di sinistra dell'altro, costituendo così un corso d'acqua secondario che a monte non risalirà oltre la pianura; dal canto loro i due fiumi segneranno ciascuno la linea di vetta di un cono schiacciato a larghissima base.

Ritengo che a spiegare l'idrografia della Lombardia convien tener conto tanto di questi fenomeni come di quelli relativi alla formazione degli antichissimi con di deiezione, di cui sopra ho tenuto parola, e insieme a tali fenomeni delle possibili oscillazioni del suolo.

Si osservi infine che per giudicare della pendenza della campagna rispetto a un dato fiume, in caso di un profilo simile a quello che ho dato per il Piemonte e per il Lombardo Veneto da Torino a Verona, conviene notare se il profilo a destra e a sinistra di quel dato fiume tende a risalire a monte o scendere a valle, rispetto al punto in cui interseca il fiume stesso.

Il lettore confrontando il profilo della tavola con la pianta corrispondente, potrà verificare che da tale esame non rileverà nulla che sia in contraddizione con quanto sopra ho esposto; nè credo necessario aggiungere ora qui, in proposito, ulteriori schiarimenti.

3.^o Le oscillazioni del suolo e i periodi geocosmici.

Ove detti fenomeni non intervengano è chiaro che, in una data pianura, coll'andar del tempo, ed escludendo i lavori di difesa o di offesa fatti dall'uomo e altri animali, le acque tenderebbero, come già accennai, a ridurre la superficie terrestre a una modanatura e quindi dovrebbe venire un tempo in cui le linee idrodinamiche dei fiumi, e così quelle dei fiumi lombardi, sarebbero le linee d'impluvio della valle in cui scorrono.

Ma intervenendo le oscillazioni del suolo tale stato finale, che potrebbe dirsi quello in cui il fiume sarà stabilito, non avverrà mai.

D'altra parte ho dimostrato, in altro lavoro, 1) che la posizione della linea di frattura degli Apennini Settentrionali, fra i Giovi e le Filigare, rispetto alla loro linea di vetta e ai loro anticlinali mostra che è dovuto avvenire, dopo la emersione degli Apennini una grande oscillazione o meglio una serie di ondulazioni nel suolo Italiano, alle quali ritengo si debba riferire in gran parte, se non interamente, la formazione dei grandi laghi alpini. Inoltre, anche indipendentemente da ciò, ho già accennato che l'osservazione mostra l'Italia abbassarsi in generale, anche attualmente, dal lato Adriatico e in media sollevarsi dal lato Mediterraneo. Ma non è qui il luogo di dimostrare le molteplici cause delle oscillazioni del suolo terrestre che dipendono alla lor volta da cause generali geocomiche, ormai accertate, ma non ben misurate, e che sono le seguenti:

a) Il calore del nostro sistema solare varia col tempo e probabilmente decresce perchè sembra che il sole perda più calore per irradiazione di quello che ne riceva dagli spazi celesti.

b) La terra era primitivamente fluida, poi perdendo più calore che acquistandone, è passata allo stato solido e quindi perdurando le stesse condizioni va continuamente, benchè lentissimamente raffreddandosi. Quindi è necessario che avvengano alla sua superficie molteplici

(1) UZIELLI G. *Sulle ondulazioni terrestri in relazione colla orografia degli Apennini e delle Alpi* [in] *Boll. della Soc. geol. ital.* Anno II, 1883. p. 138 e *Studi di Geologia Idraulica*, ecc. Nota E.

In questo lavoro da una serie di esperienze ho dedotto alcune leggi enunciate alla p. 154 e che ritengo fondamentali per la spiegazione di molti fenomeni dinamici terrestri, e delle quali la 2ª è così espressa: « *Nel caso orografico più semplice, cioè quando la linea di vetta coincide coll'anticlinale, la rottura del suolo, e quindi i framenti e conseguenti movimenti, avvengono sul versante nascosto al punto d'onde viene il movimento e le compressioni nel versante volto verso detto punto; e inoltre gli assi di compressione e di frattura, sono paralleli alla retta generatrice della superficie ondulata* ».

