

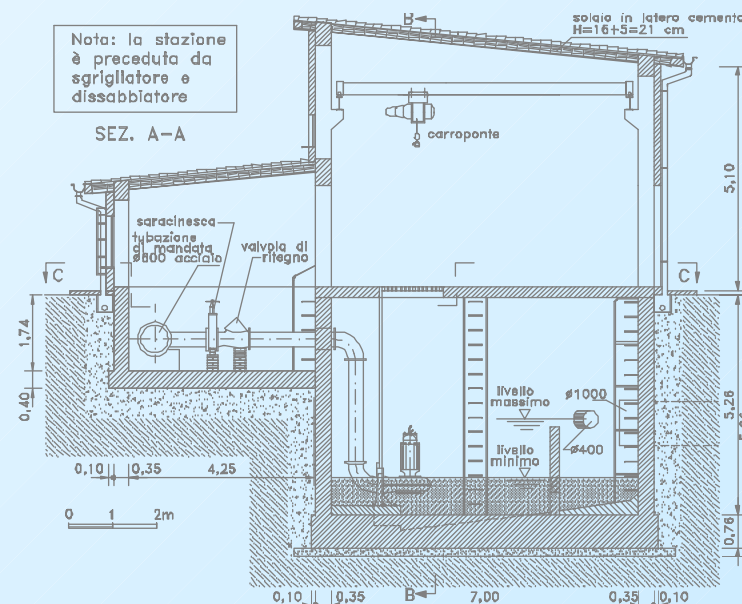
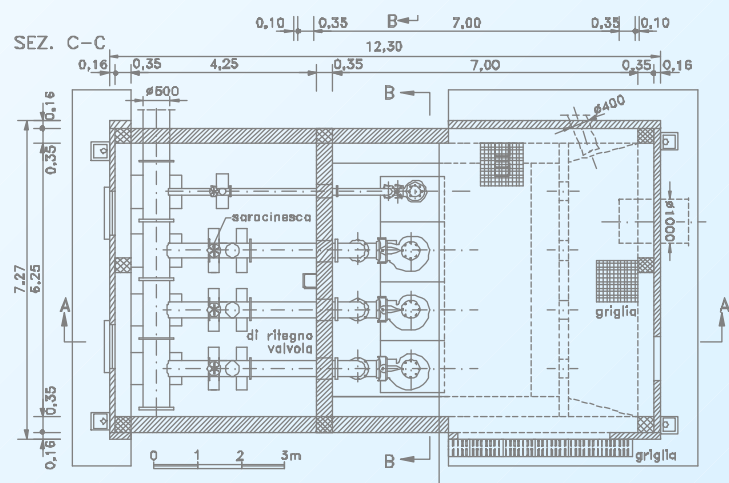


IV Giornata di Studio
**Acque di Prima Pioggia: Gestione delle Acque e
 Ambiente Urbano Sostenibile**

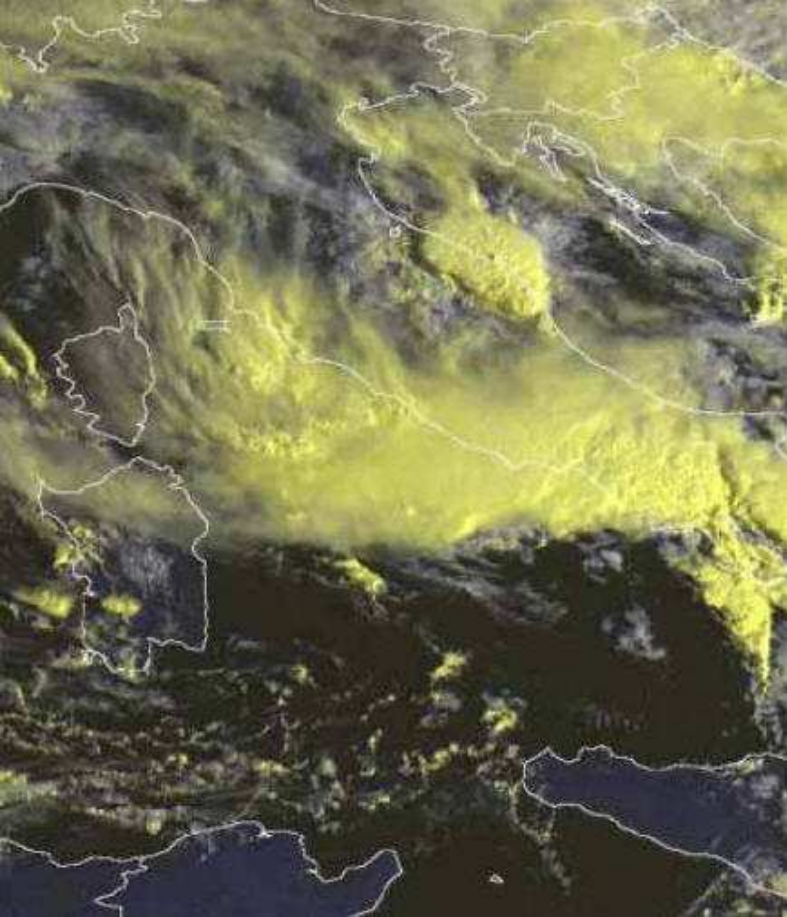
ANALISI DI RISCHIO NEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO A SERVIZIO DEI SISTEMI DI DRENAGGIO



Paolo Salandin
 Università degli Studi di Padova



Genova, Magazzini del Cotone – 24 novembre 2006



DEFINIZIONE DI RISCHIO

PROBABILITÀ DI MANCATO FUNZIONAMENTO DI UN SISTEMA IN UN PREFISSATO PERIODO DI TEMPO E IN CONDIZIONI OPERATIVE NOTE

IL RISCHIO NON È DOVUTO ALLA SOLA ALEATORIETÀ IDROLOGICA

L'INCERTEZZA LEGATA A:

