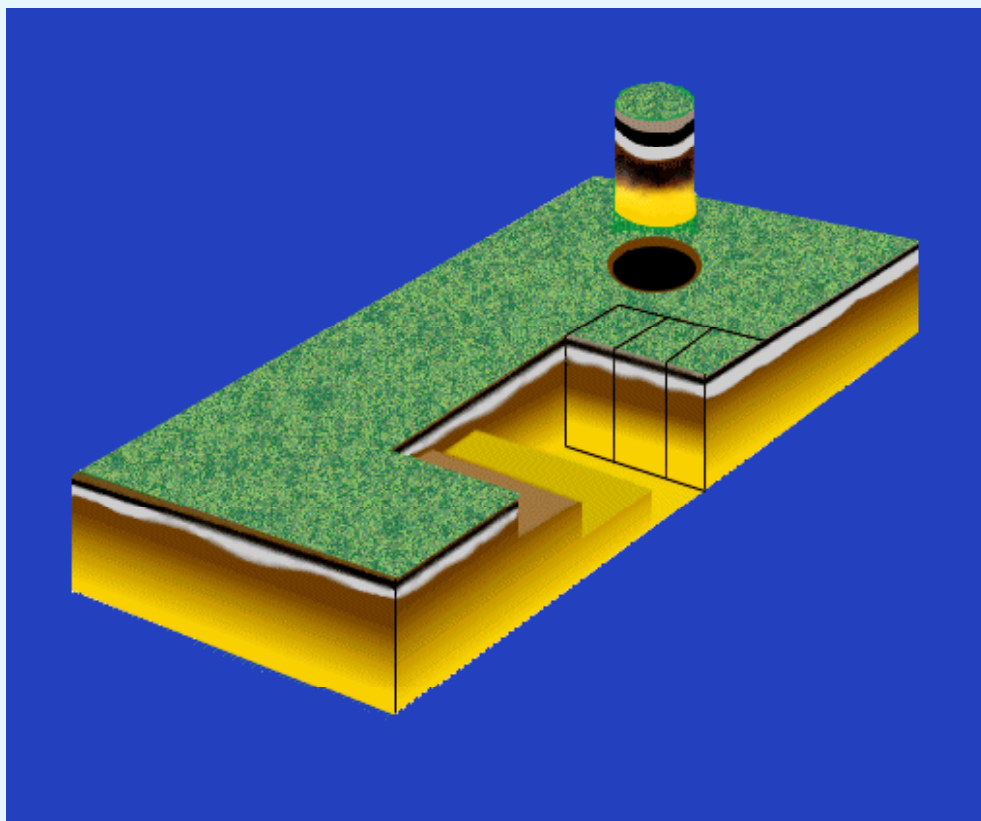


IL CAMPIONAMENTO



*La verità giace in un ambito molto ristretto,
ma l'errore è immenso ...*

Henry St John, Reflection on Exile

CRA
CONSIGLIO PER LA RICERCA
E LA SPERIMENTAZIONE
IN AGRICOLTURA

CRA-SCA

UNITÀ DI RICERCA
PER I SISTEMI COLTURALI
DEGLI AMBIENTI CALDO-ARIDI

Dott.ssa Annamaria Castrignanò

**APPROCCIO
TRADIZIONALE**

**Variabilità
completamente
casuale**

**Nessun riferimento
alle coordinate
geografiche**

**APPROCCIO
MODERNO**

**Variabilità' casuale +
dipendente spazialmente**

APPROCCIO TRADIZIONALE

$$Z = m + e$$



**DISPERSIONE
CASUALE, SPAZIALMENTE
NON CORRELATA**

NELLA REALTA'...

