

27 giugno 2019

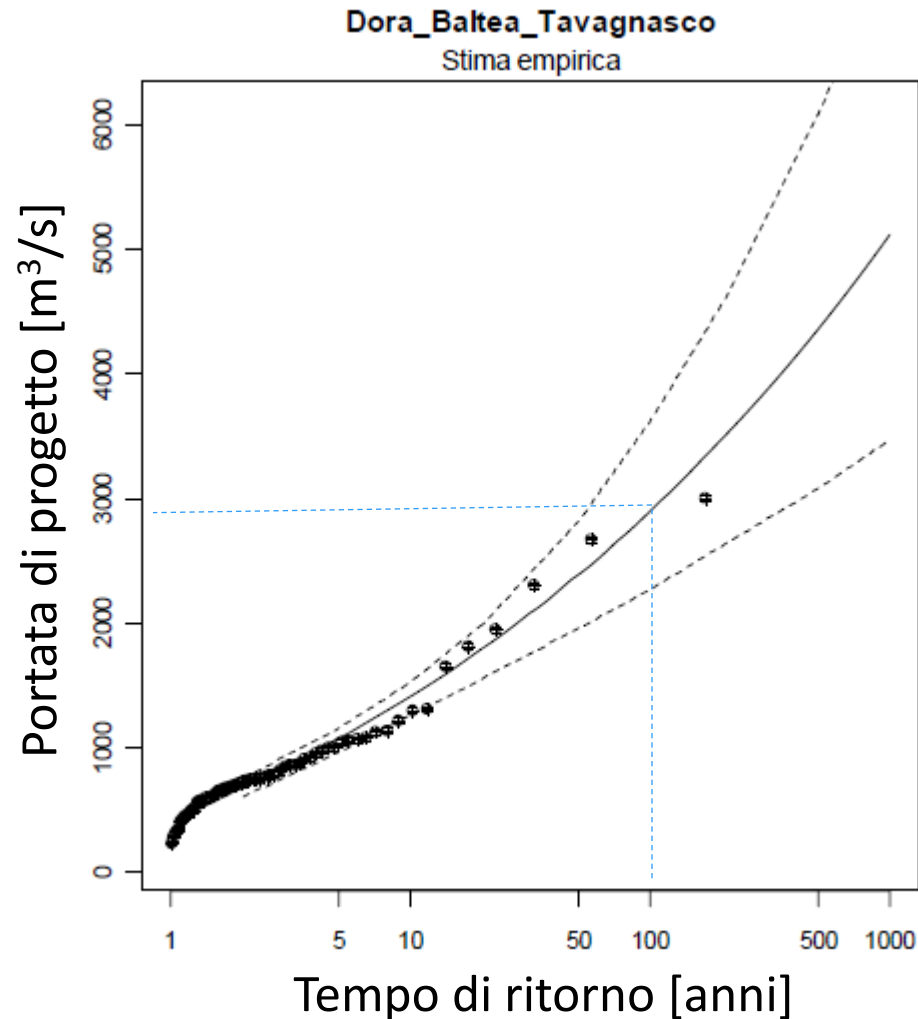
Francesco Laio - DIATI, Politecnico di Torino e  
Gruppo Alluvioni (GRAL)

