

The diagram shows a map of a river network within a dashed rectangular boundary representing the hydrological basin. A red line labeled 'contorno' indicates the basin's perimeter. A specific outlet is highlighted with a red box and labeled 'Punto principale'. The area within the basin boundary is shaded yellow.

Morfometria dei bacini idrografici

## Area bacino ≠ Area lago

The map displays a river network with yellow outlines representing drainage paths. A large blue polygon represents a lake. A red polygon highlights a specific area within the basin. A legend on the right side lists various geographical features with checkboxes:

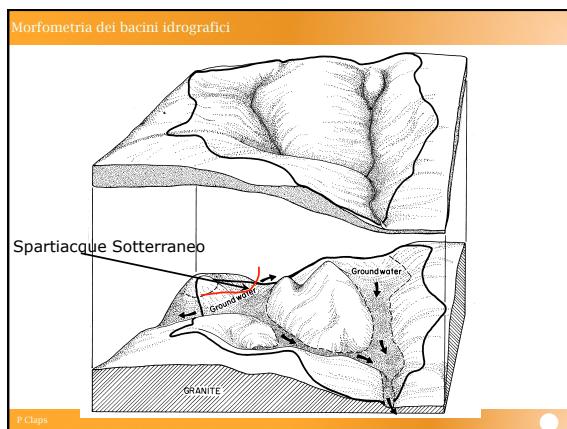
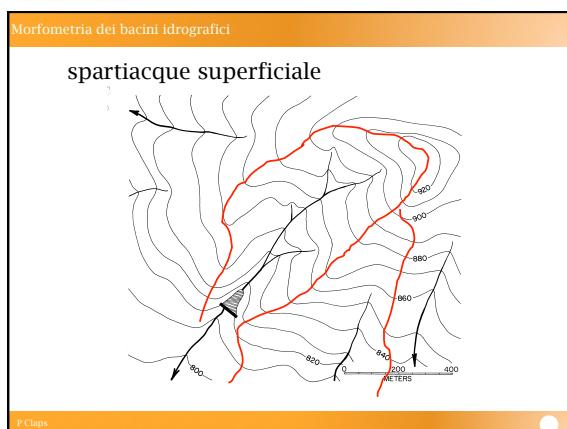
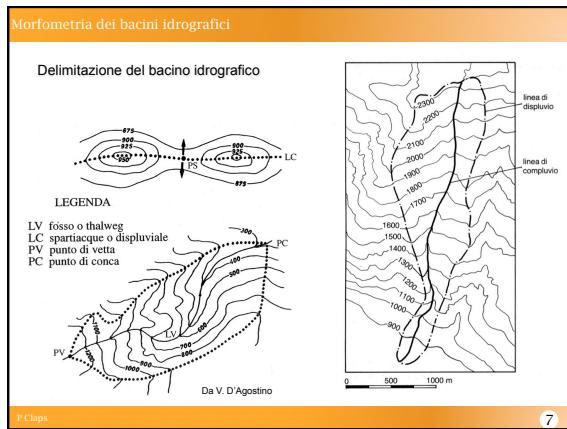
- All Regions
- National Grids
- Land and Sea
- Urban areas
- Drainage paths
- Lakes
- Gazetteer search result
- Place names (major cities)
- Place name
- Flood peak/event stations

Query...