Il Sig. E. Nicolis in un suo pregevole lavoro (*Oligocene e Miocene nel sistema del Monte Baldo*, Verona, Franchini, 1884, vedi p. 6) dopo aver ricordato la dottissima memoria del Prof. G. V. Schiapparelli, (*V. Boll. Club alp. ital.* 1882), nella quale questi accenna, come il movimento dei poli di rotazione sulla superficie del globo, debba provocare in esso, in generale, molteplici azioni meccaniche, fa subito dopo un'osservazione di un fenomeno dipendente da una legge la quale, se non di quell'illustre professore, parrebbe, stando alle parole da lui adoperate, cosa sua, ma che non è, in sostanza, se non che la legge da me trovata. Egli infatti a proposito dei movimenti cui soggiacquero i monti della riva sinistra del Lago di Garda, così scrive: « *L'urto che pei suoi effetti si manifesta potente dal lato del lago, ove ne derivò il maggior raddrizzamento di strati, — mentre la rottura ed i grandi framenti avvennero sul versante nascosto donde venne il movimento — con ogni probabilità causò quel profondo vano che è il bacino del Garda.* »

movimenti fra i quali sono da notarsi grandi movimenti lentissimi e inavvertiti e piccoli movimenti bruschi a urti; i quali ultimi per le rovine che producono, sono quelli distinti dagli uomini più particolarmente, col nome di terremoti. La loro causa diretta può essere di natura diversissima, ma la causa prima generale è indubbiamente il raffreddamento secolare della terra.

5°. *Veneto*. — Come ultimo esempio consideriamo una sezione N.-S. del Veneto a valle di Villa Bartolommea cioè a valle del punto ove l'Adige ha sovente la linea di fondo del suo alveo pensile sulla vicina campagna e consideriamo la campagna circostante all'Adige, al Canal Bianco e al Po presso la sezione sopra accennata, facendo astrazione dai corsi di acqua e canali secondari (vedi tav. II. fig 9) (1).

Per *linea d'impluvio*, se si vogliono evitare equivoci, conviene, ripeto, intendere la linea relativa a una data estensione di terreno, e che raccoglie le acque del tratto di campagna che si considera.

Per le campagne del Veneto cui si può riferire una sezione analoga a quella di cui sopra, l'Adige è linea idrodinamica, ma non è linea d'impluvio, nè di valle; la linea d'impluvio per la campagna di sinistra, fino al punto ove le acque passano in botte sulla campagna di destra, è il piede esterno dell'argine di sinistra dell'Adige.

La linea d'impluvio per la campagna di destra dell'Adige è il Canal Bianco. L'Adige quindi nel tratto che si considera non è linea d'impluvio che per il proprio alveo; e non è neppure linea di valle; è solo linea idrodinamica.

Il Canal Bianco è una linea idrodinamica che è anche generalmente linea di valle per la campagna situata fra l'Adige e il Po; ma è linea d'impluvio per detta regione secondo i relativi stati d'acqua suoi e del Po, poichè secondo l'altezza d'acqua del Po le acque della campagna, compresa fra il Po e il Canal Bianco, defluiscono più facilmente ora nel primo di questi fiumi, ora nel secondo.

E talora pure defluiscono a monte più facilmente in uno di questi corsi d'acqua e a valle più facilmente nell'altro.

Qui si osserverà che siamo in un terreno artificiale. Ma ho già dimostrato che la distinzione fra terreno naturale e artificiale è affatto artificiale, poichè si può dire che l'Italia..... che dico l'Italia.....

(1) Non essendo pubblicate le carte a curve per la regione che considero, non ho potuto dare la dovuta esattezza a questa sezione che deve considerarsi come assolutamente schematica, e quindi posso essere anche incorso in qualche inesattezza negli esempi che seguono; un tale errore se pur vi è, non infirma in nulla le conseguenze che da questi esempi si possono trarre.

l'Europa intera è ora, a tale strégua, un terreno del tutto artificiale. In ogni modo, debbo ripeterlo, non si può ritenere l'uomo quale anomalia dell'universo ed infine la topografia e l'idraulica non hanno per scopo principale di far conoscere le forme del terreno e i moti delle acque sulla vetta dei monti o nelle regioni disabitate, ma di descrivere tali fenomeni quali appariscono nei luoghi ove vivono numerosi abitanti, ove sorgono ricche e popolate città.
