NUMERO: 1802A - ANNO: 2015

# A P P U N T I

STUDENTE: Petrosino Arturo

MATERIA: Idrologia - prof. Laio

# IDROLOGIA

30/09/2014

IDROLOGIA → STUDIA L'ACQUA IN TUTTE LE SUE FORME

- USO DELLA RISORSA IDRICA: QUANTA ACQUA È DISPONIBILE?
  - DOMESTICO
  - AGRICOLO
  - INDUSTRIALE
- ACQUA COME ELEMENTO DI RISCHIO
  INCLUDE TUTTE QUELLE OPERE PER DIFENDERCI DALL'ACQUA

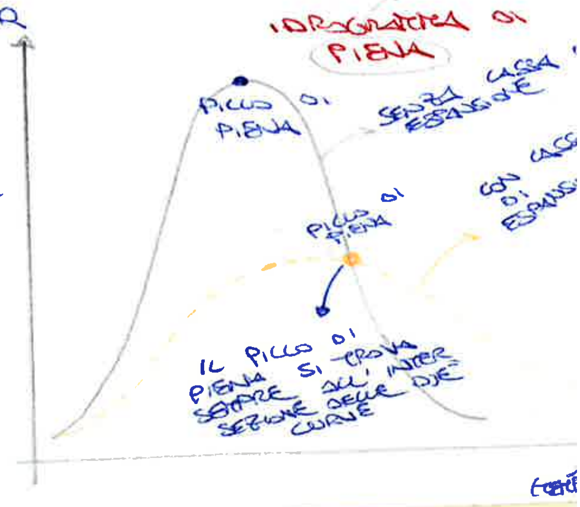
TRA LE VARIE OPERE PER SODDISFARE QUESTE DUE CATEGORIE ABBIAMO:

USO DELLA RISORSA IDRICA:
- SERBATOIO
- DIGA
- CENTRALE D'ACQUA FLUENTE

ACQUA COME ELEMENTO DI RISCHIO (POLITICA):
- ARGINATURE
- CASSE DI ESPANSIONE: SERVONO AD INVASARE LE ACQUE DI PIENA PER ABBATTERE LE PORTATE DI INGRESSO RISPETTO A QUELLE DI USCITA

LA CASSA DI ESPANSIONE ACCUMULA L'ACQUA E LA DISTRIBUISCE LENTAMENTE NEL TEMPO: È UNA SORTA DI ALLUVIONE CONTROLLATA DOVE SI ABBATTE IL PICCO DI PIENA


IN QUESTO PUNTO, IN PASSATO C'È STATA UN INONDAZIONE



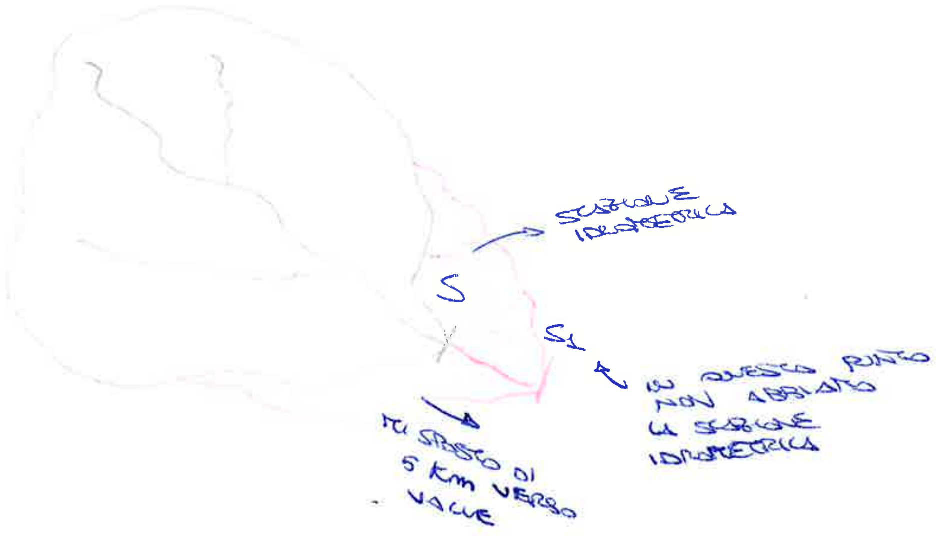
DAL TEMPO DI RITORNO CAPIAMO IL LEGAME CHE SUSSISTE TRA I <u>COSTI</u> ED I <u>BENEFICI</u>:

[ TEMPO DI RITORNO ALTO → MAGGIORI BENEFICI
MAGGIORI COSTI (OPERE DI RILEVANTE CONSISTENZA) DIGA

[ TEMPO DI RITORNO BASSO → MINORI BENEFICI
MINORI COSTI (AD ESEMPIO IMP. FOGNARIO)

REGIONE PIEMONTE: 50'000 km² SUP → 50/60 IDROMETRI ATTIVI PER LA RACCOLTA DATI

IL NUMERO DI IDROMETRI È MOLTO LIMITATO PER ELEVATI COSTI DI INSTALLAZIONE E DI GESTIONE, LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE, PERÒ, È STATA FATTA PRECISAMENTE OVVERO SCEGLIENDO I PUNTI PIÙ SIGNIFICATIVI




ANCHE SE IN S1 NON ABBIAMO UNA STAZIONE IDROMETRICA POSSIAMO ESTENDERE I DATI RACCOLTI DALLA STAZIONE IN (S) CON MOLTA FACILITÀ (CAMBIA, PERÒ, IL BACINO IDROGRAFICO)

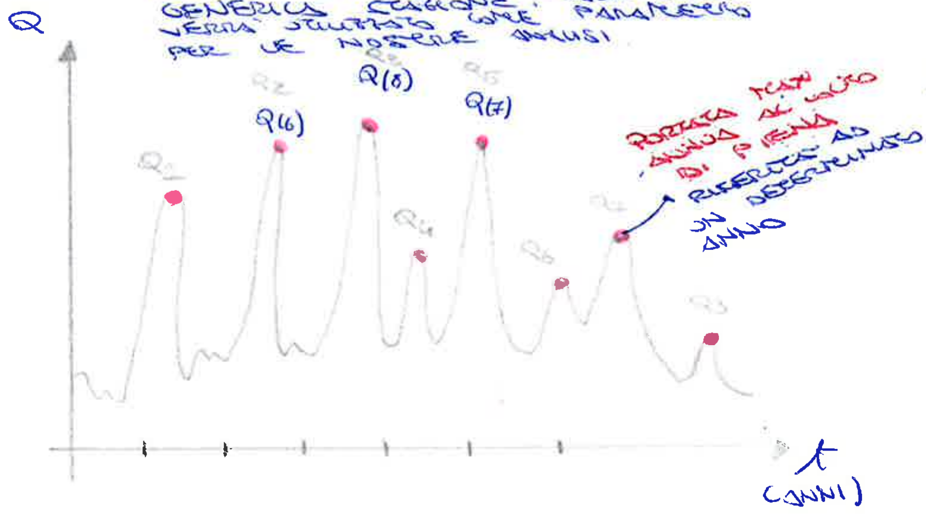
NON È DETTO CHE CON LA NOSTRA OPERA ANDIAMO A RICADERE PER FORZA NELLA STAZIONE S, GRAZIE A QUESTO METODO I DATI RACCOLTI IN S POSSONO ANCHE ESSERE SFRUTTATI IN S1 LE QUALI HANNO UN'AREA IN COMUNE NOTEVOLE

## IDROLOGIA STATISTICA

ACQUA → VISTA COME FATTORE DI RISCHIO

LA VARIABILE DI INTERESSE, IN QUESTO CASO, SONO LE PORTATE MASSIME ANNUE. TALE VARIABILE È LA PIÙ FREQUENTE

PER OGNI ANNO ANDIAMO A VERIFICARE IL MASSIMO VALORE DELLA PORTATA MISURATO NELLA GENERICA STAZIONE. TALE DATO VERRÀ SFRUTTATO COME PARAMETRO PER LE NOSTRE ANALISI




N.B.: LE PORTATE NON VENGONO MISURATE MA SI MISURANO I LIVELLI IDROMETRICI. LA MISURA VIENE FATTA OGNI 5 mm. TALE STRUMENTO NON È ALTRO CHE UN RADAR POSTO SOPRA I FIUMI. OGNI MISURA DEL LIVELLO, POI, VIENE TRASFORMATA IN PORTATA. IL RADAR SFRUTTA LA LUNGHEZZA D'ONDA PER MISURARE I LIVELLI IDROMETRICI

$P = 1 - \frac{1}{T}$ (7)

T = 50 ANNI → P = 0,98 → IL 98% DEI VALORI COMPRESE AL DI SOTTO DEL VALORE MAX

PROBABILITÀ DI NON SUPERAMENTO

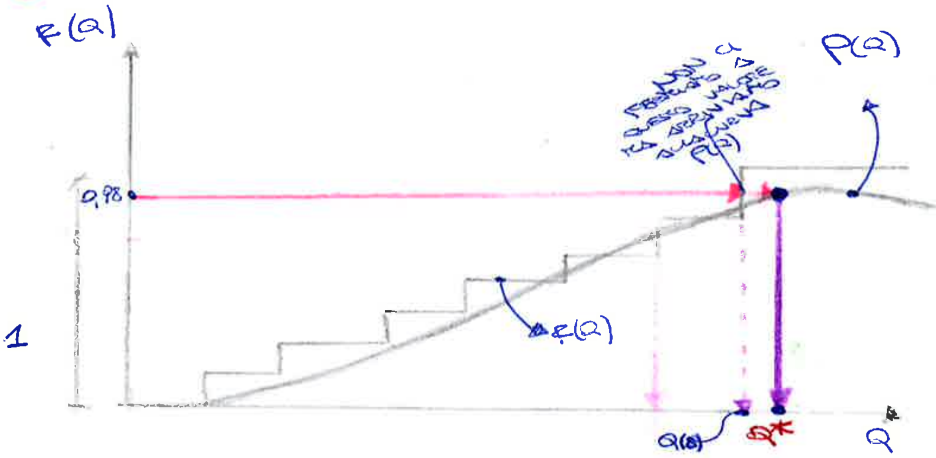
COME FACCIAMO A PASSARE DA FREQUENZA A PROBABILITÀ?

PROBABILITÀ (MONDO TEORICO) → FÀ RIFERIMENTO ALLA POPOLAZIONE (INSIEME DEGLI INFINITI VALORI CHE LA VARIABILE CASUALE PUÒ ASSUMERE)

FREQUENZA (MONDO REALE) → FÀ RIFERIMENTO AL CAMPIONE

RAPPRESENTA UN NUMERO FINITO DI M ELEMENTI ESTRATTI CASUALMENTE DA UN INSIEME DI VALORI CHE COSTITUISCONO LA POPOLAZIONE

[IL CAMPIONE VIENE ESTRATTO DALLA POPOLAZIONE]



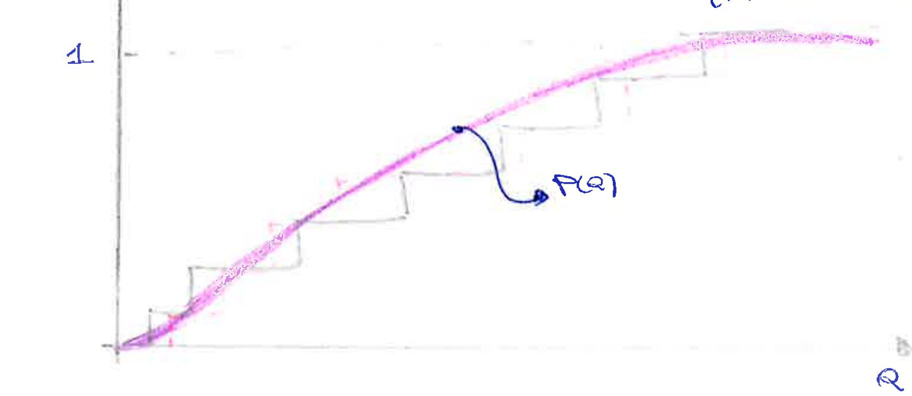

VISTO CHE SAPPIAMO LA PROBABILITÀ DI NON SUPERAMENTO ENTRIAMO NEL GRAFICO CON IL VALORE DI 0,98 E DETERMINIAMO LA PORTATA CORRISPONDENTE

F(Q) ⇒ P(Q):
CAMPIONE POPOLAZIONE

INFERENZA STATISTICA: RICERCHIAMO UN MODELLO MATEMATICO (CURVA CONTINUA) CHE RAPPRESENTI NEL MODO MIGLIORE LA FUNZIONE A GRADINI (FUNZ. DI FREQUENZA EMPIRICA)

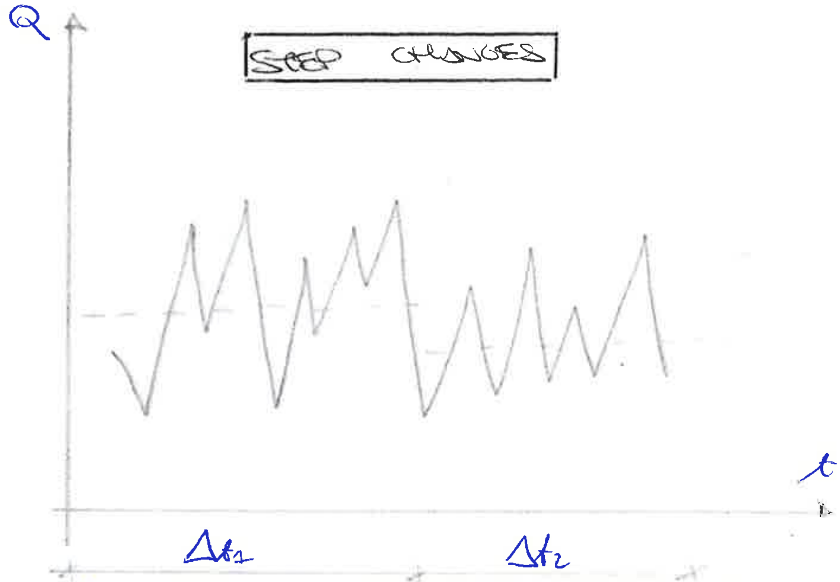
Q* → VALORE DI PROGETTO CHE CI CONSENTE DI PROCEDERE

SUPPONIAMO DI AVERE UN CAMPIONE DI 50 ANNI DI DATI. DA QUESTO CAMPIONE PRENDO SOLO 10 ANNI DATI E COSTRUISCO LA F(Q). SUPPONIAMO DI ESTRARRE ALTRI 10 DATI DA QUESTI ULTIMI E RIPRODUCIAMO DI NUOVO LA F(Q) CHE POSSIAMO VERIFICARE AVERE DUE CURVE COMPLETAMENTE DIVERSE (NUMERO DI SCALINI UGUALI).




C'È UN INTRINSECA VARIABILITÀ CAMPIONARIA PERCHÉ TUTTI I DATI SONO COMPLETAMENTE DIVERSI. ECCO PER CUI UTILIZZIAMO UN MODELLO PROBABILISTICO (P(Q)) CHE RIESCE A RAPPRESENTARE I MIEI DATI NEL MODO MIGLIORE

## STEP CHANGES




OGNI INTERVALLO TEMPORALE PRESENTA UNA MEDIA [illegible] RISPETTO A POPOLAZIONI DIVERSE

LA PRIMA COSA CHE POSSIAMO ANDARE A DETERMINARE SONO GLI STEP CHANGES OVVERO DEI CAMBIAMENTI BRUSCHI: CAMBIAMENTI DI COMPORTAMENTO TRA VARIE FASI TEMPORALI. AD ESEMPIO NELL'INTERVALLO $\Delta t_1$ I VALORI OSCILLANO TRA VALORI PIÙ ALTI A DIFFERENZA DEL PERIODO $\Delta t_2$.

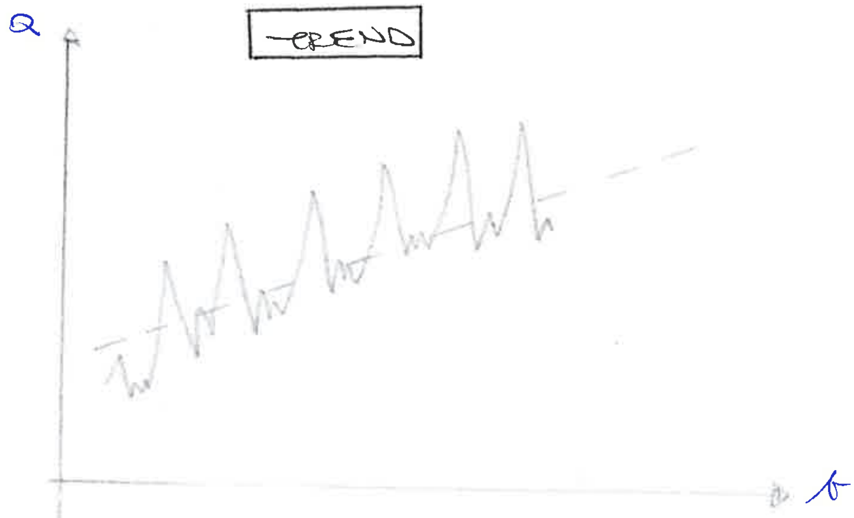
SE QUESTO È VERO SIGNIFICA CHE I DATI ESTRAPOLATI DERIVANO DA POPOLAZIONI DIVERSE LE QUALI NON POSSONO ESSERE MESCOLATE

BISOGNA CAPIRE SE È SUCCESSO QUALCOSA COME AD ESEMPIO SIA STATO COSTRUITO UN INVASO (HANNO IL COMPITO DI ELIMINARE LE PIENE)

NELLA PIENA L'INVASO TENDE AD ACCOGLIERE ACQUA PER DIMINUIRE IL PICCO DI PIENA (EFFETTO BENEVOLE)

COSA FACCIAMO SE SI È VERIFICATO LO STEP CHANGES! LA PARTE DI CAMPIONE $\Delta t_1$ NON PUÒ ESSERE UTILIZZATA PERCHÉ DOBBIAMO BASARCI SOLO SUI DATI PIÙ RECENTI. NON POSSIAMO, PERÒ, SOLO BASARCI SU QUESTA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA MA DOBBIAMO RITORNARE AI DATI DI ORIGINE E CAPIRE CON PRECISIONE COSA È SUCCESSO

## TREND

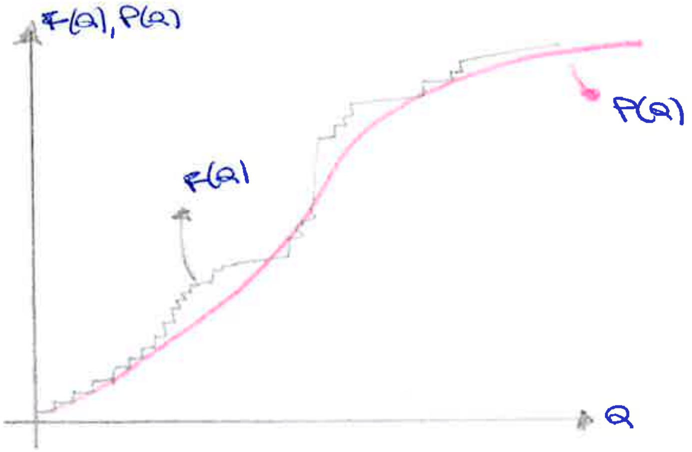



IN QUESTO CASO POSSIAMO VEDERE UNA CRESCITA DEGLI EVENTI DI PIENA. TALE EVENTO VIENE CHIAMATO TREND: CIÒ SIGNIFICA CHE LA POPOLAZIONE CAMBIA DI ANNO IN ANNO QUINDI I DATI SI RIFERISCONO A POPOLAZIONI DIVERSE. IN TAL CASO P RISULTA FUNZIONE OLTRE CHE DALLA PORTATA MA ANCHE DAL TEMPO

$P(Q) \rightarrow P(Q,t)$

IN QUESTI CASI BISOGNA RIFERIRSI A DEI MODELLI PROBABILISTICI NON-STAZIONARI (VARIABILI NEL TEMPO). IN TAL CASO ABBIAMO UN MAGGIOR NUMERO DI PARAMETRI PER CUI OTTIENE IL TREND. UNA DELLE CAUSE PIÙ IMPORTANTI SONO I CAMBIAMENTI DELL'USO DEL SUOLO: DISBOSCAMENTO, MODIFICA DEGLI ARGINI ECC. OCCORRE A DELLE VERIFICHE IN CASO BISOGNA FARE UN TEST STATISTICO PER CUI SI CAPISCE SE LA TENDENZA SIA STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA OPPURE NO

07/10/2014




COME SCEGLIAMO IL MODELLO CHE APPROSSIMI AL MEGLIO IL GRAFICO A SCALINI?

↑

COME DETERMINIAMO AL MEGLIO LA FUNZIONE DI PROBABILITÀ (P(Q))?