P Clans

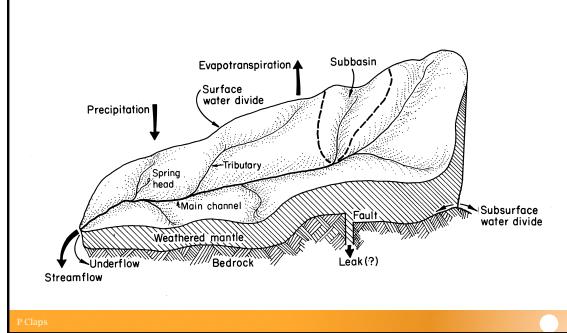
5

Morfometria dei bacini idrografici



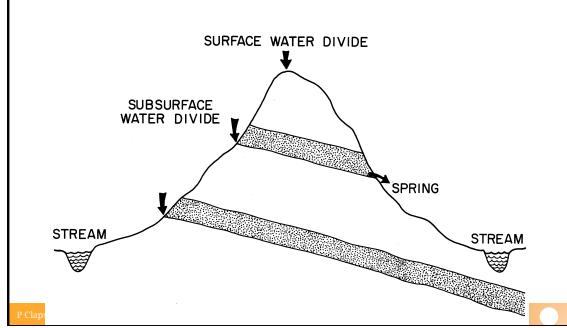
Morfometria dei bacini idrografici

## Ripartizione flussi superficiali-sotterranei



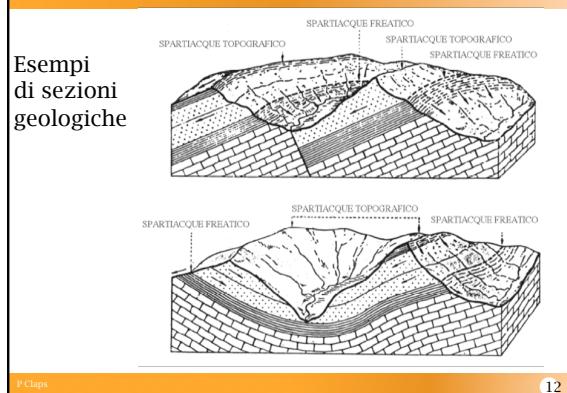
#### Morfometria dei bacini idrografici

## Possibili flussi extra-bacino



Morfometria dei bacini idrografici

## Esempi di sezioni geologiche



Morfometria dei bacini idrografici

### CURVA IPSOGRAFICA

$a(z) = \text{area elementare avente quota } z$

$a = \text{area cumulata progressiva}$

$A = \text{area totale del bacino}$

$Z(a) = Z : \int_A \alpha(z \geq Z) = a$

oppure

$a(Z) = \int_A \alpha(z \geq Z)$

Data la quota  $Z$ , fornisce l'area complessiva a posta a quota non inferiore a  $Z$

Da V. D'Agostino

13

Morfometria dei bacini idrografici

### CURVA IPSOGRAFICA DISCRETIZZATA

$\alpha_i = \text{frazione di area compresa tra le curve di livello posto } i \text{ e } i+1 \text{ aventi quota } Z_i \text{ e } Z_{i+1}$

$a_i = \text{area complessiva posta al di sopra della curva di livello di posto } i$

$K = \max \text{ indice posizione isoipsa}$

Curva Ipsografica

QUOTA MEDIA DEL BACINO

$$\bar{Z} = \frac{1}{A} \int_Z \alpha(z)z$$

$$\bar{Z} = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^{K-1} \alpha_j \frac{z_j + Z_{j+1}}{2}$$

Da V. D'Agostino

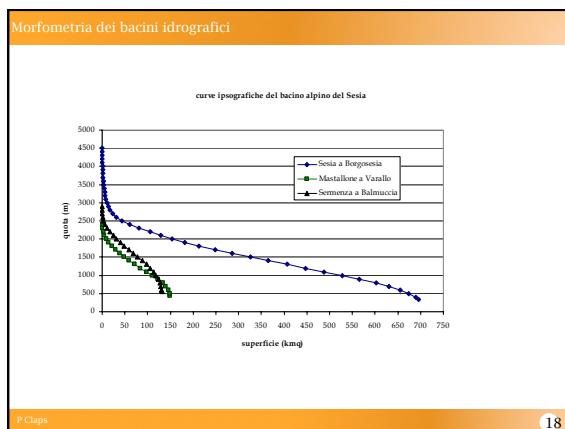
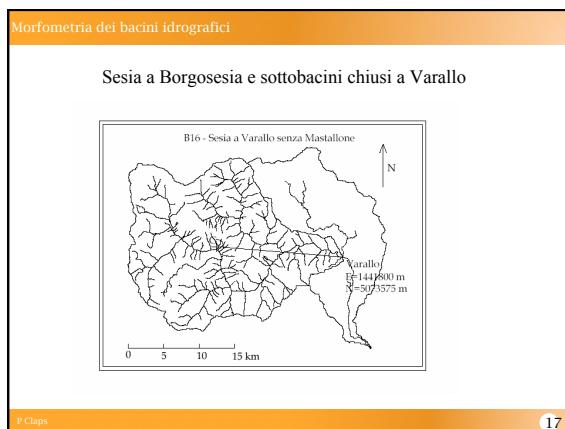
14

Morfometria dei bacini idrografici

Modello Digitale del Terreno (DTM)