# La Determinazione delle Portate di Progetto in un Clima e in un Territorio che Cambiano

## METTIAMOCI IN RIGA



# Portata di progetto in condizioni stazionarie



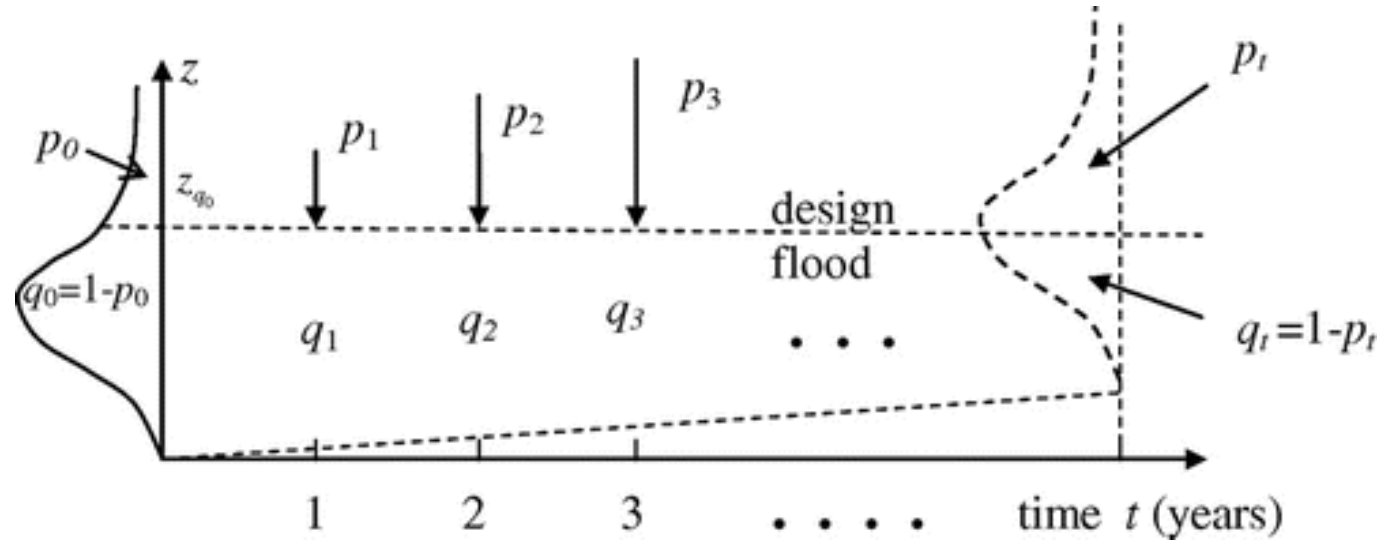
Ingredienti necessari:

- tempo di ritorno  $T$  (da pianificazione)
- distribuzione di probabilità delle portate di piena  $P(q)$  (da analisi idrologiche)

Si determina la portata di progetto  $q_{des}$  dall'eq.

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

# Pericolosità idraulica in condizioni non-stazionarie



La distribuzione di prob. varia di anno in anno  $P(q|t)$  dove  $t$  è il tempo

$$\text{Esempio Gumbel: } P(q|t) = \exp \left[ -\exp \left[ -\frac{q - \vartheta_1(t)}{\vartheta_2(t)} \right] \right]$$

$$\vartheta_1(t) = \vartheta_1 + a_1 t$$

$$\vartheta_2(t) = \vartheta_2 + a_2 t$$

# Le sfide della gestione del rischio alluvionale in condizioni non stazionarie





Come si stima la pericolosità idraulica  
in condizioni non stazionarie, ossia  
come determino  $P(Q|t)$  ?