PROPRIETA' DEL SUOLO

Variano in funzione di

DIREZIONE

**DISTANZA DI
SEPARAZIONE**

GEOSTATISTICA

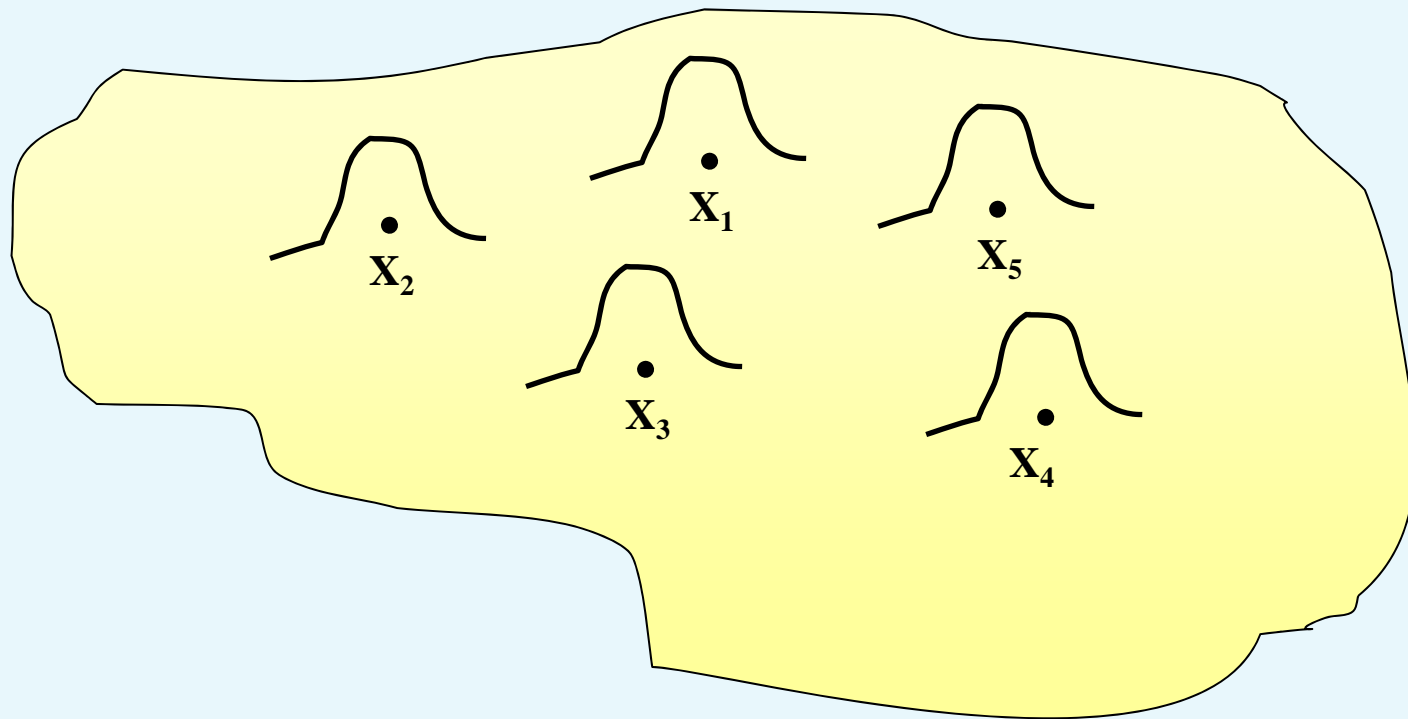
SPECIFICITA'

**FUNZIONE
CASUALE**

**NESSUNA RELAZIONE
MATEMATICA
SUOLO vs POSIZIONE**

CONCETTI DI BASE

- VARIABILI REGIONALIZZATE
- FUNZIONI CASUALI
- STAZIONARIETA'



VARIABILI REGIONALIZZATE

$$Z(\mathbf{x}_i) = m(\mathbf{x}_i) + \varepsilon'(\mathbf{x}_i) + \varepsilon''$$