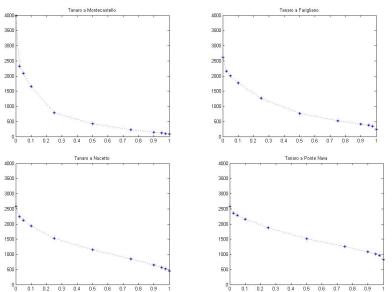
Da V. D'Agostino

15



## Morfometria dei bacini idrografici

## Curve ipsografiche



19

## Morfometria dei bacini idrografici

## CURVA IPSOGRAFICA ADIMENSIONALE (IPSOMETRICA)

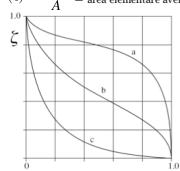
 $\Delta Z = Z_{max} - Z_{min} = Z_{max} - Z(A) =$  rilievo del bacino

$$\zeta = \frac{Z - Z_{min}}{\Delta Z} = \text{quota relativa (compresa tra 0 e 1)}$$

La curva è riferita all'area relativa a/A (compresa tra 0 e 1)  $\zeta\left(\frac{a}{A}\right) = \frac{Z(a) - Z(A)}{\Delta Z}$ 

$$\text{INTEGRALE IPSOMETRICO: } II = \int_{x=0}^1 \zeta(x) dx \quad x(z) = \frac{a(z)}{A} = \text{area elementare avente quota } z$$

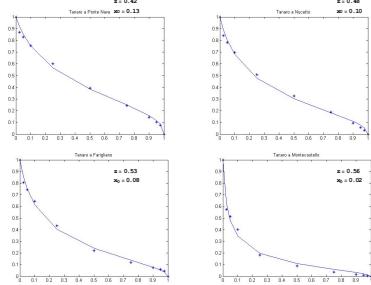
- $II > 0.6$  Stadio Giovanile (a)  
 $0.4 < II < 0.6$  Stadio Materno (b)  
 $II < 0.4$  Stadio Senile (c)



20

## Morfometria dei bacini idrografici

## Curve ipsometriche



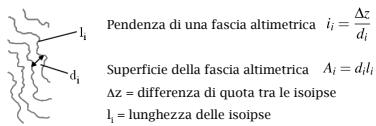
21

### Morfometria dei bacini idrografici

#### PENDENZA MEDIA DEL BACINO

##### Metodo di Alvard-Horton

La pendenza media di bacino  $i_m$  risulta dalla media pesata delle pendenze locali.



$$i_i = \frac{\Delta z}{d_i} = \frac{l_i \Delta z}{A_i}$$

$$\text{Superficie della fascia altimetrica } A_i = d_i l_i$$

$$\Delta z = \text{differenza di quota tra le isoipse}$$

$$l_i = \text{lunghezza delle isoipse}$$

$$i_m = \sum_i i_i \frac{A_i}{A} = \frac{\Delta z}{A} \sum_i l_i$$

Se si ha a disposizione un DEM si possono generare automaticamente le pendenze delle singole celle e da queste calcolare il valore medio

P Claps

22

### Morfometria dei bacini idrografici

#### PENDENZA MEDIA DELL' ASTA PRINCIPALE

$$i_m = \frac{1}{L} \sum_k i_k l_k$$

Pendenza 'idraulicamente' media dell' asta principale (Taylor-Schwartz)

Si parte dalla formula di Chézy:

$$v = k \sqrt{R i} \quad v \propto \sqrt{i}$$

$$t = \frac{L}{v} \propto \frac{L}{\sqrt{i}} \quad \frac{L}{\sqrt{i_m}} = \sum_k \frac{l_k}{\sqrt{i_k}}$$

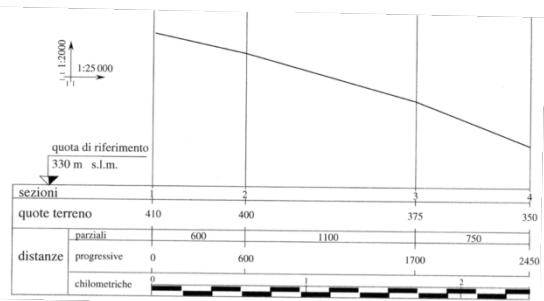
$$\frac{1}{\sqrt{i_m}} = \frac{1}{L} \sum_k \frac{l_k}{\sqrt{i_k}}$$

P Claps

23

### Morfometria dei bacini idrografici

#### PROFILO LONGITUDINALE DELL' ASTA PRINCIPALE



24

**Morfometria dei bacini idrografici**

### INDICI DI FORMA DEL BACINO

I fattori di forma di un bacino sono degli indici adimensionali che forniscono un'idea approssimativa della forma planare del bacino idrografico. Essi sono essenzialmente funzione dell'area  $A$ , del perimetro  $P$  e della lunghezza dell'asta principale  $L$ .