- MODELLAZIONE MATEMATICA
- REALIZZAZIONE DELLE OPERE CIVILI
- FUNZIONAMENTO DELLE COMPONENTI MECCANICHE

PUÒ INFLUIRE SENSIBILMENTE SULLA PROBABILITÀ DI MANCATO FUNZIONAMENTO



SCHEMA D'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO TERMINALE

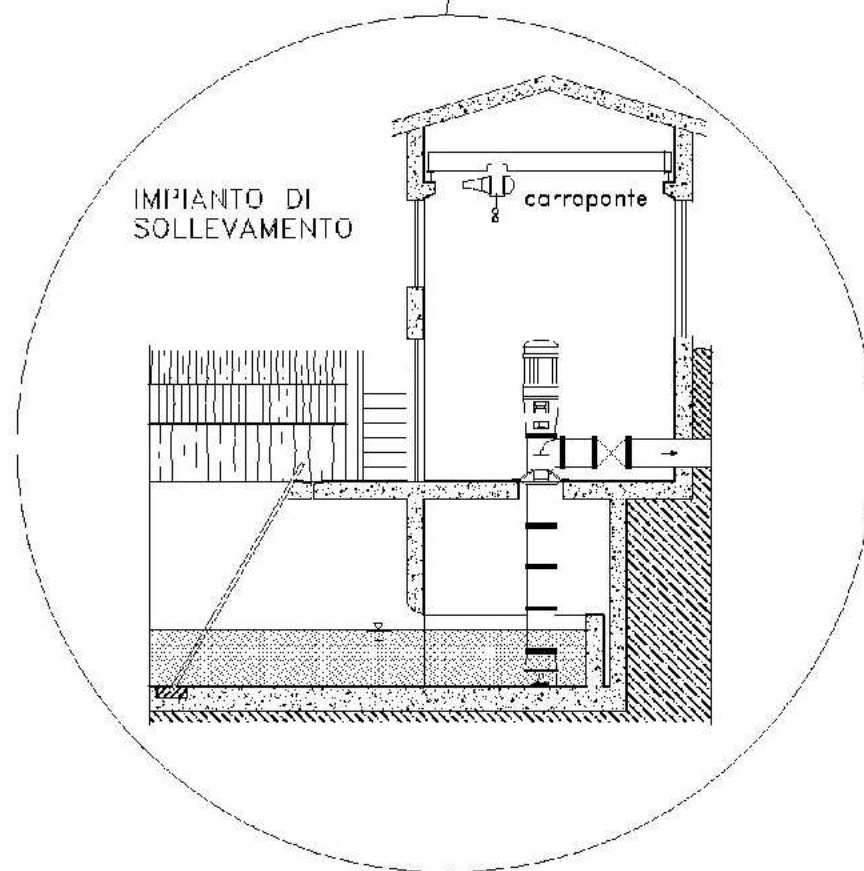


COLLETTORE TERMINALE
RETE D DRENAGGIO

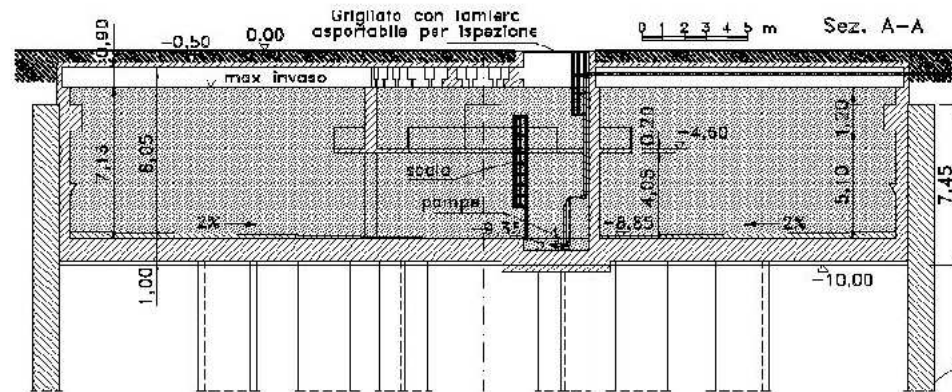
OBIETTIVO

FORNIRE SUGGERIMENTI PROGETTUALI INTORNO AL NUMERO DI POMPE DA INSTALLARE PER MINIMIZZARE IL RISCHIO DI ALLAGAMENTO

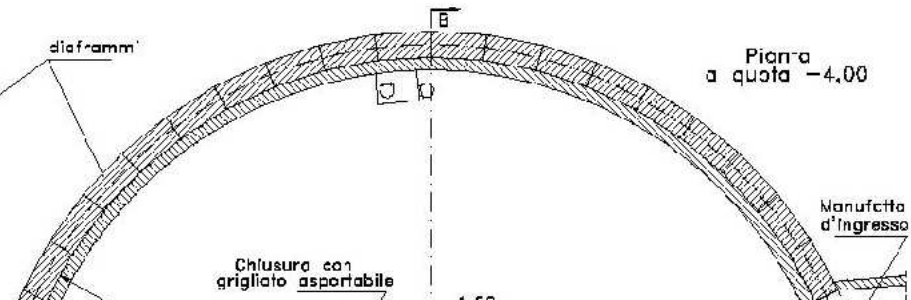
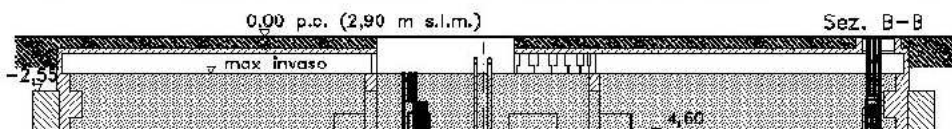
IN PRESENZA DI ALEATORIETA' IDROLOGICA E DI INCERTEZZA SUL FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA DI EVACUAZIONE DELLA PORTATA



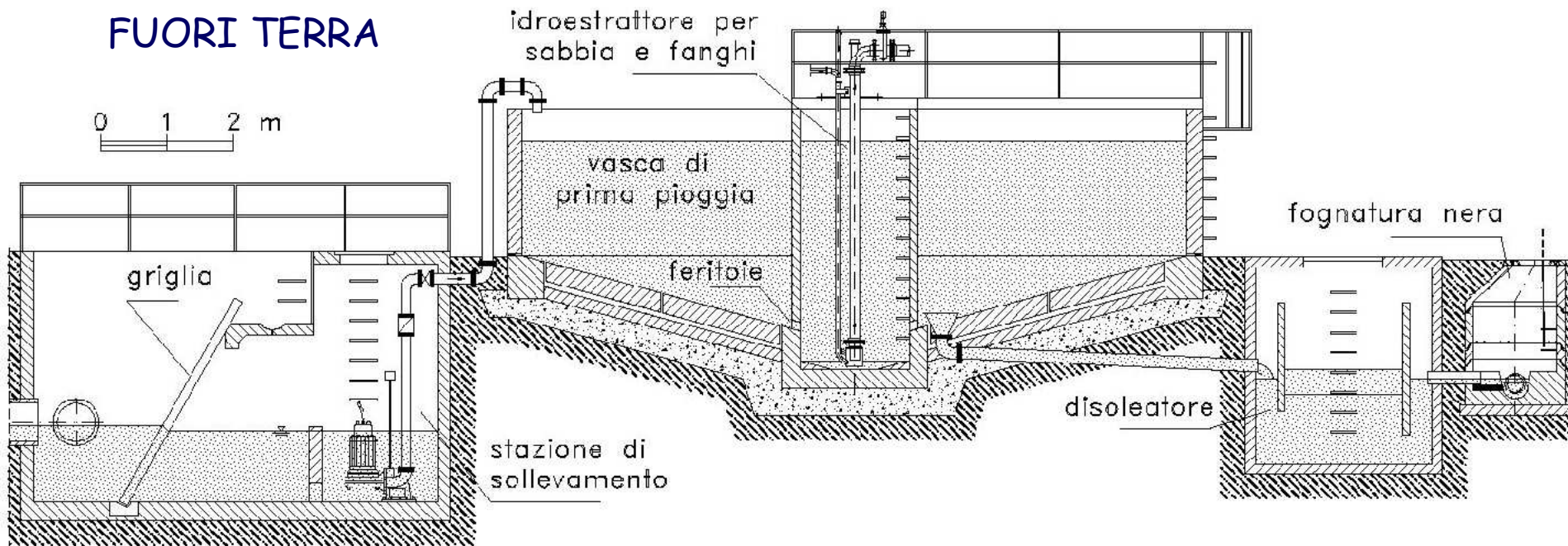
VASCA DI PRIMA PIOGGIA



INTERRATA



FUORI TERRA



AFFIDABILITÀ

PROBABILITÀ CHE IL SISTEMA (O UNA COMPONENTE) ASSOLVA ALLE PROPRIE FUNZIONI IN DETERMINATE CONDIZIONI OPERATIVE PER UN PREFISSATO PERIODO DI TEMPO

DISPONIBILITÀ

PROBABILITÀ CHE IL SISTEMA (O UNA COMPONENTE) SIA IN GRADO DI ASSolvere LE PROPRIE FUNZIONI IN DETERMINATE CONDIZIONI OPERATIVE NEL GENERICO ISTANTE

AFFIDABILITÀ: SISTEMI A COMPONENTI NON RIPARABILI

T_g DURATA DEL TEMPO DI GUASTO

DISPONIBILITÀ: SISTEMI A COMPONENTI RIPARABILI

T_g DURATA DEL TEMPO DI GUASTO

T_r DURATA DEL TEMPO DI RIPARAZIONE

$\lambda = 1 / \langle T_g \rangle$ TASSO DI FALLANZA (COSTANTE)

$\mu = 1 / \langle T_r \rangle$ TASSO DI RIPARAZIONE (COSTANTE)