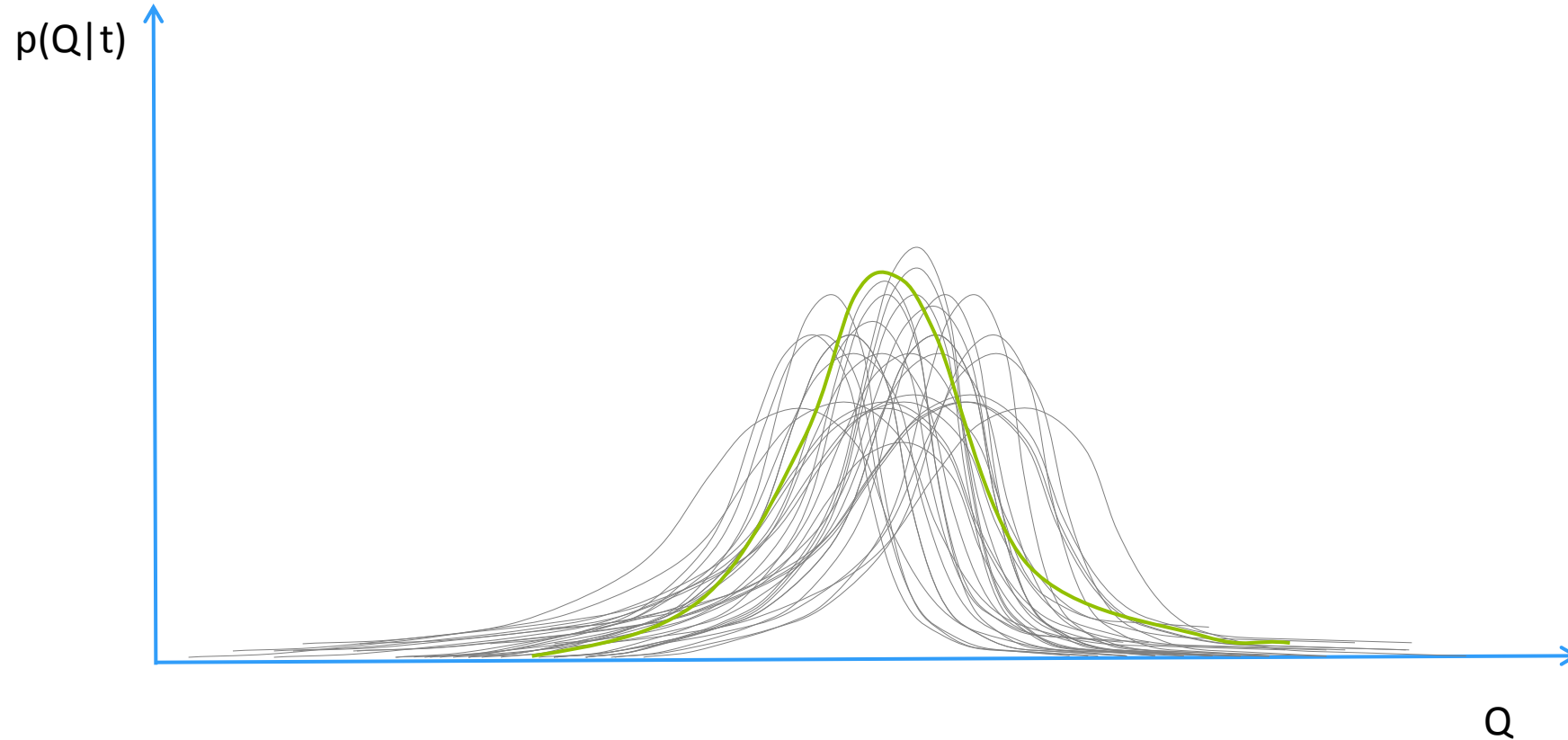


# Stima della distribuzione di probabilità non-stazionaria



	<b>Analisi statistica non stazionaria (locale o regionale)</b>	<b>Precipitazioni sintetiche (non stazionarie) e afflussi deflussi</b>	<b>Proiezioni climatiche, downscaling precipitazioni estreme, afflussi-deflussi</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>operativamente semplice</li> <li>basato su dati e non su modelli</li> </ul>	basato su modelli generazione piogge estreme molto avanzati	sfrutta efficacemente le competenze esistenti sulla possibile evoluzione del clima
	<ul style="list-style-type: none"> <li>molti parametri-&gt; elevata incertezza di stima</li> <li>basato su ipotesi non verificabile: il futuro si comporterà come il passato</li> <li>nessun legame con scenari di camb. climatico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>modelli di formazione delle piene difficilmente calibrabili in condizioni non stazionarie</li> <li>legame con scenari IPCC non semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>numerosi modelli climatici con risultati anche divergenti sulle piogge estreme</li> <li>modelli di formazione delle piene difficilmente calibrabili in condizioni non stazionarie</li> </ul>

Come si stima la pericolosità idraulica in condizioni non stazionarie, ossia come determino  $P(q|t)$  ?