**N.B.**: LA Q PUÒ ESSERE UNA VARIABILE QUALSIASI (AD ESEMPIO LE PRECIPITAZIONI)

CARATTERISTICHE DEL MODELLO MATEMATICO (P(Q)): (PER ESSERE CONSIDERATO UNA FUNZIONE DI PROBABILITÀ)

1) $P(Q_{inf}) = 0$ ⟹ $Q \to Q_{inf}$ (LIMITE INFERIORE) → VALORE PIÙ PICCOLO CHE LA VARIABILE CHE STIAMO CONSIDERANDO PUÒ ASSUMERE (AD ESEMPIO PER LA [illegible] È ZERO)

AL DI [illegible] DI QUESTO VALORE [illegible] NON [illegible] ASSUME

2) $P(Q_{sup}) = 1$ ⟹ $Q \to Q_{sup}$ (LIMITE SUPERIORE) → PER LA GRAN PARTE DELLE VARIABILI CHE STUDIERETE È $+\infty$ (ILLIMITATE SUPERIORMENTE)

3) $P(Q)$ → È UNA FUNZIONE MONOTONA CRESCENTE

VERSO DX (ASSE X)

MAN MANO CHE MI SPOSTO VERSO DX (ASSE X) RACCOLGO SEMPRE PIÙ DATI PER CUI LA FUNZIONE È CRESCENTE. CI SONO ANCHE DEI CASI IN CUI LA VARIABILE RITORNA CRESCENTE [illegible] CHIAMATA

**N.B.**: QUALSIASI MODELLO MATEMATICO CHE RISPETTA QUESTE TRE CONDIZIONI PUÒ ESSERE CONSIDERATO COME MODELLO PROBABILISTICO

## 3) MODELLI PROBABILISTICI

→ 2° PUNTO DELL'INFERENZA STATISTICA

1) ESPONENZIALE
2) GUMBEL
3) GAUSSIANA O NORMALE
4) LOG-NORMALE
5) GENERALIZED EXTREME VALUE (GEV)

IL PRIMO ED IL TERZO [illegible] [illegible] PER LA MATERIA CHE STIAMO STUDIANDO

(13)

→ DISTRIBUZIONE DI GUMBEL → NOTA ANCHE COME DISTRIBUZIONE DEI VALORI ESTREMI DI TIPO (I)

$$\boxed{P(x) = e^{-e^{-\frac{x-\vartheta_1}{\vartheta_2}}}}$$

FORMA MATEMATICA DELLA DISTRIBUZIONE DI GUMBEL

È UN MODELLO CHE NASCE PER RAPPRESENTARE GLI ESTREMI DI UNA DETERMINATA VARIABILE (PORTATA PRECIPITAZIONI)

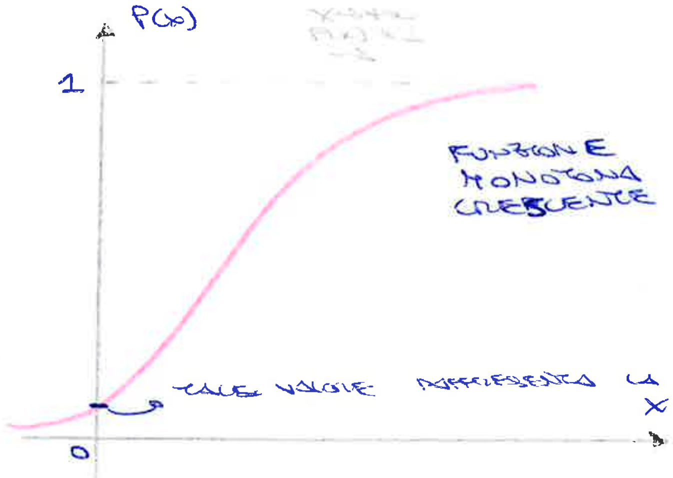
DOMINIO $x \in \left]-\infty; +\infty\right[$

(*) TALE FUNZIONE È DEFINITA SEMPRE SIA A VALORI POSITIVI CHE NEGATIVI
È UN PO' UN PROBLEMA PERCHÉ LE VARIABILI IN GIOCO (PORTATA, PRECIPITAZIONI) SONO POSITIVE

(1) $P(x=-\infty) = 0$

(2) $P(x=+\infty) = 1$

(3)




FUNZIONE MONOTONA CRESCENTE → TALE FUNZIONE HA UNA FORMA AD (S) ASIMMETRICA: LE PENDENZE DELLA CURVA NON CRESCONO O DECRESCONO, IN MODO UGUALE A SX E A DX DELLA CURVA (COME SUCCEDE, INVECE, PER LA CURVA DI GAUSS)

TALE VALORE RAPPRESENTA LA PERCENTUALE (MOLTO BASSA) PER CUI SI HANNO VALORI NEGATIVI DELLA VARIABILE X

(*) LA PROBABILITÀ DI AVERE UN VALORE INFERIORE A ZERO È MOLTO BASSA.
È POSSIBILE SPOSTARE LA CURVA, UTILIZZANDO I PARAMETRI $\vartheta_1$ E $\vartheta_2$, IN MODO CHE TUTTI I VALORI SONO POSITIVI

$\vartheta_1, \vartheta_2$ → SONO DUE PARAMETRI: ANCHE IN QUESTO CASO TALI PARAMETRI CI PERMETTONO DI SPOSTARE LA CURVA (MIGLIORE APPROSSIMAZIONE DEI DATI)

$\vartheta_1$ ⇒ PARAMETRO DI POSIZIONE
MODIFICANDO TALE PARAMETRO AVREMO UNO SPOSTAMENTO RIGIDO DELLA CURVA RISPETTO ALL'ASSE DELLA VARIABILE CHE STIAMO CONSIDERANDO (LA CURVA NON MODIFICA LA SUA FORMA, TRASLA SOLTANTO VERSO SINISTRA O VERSO DESTRA)

$\vartheta_2$ ⇒ PARAMETRO DI SCALA
MODIFICANDO TALE VALORE LA FORMA SI MODIFICA.
AUMENTANDO $\vartheta_2$ IL VALORE DI P(x) TENDE A DIMINUIRE.
INCREMENTANDO IL FATTORE DI SCALA ($\vartheta_2$) LA DISTRIBUZIONE DI CONTINUITÀ DI PROBABILITÀ CUMULATA VIENE A CRESCERE O A DIMINUIRE RISPETTO AD X
TALE PARAMETRO TENDE AD AUMENTARE IL DOMINIO DI ESISTENZA DELLA FUNZIONE (VEDI FIGURA PAG. SUCCESSIVA)

COME COSTRUIAMO LE CARTE PROBABILISTICHE? (15)

SEGUIAMO UNA SERIE DI STEP

(A) DEFINIZIONE DELLA VARIABILE RIDOTTA :

LA DEFINIZIONE DI TALE VARIABILE È DIVERSA PER OGNI MODELLO DI DISTR. SCELTO

VISTO CHE NON HO ANCORA STIMATO I VALORI DEI PARAMETRI $(\vartheta, \vartheta_1, \vartheta_2)$ NON POSSO STIMARE IL VALORE DELLA VARIABILE RIDOTTA

$$u = \frac{x}{\vartheta}$$ DISTR. ESPONENZIALE

$$u = \frac{x - \vartheta_1}{\vartheta_2}$$ DISTR. GUMBEL

N.B : $\vartheta, \vartheta_1, \vartheta_2$ SONO PARAMETRI CHE IO NON CONOSCO ANCORA

(B) ORDINARE IL CAMPIONE DI DATI DISPONIBILI

$$x_i \rightarrow x_{(i)}$$

i-esimo VALORE NELLA SERIE STORICA

VALORE ORDINATO

$x_{(1)}$ : È IL VALORE ORDINATO PIÙ PICCOLO DEL CAMPIONE

$x_1$ : RAPPRESENTA IL VALORE DEL CAMPIONE CORRISPONDENTE ALL'ANNO PIÙ VECCHIO

(C) ASSEGNARE UNA PLOTTING POSITION AI VALORI $x_{(i)}$ : ASSEGNATO DI FREQUENZA DI UN VALORE DI NON SUPERAMENTO (ADEGUATA PER I VARI VALORI) PER OGNI VALORE DEL CAMPIONE ORDINATO

FREQUENZA DI NON SUPERAMENTO

$$q_i = F(x_{(i)}) = \frac{1}{m}$$

VALORE MAX POSSIBILE

$$q_m = F(x_{(i=m)}) = \frac{m}{m} = 1$$

→ QUESTO MI INDICA CHE m-esimo RAPPRESENTA IL VALORE LIMITE SUPERIORE SENZA IL QUALE NON SI POTREBBE DIRE COSA CHE STABILIRE DI NON MI PERMETTE DI COSTRUIRE CON CERTEZZA LA CARTA PROBABILISTICA

QUESTO TIPO DI PLOTTING POSITION NON PUÒ ESSERE UTILIZZATO PER CUI UTILIZZIAMO ALTRI TIPI DI PLOTTING POSITION CHE CI PERMETTONO DI EVITARE L'INCONGRUENZA

$$q_i = \frac{i}{m+1}$$ PLOTTING POSITION DI WEIBULL

$$q_i = \frac{i - 0,5}{m}$$ PLOTTING POSITION DI HAZEN

NE ESISTONO ALTRI TIPI

UTILIZZANDO WEIBULL AD ESEMPIO → $q_i = F(x_{(i)}) = \dfrac{i}{m+1}$

(D) DETERMINARE I VALORI $u_{(i)}$

$$P(u_{(i)}) = q_i$$

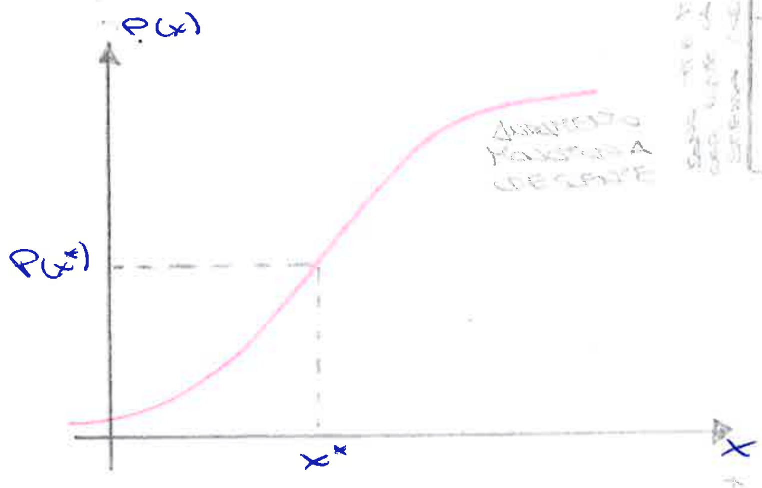
LA PROBABILITÀ CUMULATA DELLA DELL'i-esimo VALORE DELLA VARIABILE RIDOTTA È UGUALE ALLA PLOTTING POSITION CORRISPONDENTE ALL'i-ESIMO VALORE DELLA VARIABILE $x$

UTILIZZANDO WEIBULL : $P(u_{(i)}) = q_i = \dfrac{i}{m+1}$

MONDO DELLA DISTRIBUZIONE — MONDO CAMPIONARIO

09/10/2014






CDF: cumulative distribution function

$P(x) \rightarrow$ distribuzione di probabilità cumulata

↑

probabilità di non superamento

$P(x) \in [0;1]$; funzione crescente

Fissato un valore di $x$ pari ad $x^*$, il valore di $P(x^*)$ rappresenta la probabilità che un determinato valore sia al di sotto di $x^*$

Dobbiamo inserire un altro modo per esprimere la probabilità

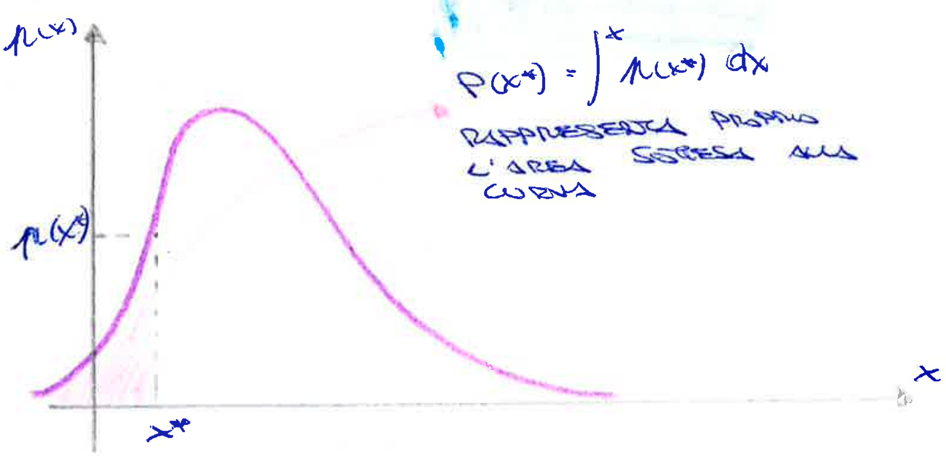
$f(x) \rightarrow$ densità di probabilità

PDF: probability density function

La densità di probabilità $f(x)$ è definita come la densità della distribuzione di probabilità rispetto all'asse $x$

$$f(x) = \frac{dP(x)}{dx} \iff P(x) = \int^{x} f(x)\,dx$$

Graficamente deve tendere a zero sia a sx che a dx come rappresentato nella seguente figura




$$P(x^*) = \int^{x^*} f(x^*)\,dx$$

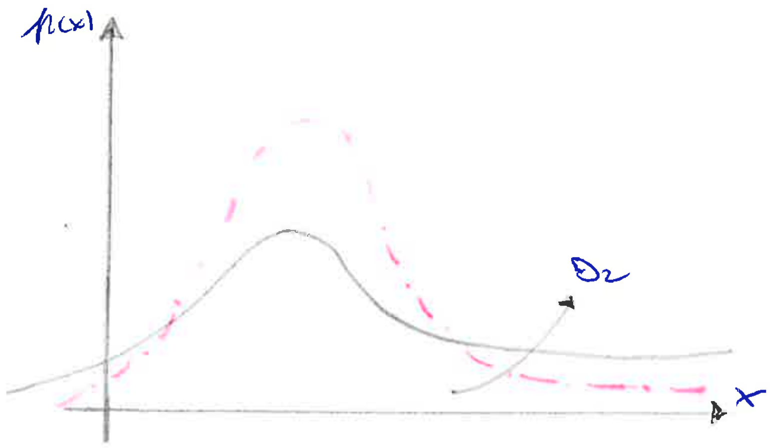
rappresenta proprio l'area sottesa alla curva

Fissato un valore di $x$ pari ad $x^*$, il valore di $f(x^*)$ rappresenta la probabilità di trovarsi nell'intorno di $x^*$

N.B.: Perché diciamo "la probabilità di trovarsi nell'intorno di $x^*$" e non proprio $x^*$? Perché nel caso di variabili casuali continue come $(x)$ la probabilità di trovarsi in $(x^*)$ è proprio zero (sempre)

Guardando la curva possiamo dire:

→ la probabilità di trovare valori di $x^*$ negativi è molto bassa perché per valori negativi di $x$ la $f(x)$ risulta avere valori bassissimi




$\boxed{D_2}$: PARAMETRO DI SCALA

CAMBIANDO TALE PARAMETRO LA DENSITÀ DI PROBABILITÀ TENDE AD ALLARGARSI SULL'ASSE DELLE ASCISSE DIMINUENDO ANCHE IL VALORE DI PICCO

## MOMENTI (DELLA DISTRIBUZIONE DEL CAMPIONE)

(AMBITO CAMPIONARIO) — DUE FACCE DELLA STESSA MEDAGLIA — (AMBITO DELLE DISTRIBUZIONI DI PROBABILITÀ)

| CAMPIONE | DISTRIBUZIONE |
|---|---|
| $m_r = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^r$ (MOM. CENTRATO) | $M_r = \int_{ALL\ x}(x-\mu)^r \cdot f(x)\cdot dx$ |

$m_r$ = MOMENTO CAMPIONARIO RISPETTO ALLA MEDIA

$r$ → ORDINE DEL MOMENTO

$n$ → NUMEROSITÀ CAMPIONARIA

$x_i$ → VALORI CAMPIONARI

$\bar{x}$ → MEDIA DEL CAMPIONE

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

$M_r$ = MOMENTO CENTRALE DI ORDINE $r$ DELLA DISTRIBUZIONE

ALL $x$ → INTEGRALE ESTESO A TUTTO IL DOMINIO DELLA VARIABILE X

$\mu$ → MEDIA DELLA DISTRIBUZIONE

$r$ → ORDINE DEL MOMENTO

$x$ → VARIABILE MUTA (VARIABILE DI INTEGRAZIONE)

$$\mu = \int_{ALL\ x} x\, f(x)\, dx$$

→ MOMENTO DI ORDINE 1 $(r=1)$

$m_1 = M_1 = 0$ MOMENTO CENTRATO DI ORDINE UNO

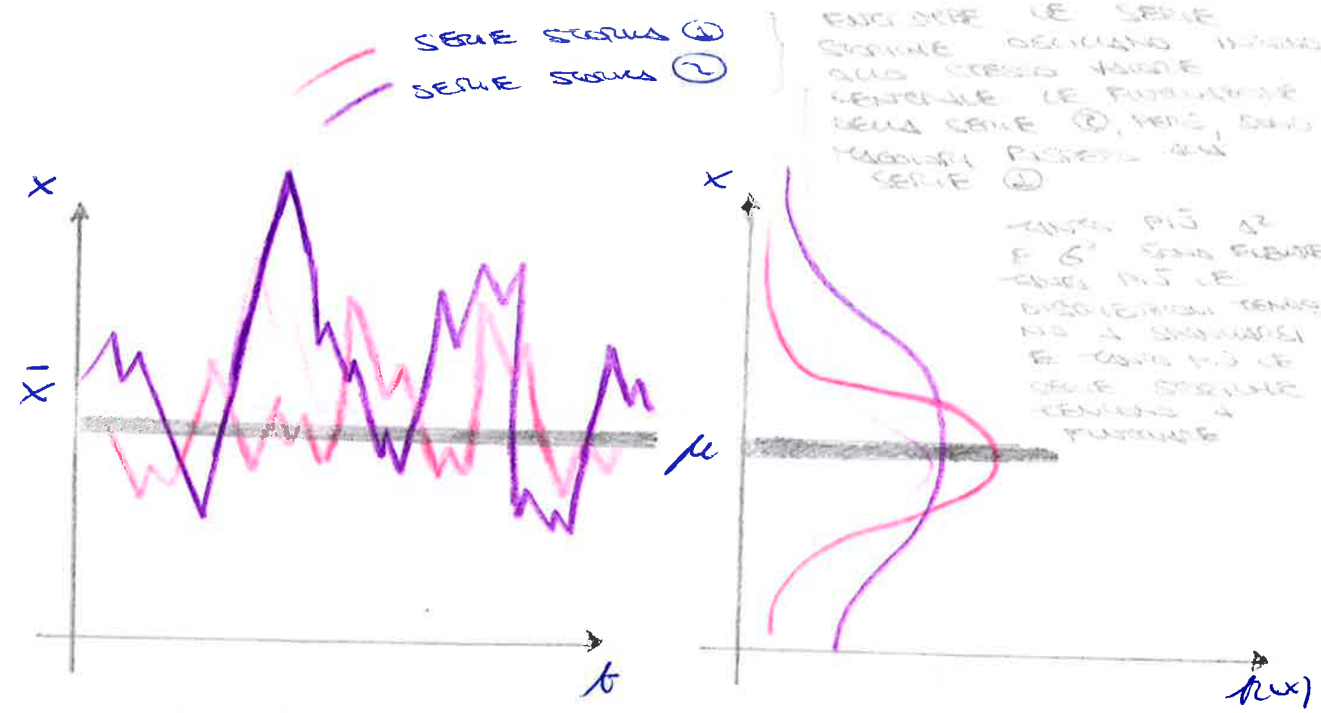
$$m_1 = \frac{1}{n}\sum_i (x_i-\bar{x}) = \overbrace{\left(\frac{1}{n}\sum_i x_i\right)}^{\bar{x}} - \bar{x} = \bar{x} - \bar{x} = 0$$

$$M_1 = \int (x-\mu)\, f(x)\, dx = \underbrace{\int x\, f(x)\, dx}_{\mu} - \mu \underbrace{\int f(x)\, dx}_{1} = \mu - \mu = 0$$

AREA SOTTESA A UNA CURVA (PARI SEMPRE AD UNO)

LA MEDIA, SIA ESSA CAMPIONARIA O DELLA DISTRIBUZIONE RAPPRESENTA IL MOMENTO DI ORDINE 1 RISPETTO ALL'ORIGINE

$s^2$ → CI INDICA QUANTO SONO DISTANTI I VALORI DI $x_i$ RISPETTO AL VALORE MEDIO $\bar{x}$




ENTRAMBE LE SERIE STORICHE OSCILLANO INTORNO ALLO STESSO VALORE CENTRALE. LE FLUTTUAZIONI DELLA SERIE ②, PERÒ, SONO MAGGIORI RISPETTO ALLA SERIE ①

TANTO PIÙ $s^2$ E $\sigma^2$ SONO ELEVATE TANTO PIÙ LE DISTRIBUZIONI TENDONO A SPARPAGLIARSI E TANTO PIÙ LE SERIE STORICHE TENDONO A FLUTTUARE

$(s^2)$ $(\sigma)^2$
$m_2$; $M_2$ → HANNO LE STESSE UNITÀ DI MISURA DI $[X^2]$.