**Rapporto di circolarità :**

$$R_c = \frac{A_b}{A_r(P)} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Esprime il rapporto tra la superficie  $A$  del bacino e l'area di un cerchio avente perimetro  $P$  uguale a quello del bacino:

$$\frac{A}{\pi R^2} = \frac{4\pi A}{(2\pi R)^2} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

( $R$  è il raggio del cerchio equivalente).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Morfometria dei bacini idrografici

---

---

---

---

---

---

**Morfometria dei bacini idrografici**

**Fattore di forma:**

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Indica approssimativamente il grado di sinuosità dell'asta principale. Corrisponde alla differenza tra la forma attuale e quella di un quadrato.

**Rapporto di allungamento**

$$R_d = \frac{P_c(A)}{L} = \frac{2\sqrt{A}}{L\sqrt{\pi}}$$

E' il rapporto tra il diametro del cerchio di area A:

$$D = 2\frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\pi}}$$

e la lunghezza dell'asta principale L.

---

---

---

---

---

---

Morfometria dei bacini idrografici

**Densità di drenaggio:**  
 E' data dal rapporto:  

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad \left[ \frac{\text{km}}{\text{km}^2} \right]$$
 L = lunghezza totale della rete di drenaggio [km]  
 A = area del bacino [km<sup>2</sup>]

**Lunghezza media dei versanti:**  
 Per densità di drenaggio costante, un tratto di alveo di lunghezza  $L_c$  drena mediamente una superficie  $S_c = \frac{L_c}{D}$   
 Tale superficie è approssimabile con due falde simmetriche di larghezza  $L_v$ , per cui

$$S_c = 2L_v \cdot L_c \quad \Longleftrightarrow \quad L_v = \frac{1}{2D}$$

Morfometria dei bacini idrografici

## Densità di drenaggio



**Influenzata da:**

- Geologia
- Clima
- Topografia
- Uso del suolo

**Quantificabile con:**

$$D_d = \Sigma(L)/A$$

dove:

- $D_d$ =densità di drenaggio ( $\text{km km}^{-2}$ )
- L=estensione della rete (km)
- A=area del bacino ( $\text{km}^2$ )

**D<sub>d</sub> importante perché:**

- Riflette le caratteristiche del clima e del bacino
- Il flusso nei canali è più veloce che sui versanti
- Maggior è la densità, più rapida e ‘completa’ è la risposta del bacino alle precipitazioni

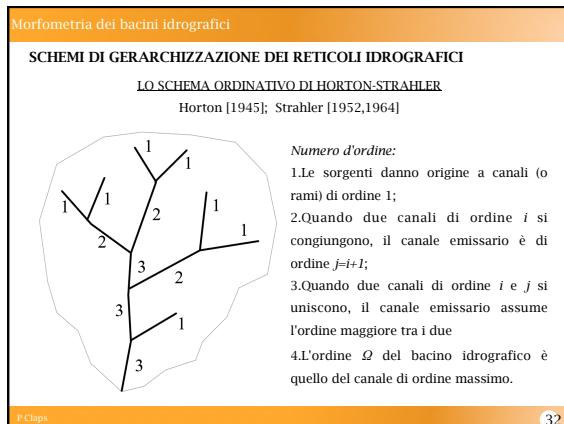
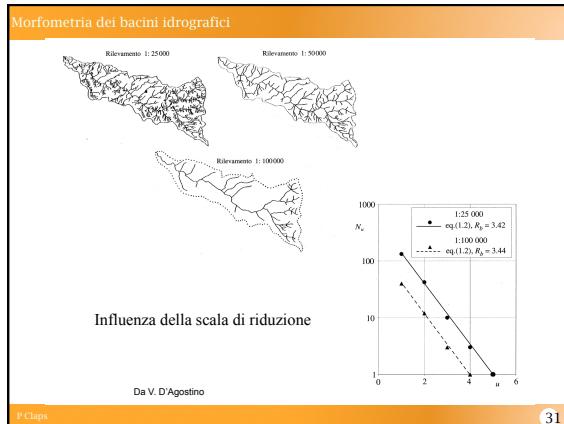
**Morfometria dei bacini idrografici**

La Densità di Drenaggio non è un rapporto adimensionale, poiché rappresenta il numero di chilometri di reticolo drenante per ogni chilometro quadrato di superficie di bacino. l'unità di misura è pertanto il km<sup>-1</sup>.