**Approccio multi-modello con model-averaging e quantificazione esplicita dell'incertezza di stima**

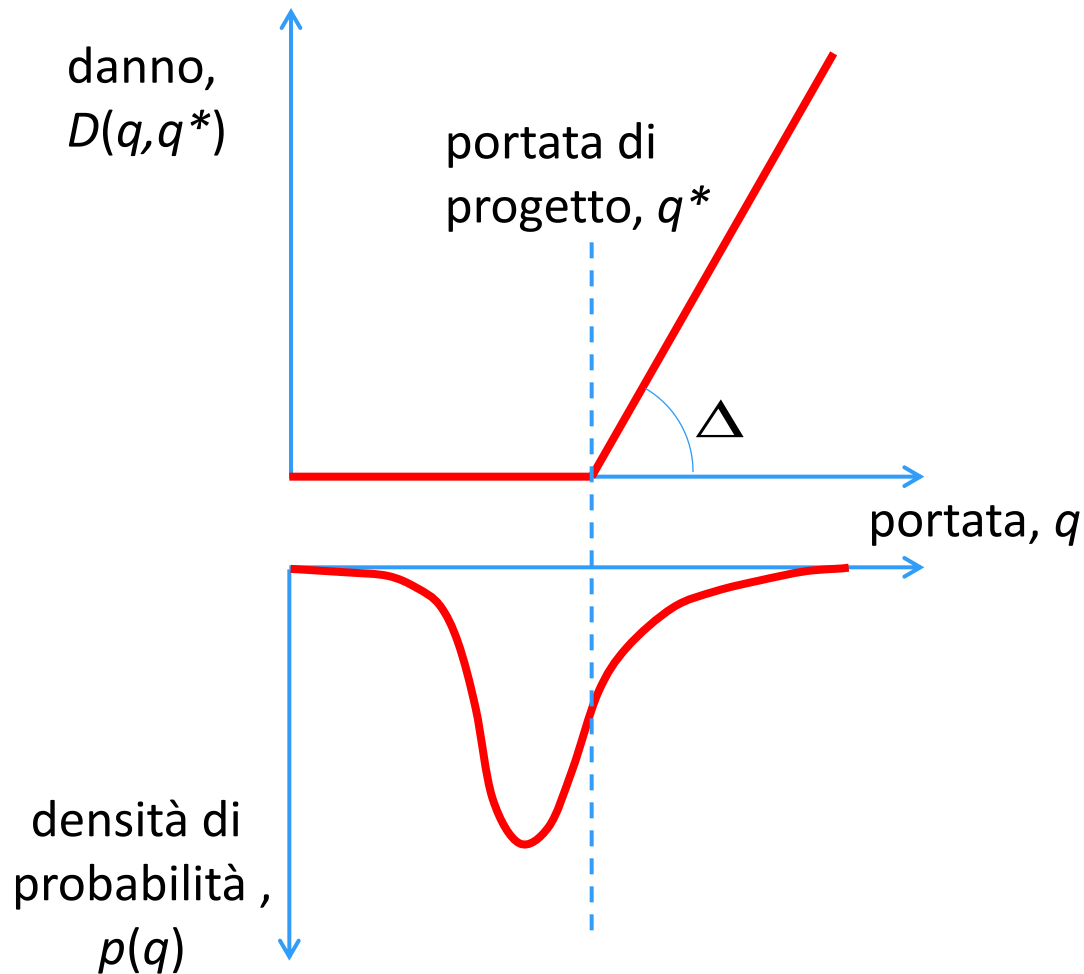
# Le sfide della gestione del rischio alluvionale in condizioni non stazionarie



Se cambia la distribuzione di probabilità cambia anche la portata di progetto di anno in anno? Come tengo conto dell'incertezza di stima? E soprattutto, l'argine quanto lo faccio alto?