$X \equiv Q \equiv \frac{m^3}{s}$ → $[s^2]=[\sigma^2]=\frac{m^6}{s^2}$

$\sigma = \sqrt{M_2}$ DEVIAZIONE STANDARD

$s = \sqrt{m_2}$ RMSE (ROOT MEAN SQUARED ERROR)

UTILIZZO $\sigma$ ED $s$ IN MODO DA UTILIZZARE LE STESSE UNITÀ DI MISURA DI X

$CV = \frac{\sigma}{\mu}$ → COEFF. DI VARIAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE

È UN ULTERIORE MODO PER IDENTIFICARE LA DISPERSIONE DEL CAMPIONE INTORNO AL VALORE CENTRALE

$cv = \frac{s}{\bar{x}}$ → COEFF. DI VARIAZIONE DEL CAMPIONE

N.B.: CV, cv
→ È UN VALORE ADIMENSIONALIZZATO
→ SI PUÒ UTILIZZARE SOLO PER VARIABILI POSITIVE PERCHÉ POSSO AVERE MEDIE NEGATIVE

VALORI DEL COEFF. DI VARIAZIONE PARI A 0,1 (10%) SONO VALORI MOLTO PICCOLI MENTRE VALORI CRITICI SONO COMPRESI TRA 0,2 E 0,8 (20% ÷ 80%). MAGGIORI DI 1 (SUPERIORI AL 100%) IN CASO DI COEFFICIENTI DI VARIAZIONE DOBBIAMO SCARTARE (?) SERIE STRANE PERCHÉ SONO RARISSIMI I CASI IN CUI RITROVIAMO QUESTA SITUAZIONE

DISTRIBUZIONE $CA = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$

CAMPIONE $C_{CA} = \frac{m_3}{s^3}$

COEFFICIENTI DI ASIMMETRIA O SKEWNESS (RISULTANO DEI NUMERI PURI POICHÉ, AD ESEMPIO, $\mu_3$ E $\sigma^3$ HANNO LA STESSA UNITÀ DI MISURA)

$CA = 0$ => DISTRIBUZIONE SIMMETRICA

$0 < CA < 1,5$ => LIEVE ASIMMETRIA

$CA > 1,5$ => FORTE ASIMMETRIA -> PRESENTANO LA CODA DI SINISTRA DEL GRAFICO SEMPRE PIÙ BASSA

PER IL MODELLO DI DISTRIBUZIONE ESPONENZIALE

$$\mu = \int_0^{\infty} x \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} dx = \theta$$

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (x-\theta)^2 \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} dx = \theta^2$$

VARIABILITÀ $CV = 1$ (ELEVATISSIMA VARIABILITÀ)

ASIMMETRIA $CA = 2$

RAPPRESENTANO I PARAMETRI DI CARATTERIZZAZIONE DEL NOSTRO MODELLO PROBABILISTICO. ESSI VENGONO CALCOLATI PER LA DISTRIBUZIONE E NON PER IL CAMPIONE MEDESIMO PROPRIO PERCHÉ NON HA SENSO PARLARE DI CAMPIONE ESPONENZIALE. I PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DIPENDONO DAI PARAMETRI

PER IL MODELLO DI DISTRIBUZIONE DI GUMBEL

$\gamma$ DI EULERO: È UNA COSTANTE PARI A $\gamma_E \cong 0,5772$

$$\mu = \theta_1 + \gamma_E \theta_2$$

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6} \theta_2^2$$

$\mu$ -> DIPENDE SIA DA $\theta_1$ (PARAM. DI POSIZIONE) CHE DA $\theta_2$ (PARAM. DI SCALA)

VARIABILITÀ $$C_V = \frac{\frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \theta_2}{\theta_1 + \gamma_E \theta_2}$$

PUÒ ASSUMERE UNA SERIE DI VALORI IN FUNZIONE DEI PARAMETRI $\theta_1$ E $\theta_2$ CASO DIFFERENTEMENTE IN A DIFFERENZA DEL ... È COSTANTE UN TALE VALORE

ASIMMETRIA $CA = 1,14$ (SIMMETRIA ABBASTANZA LIEVE MA COMUNQUE RILEVANTE VISTO CHE RISULTA ESSERE MAGGIORE DI UNO)

HO UNA DIPENDENZA LINEARE TRA VARIABILE DESCRITTIVA E VARIABILE CASUALE (L)

PER IL MONDO DELLA DISTRIBUZIONE

$L_1 = B_0$

$L_2 = 2B_1 - B_0$

$L_3 = 6B_2 - 6B_1 + B_0$

DIPENDENZA LINEARE TRA I DUE VALORI

$L_r \rightarrow$ RAPPRESENTANO I MOMENTI DELLA DISTRIBUZIONE DI ORDINE $r$

$B_r \rightarrow$ MOMENTI PESATI IN PROBABILITÀ DI ORDINE $r$ DELLA DISTRIBUZIONE

$$B_r = \int_{\text{all } x} x \left[P(x)\right]^r f(x)\, dx$$

AI FINI PRATICI POTREI ANCHE SALTARE I PARAMETRI SENZA STIMARE GLI (L) MOMENTI, I QUALI RISULTANO DIRETTAMENTE INTERPRETABILI A DIFFERENZA DEI MOMENTI (B)

A DIFFERENZA DI PRIMA NON È ELEVATO TALE VALORE AL QUADRATO MA IN COMBINAZIONE LINEARE

$$B_0 = \int_{\text{all } x} x\, f(x)\, dx = \mu = L_1$$

$$\left[P(x)\right]^{r=0} = 1$$

$L_1 \rightarrow$ VALORE CENTRALE (MEDIA)

$L_2 \rightarrow$ DISPERSIONE

$L_3 \rightarrow$ ASIMMETRIA

PER IL MONDO CAMPIONARIO AVREMO:

$l_1 = b_0$

$l_2 = 2b_1 - b_0$

$l_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0$

$l_r \rightarrow$ l-MOMENTO CAMPIONARIO DI ORDINE $r$

$b_r \rightarrow$ MOMENTO PESATO IN PROBABILITÀ DI ORDINE $r$ DEL CAMPIONE

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{(i-1)(i-2)\ldots(i-r)}{(n-1)(n-2)\ldots(n-r)}\, x_{(i)}$$

CAMPIONE ORDINATO

$$r=1 \rightarrow b_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{i-1}{n-1}\right) x_{(i)}$$

TALE VALORE CI DICE CHE CI DEVE ESSERE UNA COMBINAZIONE LINEARE TRA VARIABILE CASUALE (X) E MOMENTI PESATI IN PROBABILITÀ

PER LA DISTRIBUZIONE DI GUMBEL, UTILIZZANDO IL METODO DEGLI L-MOMENTI, DOBBIAMO SCRIVERE TANTE EQUAZIONI QUANTI SONO I PARAMETRI DA STIMARE:

$$\begin{cases} L_1 = l_1 \\ L_2 = l_2 \end{cases}$$

$(r=0)$

$$L_1 = B_0 = \int_{-\infty}^{+\infty} x\left[P(x)\right]^0 f(x)\,dx = \boxed{\vartheta_1 + \gamma_E \vartheta_2}$$

$$L_2 = 2B_1 - B_0 = \int_{-\infty}^{+\infty} x\left(2P(x)-1\right) f(x)\,dx = \boxed{\vartheta_2 \ln(2)}$$

$$\begin{cases} l_1 = \vartheta_1 + \gamma_E \vartheta_2 \\ l_2 = \vartheta_2 \ln(2) \end{cases}$$

$l_1 \rightarrow$ RICAVIAMO $\vartheta_1$

$l_2 \rightarrow$ RICAVIAMO $\vartheta_2$

IL METODO DEGLI L-MOMENTI VIENE UTILIZZATO DI PIÙ PERCHÉ RISULTA MENO SENSIBILE AGLI OUTLIERS

PERCHÉ SI UTILIZZANO ANCHE I MOMENTI VISTO CHE GLI L-MOMENTI SONO PIÙ EFFICIENTI?

1) IL METODO DEI MOMENTI RISULTA ESSERE QUELLO PIÙ COMUNEMENTE USATO (DIMENSIONI RIDOTTE RISORSE DI DATI)

2) A CAUSA DELLE INCERTEZZE CAMPIONARIE LE INCERTEZZE IN GIOCO SONO TANTO ELEVATE QUINDI LA SOLUZIONE PIÙ EFFICACE NON VIENE MAI DALLA SCELTA DI UN SINGOLO METODO. ALLA FINE DELLE ANALISI CON È PIÙ UTILE ARRIVARE PIÙ RISULTATI VERIFICANDOLI DI VOLTA IN VOLTA

UNA VOLTA STIMATI I PARAMETRI DELLE DISTRIBUZIONI DI INTERESSE BISOGNA VERIFICARE SE I MODELLI PROBABILISTICI SONO ADEGUATI

## 5) TEST DI ADATTAMENTO

SONO UNA PARTICOLARE FAMIGLIA DEI TEST STATISTICI

ESEMPIO: VERIFICA DELLA SIMMETRIA DI UN CAMPIONE

IL PRIMO PASSO DA FARE È FORMULARE UN IPOTESI STAT. SULLA CHE LA PERMETTE DI DIRE SE IL CAMPIONE È SIMMETRICO OPPURE NO

$$H_0 : C_A = \frac{m_3}{\sigma^3} = 0$$

IPOTESI ZERO

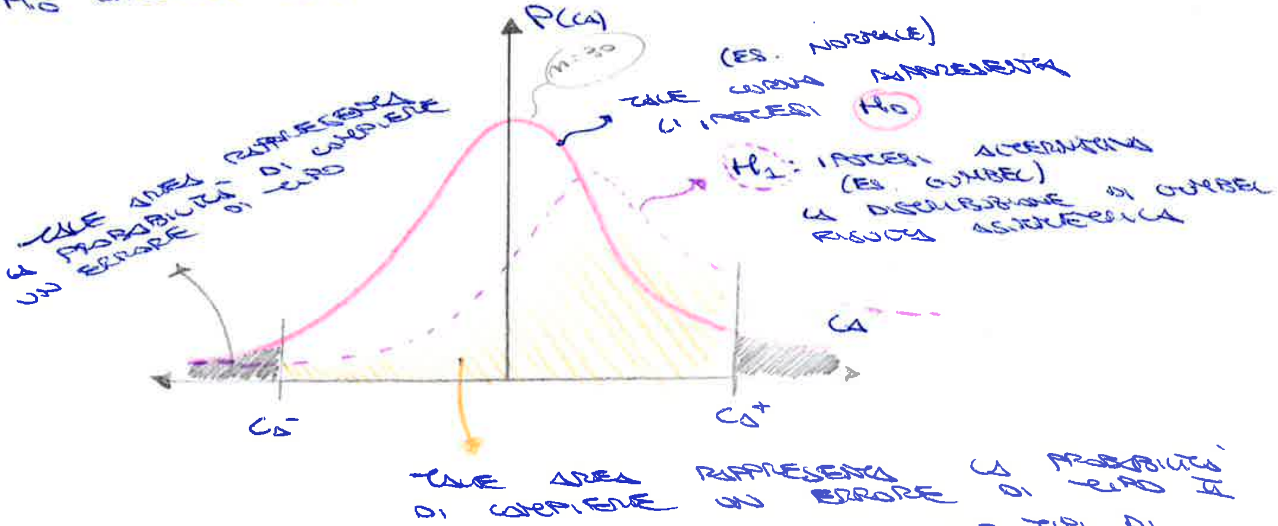
COEFFICIENTE DI ASIMMETRIA

SE TALE CONDIZIONE È STATISTICAMENTE SIGNIFICA CHE IL CAMPIONE SCELTO RISULTA SIMMETRICO

L'IPOTESI STATISTICA SI PORTA DIETRO LA VARIABILE TEST $\rightarrow$ VIENE UTILIZZATA PER VERIFICARE L'IPOTESI STATISTICA

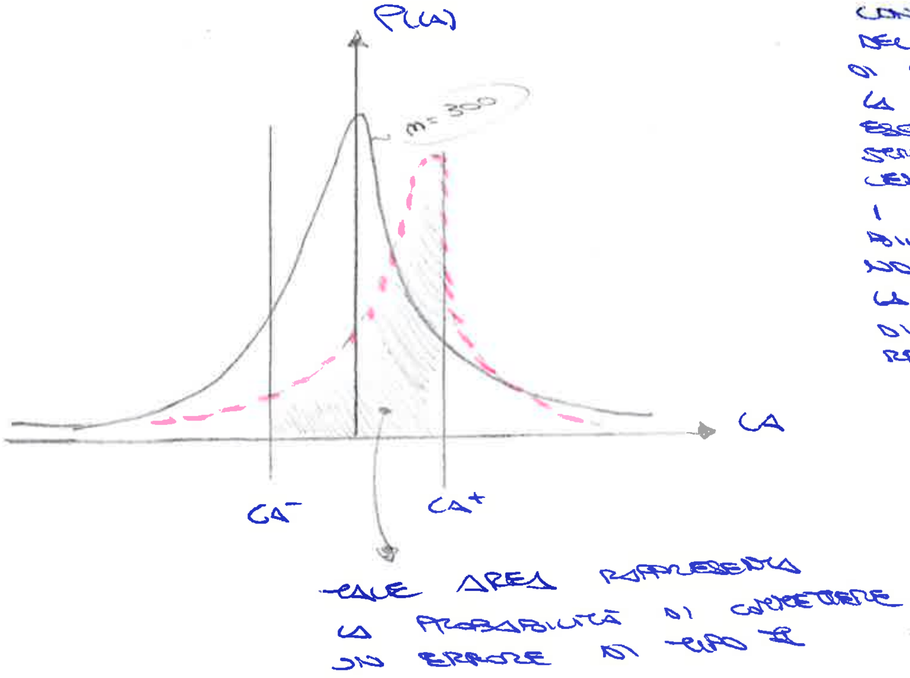
PER UNA DISTRIBUZIONE CONTINUA NON POTRÒ MAI AVERE $C_A = 0$ MA, AL MASSIMO, VALORI VICINO A ZERO. COME FACCIO A DIRE SE UN VALORE È PICCOLO E QUINDI PUÒ ESSERE ACCETTATO?

OLTRE ALL' ERRORE DI TIPO I ABBIAMO ANCHE
L' ERRORE DI TIPO II OVVERO ACCETTARE
$H_0$ (IPOTESI STATISTICA) QUANDO ESSA È FALSA




VALORI DI $\alpha = 5\%$ TENDONO A BILANCIARE I DUE TIPI DI ERRORI

COSA SUCCEDE NEL MOMENTO IN CUI CONSIDERO L' EFFETTO DELLA DIMENSIONE CAMPIONARIA?



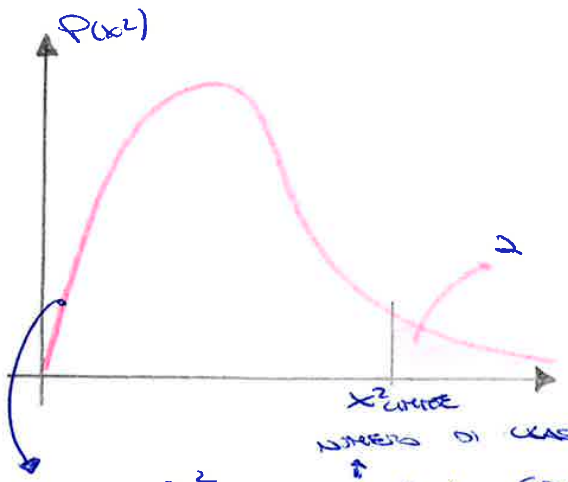

CON L' AUMENTARE DEL NUMERO DI CAMPIONI SCELTO LA CURVA RISULTA ESSERE PIÙ STRETTA VERSO IL CENTRO
I LIMITI DI ACCETTABILITÀ SI STRINGONO E DIMINUISCE LA PROBABILITÀ DI FARE UN ERRORE DI TIPO II

VALORI DI $X^2$ ALTI → $H_0$ È RIGETTATA

VALORI DI $X^2$ BASSI → $H_0$ ACCETTATA

SE CIÒ SI VERIFICA SIGNIFICA CHE $(n_i - np_i)$ RISULTA MOLTO PICCOLO.

IL TEST DI PEARSON VIENE DEFINITO TEST AD UNA CODA




$P_{x^2}(x^2_{lim}) = 1-\alpha$

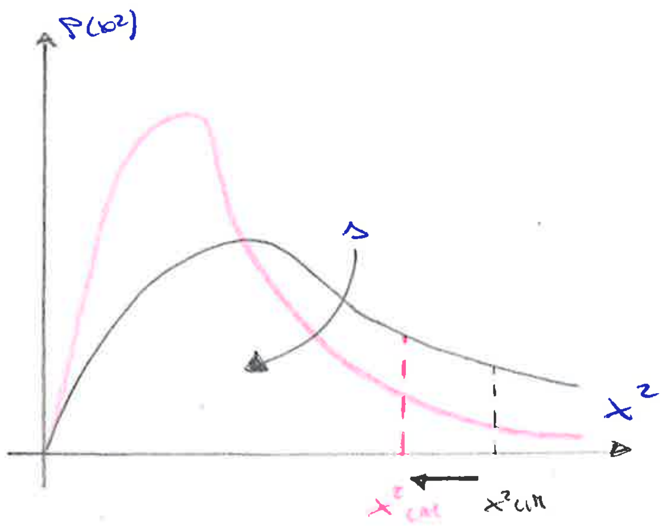
$X^2_{limite}$: RAPPRESENTA IL QUANTILE CON PROBABILITÀ $(1-\alpha)$ DI UNA DISTRIBUZIONE DEL CHI QUADRO CON $k-s-1$ GRADI DI LIBERTÀ

NUMERO DI CLASSI

DISTRIBUZIONE $\chi^2$ CON $k-s-1$ GRADI DI LIBERTÀ

NUMERO DI PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE SOTTOPOSTA AL TEST

SE $X^2 < X^2_{limite}$ → $H_0$ ACCETTATA




AL CRESCERE DEL NUMERO DI PARAMETRI (s) MI SPOSTO VERSO SINISTRA CON UN MODELLO PIÙ PARAMETRIZZATO SI AVRÀ IN GRADO DI ADATTARSI MEGLIO ALL'ANDAMENTO DEL CAMPIONE

IL TEST DI PEARSON TENDE AD ACCETTARE, QUASI SEMPRE LE IPOTESI FATTE QUINDI RISULTA ESSERE UN TEST MENO POTENTE. IL MOTIVO RISIEDE NEL FATTO CHE [illegible] SUDDIVIDENDO IL CAMPIONE IN CLASSI TALE PER CUI ABBIAMO UNA PERDITA DI INFORMAZIONI

NELLA PRATICA IL TEST SI APPLICA IN TAL MODO:

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left\{ (2i-1) \ln \left( P(x_{(i)}) \right) + (2n+1-2i) \ln \left( P(x_{(i)}) \right) \right\}$$

N.B: QUANDO SI APPLICA QUESTA FORMULA BISOGNA ORDINARE IL CAMPIONE

$A^2 < A^2_{crit} \rightarrow H_0$ ACCETTATA

$A^2 > A^2_{crit} \rightarrow H_0$ NON ACCETTATA

ATTENZIONE: $A^2_{crit}$ VIENE DETERMINATO GRAZIE A VALORI TABELLATI I QUALI DIPENDONO DA $\alpha$ E DALLA DISTRIBUZIONE SOTTOPOSTA A TEST; LE TABELLE, PERÒ, NON SONO DISPONIBILI PER TUTTE LE DISTRIBUZIONI

$\xi_n, \beta_n, M_n \rightarrow$ VALORI TABELLATI IN FUNZIONE DEL [illegible] DISTRIBUZIONE E [illegible] SCELTO

DETERMINARE $A^2$ CON LA FORMULA SOPRA SI DETERMINA

$$w = \begin{cases} 0,0403 + 0,116 \left( \frac{A^2 - \xi_n}{\beta_n} \right)^{\frac{M_n}{0,861}} & A^2 \geq 1,2\xi_n \\ \left[ 0,0403 + 0,116 \left( \frac{0,2\xi_n}{\beta_n} \right)^{\frac{M_n}{0,861}} \right] \frac{A^2 - 0,2\xi_n}{\xi_n} & A^2 < 1,2\xi_n \end{cases}$$

VERIFICA (ESEMPIO $\alpha = 5\%$)

$w < 0,461 \rightarrow$ IPOTESI ACCETTATA

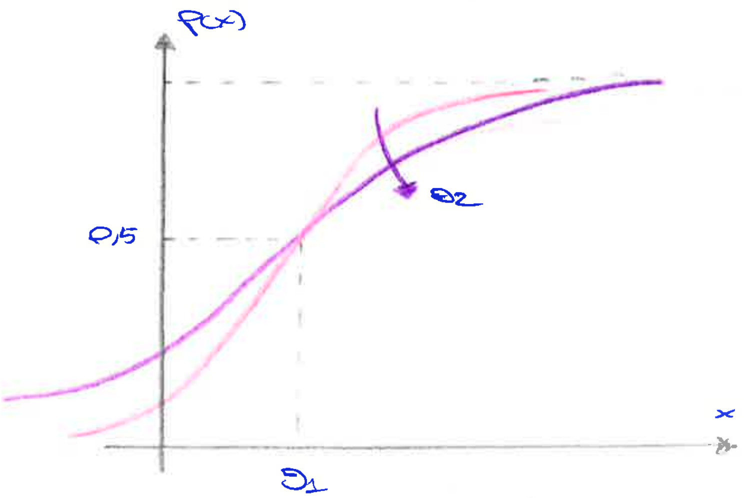
$$\mu' = \frac{x - \vartheta_1}{\vartheta_2}$$

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\cancel{\vartheta_2}}\,\vartheta_2 \int_{-\infty}^{\mu} e^{-\frac{1}{2}\mu'^2}\, d\mu'$$

N.B.: METTIAMO IL VALORE $\mu'$ NELL'INTEGRALE PER NON CONFONDERLA CON L'ESTREMO DI INTEGRAZIONE SUPERIORE. (STESSO SIGNIFICATO DI $x$)

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\, \mathrm{ERF}(\mu)$$

↑ ERROR FUNCTION: RISULTA UN VALORE TABELLATO




DISTR. SIMMETRICA: MEDIA, MODA E MEDIANA COINCIDONO

$P(x_{mediana}) = 0,50$

ALL'AUMENTARE DI $\vartheta_2$ ($\vartheta_1$ cost) LA FORMA AD "S" RIMANE MA VA A CONSIDERARE UN RANGE DI VALORI PIÙ GRANDE

N.B.: TALE MODELLO RISULTA MOLTO UTILE NEL CASO DI CAMPIONI MOLTO GRANDI

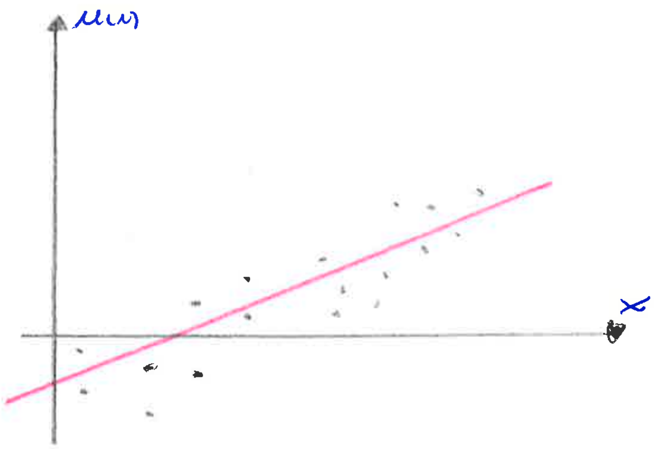
→ **CARTA PROBABILISTICA NORMALE**

1) $\mu = \frac{x - \vartheta_1}{\vartheta_2}$ VARIABILE RIDOTTA

2) ORDINARE IL CAMPIONE

3) $P(\mu_{(i)}) = \frac{1}{n+1}$ PLOTTING POSITION DI WEIBULL

4) SI RICAVA $\mu_{(i)}$




DEVO VERIFICARE SE I PUNTI $\mu(i)$ HANNO UN BUON ALLINEAMENTO. È L'ALLINEAMENTO IMPORTANTE PERCHÉ DEFINITI A PRIORI, NELLA ZONA DELLA VARIABILE RIDOTTA ABBIAMO SCRITTO L'EQUAZIONE DI UNA RETTA

## → TEST DI ADATTAMENTO

1) TEST DI PEARSON :

2) TEST DI ANDERSON - DARLING

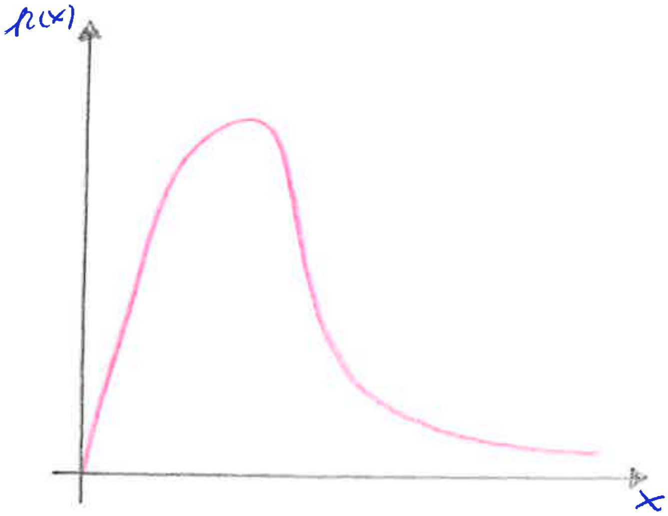
## DISTRIBUZIONE LOG-NORMALE

$y = \log(x)$

$y \rightarrow$ PRESENTA UNA DISTRIBUZIONE NORMALE O GAUSSIANA

$x \rightarrow$ PRESENTA UNA DISTRIBUZIONE LOG-NORMALE

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\theta_2\, x} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(x) - \theta_1}{\theta_2}\right)^2}$$