**Componente
strutturale
deterministica**

**Componente
correlata
spazialmente**

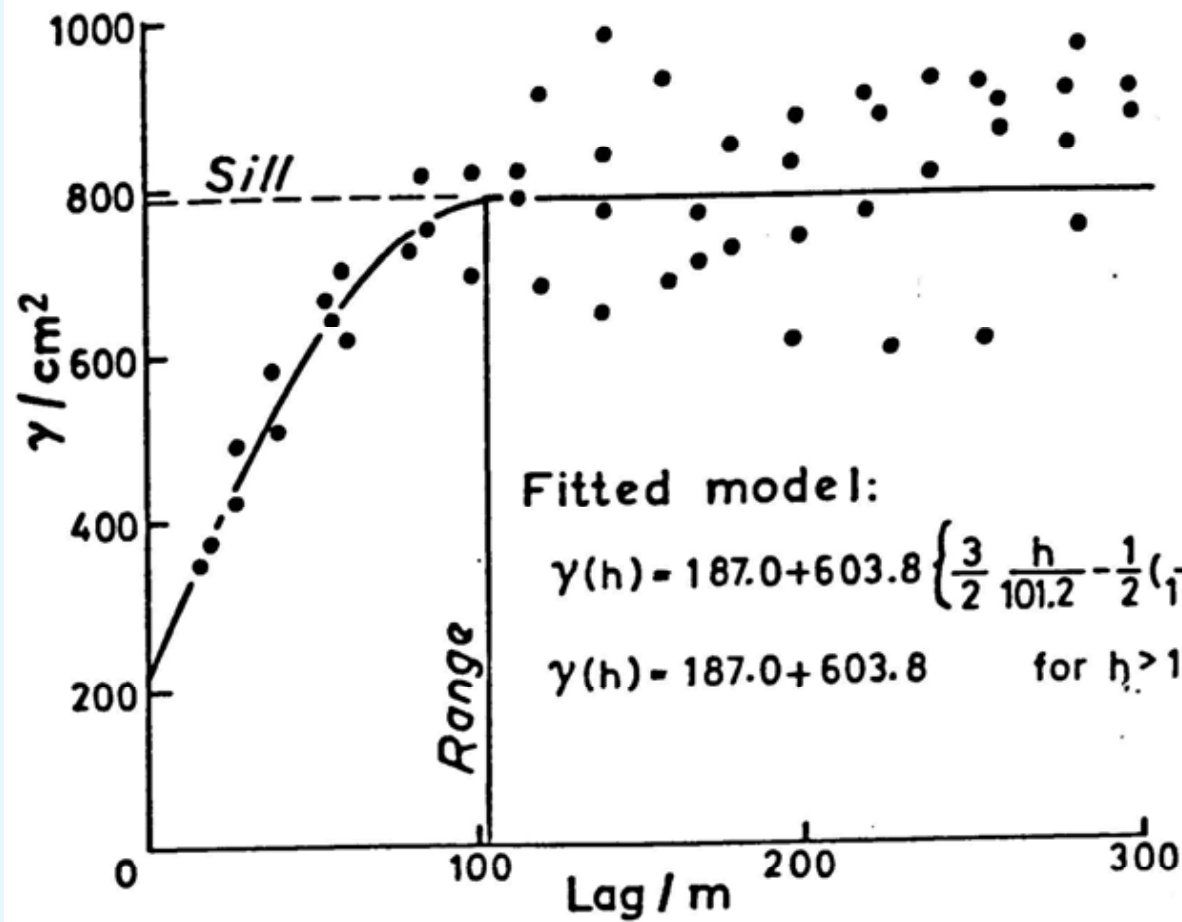
**Errore residuo
non correlato
spazialmente**

SEMIVARIOGRAMMA

$$2\gamma(\mathbf{h}) = E[Z(\mathbf{x}) - Z(\mathbf{x} + \mathbf{h})]^2$$

$$2\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{x}_i) - z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]^2 \quad i = 1, \dots, N(\mathbf{h})$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C(0) - C(\mathbf{h})$$