# Portate di progetto non-stazionarie. Approccio basato su principio di minimo costo

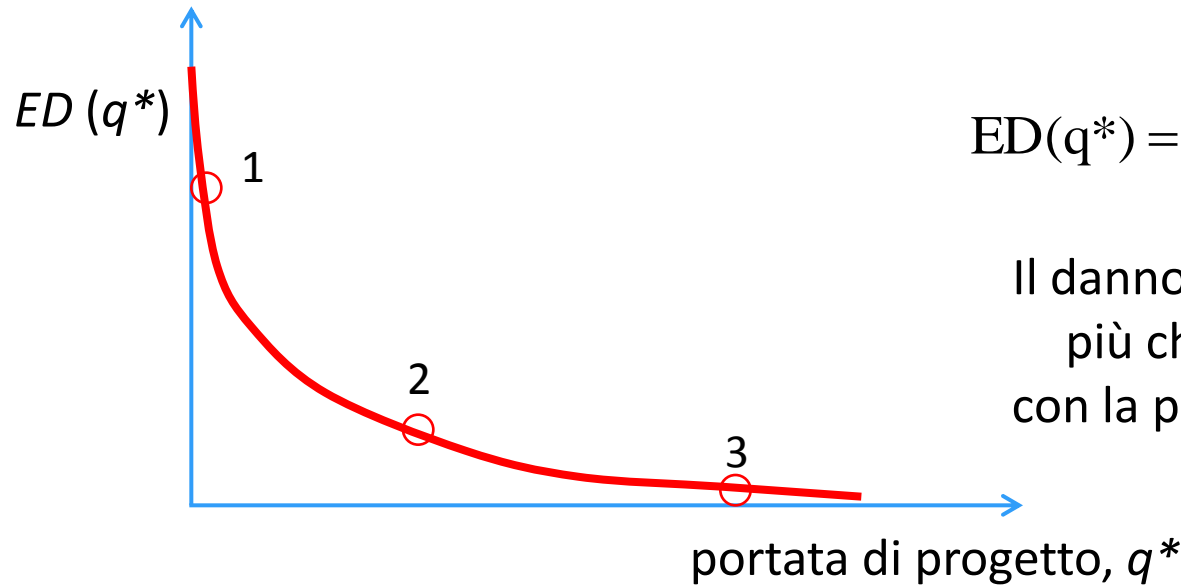
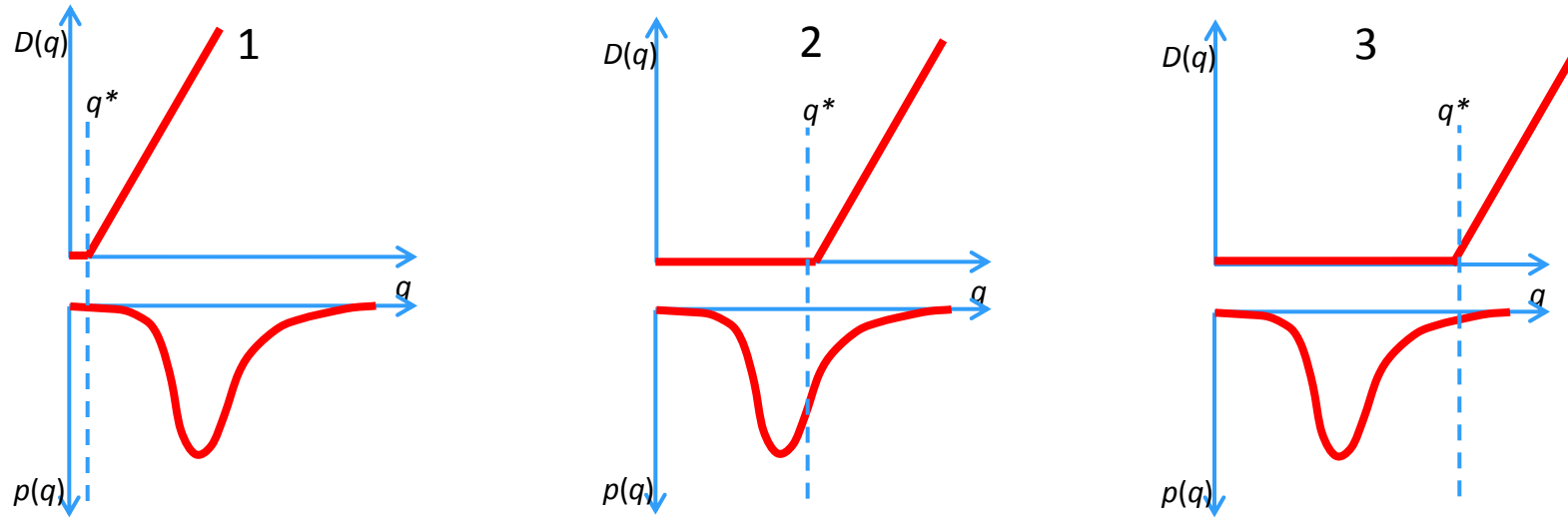


danno atteso

$$ED(q^*) = \int_{q^*}^{\infty} D(q)p(q)dq$$
$$= \Delta \int_{q^*}^{\infty} (q - q^*) \cdot p(q)dq$$