DOMINIO

$x \in \left]0; +\infty\right[$

DISTRIBUZIONE ASIMMETRICA

↓

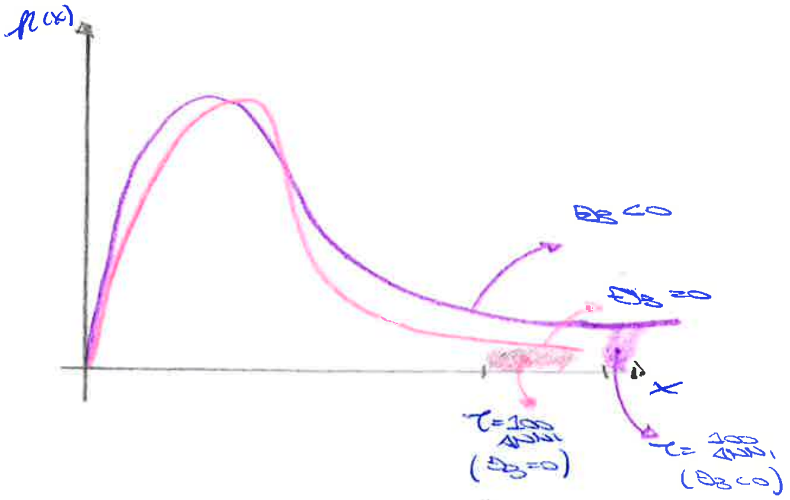
C.A > 0

↳ IL CUI VALORE EFFETTIVO DIPENDE DAI PARAMETRI $\theta_1$ E $\theta_2$

## → STIMA DEI PARAMETRI

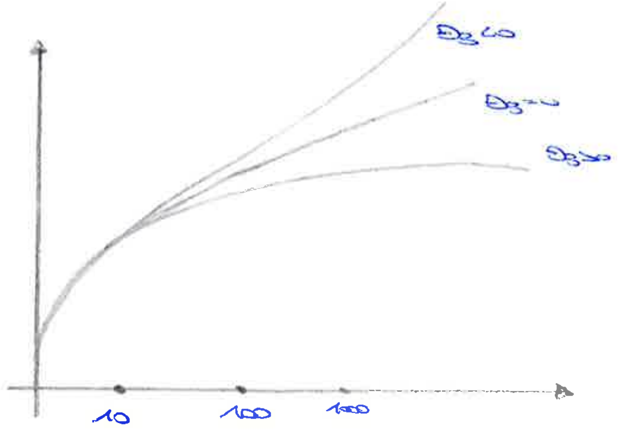
PER STIMARE I PARAMETRI $\theta_1$ E $\theta_2$ OCCORRE AD UTILIZZARE IL METODO DEGLI L-MOMENTI ED IL METODO DEI MOMENTI. IN TAL CASO FACCIO IL LOGARITMO DEI DATI (BASE NATURALE) E SEGUO GLI STESSI RAGIONAMENTI FATTI PER IL MODELLO NORMALE (O GAUSSIANO) SOLO CHE LA CARTA PROBABILISTICA PRESENTA, SULL'ASSE DELLE ASCISSE, IL LOG(x).

TALE MODELLO RISULTA SEMPLICE DA UTILIZZARE E DA RISULTATI MOLTO SODDISFACENTI




LE DUE CURVE SONO ALL'INCIRCA CORRISPONDENTI ECCO PERCHÉ NON ABBIAMO UTILIZZATO QUESTO GRAFICO.

→ IN QUESTO CASO IL VALORE DI PROGETTO RISULTA MAGGIORE MANTENENDO COSTANTE IL TEMPO DI RITORNO




NEI NOSTRI CASI ABBIAMO A DISPOSIZIONE AL MASSIMO 60 ANNI DI DATI QUINDI POSSIAMO UTILIZZARE UN TEMPO DI RITORNO AL MASSIMO DI 50 ANNI. MA, A TALE PERIODO DI RITORNO, LA VARIAZIONE DI $\theta_3$ RISULTA ININFLUENTE

I MODELLI A TRE PARAMETRI ANDREBBERO UTILIZZATI SOLO QUANDO SI HANNO A DISPOSIZIONE CAMPIONI MAGGIORI DI 60 ANNI. CON CAMPIONI MINORI DI 50 ANNI NON CI ACCORGIAMO IN QUALE CASO CI TROVIAMO PERCHÉ LA VARIAZIONE DI $\theta_3$ È BASSISSIMA

- $\theta_3 = 0$
- $\theta_3 > 0$
- $\theta_3 < 0$

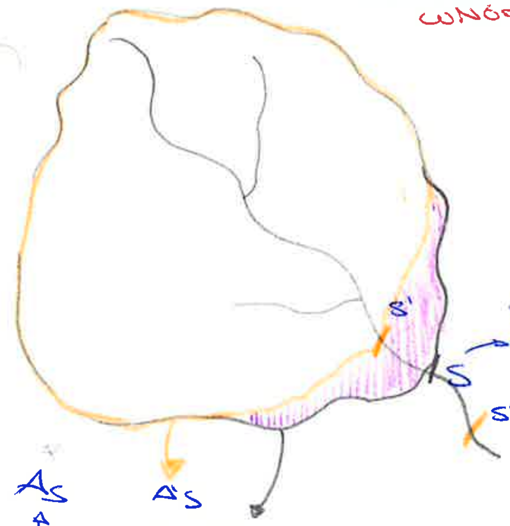
COMPORTAMENTO EV II ($\theta_3 > 0$) NON È MOLTO FREQUENTE SFORTUNATAMENTE PERCHÉ AL VARIARE DEL PERIODO DI RITORNO ABBIAMO UNA LEGGERA VARIAZIONE DI $X_T$ ECCO PER CUI UTILIZZIAMO UN VALORE DI $X_T$ PIÙ GRANDE IN MODO DA STARE PIÙ TRANQUILLO

28/10/2014



## PROPAGAZIONE DELLE PIENE LUNGO IL RETICOLO

IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE S DOBBIAMO EFFETTUARE UNA PROGETTAZIONE E QUINDI ABBIAMO BISOGNO DI DATI. NON SEMPRE SONO REPERIBILI STAZIONI IDROMETRICHE NEL PUNTO PRECISO IN CUI DEVO EFFETTUARE LA PROGETTAZIONE




IN QUESTA SEZIONE È PRESENTE LA STAZIONE IDROMETRICA → I DATI SONO DISPONIBILI SEMPRE

↓

NEI PUNTI S' ED S'' INVECE NON SONO DISPONIBILI E RAPPRESENTANO I PUNTI IN CUI DEVO REALIZZARE LA MIA OPERA

↓

UTILIZZANDO LA PROPRIETÀ CUMULATIVA DELLA PORTATA POTRÒ RICAVARE I DATI CHE MI OCCORRONO

$A_S$ $A'_S$

$A_S$ → AREA DEL BACINO CHIUSO IN S

PONIAMO IN PROPORZIONE DIRETTA

$$Q'_T : Q_T = A' : A_S$$

T: INDICA IL TEMPO DI RITORNO CHE STO CONSIDERANDO

$Q_T$ → PORTATA DI PROGETTO CON TEMPO DI RITORNO T SCELTA IN S

$A_S$ → AREA DEL BACINO CHIUSO IN S

$A'_S$ → AREA DEL BACINO CHIUSO IN S'

$Q'_T$ → PORTATA DI PROGETTO CON TEMPO DI RITORNO T SCELTA IN S'

È STATO IPOTIZZANDO CHE I PROCESSI DI AFFLUSSO DELLE PRECIPITAZIONI PORTINO AD UNA PROPORZIONALITÀ DIRETTA TRA PORTATA ED AREA:

$$Q'_T = Q_T \frac{A'}{A_S}$$

N.B.: LO STESSO RAGIONAMENTO PUÒ ESSERE FATTO ANCHE PER LA SEZIONE S''

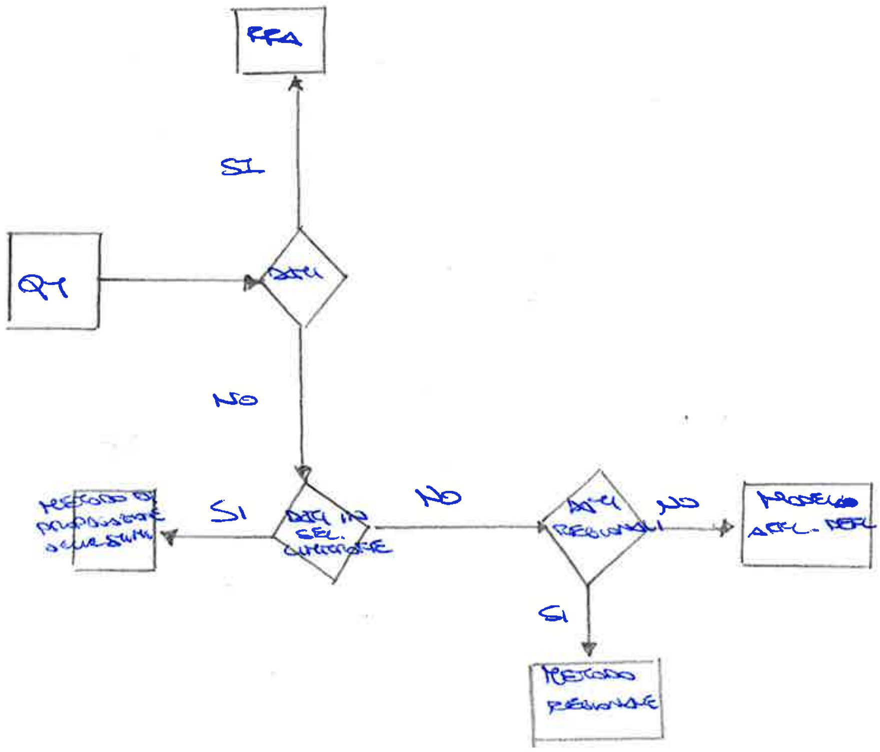
$$Q''_T : Q_T = A'' : A_S \rightarrow Q''_T = Q_T \cdot \frac{A''}{A_S}$$

TALE RELAZIONE DI PROPORZIONALITÀ PUÒ ESSERE UTILIZZATA FINO A QUANDO:

$$\boxed{0,5 < \frac{A'}{A_S} < 2}$$ PICCOLI BACINI

$$\boxed{L_{SS'} < 10 \div 15 \text{ km}}$$ GRANDI BACINI

↑ DISTANZA TRA S ED S'





PER PRIMA COSA DOBBIAMO DEFINIRE LE PRECIPITAZIONI CHE RICADONO ALL'INTERNO DEL BACINO IDROGRAFICO. POI, DOBBIAMO RICERCARE INFORMAZIONI RELATIVE ALLE PRECIPITAZIONI. QUINDI INVESTIGARE SU QUALI SONO LE STAZIONI IDROMETEORICHE CHE RICADONO NEL BACINO O SONO ESTERIORE AD ESSO

IL METODO AFFLUSSI - DEFLUSSI SI SUDDIVIDE IN:

1) REPERIMENTO DATI DI PRECIPITAZIONI
2) SCELTA DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO: SI STIMANO LE PRECIPITAZIONI ED IL RELATIVO TEMPO DI RITORNO
3) INTERPOLAZIONE SU BACINO
4) TRASFORMAZIONE PIOGGIA IN PIOGGIA NETTA
5) TRASFORMAZIONE PIOGGIA NETTA IN PORTATA

CIOÈ STAZIONI MISURANO LA PIOGGIA ATTRAVERSO I PLUVIOGRAFI

PUNTO 1 DEVO REPERIRE I DATI NELLE STAZIONI DI MISURA O NELLE STAZIONI ALL'INTERNO DEL BACINO IDROGRAFICO SE PRENDIAMO VICINANZE È MOLTO PIÙ STESSA RISPETTO POSSIBILITÀ DI LA RETE PLUVIOMETRICA È LA RETE IDROMETRICA: HO UN ELEVATO STAZIONI PLUVIOMETRICHE ALLA RETE ANCHE CI SONO MOLTE STAZIONE STESSA REPERIRE I DATI CHE USO I DATI BASE ACQUISTO DELLA DIFFERENZA DELLE DI GESTIONE. LE PRECIPITAZIONI A ESSERE INTERPOLATE FORTEMENTE SONO VARIABILI CHE POSSONO PLUVIOMETRICHE AL PER CUI POSSO SCEGLIERE STAZIONI DI FUORI DEL BACINO DI INTERESSE

$t_{CB} \propto \sqrt{A_{CB}}$ [1] ; [h]

UNITÀ DI MISURA DI $t_{CB}$

$t_{CB}$ È FUNZIONE DELLA DISTANZA PERCORSA QUINDI È PROPORZIONALE ALL'AREA DEL BACINO IDROLOGICO

ALTRO PARAMETRO IMPORTANTE È LA DURATA DELLA PRECIPITAZIONE $d_p$

→ BACINO URBANO $A = 1\,km^2$

$v = 1 \frac{m}{s}$

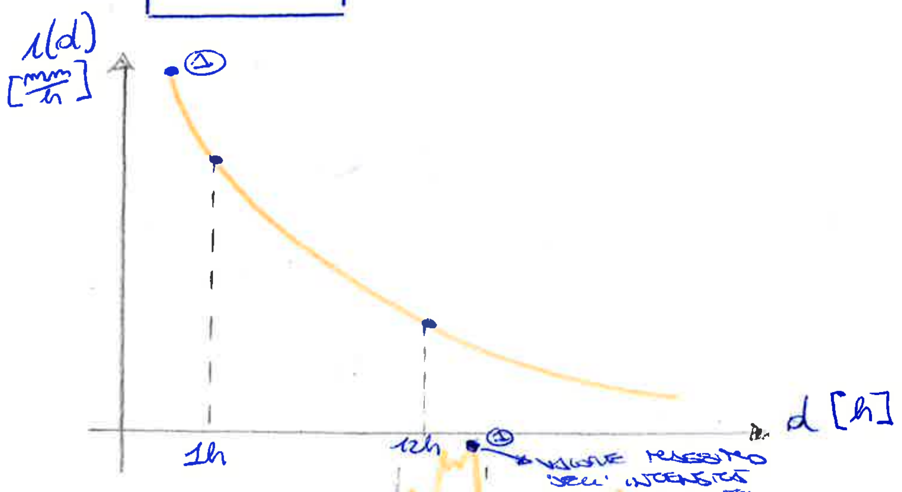
$\sqrt{A_{CB}} = 1\,km \rightarrow t_{CB} = 0{,}3 \div 0{,}5\,h$

→ BACINO DI GRANDE DIMENSIONE $A = 300\,km^2$

$t_{CB} \simeq 12\,h$

LA DURATA DI PRECIPITAZIONE CHE METTE IN CRISI IL BACINO IDROGRAFICO È DEFINITA DURATA CRITICA. IN TAL CASO:

$$\boxed{d^* \simeq t_{CB}}$$



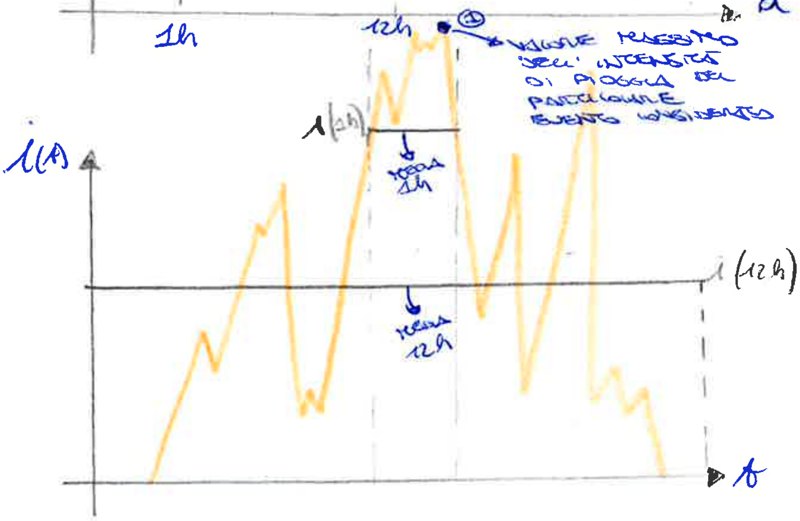

d: DURATA

i(d): INTENSITÀ MEDIA SULLA DURATA d

ANDAMENTO DECRESCENTE

PERCHÉ?

CONSIDERATO UNO IETOGRAMMA NEL QUALE ANDIAMO A FARE UNO ZOOM SU UN PARTICOLARE EVENTO DI PRECIPITAZIONE (12h)

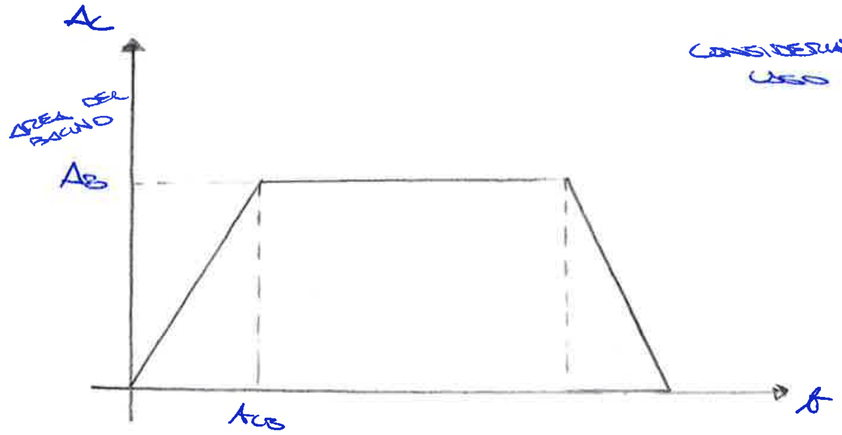


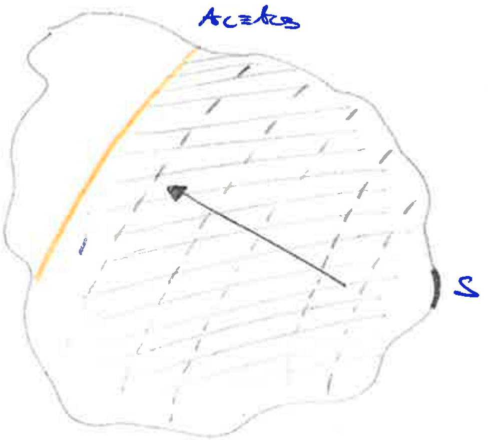

MAN MANO CHE AUMENTO L'INTERVALLO TEMPORALE DEVO DETERMINARE LA MEDIA MASSIMA.

PER IL PUNTO ① NON CONSIDERIAMO UN INTERVALLO TEMPORALE MA L'ISTANTE PRECISO IN CUI VIENE REGISTRATA L'INTENSITÀ MASSIMA

MAN MANO CHE AUMENTO L'INTERVALLO TEMPORALE LA MEDIA TENDE A DIMINUIRE ECCO SPIEGATO L'ANDAMENTO DECRESCENTE

CONSIDERIAMO IL CASO IN CUI $d > t_{cb}$

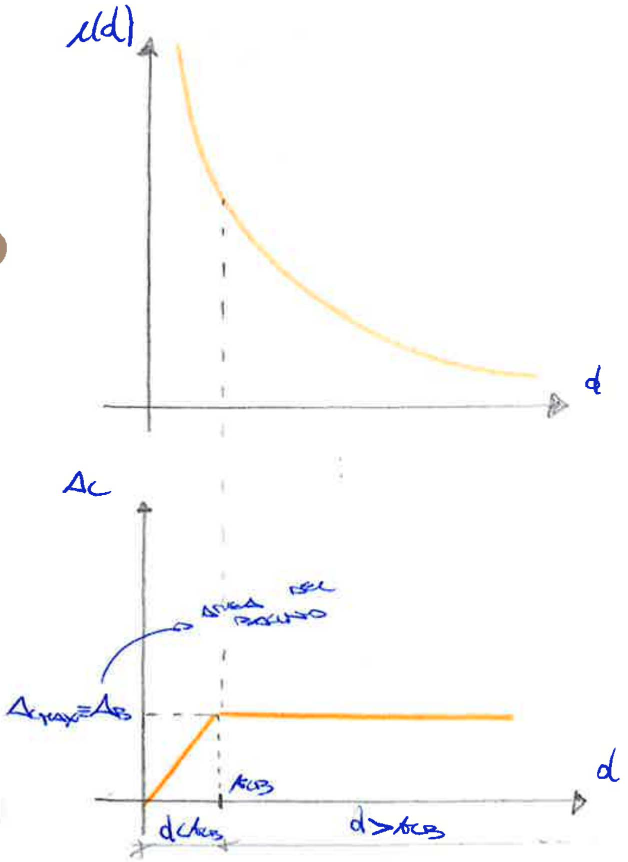


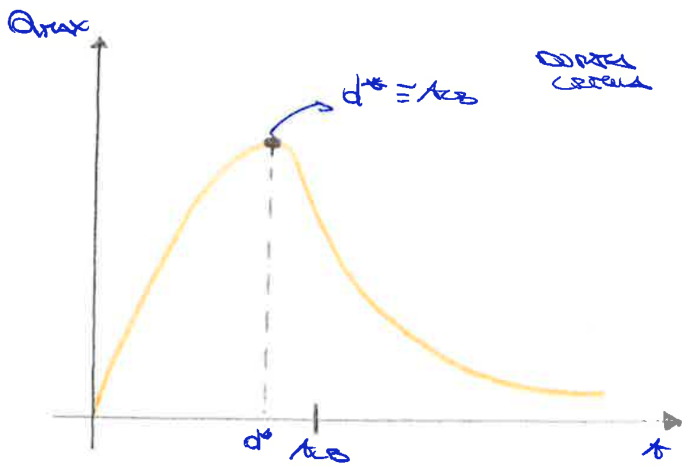




CONTINUA A PIOVERE

$d > t_{cb}$


SUPERANDO IL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO TUTTO IL BACINO CONTRIBUISCE (ECCO SPIEGATO IL TRATTO COSTANTE) DI d GRANDI ($d > t_{cb}$) PER VALORI L'INTENSITÀ MEDIA MASSIMA TENDE A DIMINUIRE (VEDI SECONDO GRAFICO PAG. 45)