Kriging Puntuale

$$z_{SK}^*(\mathbf{x}_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(\mathbf{x}_i) + \left[1 - \sum_{i=1}^N \lambda_i \right] m \quad \text{Semplice}$$

$$z_{OK}^*(\mathbf{x}_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(\mathbf{x}_i) \quad \text{Ordinario}$$

1) Mancanza di distorsione

$$E[z^*(\mathbf{x}_0) - z(\mathbf{x}_0)] = 0$$

$$\sum \lambda_i = 1$$

SISTEMA DI EQUAZIONI DI KRIGING ORDINARIO

2) Minima varianza di stima

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^N \lambda_j \gamma(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) + \mu = \gamma(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_0) \quad i = 1, \dots, N \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \end{array} \right.$$

$$\sigma^2(\mathbf{x}_0) = \mu + \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_0)$$

$$\sigma_B^2 = 2 \sum_{j=1}^N \lambda_j \gamma(\mathbf{x}_j, \mathbf{x}_B) - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \lambda_j \lambda_{ij} \gamma(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) - \gamma(\mathbf{x}_B, \mathbf{x}_B)$$

SCELTA OTTIMALE DELLA STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

ERRORE DI STIMA

dipende

non
dipende

- a) Modello di variogramma
- b) Numero dei campioni
- c) Configurazione geometrica dei campioni
- d) Dimensioni del blocco
- e) Disposizione campioni-blocco

Effettive
misure

OTTIMIZZAZIONE

```
graph TD; A[OTTIMIZZAZIONE] --> B[Riduzione varianza di stima]; A --> C[Riduzione di una funzione costo];
```

The diagram features a teal inverted triangle at the top with the word 'OTTIMIZZAZIONE' in white. Two arrows point downwards from its base: a red arrow on the left and a blue arrow on the right. The red arrow points to a yellow, irregularly shaped box containing the text 'Riduzione varianza di stima'. The blue arrow points to a pink, rounded rectangular box with diagonal hatching, containing the text 'Riduzione di una funzione costo'.