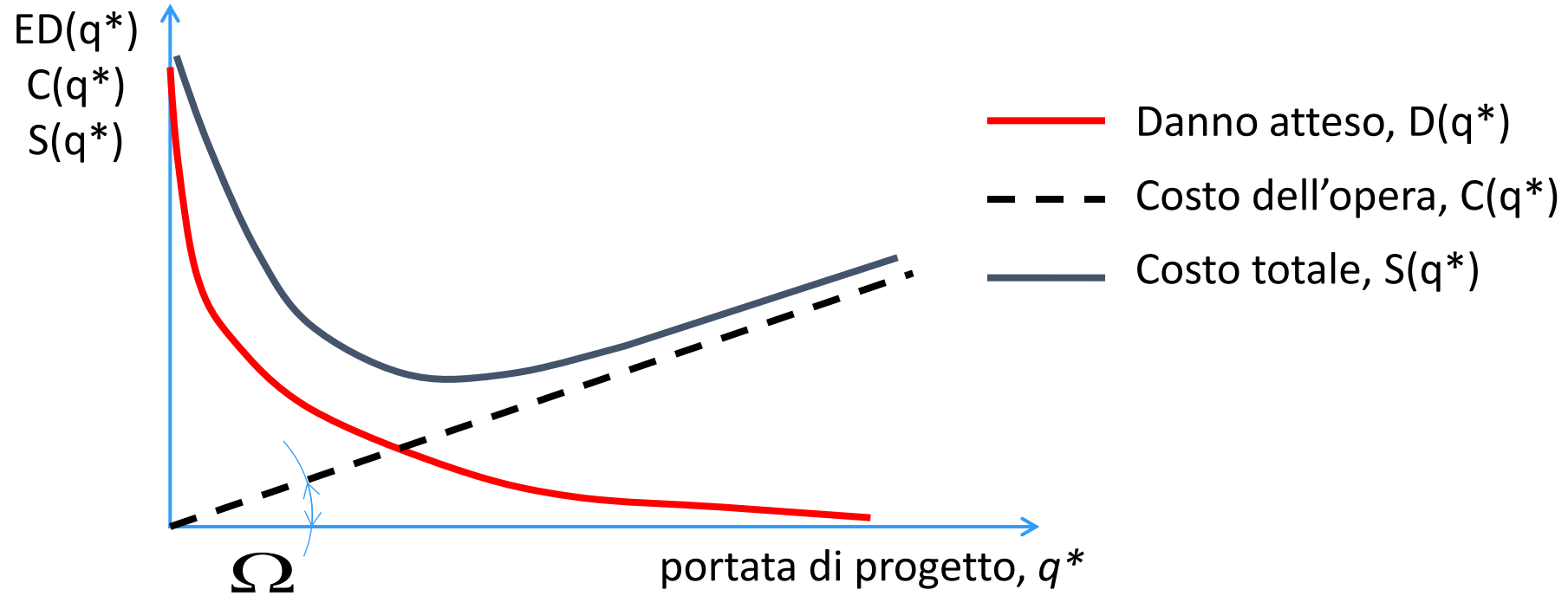
# Analisi costi-benefici: danno atteso



$$ED(q^*) = \Delta \int_{q^*}^{\infty} (q - q^*) \cdot p(q) dq$$

Il danno atteso decresce  
più che linearmente  
con la portata di progetto

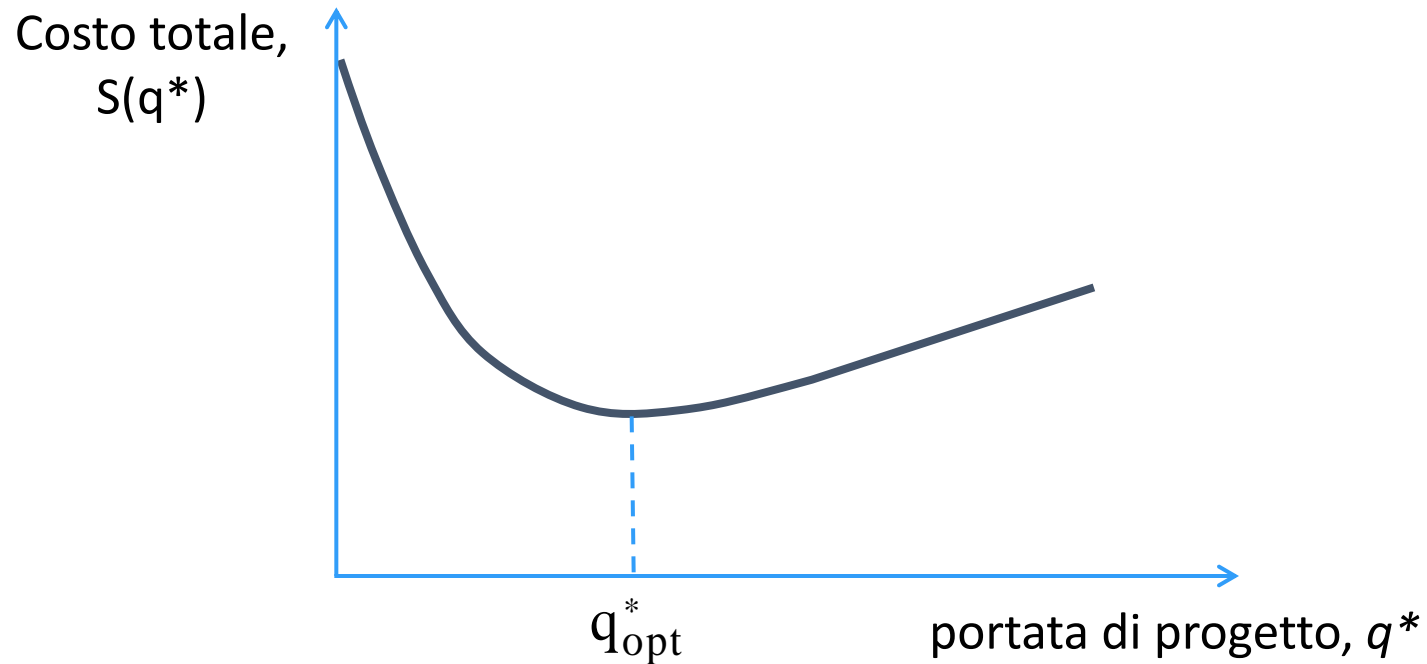
# Analisi costi-benefici: costo totale



Costo totale

$$S(q^*) = ED(q^*) + C(q^*) = \Delta \int_{q^*}^{\infty} (q - q^*) \cdot p(q) dq + \Omega \cdot q^*$$