NELLA MAGGIOR PARTE DEI CASI POSSIAMO SCEGLIERE:

- → DISTRIBUZIONE DI GUMBEL (MOD. DISTRIBUZIONE)
- → METODO DEI MOMENTI (SCELTA DEI PARAMETRI)

ESSI FUNZIONANO NEL 95 % DEI CASI

IN CASO DI AVERE DI NOTEVOLE IMPORTANZA, LE NOSTRE ANALISI DOVRANNO ESSERE FATTE IN MODO PIÙ APPROFONDITO

GUMBEL (PROBABILITÀ CUMULATA)

$$P[i(d=6h)] = e^{-e^{-\frac{i-\vartheta_1}{\vartheta_2}}}$$

IN QUESTO CASO LA VARIABILE CASUALE È L'INTENSITÀ DI PIOGGIA CALCOLATA A 6h

MET. DEI MOMENTI

$$\hat{\vartheta}_1 = \bar{i} - \gamma_E \hat{\vartheta}_2 = \bar{i} - 0,5772\,\hat{\vartheta}_2$$

$$\hat{\vartheta}_2 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s$$

SCARTO DELLA SERIE STORICA

| ANNI | 1h | 3h | 6h | 12h | 24h |
|---|---|---|---|---|---|
| 1957 | | | 40 | | |
| 1958 | | | 35 | | |
| $\bar{i}$ | | | 37 | | |
| $s$ | | | 18 | | |

INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE IN CORRISPONDENZA DEL TEMPO DI RITORNO

$$P[i(d=6h)] = 1 - \frac{1}{T} = e^{-e^{-\frac{i_T - \vartheta_1}{\vartheta_2}}}$$

TEMPO DI RITORNO

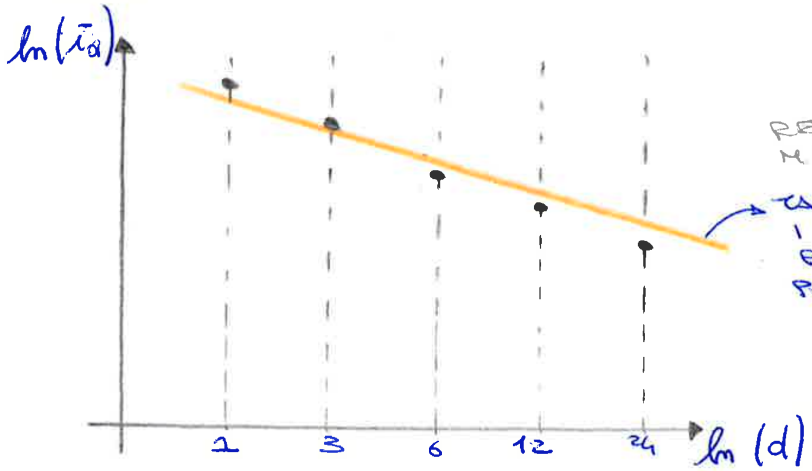
$$i_T = \hat{\vartheta}_1 - \hat{\vartheta}_2 \ln\left[-\ln\left[1 - \frac{1}{T}\right]\right]$$

ANDIAMO A SOSTITUIRE I VALORI DI $\hat{\vartheta}_1$ E $\hat{\vartheta}_2$

$$i_T = \bar{i} - 0,5772\left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} s\right) - \frac{\sqrt{6}}{\pi} s \ln\left[-\ln\left[1 - \frac{1}{T}\right]\right] =$$

$$= \bar{i}\left[1 - \underbrace{cv}_{\frac{s}{\bar{i}}}\left(\gamma_E \frac{\sqrt{6}}{\pi} + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)\right)\right]$$

COME SI STIMANO a ED m

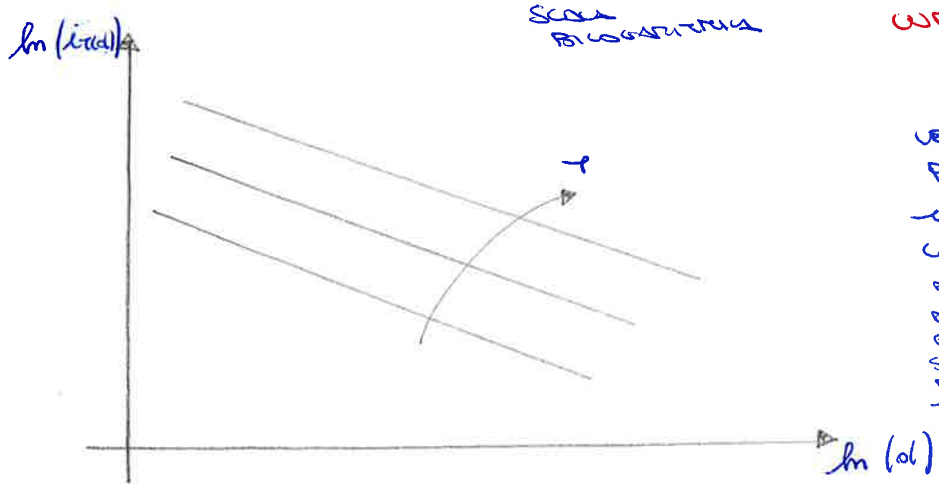



RETTA DI REGRESSIONE AI MINIMI QUADRATI

TALE RETTA NON PASSA PER I PUNTI E LA SUA PENDENZA (NEGATIVA) È PARI AD $(m-1)$

$$\ln(\bar{i}_d) = \ln(a) + (m-1)\ln(d)$$

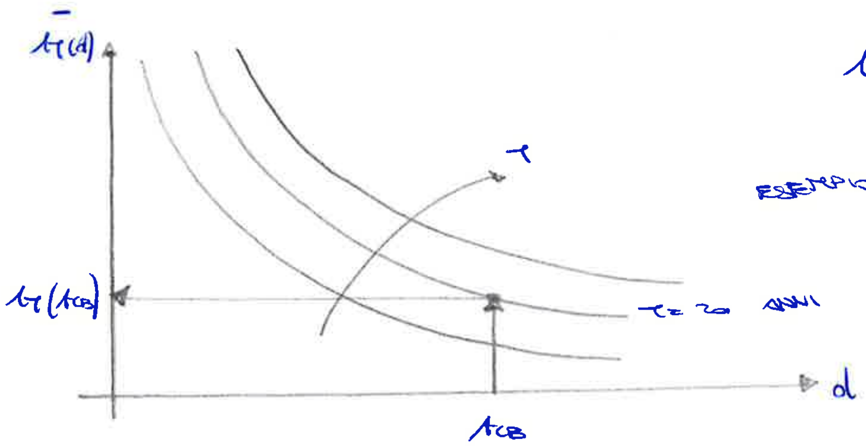
SCALA BILOGARITMICA




CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (CPP)

LE RETTE SONO PARALLELE

TALI RETTE RAPPRESENTANO COME VARIA L'INTENSITÀ DI PIOGGIA IN FUNZIONE DI $d$ E DI $T$. POSSONO ESSERE RAPPRESENTATE IN CARTA BILOGARITMICA E IN TAL CASO SONO RETTE PARALLELE POICHÉ L'ESPONENTE $(m-1)$ È SEMPRE COSTANTE




$$i_T(d) = a \cdot k_T \cdot d^{m-1}$$

ESEMPIO: T = 20 ANNI

04/11/2014



→ TRASFORMAZIONE DA PIOGGIA A PIOGGIA NETTA (PUNTO 4)

PER PRIMA COSA DOBBIAMO RAGIONARE SUI PROCESSI DI INFILTRAZIONE DELL'ACQUA NEL SUOLO

$i$ ⇒ INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE

$i_N$ ⇒ PRECIPITAZIONE NETTA

$f$ ⇒ INFILTRAZIONE

VOGLIAMO DETERMINARE QUANTA PARTE DELL'INTENSITÀ DI PIOGGIA SI INFILTRA NEL TERRENO E QUANTA PARTE SI TRASFORMA IN PRECIPITAZIONE NETTA

$$\boxed{i = i_N + f + (\Delta)}$$

INTERCETTAZIONE

UNA COMPONENTE PIÙ O MENO GRANDE VIENE TRATTENUTA DALLA VEGETAZIONE SENZA TOCCARE TERRA: ESSA, POI VIENE RIEVAPORATA SUCCESSIVAMENTE

CASI LIMITE:

1) $f=0$ : L'INFILTRAZIONE È NULLA NEL CASO IN CUI LA PAVIMENTAZIONE NON PERMETTE INFILTRAZIONE (SUPERFICIE ASFALTATA)

$$\boxed{i = i_N}$$

2) TERRENI SABBIOSI: $i_N = 0$ → TUTTA LA PRECIPITAZIONE VIENE ASSORBITA DAL TERRENO

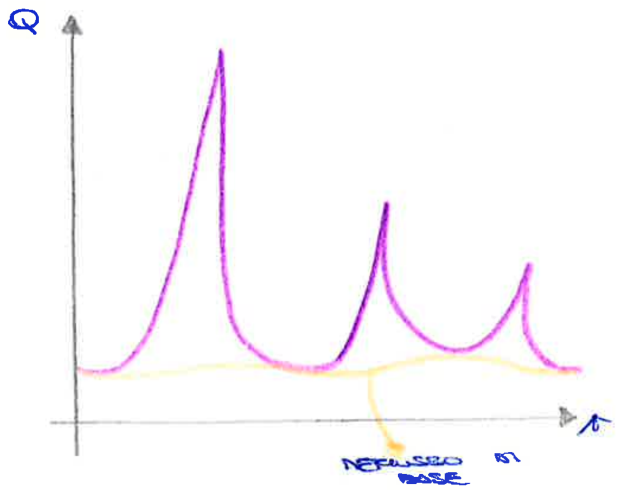
$$\boxed{i = f}$$

$$f = et + r$$

RECHARGE: VA AD ALIMENTARE LE FALDE ACQUIFERE. IN TAL CASO DOBBIAMO TENER CONTO DI TALE COMPONENTE POICHÉ NON POSSIAMO AGGIUNGERE SEMPRE ACQUA: AD UN CERTO PUNTO ESSA RITORNERÀ IN SUPERFICIE ANCHE SE IL TEMPO È SUFFICIENTEMENTE LUNGO.

EVAPOTRASPIRAZIONE

L'ACQUA RITORNA NELL'ATMOSFERA POICHÉ VIENE ASSORBITA DALLA VEGETAZIONE E REIMMESSA NELL'ATMOSFERA. TALE COMPONENTE NON RIENTRA PIÙ NEL NOSTRO SISTEMA



# MOVIMENTO DELL'ACQUA NEL SUOLO

↓

UTILIZZIAMO L'EQ. DI DARCY GENERALIZZATA: ESSA DESCRIVE IL MOVIMENTO VERTICALE DELL'ACQUA NEL SUOLO

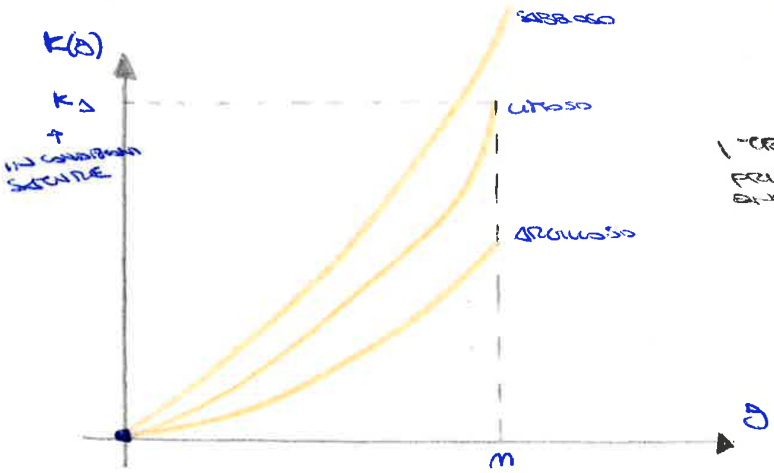
$$\boxed{q_z = -K(\theta)\frac{dh}{dz}}$$

$q_z$ → FLUSSO VERTICALE DELL'ACQUA ALL'INTERNO NEL SUOLO (FLUSSO PER UNITÀ DI SUPERFICIE) → FACCIAMO SEZIONE RIFERENDOCI A 1 SP. UNITARIA $\left[\frac{m}{s}\right]$

$K(\theta)$ → CONDUCIBILITÀ IDRAULICA INSATURA: CAPACITÀ DEL SUOLO DI GARANTIRE UN FLUSSO. ESSA È FUNZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA PRESENTE ALL'INTERNO DEL TERRENO

$h$ → POTENZIALE IDRICO

$z$ → COORDINATA VERTICALE




LA CURVA CAMBIA IN FUNZIONE DEL TIPO DI TERRENO

I TERRENI SI DIFFERENZIANO PRINCIPALMENTE PER LE DIMENSIONI DEI COMPONENTI:
SABBIOSO
LIMOSO
ARGILLOSO
↑ IL DIAMETRO DEI GRANULI AUMENTA

PERCHÉ LE CURVE SONO FATTE COSÌ?

L'ACQUA PERCOLA ALL'INTERNO DELLA MATRICE SOLIDA

IPOTIZZIAMO CHE CI TROVIAMO IN CONDIZIONI SATURE

$\boxed{\theta = m}$ → FLUSSO $= K_s$

L'ACQUA SCENDENDO TROVA UNA SERIE DI CANALI (PORI) DI DIMENSIONI VARIABILI. NATURALMENTE DOMINANO I PORI PIÙ GRANDE DOVE L'ACQUA SCORRE PIÙ VELOCEMENTE, NE ARRIVA AD ARRIVARE PIÙ ANCHE DI MAGGIORE QUANTITÀ

$\boxed{\theta = \frac{m}{2}}$

FLUSSO $<< K_s$

ALCUNI PORI SONO VUOTI (QUELLI PIÙ GRANDI) ED ALTRI PIENI (QUELLI SONO ANCORA PIÙ PICCOLI)

$$\boxed{h = z + \psi(\theta)}$$

RITENZIONE IDRICA: RAPPRESENTA L'ENERGIA CHE DEVO INTRODURRE NEL SISTEMA PER ESTRARRE UNA CERTA QUANTITÀ DI ACQUA DA UN TERRENO CHE SI TROVA AD UN CERTO CONTENUTO IDRICO θ

↑ POTENZIALE GEODETICO

→ $t = t_0$

$$q_z = -K(\theta_0) \qquad \left[\frac{d\theta}{dz} = 0\right]$$

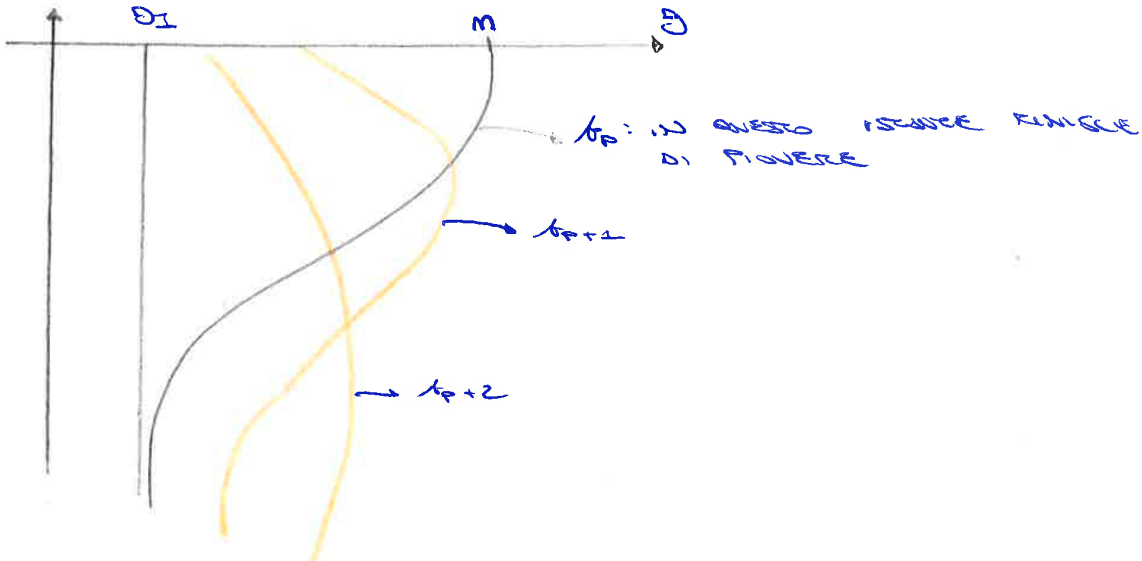
C'è un flusso verso il basso: è un flusso puramente gravitativo

→ $t = t_1$

termine gravitativo — termine legato alle differenze di potenziale

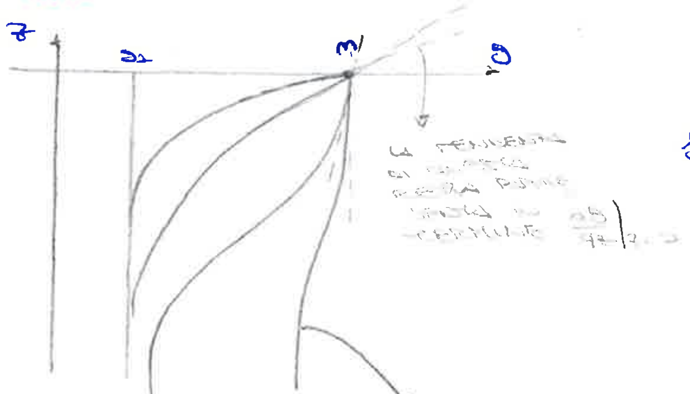
$$q_z = -K(\theta(z)) - K(\theta(z))\frac{d\psi}{d\theta}\frac{d\theta}{dz}$$

↑ funzione di z poiché $\theta(z)$




Utilizzando i profili di bagnatura vogliamo determinare quanta acqua si infiltra nel suolo.

Capacità di infiltrazione: $f(t) = q(z=0)$

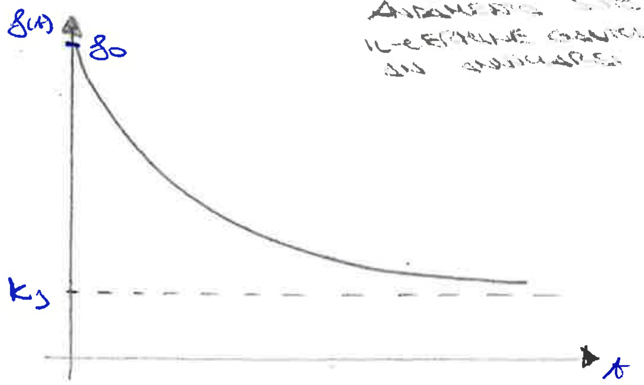



$z = 0 \rightarrow \theta = m$

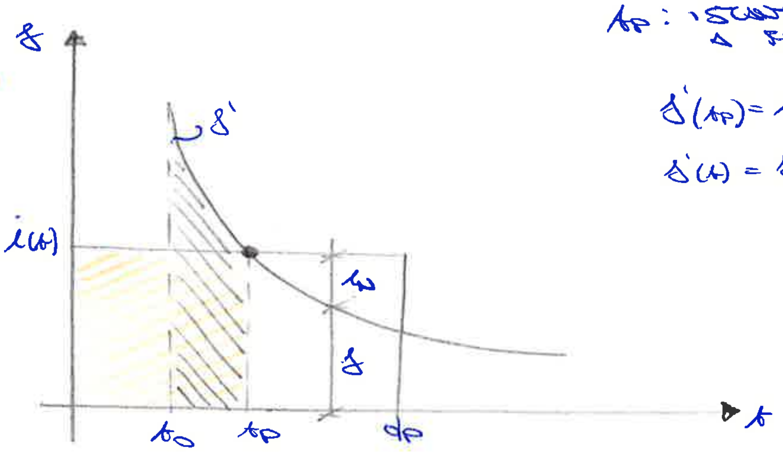
$$f(t) = -K_s\left(1 + \frac{d\psi}{d\theta}\bigg|_{\theta=m} \cdot \frac{d\theta}{dz}\bigg|_{z=0}\right)$$

la variabilità temporale è nascosta in questo termine

Andamento [illegible] verticale: il termine gravitativo tende ad annullarsi




All'inizio la capacità di filtrazione è molto elevata per poi decrescere nel tempo. Essa è molto elevata poiché abbiamo gradiente di potenziale elevato (θ molto alto)




$t_p$: istante in cui iniziano le pozzanghere a formarsi

$\delta'(t_p) = i(t_p)$

$\delta'(t) = \delta(t - t_0)$

↓

in tale istante la pioggia diventa superiore e infiltrazione si genera il deflusso superficiale

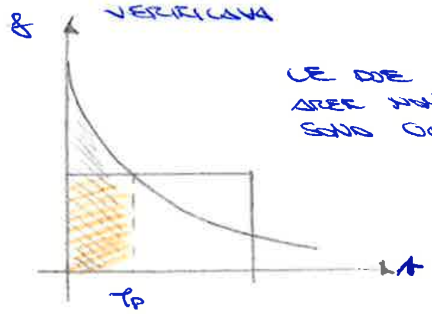
precipitazione cumulata fino a $t_p$

infiltrazione cumulata fino a $t_p$

le due aree devono essere uguali

$$\left\{\begin{array}{l} \displaystyle\int_{t_0}^{t_p} \delta'(t)\,dt = \int_0^{t_p} i(t)\,dt \\ \delta'(t_p) = i(t_p) \end{array}\right.$$

$t = t_p \rightarrow$ la sua capacità di filtrazione è stata saturata: quando solamente la sua coincida $\delta(t)$ questa condizione non si verificava

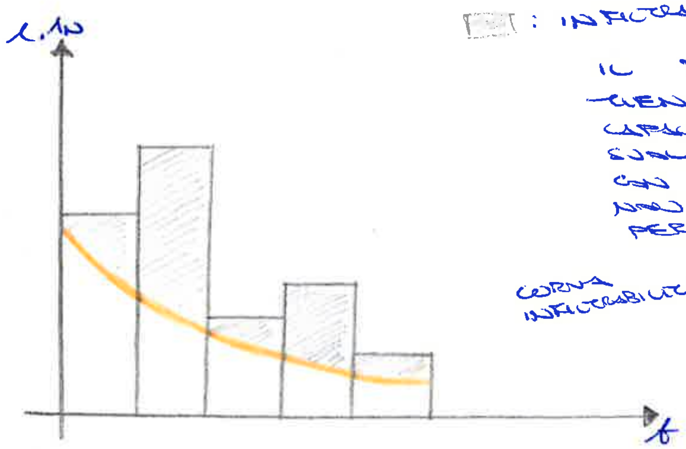



le due aree non sono uguali

$t < t_p \rightarrow i = \delta$

$t > t_p \rightarrow i = \delta + t_w$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 61 di 112




: INFILTRAZIONE DELLA

IL METODO PERCENTUALE NON TIENE CONTO CHE LA CAPACITÀ DI FILTRAZIONE DEL SUOLO È SEMPRE DECRESCENTE CON IL DECORRERE DEL TEMPO. NON TIENE CONTO DI QUESTO PERCHÉ $\frac{i_N}{i} = c = cost$ (È SEMPRE COSTANTE)

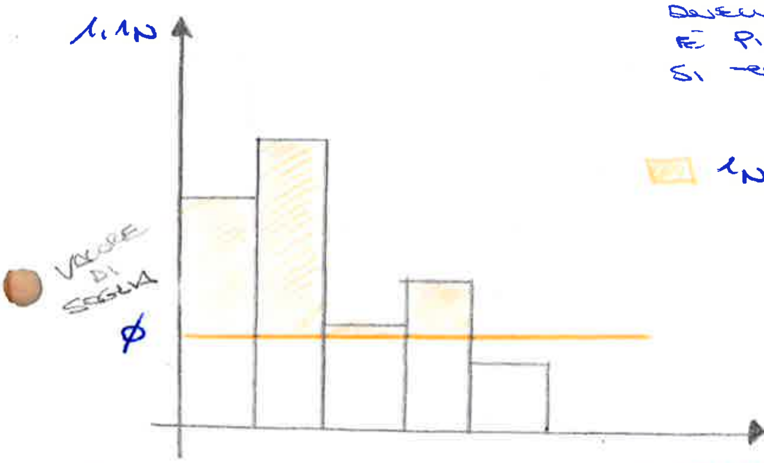
CURVA INFILTRABILITÀ

IL METODO DI HORTON, ESSENDO BASATO SULLA SCELTA DI TRE PARAMETRI, È DIFFICILE DA UTILIZZARE PER LA DIFFICOLTÀ DI SCELTA DEI TRE PARAMETRI ANCHE SE ESSO RISULTA IL PIÙ VALIDO.