A differenza dei fattori di forma, risente della scala di osservazione alla quale si va ad analizzare il bacino per ricavarne le caratteristiche fisiche e morfologiche.

Mentre infatti i valori della superficie, del perimetro e della lunghezza dell'asta principale sono pressoché invarianti in funzione della scala utilizzata, il valore della lunghezza totale del reticolio risente notevolmente di essa.

Maggiore è il dettaglio cartografico di riferimento, maggiore è anche il dettaglio con cui vengono individuati tutti i rami drenanti sul territorio: la somma delle lunghezze di tutti questi rami risulta in questo modo alquanto variabile.  
La validità del parametro rimane comunque inalterata ai fini del confronto tra i valori riscontrati in diversi sottobacini osservati alla stessa scala.



Morfometria dei bacini idrografici

**LEGGI DI HORTON**

**Prima legge di Horton (numero delle aste)**

La successione  $\{N_1, N_2, \dots, N_\Omega\}$  del numero delle aste di diverso ordine segue una serie geometrica inversa:

$$\frac{N_{i+1}}{N_i} = R_B$$

$R_B$  = rapporto di biforazione ( $3 < R_B < 5$ )

$$N_i = R_B^{\Omega-i}$$

Numero globale di rami all'interno di una rete di drenaggio:

$$\sum_{i=1}^{\Omega} N_i = \frac{R_B^\Omega - 1}{R_B - 1}$$

P Claps

33

## Morfometria dei bacini idrografici

Ordine $u$	$N_u$	$R_b$
1	5966	
2	1529	3.9
3	378	4.0
4	68	5.7
5	13	5.3
6	3	4.3
7	1	3.0
media		4.37

Rapporto di biforcazione:

$$R_u = \frac{N_{u-1}}{N_u}$$

Il rapporto di biforcazione si mantiene quasi costante

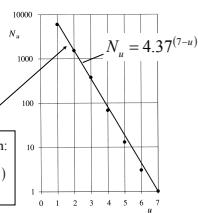
$$\bar{R}_b = \sum_{u=2,k} \frac{R_u}{k}$$

 $k$  = ordine del bacino

$$\text{I legge di Horton: } N_u = \bar{R}_b^{(k-u)}$$

Da V. D'Agostino

34



P Claps

## Morfometria dei bacini idrografici

## Seconda legge di Horton (lunghezze)

La successione  $\{L_1, L_2, \dots, L_\Omega\}$  della lunghezza delle aste di diverso ordine segue una serie geometrica diretta.

$$\frac{\bar{L}_q}{\bar{L}_{q-1}} = R_L$$

 $R_L$  = rapporto delle lunghezze ( $1.5 < R_L < 3.5$ ) $\bar{L}_1$  = lunghezza media delle aste di ordine 1

$$\bar{L}_q = \bar{L}_1 \cdot R_L^{q-1}$$

In base a questa relazione, la lunghezza dell'asta hortoniana principale  $L_\Omega$  risulta:

$$L_\Omega = \bar{L}_1 \cdot R_L^{\Omega-1}$$

35

P Claps

## Morfometria dei bacini idrografici

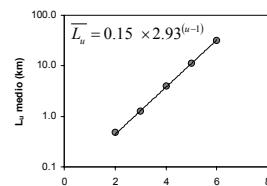
Lunghezza cumulata:

$$L_u^* = \sum_{u=1}^u L_u$$

$u$	$L_u$ (km)	$R_L$	teorica
1	0.15	-	
2	0.48	3.200	0.44
3	2.200	2.825	0.44
4	4.00	3.101	3.77
5	11.30	2.825	11.06
6	32.20	2.850	32.39
media			2.933