# Analisi costi-benefici: punto di minimo costo



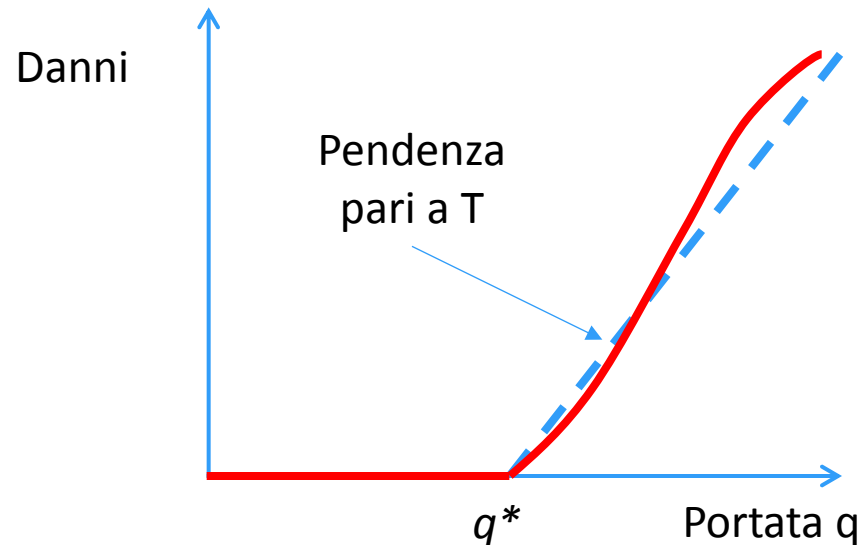
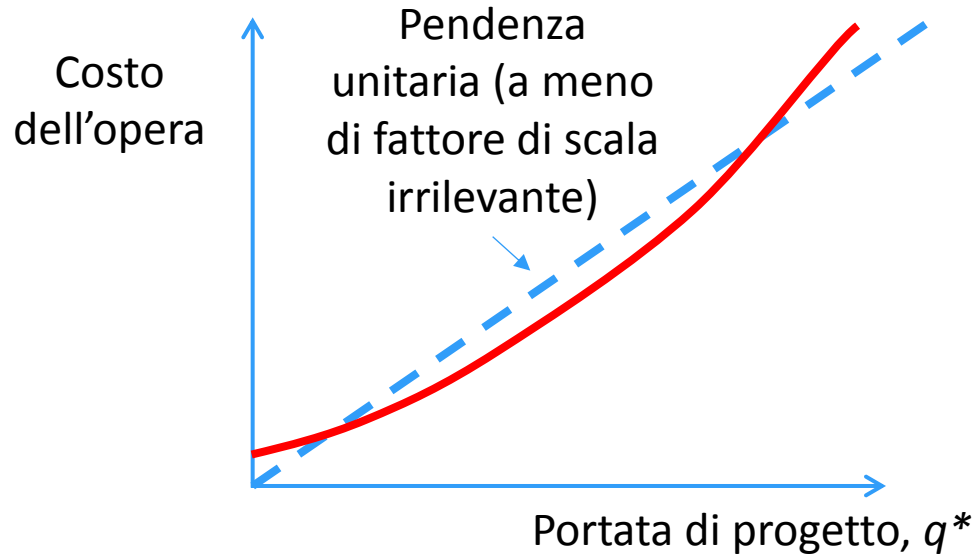
$$\frac{dS(q^*)}{dq^*} = -\Delta \cdot (1 - P(q^*_{opt})) + \Omega = 0$$