Riduzione
varianza
di stima

Riduzione di
una funzione
costo

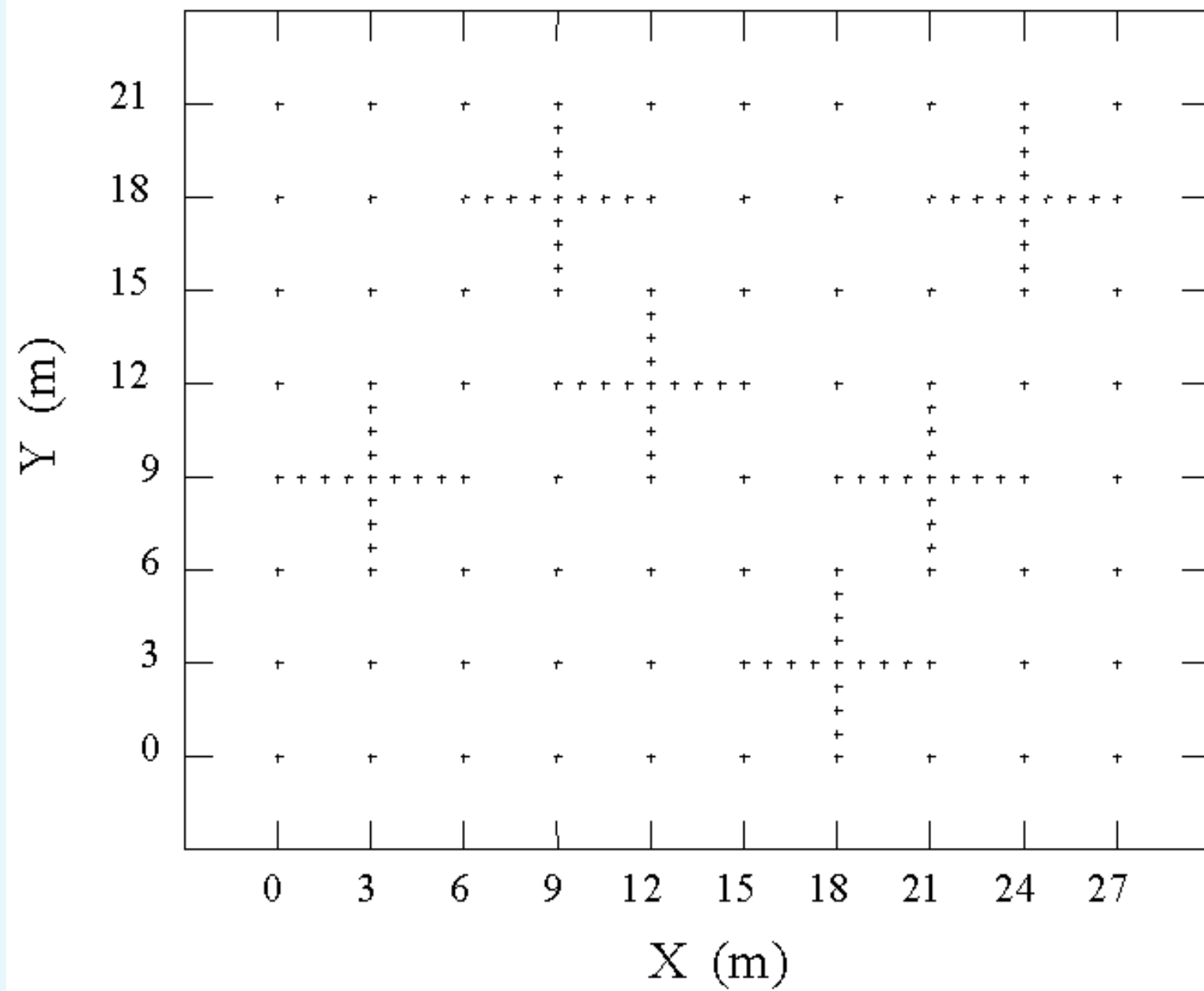
KRIGING

McBratney et al., 1981

Yfants et al., 1987

Forma della
griglia

Passo della
griglia



CAMPIONAMENTO CASUALE O MODELLO GEOSTATISTICO ?

...La trattazione classica degli intervalli fiduciali parte dall'assunzione che le variabili siano indipendentemente e identicamente distribuite.

Ciò non è realistico per l'ambiente geologica in quanto, in generale, i dati che caratterizzano il sito non sono indipendenti...

(Barnes, 1988)

ABBANDONO VECCHIA STATISTICA CLASSICA

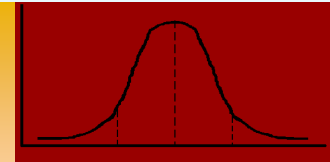
GEOSTATISTICA

CASUALITÀ'

**SCELTA DELLE
LOCAZIONI**
(CAMPIONAMENTO CASUALE)

DESIGN - BASED

**VALORI
MISURATI**
(VARIABILI CASUALI)



MODEL - BASED

**de Gruijter, Brus, Bierkens, Knotters. 2006.
*Sampling for natural resource monitoring***

Valori alle postazioni

Fissi

Casuali

Fisse

Strategie completamente deterministiche

Strategie basate sul modello:
Kriging probabilistico

Postazioni di campionamento

Casuali

Strategie basate sull'esperimento:
teoria del campionamento classico

Strategie completamente casuali

NOZIONI DI BASE E TERMINOLOGIA

APPROCCIO BASATO SULLO SCHEMA SPERIMENTALE

(DESIGN-BASED APPROACH)