UNITÀ DI POMPAGGIO

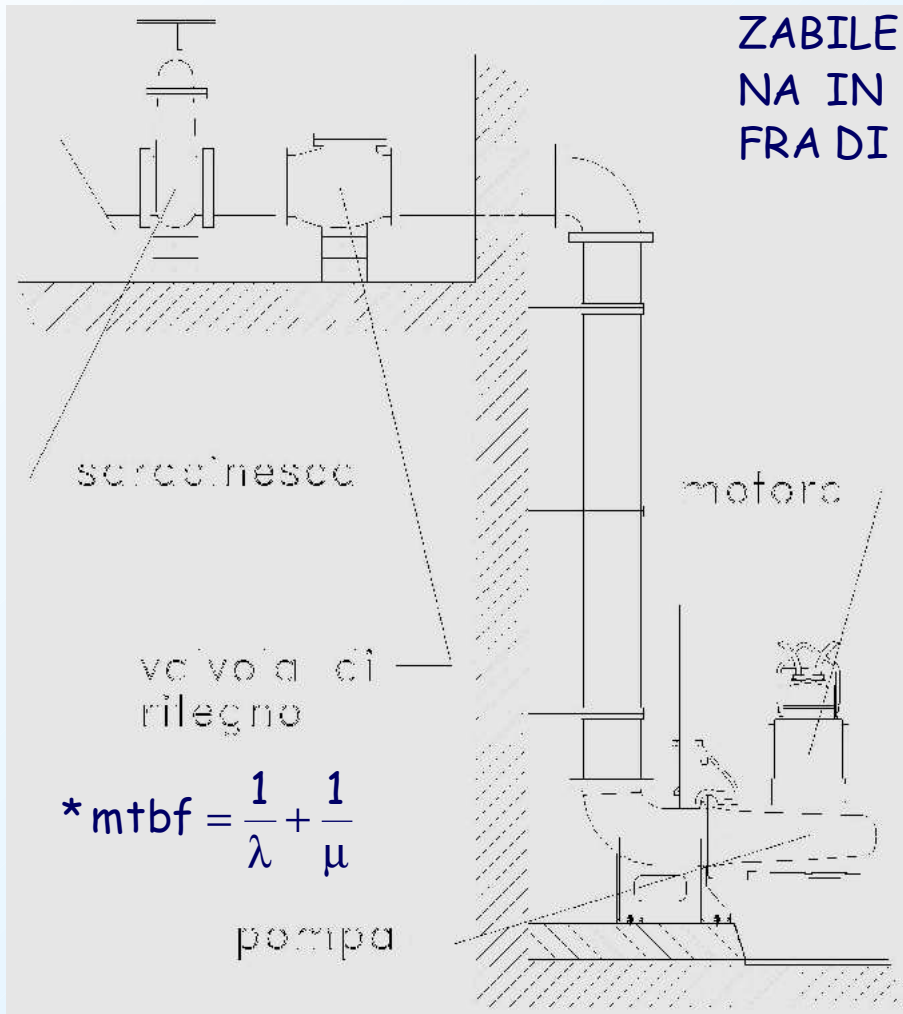
L'INSIEME DEI DISPOSITIVI ELETTROMECCANICI ED IDRAULICI (ALIMENTAZIONE, MOTORE, ALBERO DI TRASMISSIONE, POMPA, VALVOLE) FRA LORO CONNESSI IN SERIE CHE CONSENTONO L'ALLONTANAMENTO DI UNA PREFISSATA PORTATA

L'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO È SCHEMATIZZABILE DA PIÙ UNITÀ DI POMPAGGIO (CIASCUNA IN GRADO DI EVACUARE LA PORTATA Q_p) FRA DI LORO CONNESSE IN PARALLELO

valori di mtbf* (ore) [Mays & Cullinane, 1986]

Componente	Impianti civili	Impianti nucleari	Impianti militari
Pompe centrifughe	$2,2 \times 10^4$	$4,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$
Pompe assiali	$7,4 \times 10^4$	$2,7 \times 10^5$	---
Organi di trasmissione	$3,6 \times 10^4$	$7,0 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$
Motori multifase a corrente alternata	$6,8 \times 10^4$	$2,6 \times 10^5$	$7,6 \times 10^5$
Valvole sferiche	$1,1 \times 10^4$	$8,0 \times 10^4$	$1,1 \times 10^6$
Valvole a farfalla	$3,3 \times 10^4$	$5,0 \times 10^5$	$7,3 \times 10^5$
Saracinesche	$8,9 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$	$7,0 \times 10^3$

$$a = 1 - f = 0,8 = \text{cost}$$

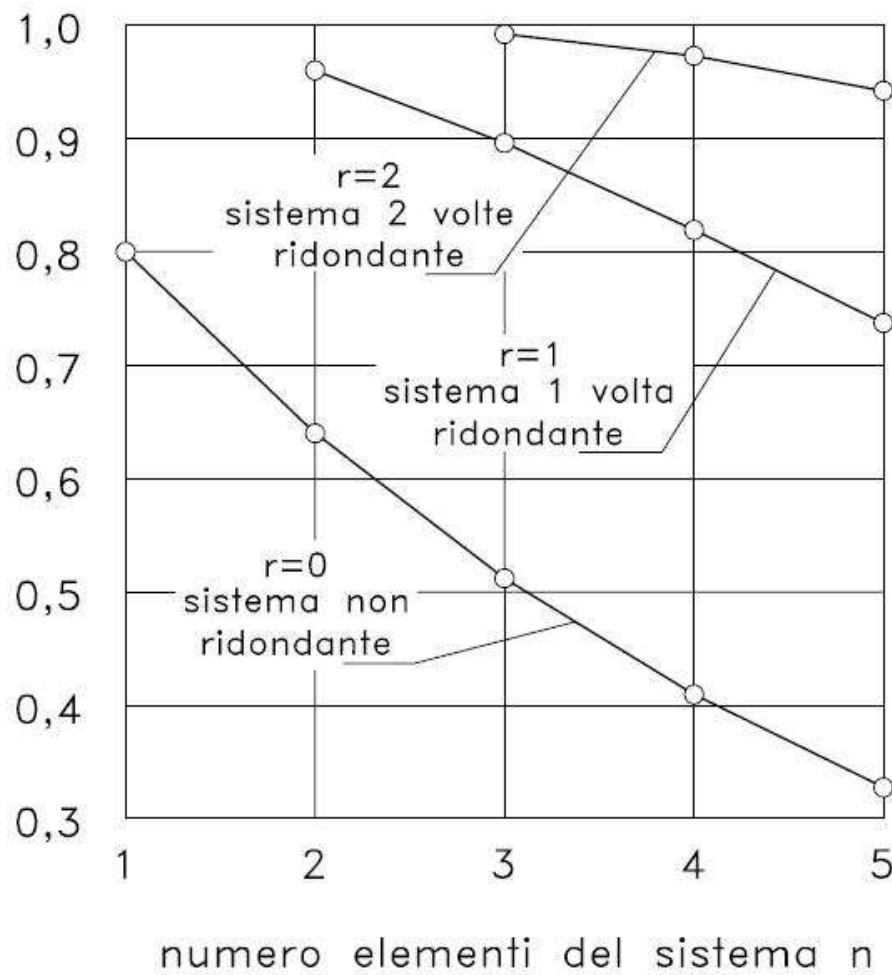


PROBABILITÀ DI CORRETTO FUNZIONAMENTO (AFFIDABILITÀ) A_Q DELL'IMPIANTO NEI CONFRONTI DELLA PORTATA DI PROGETTO DETERMINISTICA Q (MODELLO STATICO)

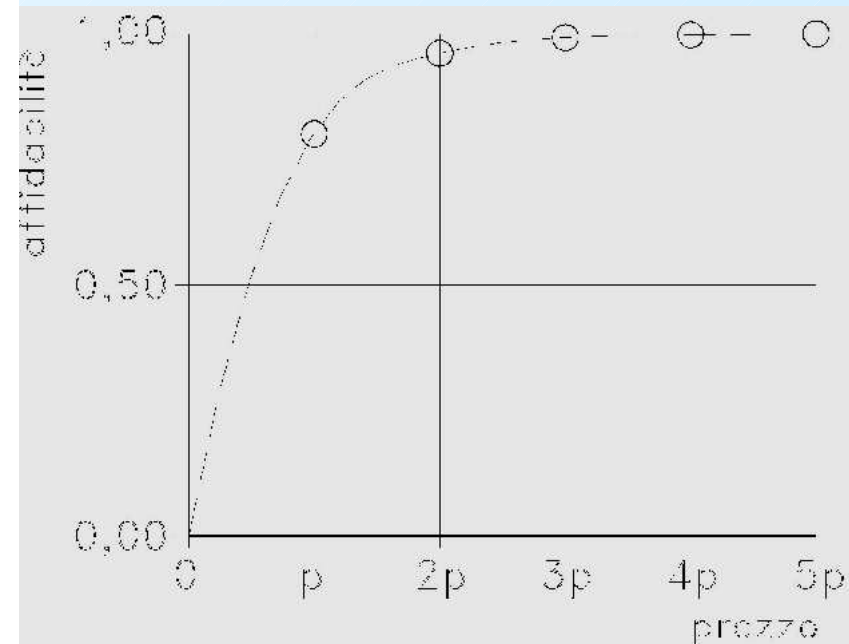
-PER $n = \text{COST.}$ A_Q CRESCE AL CRESCERE DI r ;