⇓

$$q^*_{opt} = P^{-1}\left(1 - \frac{\Omega}{\Delta}\right)$$

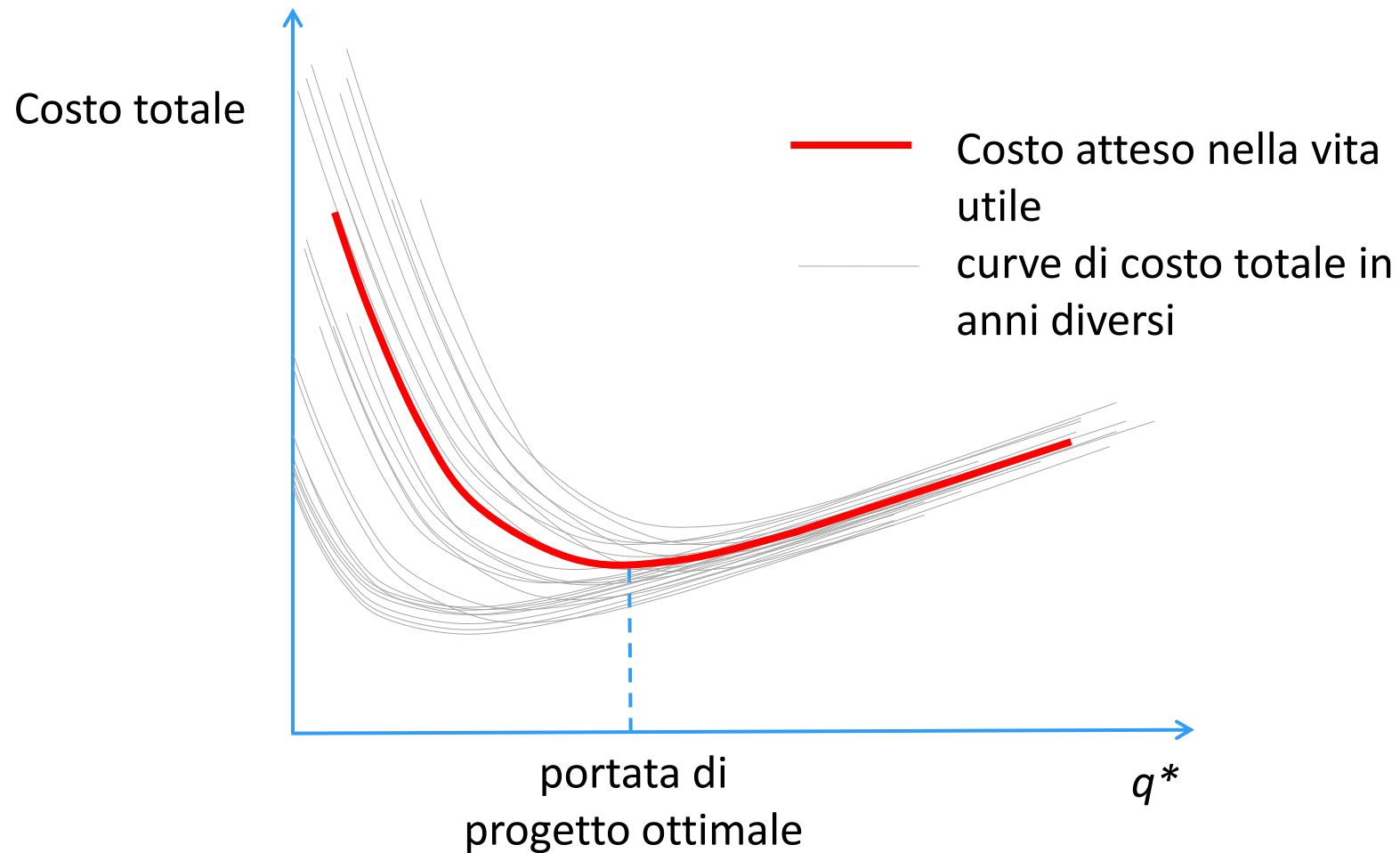
La portata di progetto di minima spesa corrisponde a quella standard con tempo di ritorno  $T = \Delta/\Omega$

# Stima delle funzioni di costo e di danno



Si dimostra che progettare con tempo di ritorno T anni corrisponde ad utilizzare un **modello di costi e di danni lineare**, ed a fissare pari a 1 la pendenza della retta dei costi e pari a T la pendenza di quella dei danni attesi. **Nessun parametro aggiuntivo per parametrizzare curve costo e danno**

# Principio di minimo costo in condizioni non stazionarie, con modelli multipli e con incertezza





**Se cambia la distribuzione di probabilità cambia anche la portata di progetto in anno? Come tengo conto dell'incertezza di stima? Come progetto l'argine?**

**La portata di progetto è quella che produce il minimo costo totale lungo la vita attesa dell'opera**

**Non si aggiunge alcun parametro (informazioni necessarie: tempo di ritorno e vita utile dell'opera)**

**Si può tenere conto esplicitamente di approcci multimodello e dell'incertezza di stima, pervenendo comunque ad una stima univoca della portata di progetto**