IL METODO PERCENTUALE È MOLTO FACILE DA APPLICARE (UTILIZZATO NOTEVOLMENTE IN CAMPO INGEGNERISTICO) MA È GOVERNATO DA UN ELEVATO GRADO DI INCERTEZZA LEGATO AL COEFFICIENTE C

## METODO A SOGLIA

CON TALE METODO SI FISSA UN LIMITE (SOGLIA) PER CUI TUTTO QUELLO CHE SI TROVA AL DI SOPRA È PIOGGIA NETTA MENTRE QUELLO CHE SI INFILTRA SI TROVA AL DI SOTTO




$i_N$ □ $f$

PRECIPITAZIONE MAGGIORE DELLA SOGLIA

$$\boxed{\begin{array}{ll} i_N = i - \phi & \text{se } (i > \phi) \\ i_N = 0 & \text{se } (i < \phi) \end{array}}$$

PRECIPITAZIONE MINORE DELLA SOGLIA

$\phi$ : MASSIMA CAPACITÀ DI INFILTRAZIONE DEL SUOLO

CON TAL METODO IL SUOLO VIENE VISTO COME UN "SERBATOIO" SE LA QUANTITÀ CHE PIOVE È MAGGIORE DEL VOLUME DEL "SERBATOIO" SI GENERA LA PIOGGIA NETTA ALTRIMENTI TUTTO SI INFILTRA

$\underline{i_N = i - \phi}$ RAPPRESENTA L'EQUAZIONE DI UNA RETTA PERÒ C'È LA CONDIZIONE SE CHE INDUCE AD UNA NON LINEARITÀ DEL SISTEMA

VALORE CARDINATO

PER I SUOLI REALI AVREMO:

$30 < CN < 100$

MOLTO PERMEABILE — IMPERMEABILE

È UN LIMITE FISICO: VALORI PIÙ BASSI SONO QUASI IMPOSSIBILI DA TROVARE INFATTI

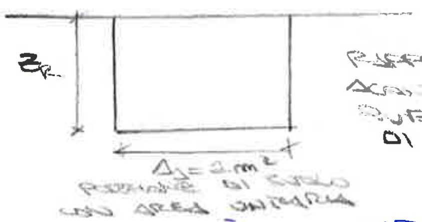
$CN = 30 \rightarrow S = 254\left(\frac{100}{30} - 1\right) \cong 600\ mm$ VALORE ELEVATISSIMO ↑ IMPOSSIBILE FISICAMENTE

S PUÒ ANCHE ESSERE DETERMINATO COME SEGUE:

$S = m \cdot Z_R \cdot A_{s=1m^2}$

$S = m \cdot Z_R$

POROSITÀ — PROF. DI RADICAMENTO




RAPPRESENTA QUANTA ACQUA PUÒ CONTENERE QUESTA PORZIONE DI SUOLO

TALE METODO È MOLTO DIFFUSO POICHÉ LA TIPOLOGIA APPLICATA È ESTREMAMENTE LINEARE ED ESISTONO TABELLE MOLTO ORDINATE.

ESSO DIPENDE DA DUE FATTORI:

1) TIPO DI TERRENO (AI FINI IDROLOGICI) → IL TERRENO È STATO DIVISO IN QUATTRO CLASSI (A, B, C, D) DOVE PASSANDO DA A a D CRESCE LA CAPACITÀ DI DEFLUSSO (CURVA CN)

2) DESTINAZIONE D'USO

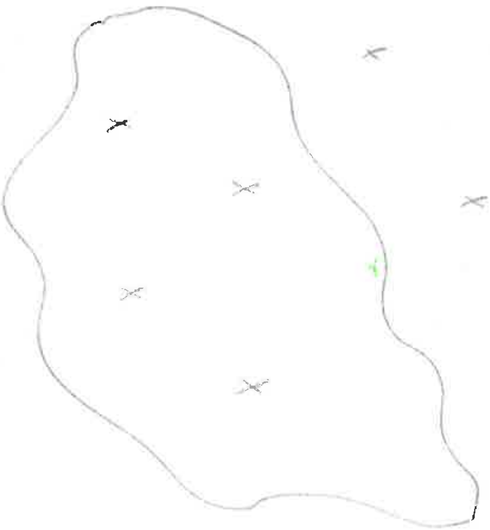
ENTRANDO IN TABELLA CON QUESTI DUE DATI È DETERMINATO IL VALORE DEL CURVE NUMBER (CN)

IL PROBLEMA DI QUESTO METODO È CHE ESSO È STATO CREATO IN UNA REALTÀ DIVERSA DA QUELLA EUROPEA O ITALIANA E RIPORTARLI ALLE NOSTRE CONDIZIONI RISULTA ABBASTANZA DIFFICILE


RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA (*)

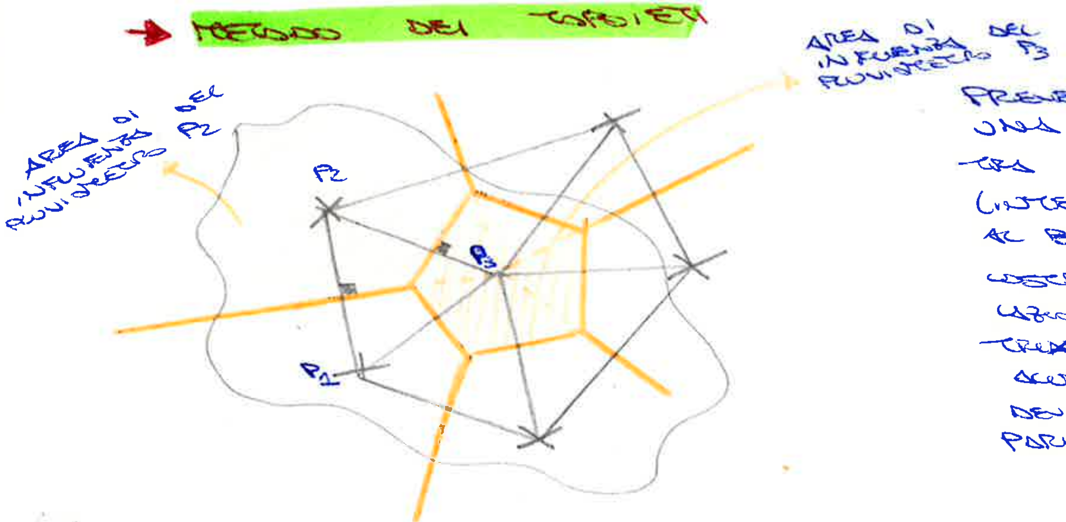
# INTERPOLAZIONE SPAZIALE DELLE PRECIPITAZIONI (PUNTO 3)

(×) PLUVIOMETRO



DEVO TROVARE DEI METODI CHE MI PERMETTONO DI INTERPOLARE SPAZIALMENTE LE PRECIPITAZIONI: IN OGNI PUNTO DEL BACINO DEVO STIMARE LE PRECIPITAZIONI

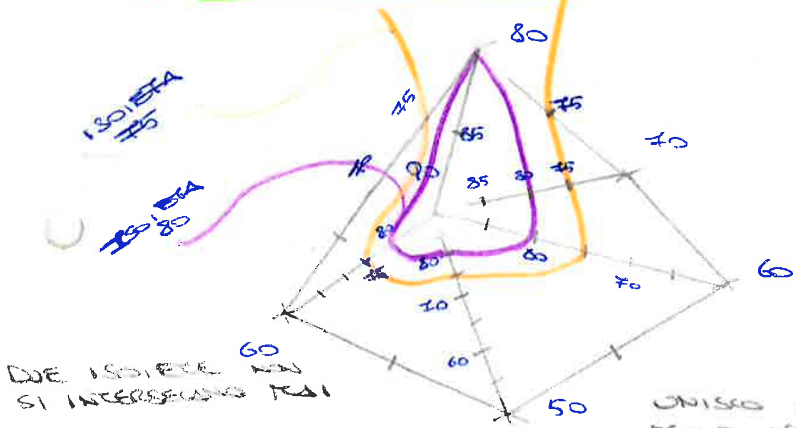
## METODO DEI TOPOIETI




PREVEDE DI COSTRUIRE UNA TRIANGOLAZIONE TRA I VARI PLUVIOMETRI (INTERNI ED ESTERNI AL BACINO). BISOGNA, PERÒ, COSTRUIRE UNA TRIANGOLAZIONE CON DEI TRIANGOLI NON TROPPO ACUTI (TALI TRIANGOLI DEVONO AVERE ANGOLI PARI A CIRCA 60°)

DOPO LA COSTRUZIONE DEI TRIANGOLI VADO A TRACCIARE LE PERPENDICOLARI PASSANTI PER I PUNTI MEDI ( / ) IN MODO DA SUDDIVIDERE IL BACINO IDROGRAFICO IN REGIONI DI COMPETENZA SPECIFICA DI OGNI PLUVIOMETRO: TOPOIETI O POLIGONI DI THIESSEN

## METODO DELLE ISOIETE




COSTRUISCO DELLE LINEE AD EGUAL INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE.

IPOTESI DI VARIABILITÀ LINEARE DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA CON LA DISTANZA

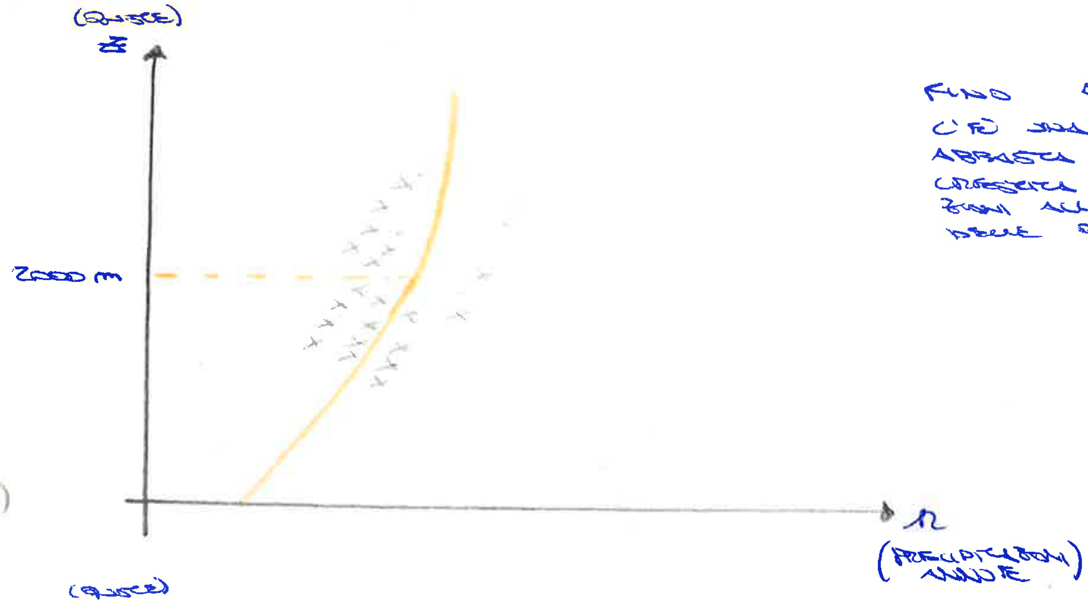
IPOTIZZANDO, AD ESEMPIO, UN INTERVALLO DI 5 mm/h

UNISCO I PLUVIOMETRI, DEFINISCO IL PASSO DELLE ISOIETE (5 mm AD ESEMPIO) E POI TRACCIO LE LINEE CON EGUAL VALORE DI PIOGGIA (ISOIETE)

12/11/2014

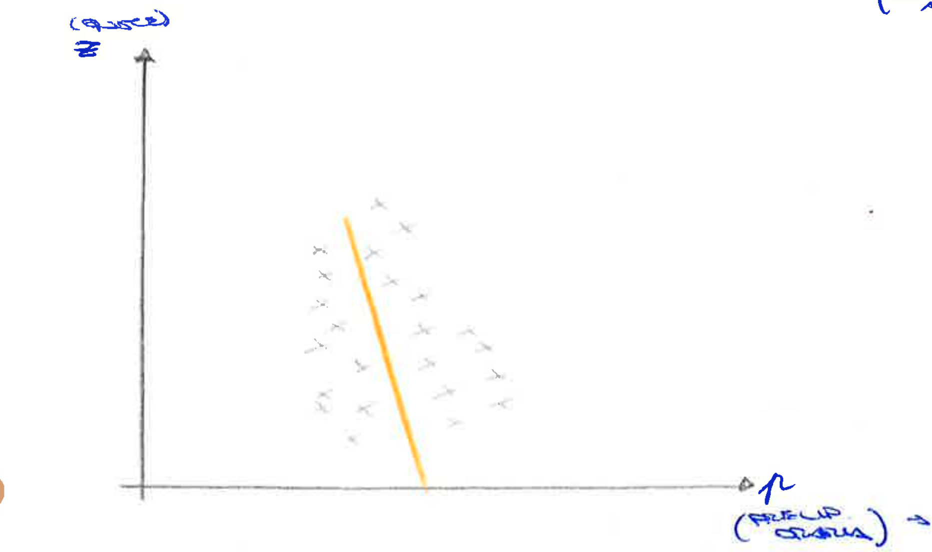


## INTERPOLAZIONI PRECIPITAZIONI IN BACINI CON FORTI VARIAZIONI ALTIMETRICHE




FINO A 2000 m C'È UNA TENDENZA ABBASTANZA MARCATA DELLA CRESCITA DELLE PRECIPITAZIONI ALL'AUMENTARE DELLE QUOTE

PRECIPITAZIONI PIÙ FREQUENTI AD ALTA QUOTA
↑
LUNGA DURATA




→ BREVE DURATA

IN PIANURA, AD ESEMPIO, LE CELLE TEMPORALESCHE AVVENGONO CON UN MAGGIORE ACCADIMENTO A DIFFERENZA DELL'ALTA QUOTA

SONO PREDOMINANTI GLI EVENTI TEMPORALESCHI
↑
BREVE DURATA

LA PRECIPITAZIONE È, QUINDI, DIPENDENTE DALLA QUOTA

$$\boxed{h(z) = h_0 + \beta_1 \cdot z}$$

$\beta_1 > 0 \rightarrow$ LUNGHE DURATE

$\beta_1 < 0 \rightarrow$ BREVE DURATA

TALE TECNICA È NECESSARIA QUANDO:

1) FORTI VARIAZIONI ALTIMETRICHE ALL'INTERNO DEL BACINO

2) CASO IN CUI LA PRECIPITAZIONE È FORTEMENTE DIPENDENTE CON LA QUOTA
DEVO EFFETTUARE UNA VERIFICA STATISTICA (TD-STUDENT) SULLA DIPENDENZA DI $P_1$ DALLA QUOTA

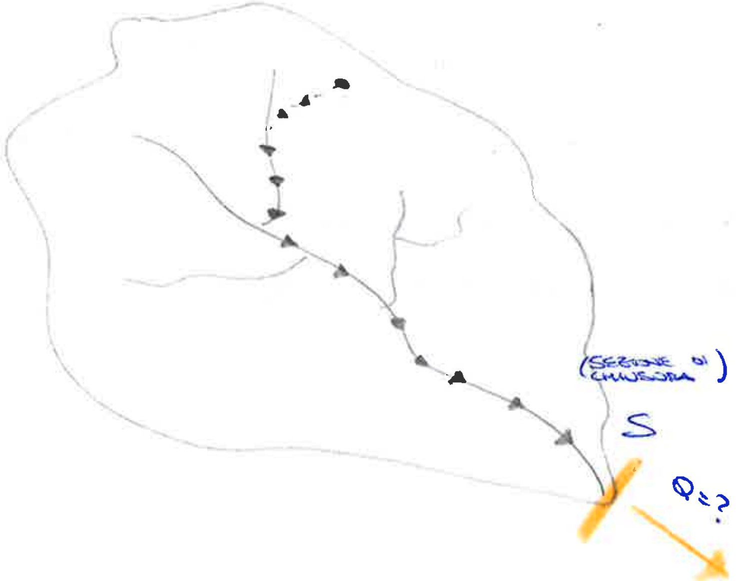
## TRASFORMAZIONE DA PIOGGIA NETTA A PORTATA (PUNTO 5)

→ **METODO DELLA CORRIVAZIONE**

SUPPONIAMO DI CONOSCERE L'INTENSITÀ DI PIOGGIA NETTA ($i_N$) DEL NOSTRO BACINO IDROGRAFICO

$$i_N(x,y,t) \to Q(t)$$

↑ INFORMAZIONE LOCALE E IN FUNZIONE DEL TEMPO




DOBBIAMO FARE DELLE IPOTESI PER TRATTARE MATEMATICAMENTE IL PROBLEMA

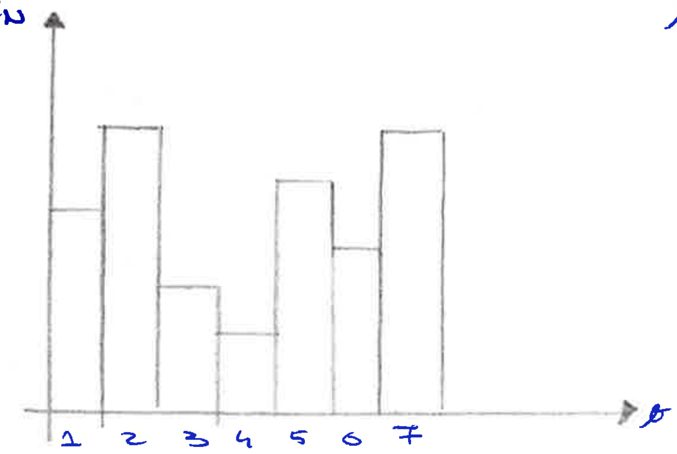
→ IPOTESI DEL METODO DELLA CORRIVAZIONE

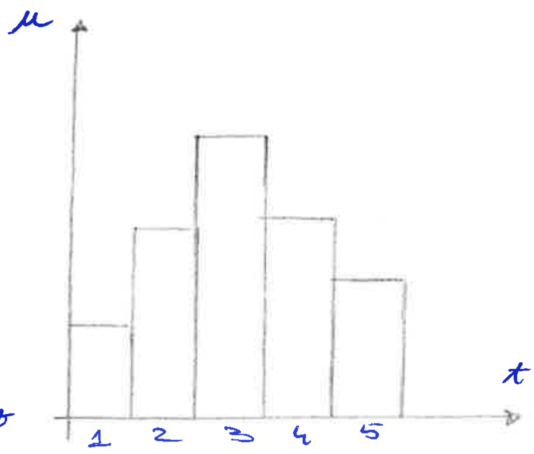
1) PRECIPITAZIONE UNIFORME SUL BACINO
TRASCURIAMO LA DIPENDENZA DELL'INTENSITÀ DI PIOGGIA ~~[illegible]~~ DALLO SPAZIO O MEGLIO DALLE VARIABILI x,y

$$i_N(x,y,t) \to i_N(t)$$

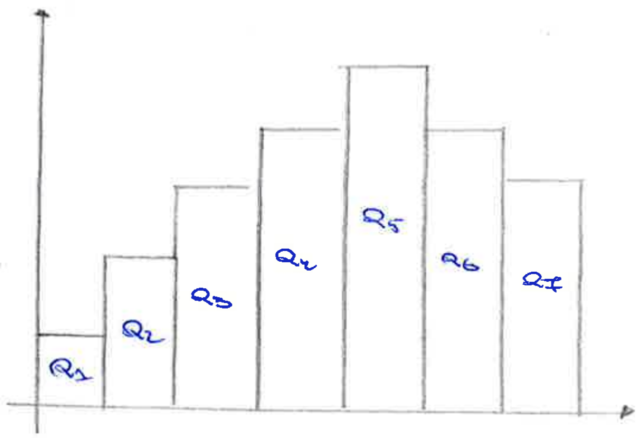
2) TRASFERIMENTO DELL'ACQUA LUNGO I VERSANTI E LUNGO IL RETICOLO: L'ACQUA SEGUE UN PERCORSO IMMUTABILE (L'ACQUA SCORRE LUNGO IL PERCORSO DI MAX PENDENZA FINO A RAGGIUNGERE IL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE) E CON VELOCITÀ IMMUTABILE (STIAMO IPOTIZZANDO CHE PER OGNI EVENTO TEMPORALESCO LE VELOCITÀ DELL'ACQUA, PER RAGGIUNGERE LA SEZIONE DI CONTROLLO, È SEMPRE LA STESSA)