-PER $r = \text{COST.}$ A_Q DECRESCE AL CRESCERE DI n

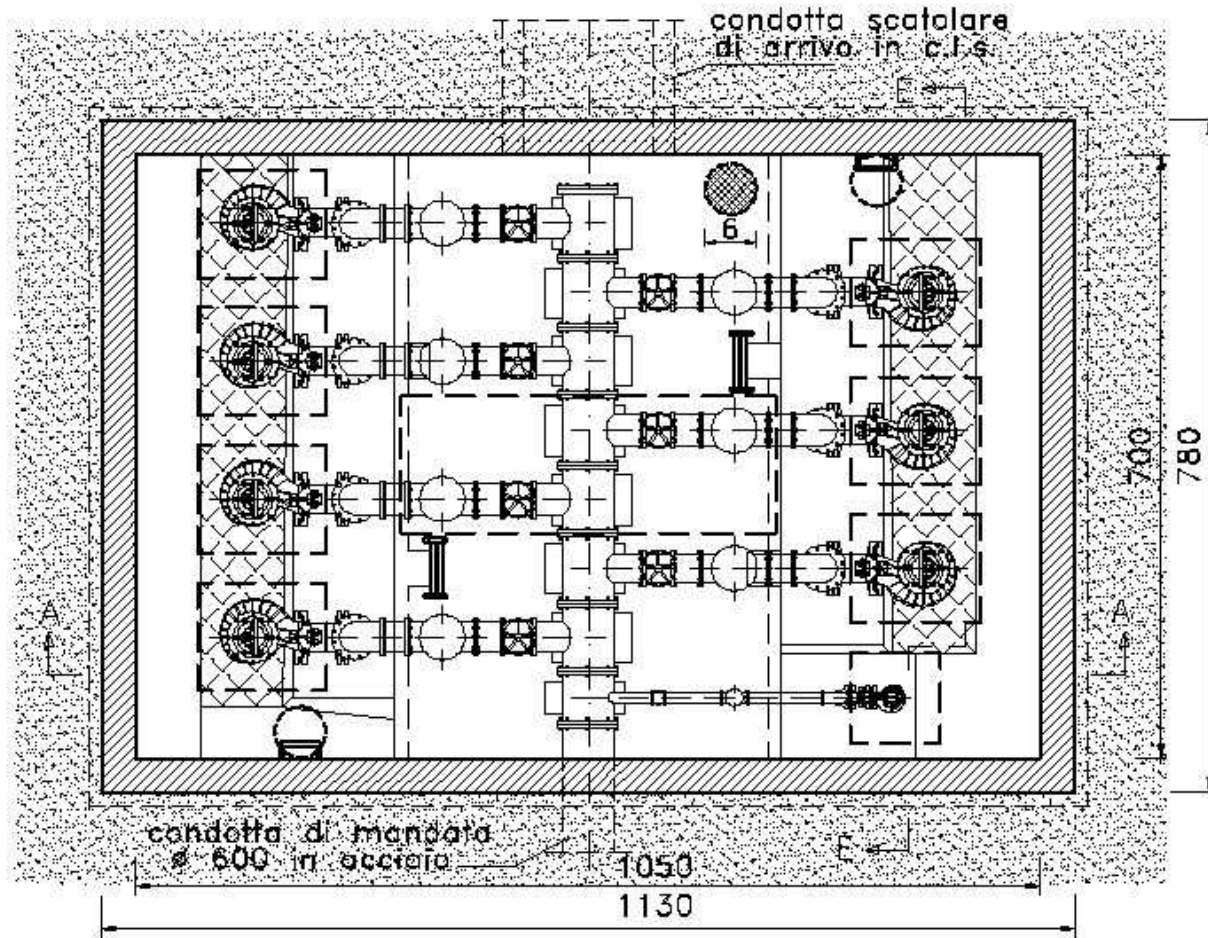
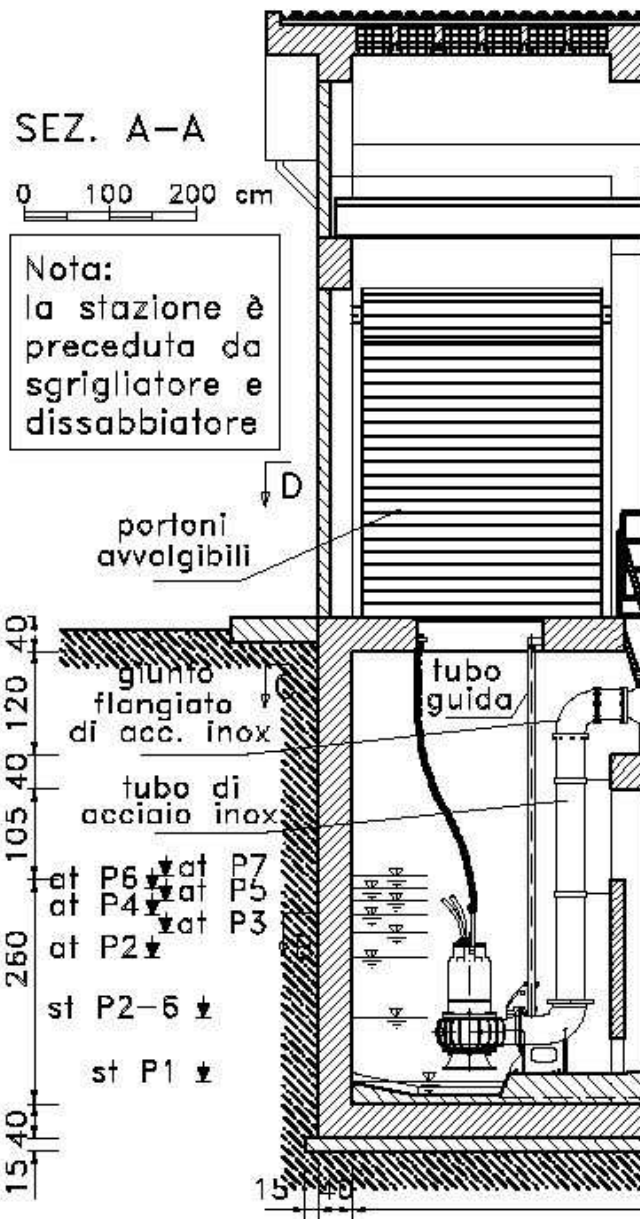
probabilità di corretto funzionamento A_Q



$$A_Q = 1 - \sum_{k=0}^{n-r-1} \binom{n}{k} (1-f)^k f^{n-k}$$



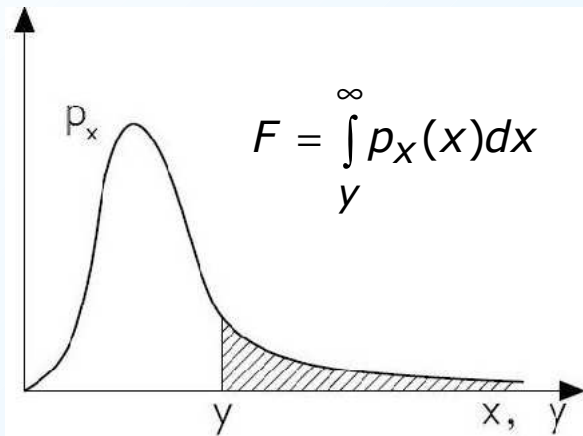
FRAZIONARE LA PORTATA È UN ERRORE?