II legge di Horton:

$$\bar{L}_u = L_1 \cdot R_L^{(u-1)}$$



Da V. D'Agostino

36

P Claps

## Morfometria dei bacini idrografici

**Terza legge di Horton (pendenze)**

E' analoga alla prima legge:

$$\frac{\bar{J}_{i-1}}{\bar{J}_i} = R_J$$

 $R_J$  = rapporto delle pendenze ( $1.5 < R_J < 3$ ) $\bar{J}_i$  = valor medio delle pendenze  $J_i$  dei canali di ordine i

$$J_i = J_0 R_J^{0-i}$$

P Claps

37

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

## Morfometria dei bacini idrografici

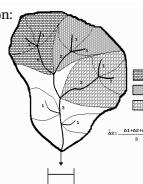
**Legge delle aree (Schumm)**

Ha formulazione analoga a quella della seconda legge di Horton:

$$\frac{\bar{A}_i}{\bar{A}_{i-1}} = R_A$$

 $R_A$  = rapporto delle aree ( $3 < R_A < 6$ ) $\bar{A}_i$  = valor medio delle aree  $A_i$  drenate dai canali di ordine i

$$\bar{A}_i = \bar{A}_1 \cdot R_A^{i-1}$$



Relazione di Schumm [1956]

 $\bar{L}_w$  = lunghezza media dei tratti di ordine w       $\bar{L}_w \cong \bar{A}_w^{-0.55}$ 

P Claps

38

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



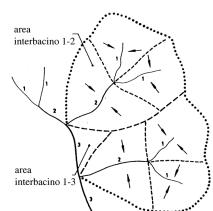
---

## Morfometria dei bacini idrografici

## Rapporto di area

$$R_a = \frac{\bar{A}_u}{\bar{A}_{u-1}}$$

$$\bar{A}_u = A_1 \bar{R}_a^{(u-1)}$$



Da V. D'Agostino

P C

39

---



---



---



---



---



---



---



---



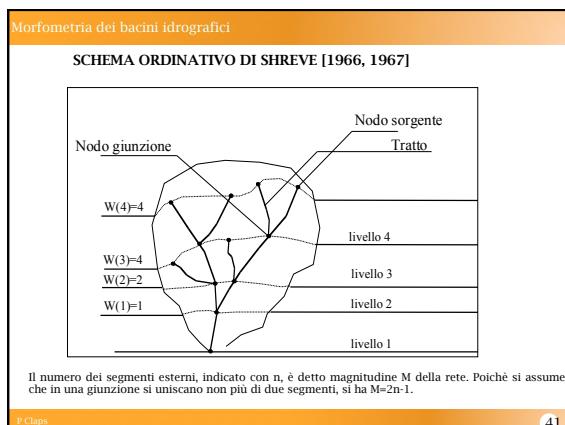
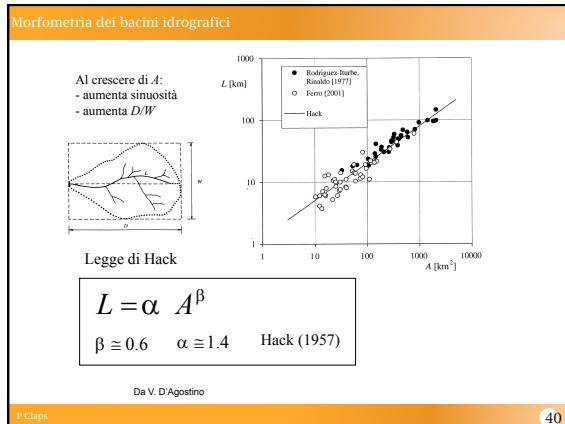
---



---



---



Morfometria dei bacini idrografici

SCHEMA ORDINATIVO DI SHREVE [1966, 1967]

Nello schema proposto da Shreve [1966, 1967], si considera il reticolo idrografico come un albero trivalente, composto da nodi e tratti, essendo i tratti o segmenti compresi fra due nodi successivi ed i nodi definibili in due tipi: sorgente e giunzione.

Data la distinzione dei nodi fra sorgenti e giunzioni, i segmenti che compongono la rete si distinguono fra interni ed esterni.

I segmenti esterni sono compresi tra una sorgente e la prima giunzione a valle; quelli interni sono invece compresi tra due successive giunzioni o tra la sezione di chiusura e la prima giunzione a monte di questa.

La distanza topologica di un segmento dalla sezione di chiusura è pari al numero di segmenti che bisogna attraversare per giungervi; tutti i segmenti che hanno la stessa distanza topologica appartengono allo stesso livello topologico. La massima distanza topologica all'interno della rete ne costituisce il diametro  $d$ . La funzione di larghezza  $W(x)$  della rete fornisce il numero dei segmenti che appartengono ad ogni livello  $x$ .

P Claps

42