FINE DELLA PRIMA ORA : $Q_{J=1} \equiv Q_1 = \mu_1 \cdot \lambda_{N,1}$




FINE DELLA SECONDA ORA : $Q_{J=2} \equiv Q_2 = \mu_2 \cdot \lambda_{N,1} + \mu_2 \cdot \lambda_{N,2}$




FINE DELLA TERZA ORA : $Q_{J=3} = Q_3 = \mu_3 \cdot \lambda_{N1} + \mu_3 \cdot \lambda_{N2} + \mu_3 \cdot \lambda_{N3}$

FINE DELLA SETTIMA ORA : $Q_{J=7} \equiv Q_7 = \lambda_{N7} \cdot \mu_1 + \lambda_{N6} \cdot \mu_2 + \lambda_{N5} \cdot \mu_3 + \lambda_{N4} \cdot \mu_4 + \lambda_{N3} \cdot \mu_5$

12/11/2014



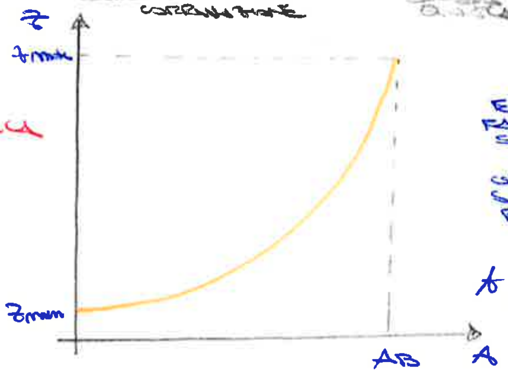
# FUNZIONE DI RISPOSTA

I METODI PER LA SUA DETERMINAZIONE POSSONO ESSERE:

→ **ISOCORRIVE ≡ ISOIPSE**

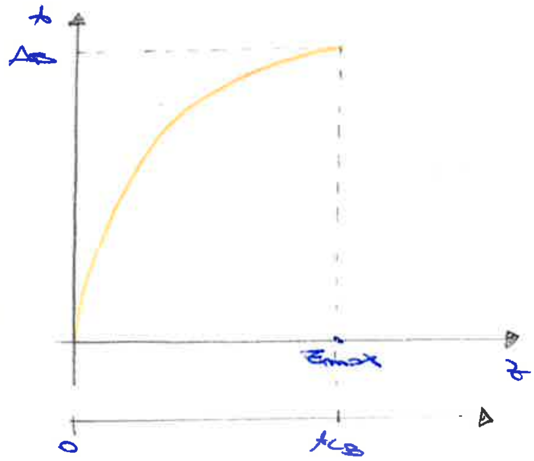
STESSO TEMPO DI CORRIVAZIONE — STESSA QUOTA

CURVA IPSOGRAFICA

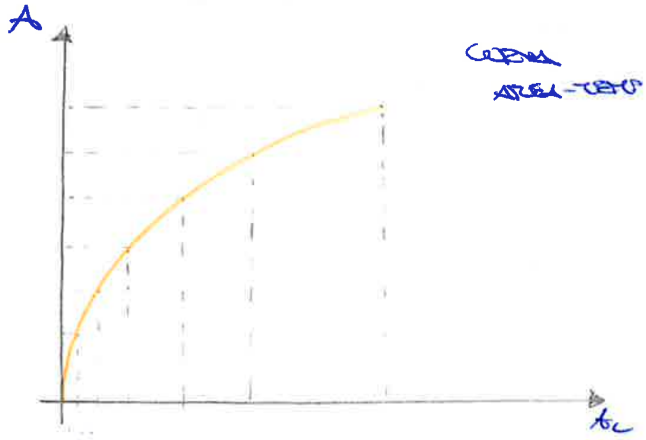



E' POSSIBILE FARE QUESTA SOSTITUZIONE GRAZIE ALLA SEGUENTE RELAZIONE

$$t_c = t_{cB} \frac{z - z_{min}}{z_{max} - z_{min}}$$




CURVA AREE-TEMPI




$z \equiv z_{min} \rightarrow t_c = 0$

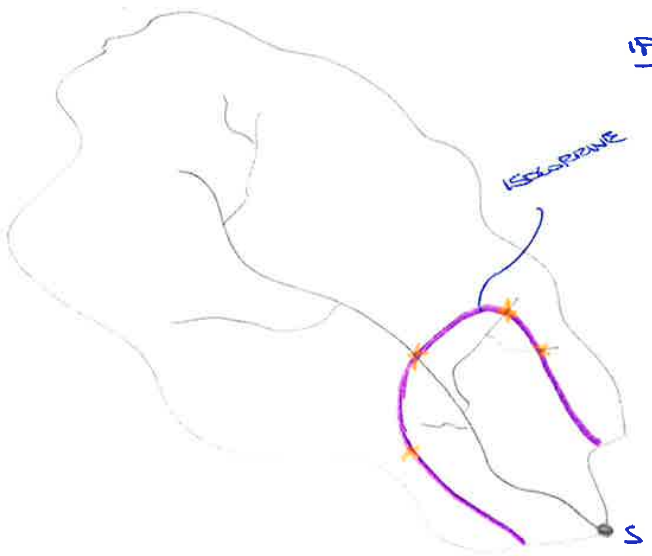
$z \equiv z_{max} \rightarrow t_c \equiv t_{cB}$

IN CORRISPONDENZA DI $z_{max}$ (PUNTO A QUOTA PIÙ ALTA) HO CHE $t_c \equiv t_{cB}$

PASSAGGI:

1) STIMA $t_{cB}$
2) SCELTA DEL $\Delta t$
3) TRACCIAMENTO DELLA CURVA AREE-TEMPI
4) DETERMINAZIONE DELLA FUNZIONE DI RISPOSTA

→ **ISOCORRIVE ≡ EGUALI DISTANZE** (CALCOLATA LUNGO IL RETICOLO)




IPOTESI: I TEMPI DI CORRIVAZIONE SONO PROPORZIONALI ALLA DISTANZA PERCORSA CALCOLATA LUNGO LE ASTE FLUVIALI DI CUI È COMPOSTO IL BACINO

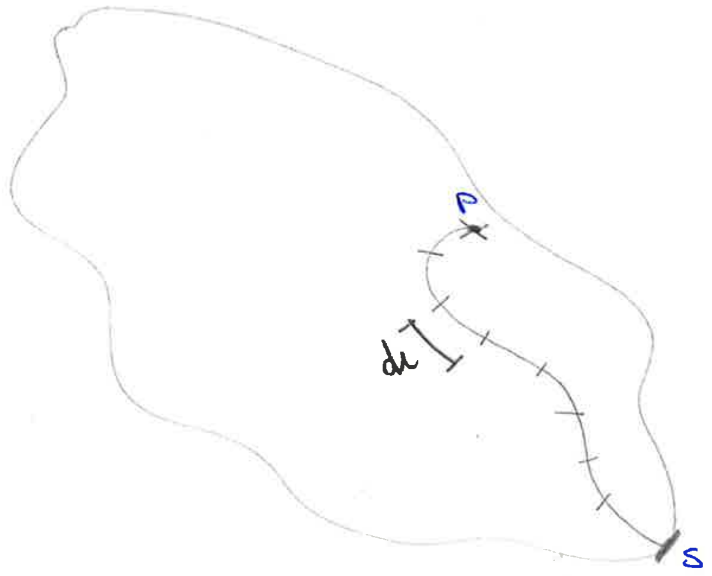
→ QUESTI PUNTI HANNO LA STESSA DISTANZA DALLA SEZIONE S

↑

PER CUI PUNTI VIENE ASSUNTO LO STESSO TEMPO DI CORRIVAZIONE

## CURVA AREA TEMPI CHEZY

METODO PIÙ DETTAGLIATO RISPETTO AGLI ALTRI DUE QUINDI FORNISCE RISULTATI PIÙ PRECISI RISPETTO AGLI ALTRI




PER OGNI PUNTO:

1) INDIVIDUARE LE DIREZIONI DI DRENAGGIO (DOVE SCORRE L'ACQUA)
2) TALE PERCORSO VIENE SEGMENTATO IN UNA SERIE DI PARTI DOVE OGNUNA DI ESSE È LUNGA $d_i$

LA SUDDIVISIONE DIPENDE DA QUANTO SONO FITTE LE CELLE CHE RAPPRESENTANO IL BACINO IN FORMATO DIGITALE

$$d = \sum_{i=1}^{m} d_i$$

$m$: NUMERO DI SEGMENTI DI CUI È STATA SUDDIVISA LA DISTANZA

3) AD OGNI SEGMENTO SI ATTRIBUISCE UNA PENDENZA $J_i$
4) SI DETERMINA, PER OGNUNO DI ESSI, LA VELOCITÀ DELL'ACQUA:

$$v_i = C\sqrt{J_i}$$

↑ COST. DI CHEZY

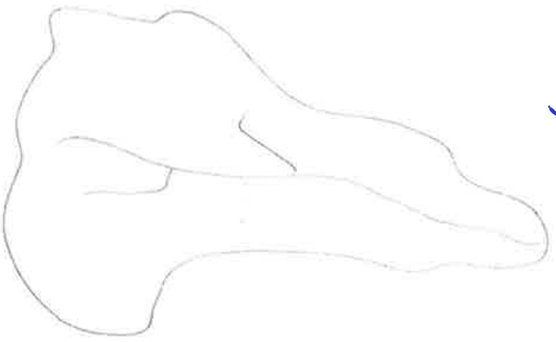
5) SI CALCOLA IL TEMPO DI PERCORRENZA DELL'$i$-ESIMO SEGMENTO

$$t_i = \frac{d_i}{v_i}$$

6) IL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL PUNTO P CHE STIAMO CONSIDERANDO È DATO:

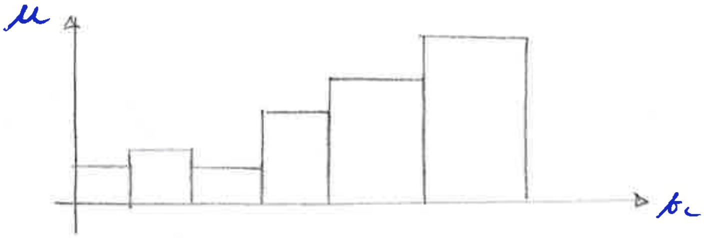
$$t_c = \sum_{i=1}^{m} t_i$$

TALE METODO È UNA COMBINAZIONE DEI DUE PRECEDENTI METODI.



VALLE STRETTA → VALLE LARGA

GRAN PARTE DELLE AREE È CONCENTRATA NELLA ZONA PIÙ DISTANTE DELLA SEZIONE DI CHIUSURA.




LA FUNZIONE DI RISPOSTA RAPPRESENTA LA CARTA D'IDENTITÀ DEL BACINO

$$\boxed{Q_J = \frac{1}{3{,}6} \sum_{i=1}^{J} h_{N,i} \cdot \mu_{J-i+1} = \frac{1}{3{,}6} \sum_{i=1}^{J} h_{N,J-i+1} \cdot \mu_i}$$

PER DETERMINARE LA FUNZIONE DI RISPOSTA DEL BACINO

APPLICAZIONI DEL METODO DELLA CORRIVAZIONE

1) VERIFICA IDRAULICA
2) PROGETTO DELLE OPERE

NATURALMENTE SONO DIVERSE LE MODALITÀ DI APPLICAZIONE DEL METODO

→ VERIFICA IDRAULICA

DETERMINAZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA $Q_S$ A SEGUITO DI UN EVENTO DI PIOGGIA

IN UNA CERTA SEZIONE DI UN CORSO D'ACQUA, DOVE NON SONO DISPONIBILI MISURE IDROMETRICHE, È SUCCESSA, AD ESEMPIO, UN'ESONDAZIONE. IN TALE SEZIONE VOGLIO CONOSCERE QUALI SONO LE PORTATE (IDROGRAMMA DI PIENA) CHE SONO TRANSITATE PER QUEL PARTICOLARE EVENTO

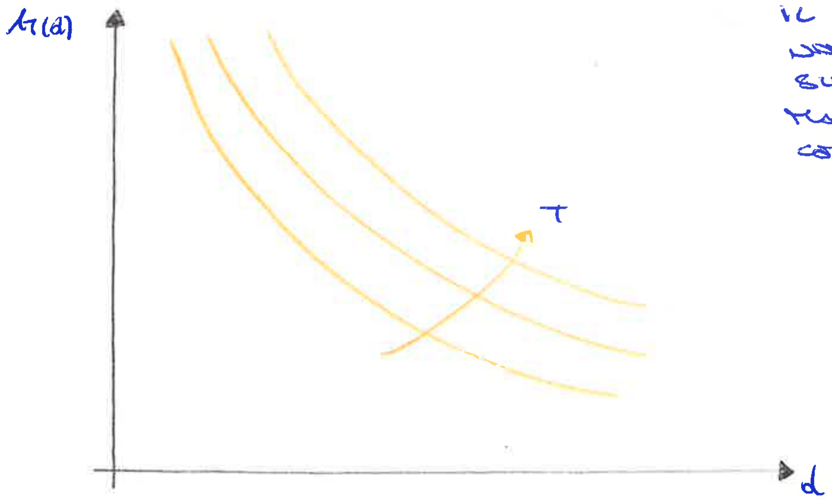
# PROGETTO DELLE OPERE

OCCORRE TROVARE L'IDROGRAMMA $Q_S$ CORRISPONDENTE AD UN PREFISSATO TEMPO DI RITORNO

ALLE PORTATE $Q_S$ DOBBIAMO ASSEGNARE UNA PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO (TEMPO DI RITORNO)

IL TEMPO DI RITORNO LO RITROVIAMO NELLE PIOGGE NETTE (IETOGRAMMA)

## IETOGRAMMA DI PROGETTO

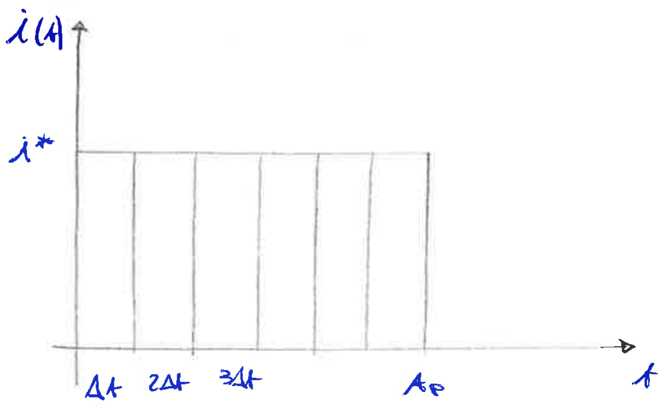



IL TEMPO DI RITORNO T NON È UNA VARIABILE SCELTA DAL PROGETTISTA MA È FISSATA DAL COMMITTENTE

ABBIAMO DUE STRADE PER RISALIRE ALLO IETOGRAMMA DI PROGETTO

## ① IETOGRAMMA RETTANGOLARE

IN TAL CASO L'INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE SI PRESUPPONE COSTANTE NEL TEMPO




SERVONO DUE DATI PER COMPLETARE LE NOSTRE COMPUTAZIONI:

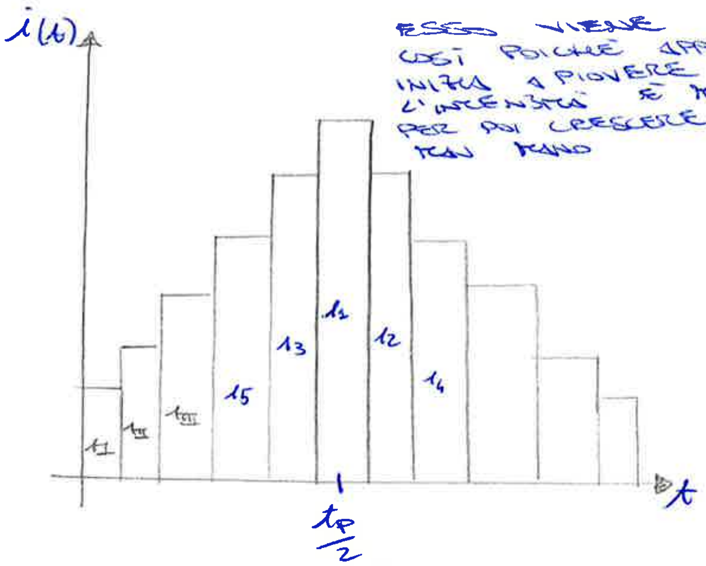
- → $t_P$: TEMPO DI PIOGGIA
- → $i^*$: INT. DI PIOGGIA

IL TEMPO DI PIOGGIA VIENE CONSIDERATO PARI AL $t_{CB}$ IN MODO DA MASSIMIZZARE GLI EFFETTI.

$$\begin{cases} t_P = t_{CB} \\ i^* = a \cdot (t_{CB})^{n-1} \cdot K_T \end{cases}$$

ESSA VIENE CALCOLATA PER UN TEMPO PARI AL $t_{CB}$

$i^* = i(t = t_{CB})$




ESSO VIENE DISPOSTO COSÌ POICHÉ APPENA INIZIA A PIOVERE L'INTENSITÀ È MINORE PER POI CRESCERE MAN MANO

IETOGRAMMA CHICAGO CON PICCO AL CENTRO

IN TAL CASO LA BARRA PIÙ GRANDE VIENE POSTA AL CENTRO E POI MAN MANO UNA A DESTRA E UNO A SINISTRA LE BARRE PIÙ PICCOLE (PICCOLO = UBICAZIONE DELLE BARRE)

TALE DISPOSIZIONE NON HA ALCUNA VALENZA POICHÉ CONSIDEREREMO SETTORE L'INTENSITÀ MAGGIORE ($i_1$). FORSE PIÙ REALE = SOLO DEGLI EVENTI DI PRECIPITAZIONE

DALLO IETOGRAMMA DI PROGETTO DOVREMO PASSARE ALLO IETOGRAMMA NETTO DI PROGETTO (PIOGGIA → PIOGGIA NETTA)

UTILIZZANDO IL METODO DEL CN - NUMBER:

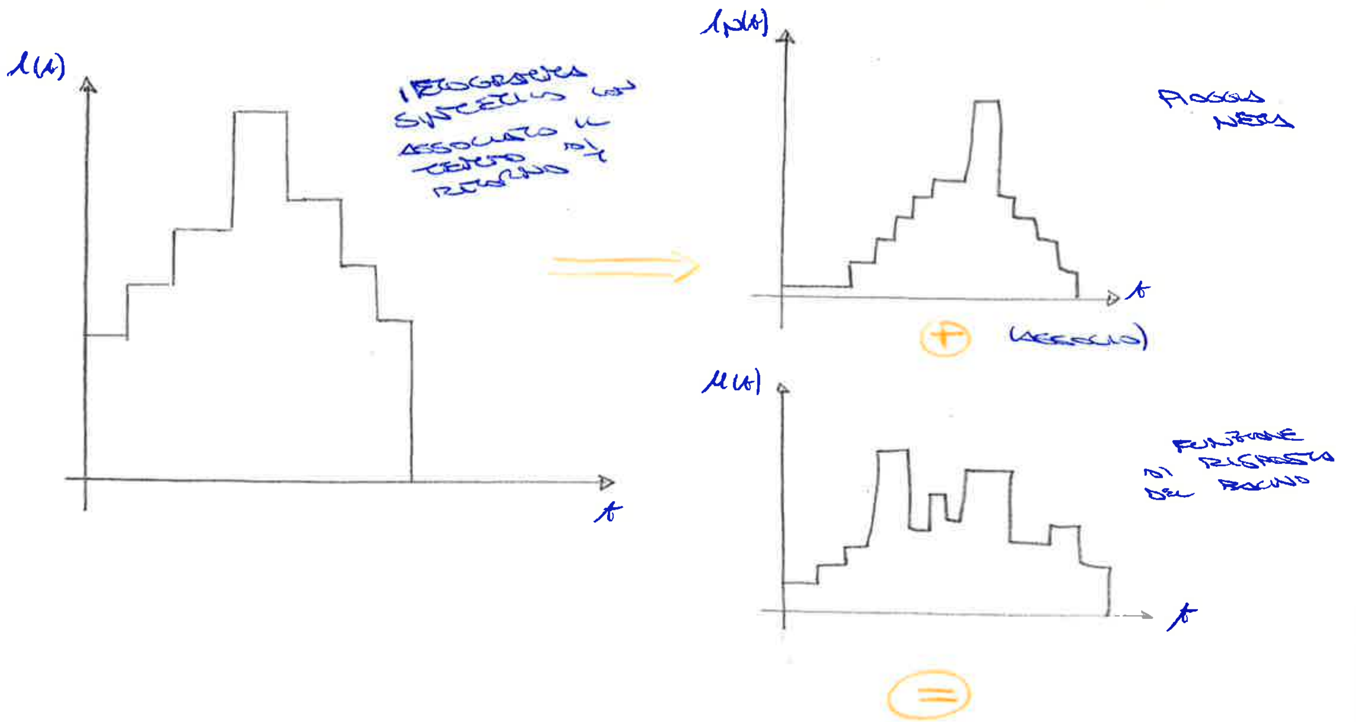
$$h_N = \frac{(h - 0{,}2\,S)^2}{h + 0{,}8\,S} = 0 \iff \underbrace{h < 0{,}2\,S}$$

CIÒ SIGNIFICA CHE A TERRA NON ARRIVA NULLA

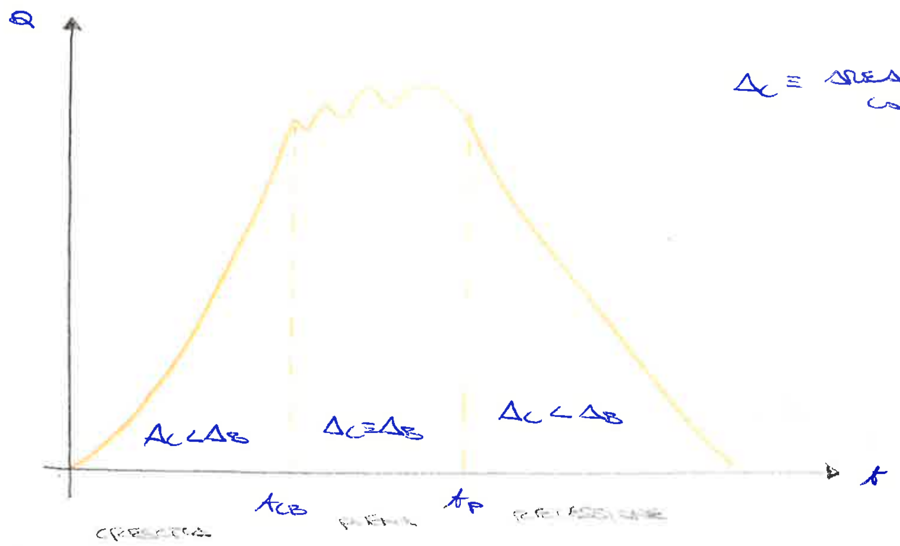
SI PROCEDE PER STEP:

1) $i_I \to h_I = i_I \cdot \Delta t \to h_{N_I} \to i_{N_I} = \dfrac{h_{N_I}}{\Delta t}$

2) $i_{II} \to h_{II} = \Delta t\,(i_I + i_{II}) \to h_{N_{II}} \to i_{N_{II}} = \dfrac{h_{N_{II}} - h_{N_I}}{\Delta t}$

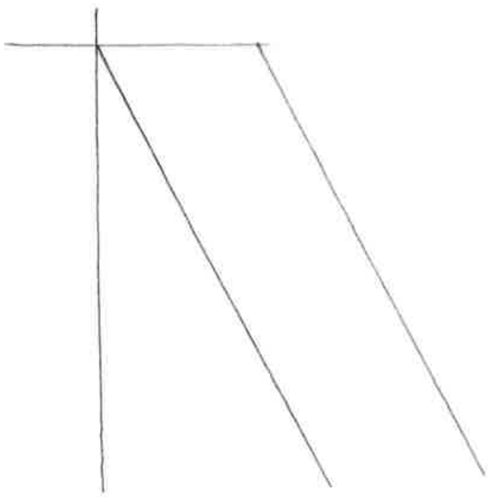


$A_c$ = AREA CONTRIBUENTE




NEL CASO DI VERIFICA ($t_p < t_{cb}$)

NON C'È MAI UN ISTANTE IN CUI IL



QUANDO VALGONO LE IPOTESI APPENA SCRITTE AVREMO:

$$i_{N,i} = \underbrace{a\, k_T \cdot t_{CB}^{\,m-1}}_{\text{SI DETERMINANO CON LA C.P.P.}} \cdot C \quad = \text{COST}$$

C ← COEFF. DI DEFLUSSO

PRECIPITAZIONE COSTANTE FINO AL $t_{CB}$

IL VALORE $Q_{max}$ SI OTTIENE QUANDO $t = t_{CB}$

$$Q\left(j = \frac{t_{CB}}{\Delta t}\right) = \frac{1}{3{,}6} \sum_{i=1}^{\frac{t_{CB}}{\Delta t}} i_{N,i} \cdot u_{j-i+1} =$$

$i_{N,i}$ ← COSTANTE PUÒ ESSERE PORTATO AL DI FUORI DELLA SOMMATORIA

$$= \frac{1}{3{,}6} \cdot a \cdot k_T \cdot t_{CB}^{\,m-1} \cdot C \cdot \underbrace{\sum_{i=1}^{\frac{t_{CB}}{\Delta t}} u_{\frac{t_{CB}}{\Delta t} - i + 1}}_{A_B} =$$

QUANDO $t = t_{CB}$ E FINO ALLA DURATA DEL TEMPO DI PIOGGIA L'AREA CONTRIBUENTE È TUTTA L'AREA DEL BACINO.