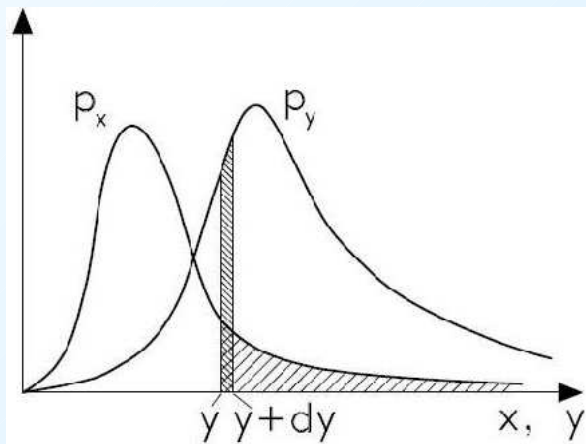
PIANTA C-C

at = attacco
st = stacca

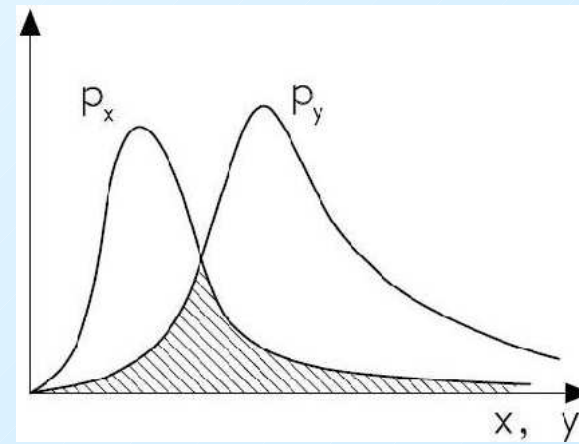
CONSIDERARE PORTATA IN INGRESSO ED IN USCITA ENTRAMBE V.A.



modelli di interferenza
statistica fra le variabili
 x e y

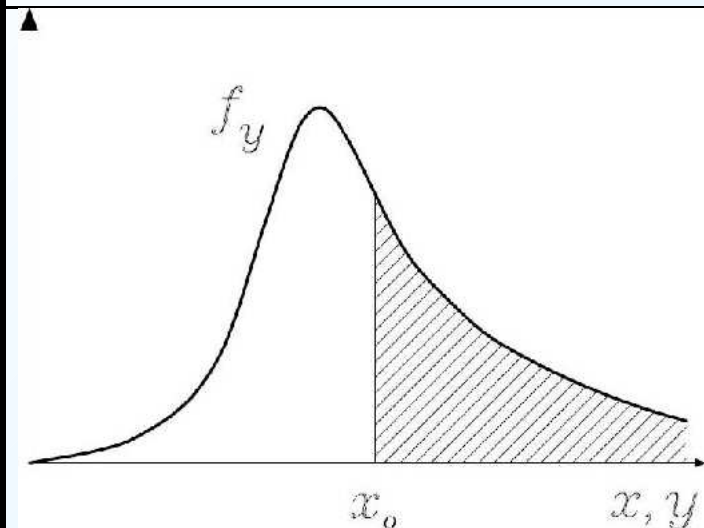


$$dF = \int_y^{\infty} p_x(x) dx \cdot p_y(y') dy'$$

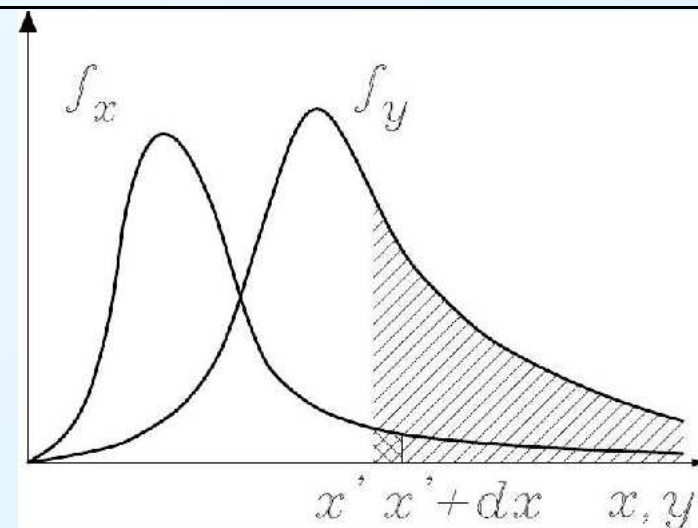


$$F = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} p_x(x) p_y(y') dx dy'$$

**CARICO X DETERMINISTICO
RESISTENZA Y ALEATORIA**



**CARICO X ALEATORIO
RESISTENZA Y ALEATORIA**



MODELLO STATICO

$$R_{x_0} = \int_{x_0}^{\infty} f_y(y') dy'$$

$$R = \int_0^{\infty} f_x(x') dx' \int_{x_0}^{\infty} f_y(y') dy'$$

**NUMERO DETERMINISTICO DI RIPETIZIONI DEL CARICO
(MODELLO DINAMICO DI I TIPO)**

$$R_{x_0} = \left[\int_{x_0}^{\infty} f_y(y') dy' \right]^i$$

$$R = \left[\int_0^{\infty} f_x(x') dx' \int_{x_0}^{\infty} f_y(y') dy' \right]^i$$

**NUMERO CASUALE DI RIPETIZIONI DEL CARICO
(MODELLO DINAMICO DI II TIPO)**

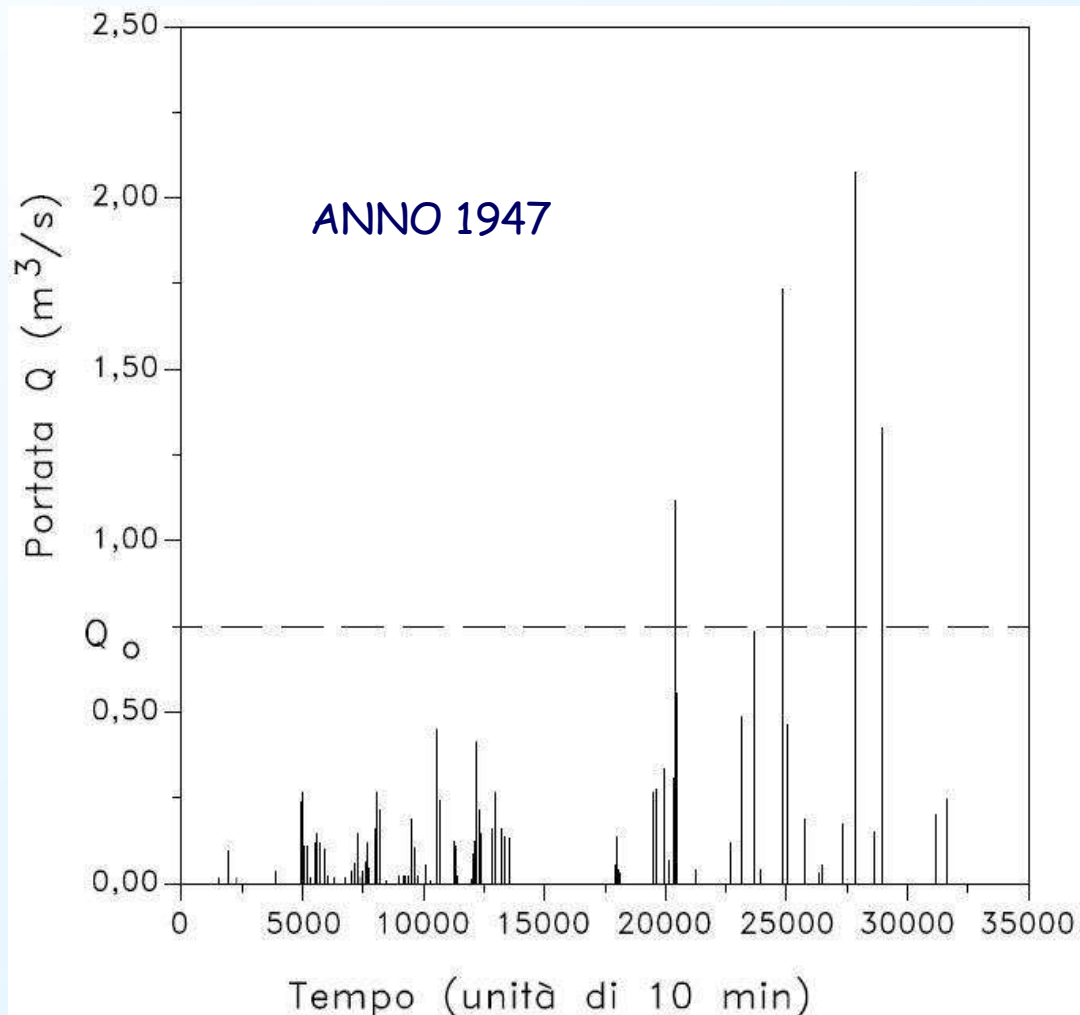
$$R_{x_0} = \sum_{i=0}^{\infty} \pi_i(t; x_0) \left[\int_{x_0}^{\infty} f_y(y') dy' \right]^i$$

$$R = \int_0^{\infty} \sum_{i=0}^{\infty} \pi_i(t; x) \left[\int_{x_0}^{\infty} f_y(y') dy' \right]^i f_x(x') dx'$$

UN ESEMPIO DI CALCOLO

DATI DISPONIBILI:

SERIE STORICA DELLE PRECIPITAZIONI DAL 1947 AL 1992
NELLA STAZIONE DI MESTRE - VENEZIA
ACQUISITE CON SCANSIONE DI 10 MINUTI



CALCOLO DELLE PORTATE
SVILUPPATO CON L'AUSILIO DI
TRASFORMAZIONE AFFLUSSI -
DEFLUSSI DETERMINISTICA

METODO CINEMATICO

TEMPO DI CORRIVAZIONE
30 MINUTI

SUPERFICIE BACINO
50 ETTARI

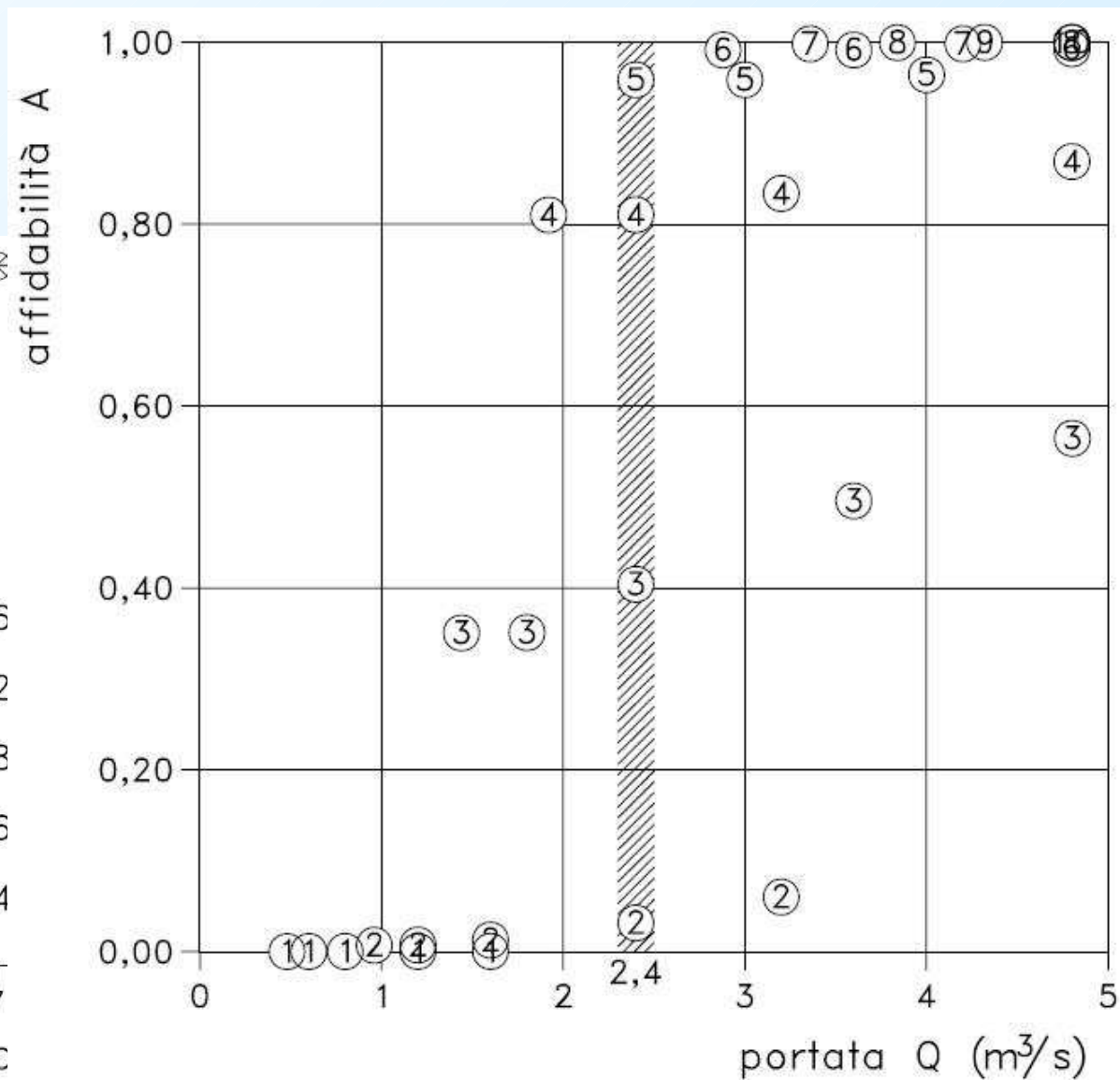
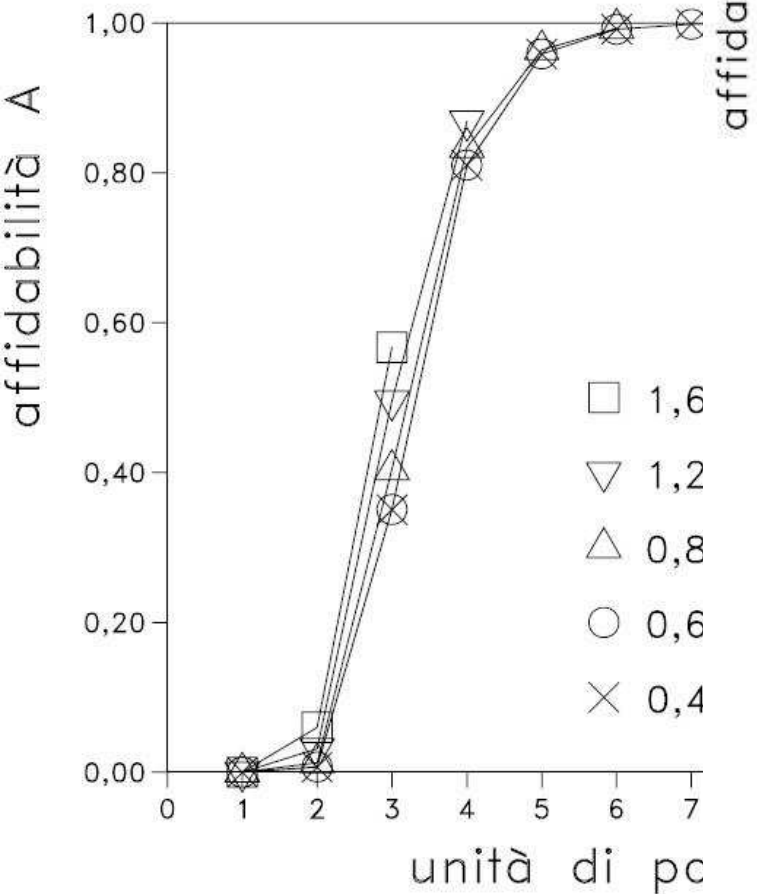
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
0,4

PORTATA ($T_r=5$ ANNI)
2,4 m^3/s

APPLICAZIONE DI UN MODELLO DINAMICO

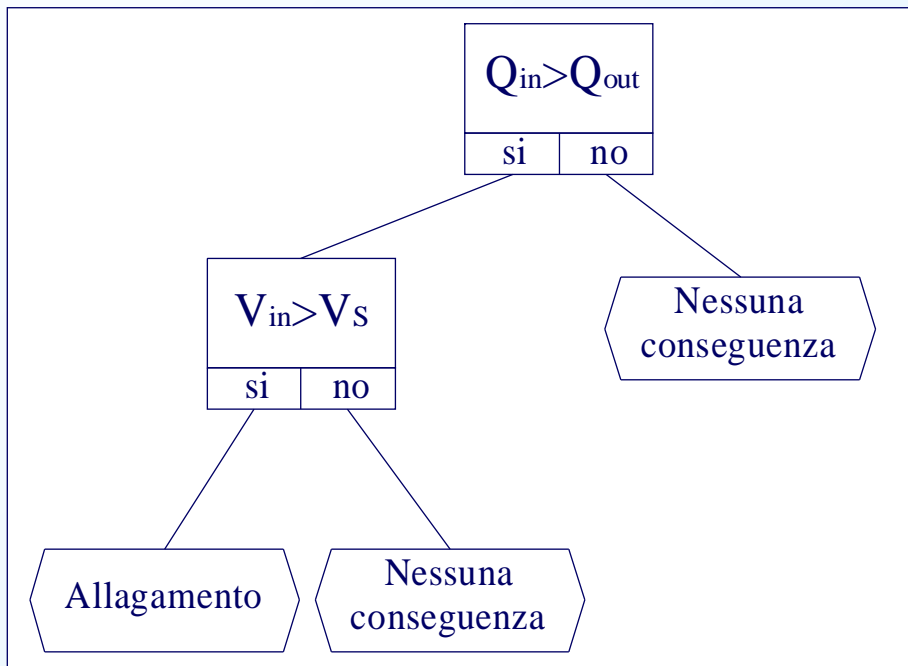
PORTATA TOTALE EVACUABILE DALLA STAZIONE DI SOLLEVAMENTO: 4,8 m³/s

1 × 4,80 m³/s 6 × 0,80 m³/s
 2 × 2,40 m³/s 8 × 0,60 m³/s
 3 × 1,60 m³/s 10 × 0,48 m³/s
 4 × 1,20 m³/s



ANCORA UN MODELLO DINAMICO

SI DISPONE DI UN VOLUME V_s INVASABILE "SENZA DANNO"



IL VOLUME V_s È DA DEFINIRE IN RELAZIONE AD UNA SPECIFICA ANALISI SULLA VULNERABILITÀ DELL'AREA SOGGETTA AI POTENZIALI EVENTI DI ALLAGAMENTO

$$R(e, I) = H(I) \cdot V(e, I) \cdot E(e)$$

Fenomeni potenzialmente dannosi

allagamento della stazione di sollevamento, il rigurgito degli eventuali scolmatori, l'allagamento parziale o totale dell'area drenata

Formulazione del meccanismo di fallanza

portata in arrivo maggiore della portata evacuabile da: opere elettromeccaniche, dispositivi di by-pass, ... considerata anche l'eventuale presenza di un emissario

Calcolo della probabilità di fallanza

valutazione delle distribuzioni di probabilità di carico e resistenza e loro confronto

Quantificazione delle conseguenze

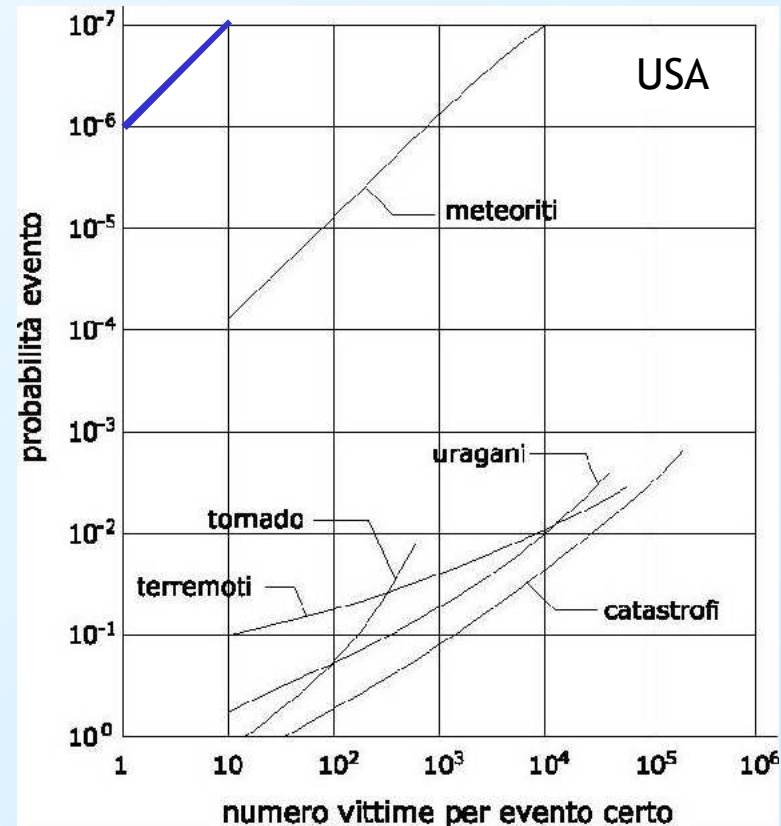
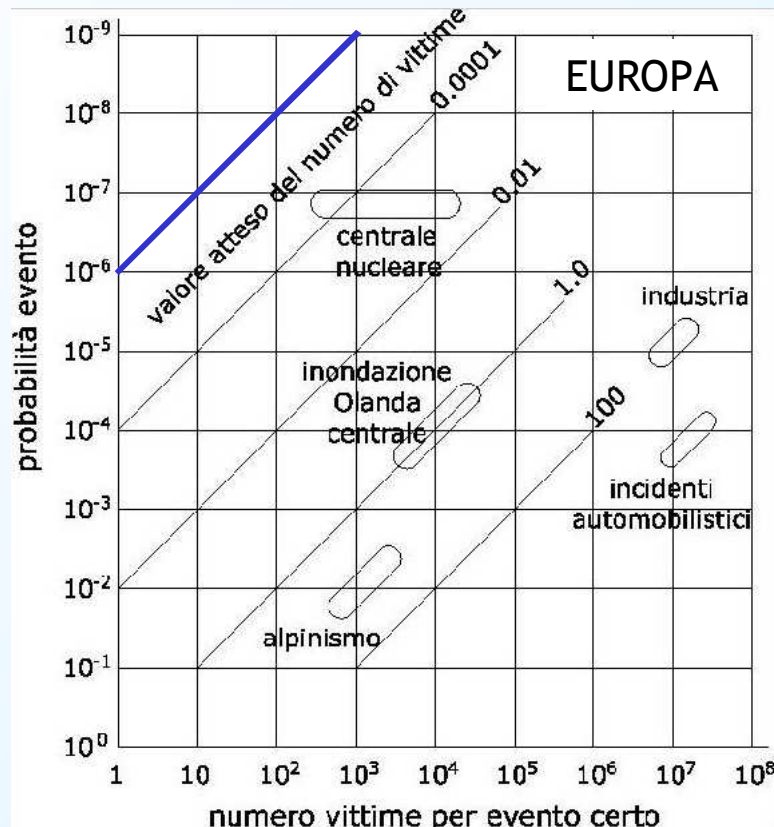
ad esempio in dipendenza del volume esondato;

Valutazione del rischio

basata su considerazioni a carattere socio-economiche

IL PROBLEMA DELLE VITTIME

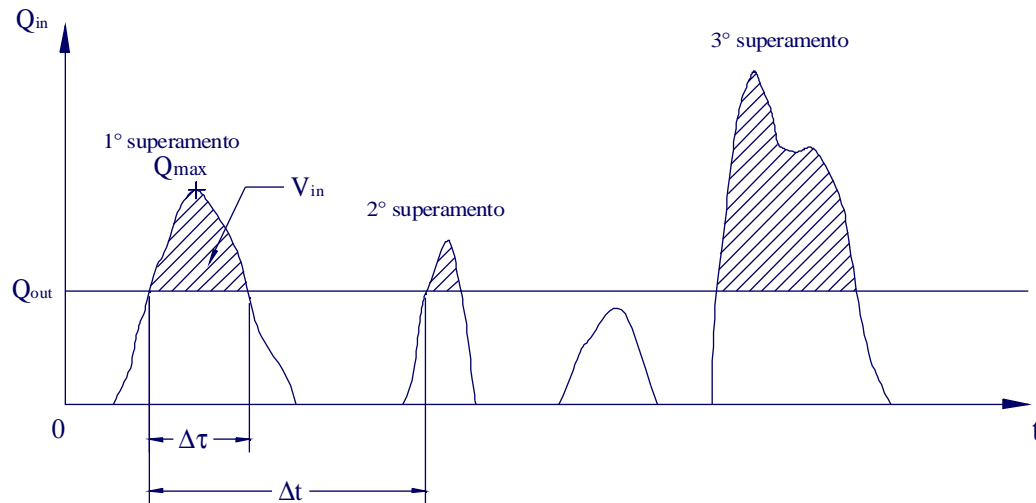
Esiste un livello di rischio accettabile per la vita umana?