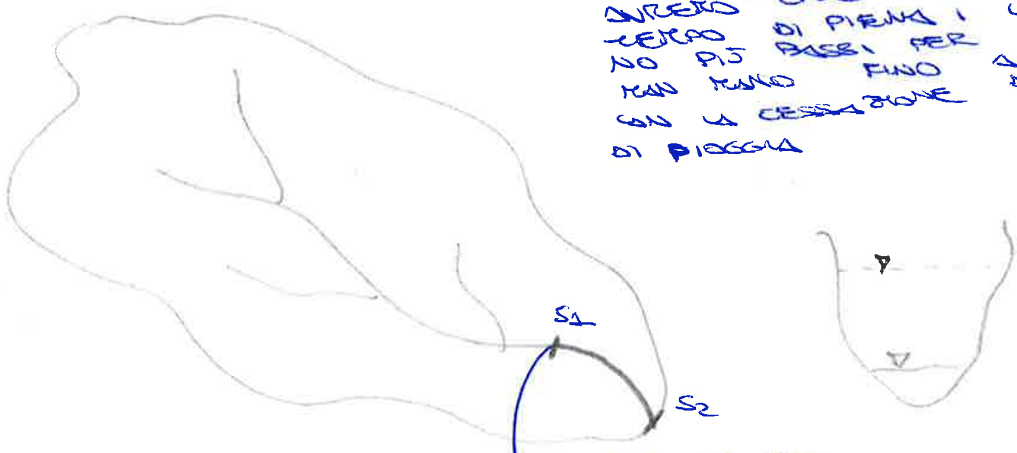
$$= \frac{1}{3{,}6} \cdot a \cdot k_T \cdot t_{CB}^{\,m-1}\, A_B \cdot C =$$

$$\boxed{Q\left(j = \frac{t_{CB}}{\Delta t}\right) = Q_{max} = \frac{1}{3{,}6}\, i_T(t_{CB}) \cdot A_B}$$

N.B.: VA BENE UTILIZZARE LA FORMULA RAZIONALE PERÒ DOBBIAMO SCALARE SEMPRE PERCHÉ LA A STO SCALARE LA SITUAZIONE REALE
ATTENZIONE, C'È IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO C GRAZIE AL QUALE POSSO SCALARE IN MODO PIÙ CORRETTO LA SITUAZIONE ATTUALE
L'ULTERIORE PROBLEMA È LEGATO ALLA DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO C IL QUALE NON SI SA COME SCEGLIERLO. TALE COEFFICIENTE PORTA CON SÈ UN ERRORE DEL ± 50 %

## LAMINAZIONE DELLE PIENE

: NEL MOMENTO IN CUI OGGI ALVEI FLUVIALI ASSISTONO UNA MEDIO-GRANDE DIMENSIONE CHE ALL'INIZIO DEL AVREMO TEMPO DI PIENA I LIVELLI SONO PIÙ BASSI PER POI CRESCERE MAN MANO FINO A SVUOTARSI CON LA CESSAZIONE DELL'EVENTO DI PIOGGIA




DA QUESTO PUNTO IN POI SONO MOLTO RILEVANTI GLI EFFETTI DELLA LAMINAZIONE

Ipotizzando di scrivere un'equazione di bilancio sull'intero bacino idrografico

Sull'intero bacino idrografico:

W(t): volume invasato nell'intero bacino idrografico

$i_N(t) = h(d) \cdot C = a \cdot k_T \cdot d^{n-1} \cdot C$ → portata nella sez. di uscita

$$\frac{dW(t)}{dt} = \left(A_B \cdot i_N(t) \cdot \frac{1}{3,6}\right) - Q(t)$$

Ipotizzando sempre una linearità tra portate e volumi (HP di invaso lineare)

$W(t) = k \cdot Q(t)$

$$\boxed{Q(t) = \int_0^t k A_B \frac{1}{3,6}\, i_N(\tau)\, e^{-k(t-\tau)}\, d\tau}$$

**Metodo dell'invaso lineare**

È un altro metodo per trattare la trasformazione afflussi deflussi al posto del metodo della corrivazione

È molto simile all'integrale di convoluzione.

Tale metodo si usa quando si ha a che fare con bacini idrografici molto piccoli con un effetto di invaso decisamente significativo. Può essere utilizzato nel caso di reti di drenaggio urbano poiché per il progetto e la verifica degli stessi si richiedono metodi semplici.

Altro caso in cui tale metodo è utile da utilizzare è il caso in cui parte della precipitazione avviene in stato solido (forma nevosa)

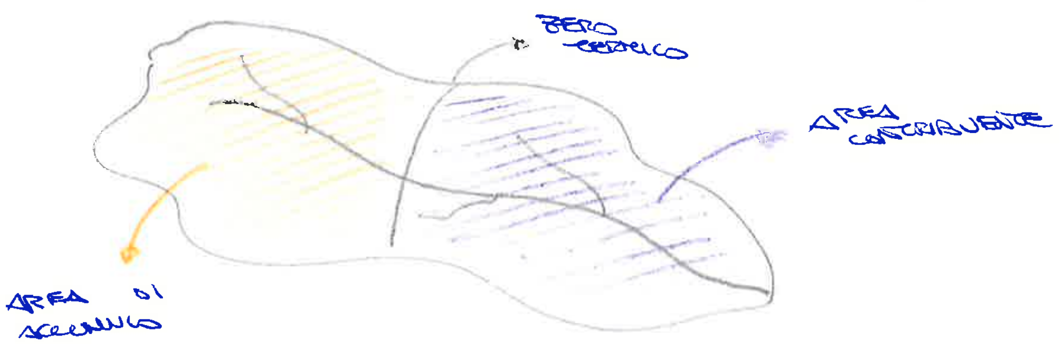
Utilizzando il metodo della corrivazione

→ Quote basse: non nevica → utilizzato

→ Quote alte: nevica → non contribuisce.

Entrano in gioco due fenomeni:

1) di inverno l'area contribuente è ridotta ad un'area più piccola poiché nelle zone alte c'è la neve che non contribuisce




2) nella stagione di scioglimento della neve (primavera) dobbiamo considerare l'intera area del bacino più la parte che deriva dalla neve la quale può essere trattata con una semplice equazione del bilancio

(1) C'È SIGNIFICATIVITÀ STATISTICA
QUANDO I PUNTI SONO MOLTO VICINI ALLA RETTA

(2) NON C'È SIGNIFICATIVITÀ STATISTICA E SOLO PER
I PUNTI SONO LONTANI DALLA RETTA HA UN ANDAMENTO CRESCENTE
CASUALITÀ (RANDOM) LA RETTA

PER CAPIRE INIZIALMENTE SE IL TEST È SIGNIFICATIVO A
MENO DOBBIAMO UTILIZZARE IL TEST DELLA t-STUDENT
CON LA SEGUENTE VARIABILE TEST

$$\boxed{t_s = \frac{\beta\sqrt{n-2}}{\sqrt{\Sigma(x_i-\hat{x})^2 / \Sigma(t_i-\bar{t})^2}}}$$

VARIABILE t-STUDENT

$(t_i-\bar{t})$ DISTANZA DEI VALORI OSSERVATI DAI VALORI PREVISTI

$\beta$ : COEFFICIENTE ANGOLARE RETTA

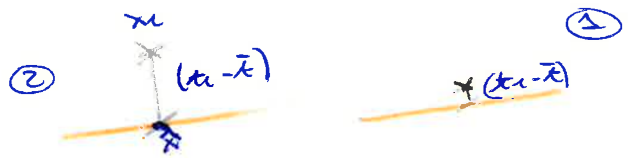
$n$ : NUM. DI DATI A DISPOSIZIONE

$x_i$ : VALORI OSSERVATI

$\hat{x}$ : VALORI PREVISTI : $\hat{x} = \beta_0 + \beta \cdot t_i$

$t_i$ : ISTANTE DI TEMPO CONSIDERATO

$\bar{t}$ : TEMPO MEDIO




PER IL CASO (1) LA VARIABILE $t_s$ ASSUME VALORE ELEVATO

PER IL CASO (2) LA VARIABILE $t_s$ ASSUME VALORE BASSO

IPOTESI STATISTICA : $\beta = 0$ : NON VI SIA UNA SIGNIFICATIVA TENDENZA A CRESCERE O A DECRESCERE

$t_{s\,INF} < t_s < t_{s\,SUP}$ → IPOTESI ACCETTATA : IL VALORE $\beta$ NON È SIGNIFICATIVAMENTE DIVERSO DA ZERO PER CUI NON HO TREND SIGNIFICATIVO

$t_s > t_{SUP}$ : TREND POSITIVO STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVO

$t_s < t_{INF}$ : TREND NEGATIVO STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVO

$$t_{SUP} = -t_{INF} = \underbrace{t_{n-1}\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}_{\text{QUANTILE DELLA DISTRIBUZIONE t-STUDENT CON } (n-2) \text{ GRADI DI LIBERTÀ E CON PROBABILITÀ } (1-\frac{\alpha}{2})}$$

26/11/2014

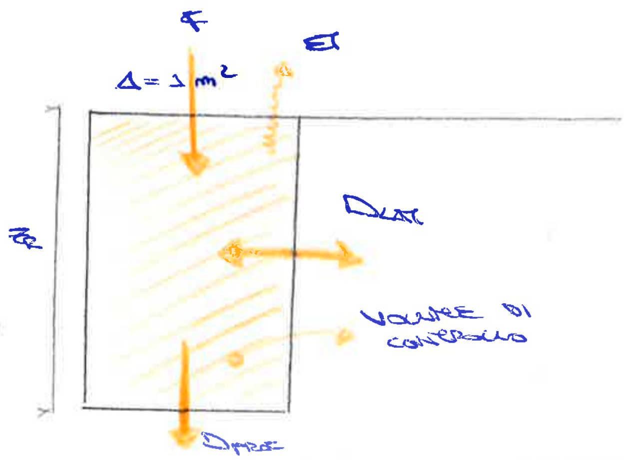


RISORSE IDRICHE: ACQUA COME RISORSA

↓

QUANTIFICAZIONE DELLA RISORSA DISPONIBILE

DETERMINAZIONE DEL DEFICIT O SURPLUS IDRICO




CONSIDERANDO UN GENERICO PUNTO SUL TERRITORIO

$Z_r$: PROFONDITÀ DI RADICAMENTO

↑

FINO A DOVE ARRIVANO LE RADICI DELLE PIANTE

PER TALE VOLUME DI CONTROLLO ANDIAMO A CONSIDERARE L'EQUAZIONE DEL BILANCIO IDRICO

$$\boxed{Z_r \frac{d\theta}{dt} = F - D_{prof} \pm D_{lat} - ET}$$

$\left[Z_r \frac{d\theta}{dt}\right] = \left[\frac{m^3}{s}\right]$ VARIAZIONE DEL CONTENUTO IDRICO DEL TERRENO

$\theta$: CONTENUTO IDRICO

F: INFILTRAZIONE: FLUSSO CHE ATTRAVERSA LA SUPERFICIE SUPERIORE DEL VOLUME DI CONTROLLO

$$F = P - P_N$$

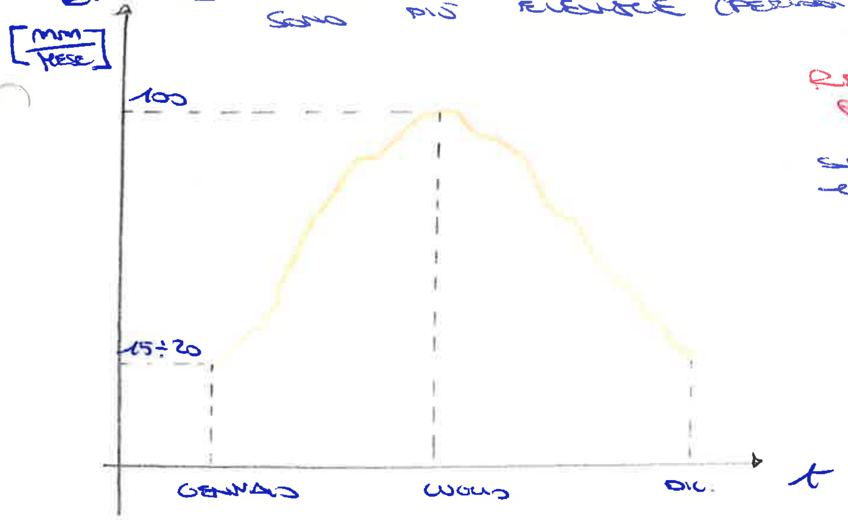
↑ PIOGGIA ↑ PIOGGIA NETTA

$D_{prof}$: DEFLUSSO PROFONDO, PARTE DI ACQUA CHE FUORIESCE DAL VOLUME DI CONTROLLO. ESSA PUÒ CONSIDERARSI PERSA (ATTRAVERSA LA SUP. INFERIORE)

$D_{lat}$: DEFLUSSO LATERALE: CORRISPONDE AL FLUSSO CHE ATTRAVERSA LE SUPERFICI LATERALI DEL VOLUME DI CONTROLLO

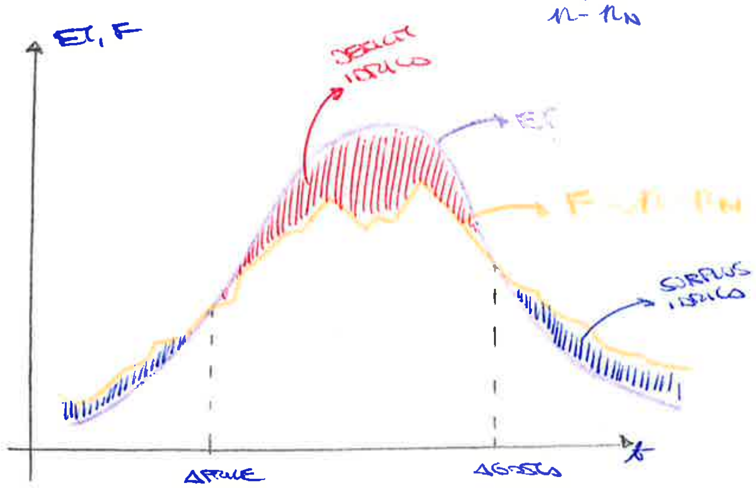
ET: FLUSSO DI EVAPOTRASPIRAZIONE: QUANTITÀ D'ACQUA PRESENTE ALL'INTERNO DEL VOLUME DI CONTROLLO, E PER EFFETTO DEL RISCALDAMENTO (EVAPORAZIONE) E DELLA PRESENZA DI PIANTE (TRASPIRAZIONE), PASSA DALLO STATO LIQUIDO ALLO STATO GASSOSO RITORNANDO IN ATMOSFERA

ET → È massimo quando le temperature sono più elevate (periodi estivi)



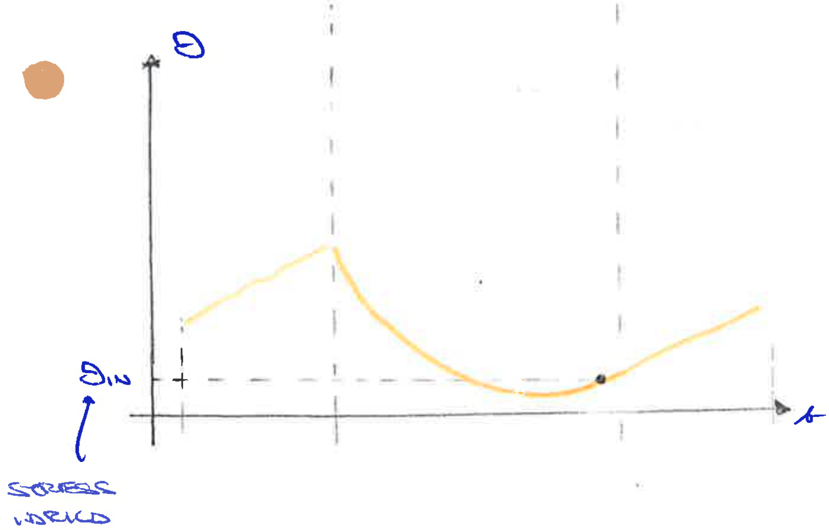

Regime di evapotraspirazione
↑
segue l'andamento delle temperature mensili

Mettiamo in relazione F ed ET
↑
$n - n_N$




Nei mesi estivi (ET > F) sono le zone in cui si può generare un possibile deficit idrico

Si genera, invece, un possibile surplus idrico nel caso in cui F > ET




$\frac{d\theta}{dt} > 0$ : θ cresce fino ad aprile

(aprile - agosto)
ET > F : θ decresce

ET < F : θ cresce
(gennaio - aprile ; agosto - dicembre)

02/12/2024 (95)

# STIMA DELL' EVAPOTRASPIRAZIONE

EVAPOTRASPIRAZIONE: PROCESSO DI PERDITA DI ACQUA DAL TERRENO DOVUTO AL PASSAGGIO DI STATO DA FORMA LIQUIDA A FORMA GASSOSA

PUÒ AVVENIRE IN MODO DIRETTO O IN MODO INDIRETTO

PER LA STIMA POSSIAMO PROCEDERE SEGUENDO DUE STEP

① STIMA DELL' EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE ETP

FLUSSO CHE POTENZIALMENTE POTREBBE REALIZZARSI NEL CASO IN CUI DELLE CONDIZIONI DI ... È UN FATTORE LIMITANTE

→ L'ACQUA NEL SUOLO NON DEVE ESSERE TROPPO

→ L'ACQUA NELL' ATMOSFERA NON DEVE ESSERE ELEVATA (DEVE ESSERE IN GRADO DI RICEVERE ACQUA)

② STIMA DELL' EVAPOTRASPIRAZIONE REALE

PER $\boxed{ETP}$ POSSIAMO UTILIZZARE DUE EQUAZIONI

→ BILANCIO IDRICO DEL SUOLO

$$Z \frac{d\theta}{dt} = P - ET$$

VARIABILE DI STATO → CONTENUTO IDRICO

→ BILANCIO ENERGETICO O RADIATIVO: CONSENTE DI CALCOLARE IN MANIERA DIPENDENTE L' ETP

$$C \frac{dT_s}{dt} = S_N - L_N - \rho \lambda ETP$$

$\lambda$: ENERGIA PER PASSARE L'ACQUA DALLO STATO LIQUIDO ALLO STATO GASSOSO

[°C] ($T_s$): TEMPERATURA DEL SUOLO

($C$): CAPACITÀ TERMICA DEL SUOLO. UNA CAPACITÀ TERMICA ELEVATA CI INDICA CHE SE IL SUOLO ASSORBE ENERGIA, A PARITÀ DI ENERGIA ($\frac{dT_s}{dt}$) È BASSA LA VARIAZIONE DI TEMP.

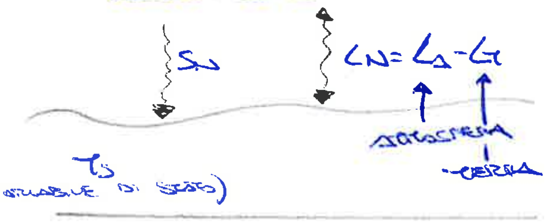
[$\frac{W}{m^2}$] ($S_N$): SHORT WAVE RADIATION, RADIAZIONE AD ONDE CORTE, PROVENIENTE DAL SOLE VERSO IL SUOLO

[$\frac{W}{m^2}$] ($L_N$): LONG WAVE RADIATION DEI CORPI RADIANTI A TEMP. PIÙ BASSA, CONTRIBUTO

→ TERRA

→ ATMOSFERA

LA COPPIA FRECCIA INDICA CHE L'ATMOSFERA TRASFERISCE ENERGIA AL SUOLO




© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 97 di 112