La percezione del rischio è diversa a livello personale e a livello sociale

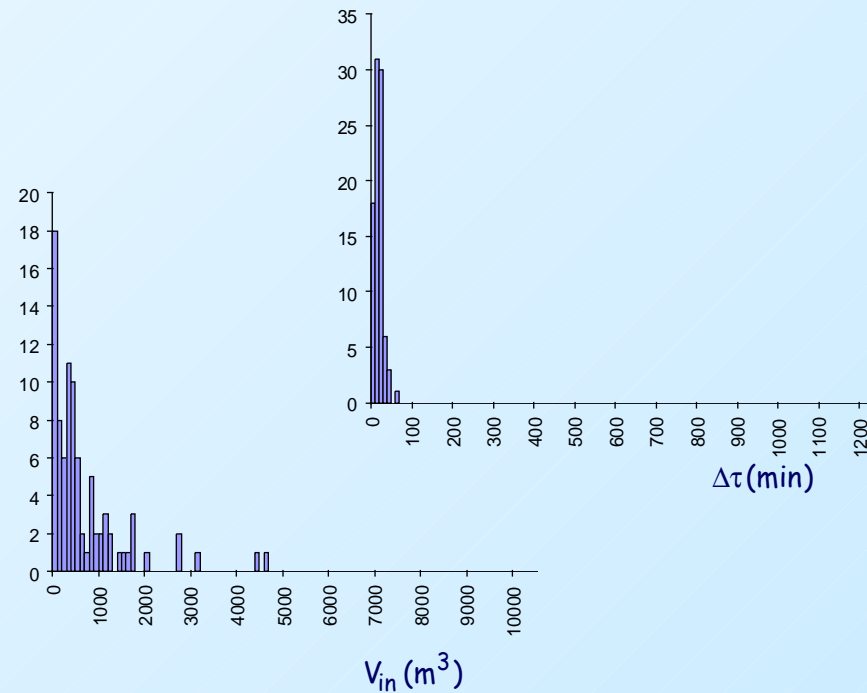
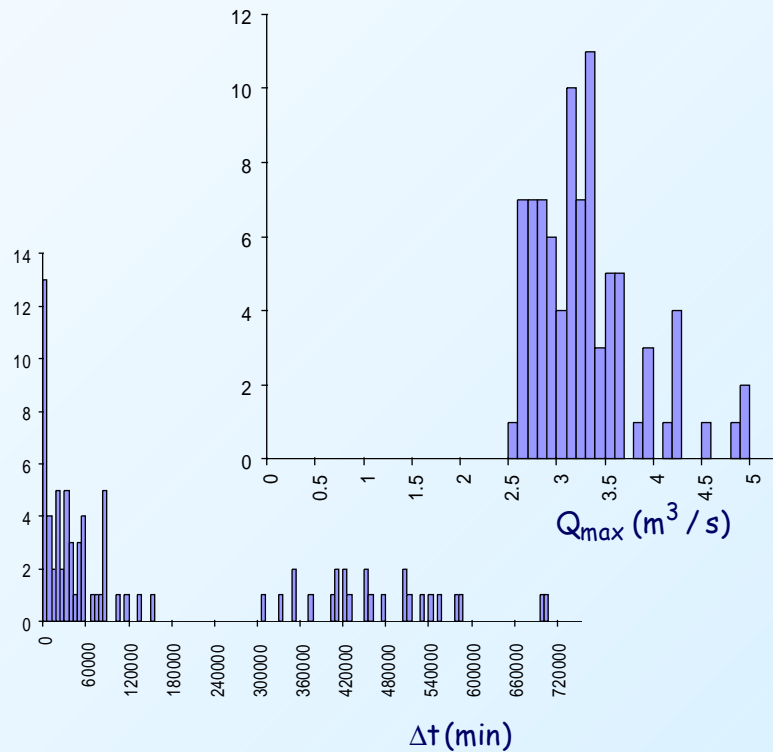
Può essere socialmente accettato il valore di $10^{-6} \div 10^{-7}$ vittime/anno

IDENTIFICAZIONE DI PORTATE E VOLUMI IN ARRIVO



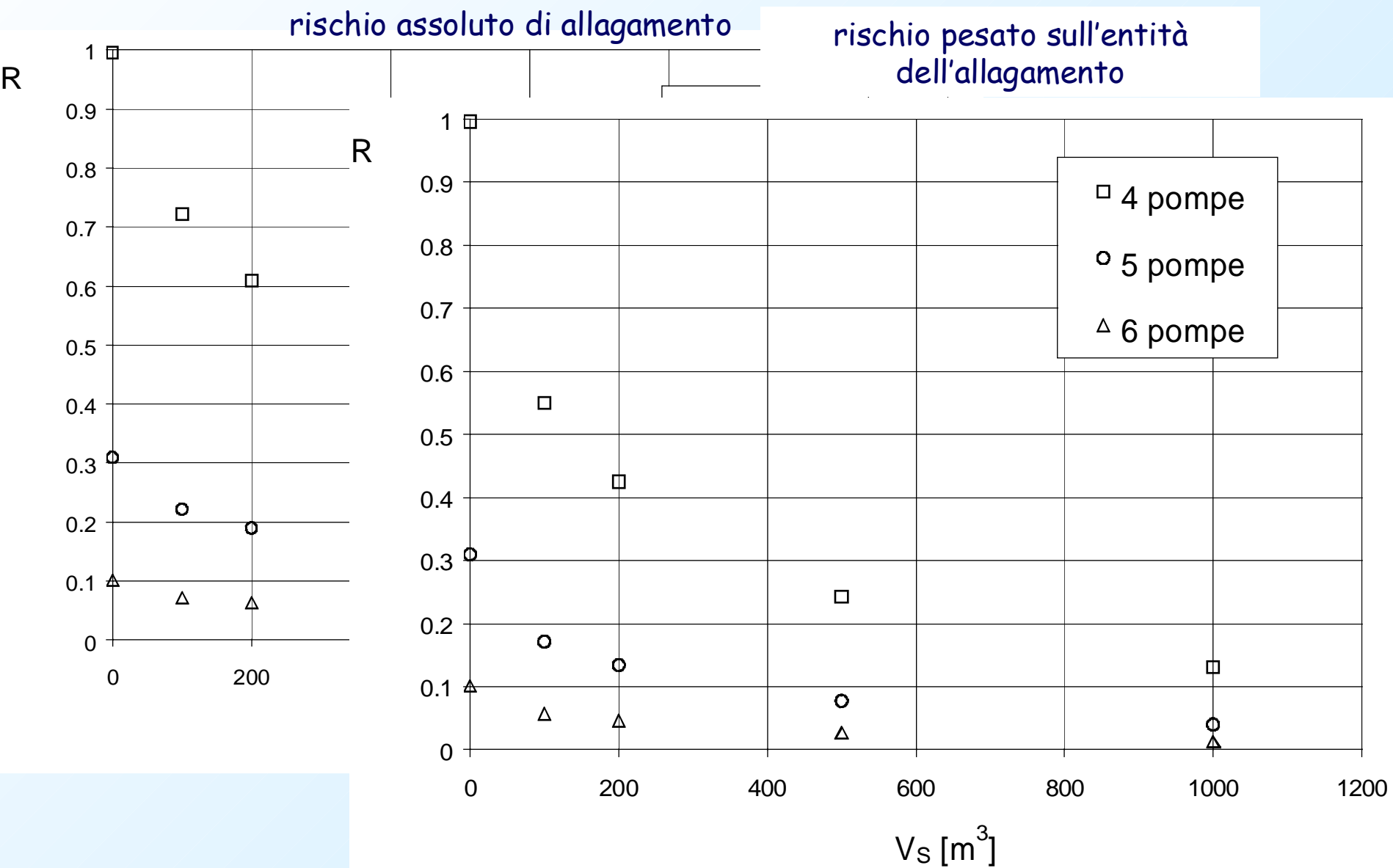
PER TENER CONTO DEL VOLUME V_s BISOGNA RIFORMULARE IL MECCANISMO DI FALLANZA

È NECESSARIO DEFINIRE LE STATISTICHE DEI SUPERAMENTI PER PREFISSATI VALORI DI SOGLIA



... PER CAPIRE COME VARIA LA FREQUENZA DEGLI ALLAGAMENTI

$V_s = 100 \div 1000 \text{ m}^3 \rightarrow 30\% \div 75\% V_{in}$



CONSIDERAZIONI

- ✓ LA PORTATA TOTALE DA EVACUARE VA FRAZIONATA: QUESTO GARANTISCE UNA ADEGUATA ELASTICITÀ DI FUNZIONAMENTO
- ✓ IL NUMERO MASSIMO DELLE POMPE VA SCELTO IN BASE A CONSIDERAZIONI ECONOMICHE RIGUARDANTI I COSTI DELLE STESSE E DELLE OPERE CIVILI
- ✓ AVERE DISPONIBILE UN VOLUME ALLAGABILE "SENZA DANNO" RIDUCE LA NECESSITÀ DI FRAZIONARE LA PORTATA DA EVACUARE