- **STOCASTICITÀ NELLA SCELTA DELLE POSTAZIONI INDOTTA DALL'UOMO (ESPERIMENTO)**
- **MOLTI CAMPIONI DALLA STESSA POPOLAZIONE**
- **VALORE AD UNA DATA LOCAZIONE FISSO**
- **RIFERIMENTO ALLA STATISTICA CLASSICA (MA NON COINCIDENZA)**

APPROCCIO BASATO SUL MODELLO

(MODEL-BASED APPROACH)

- **MODELLO (ASTRAZIONE MATEMATICA)
PROCESSO DEL SUOLO = PROCESSO STOCASTICO**
- **VALORE MISURATO = REALIZZAZIONE DEL MODELLO
CASUALE**
- **POSTAZIONI FISSE**

COSA CAMBIA NEL CALCOLO ?

ESPERIMENTO

MODELLO

PESI

dipendono

dipendono

**• PROCEDIMENTO DI
RANDOMIZZAZIONE**

• VARIOGRAMMA

**• CONFIGURAZIONE SPAZIALE
DELLE POSTAZIONI**

CONSEGUENZE

- APPROCCIO BASATO SULL'ESPERIMENTO **PUÒ** ESSERE APPLICATO IN CASO DI AUTOCORRELAZIONE

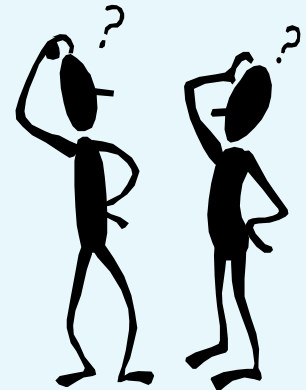
- LIMITAZIONI NELL'USO DELLA GEOSTATISTICA:

SOGGETTIVITÀ

SCELTA DEL MODELLO

ASSUNZIONE DI STAZIONARIETÀ

QUALE APPROCCIO SEGUIRE?



**APPROCCIO
GEOSTATISTICO**

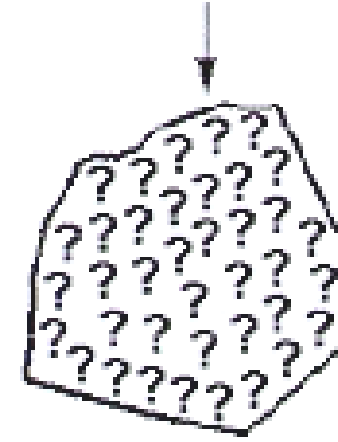
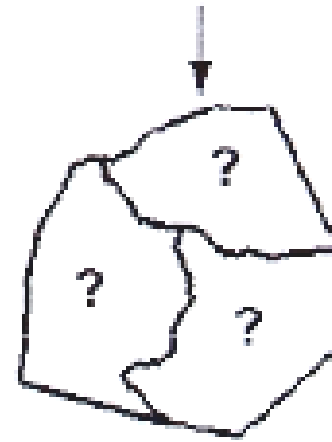
Tipo di
risultato

Tipo di
richiesta

Analisi intera
regione

Sub-regioni

Punti nella regione
in esame



Quanto
?

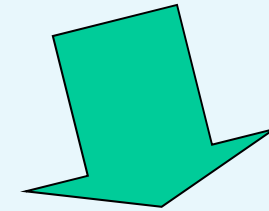
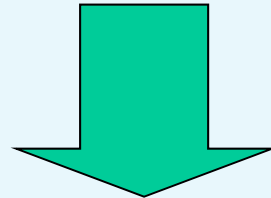
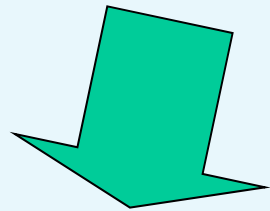
Quanto
& Dove
?

Dove
?

APPROCCIO CLASSICO

Schema di campionamento

Procedura matematica



*Configurazione
geometrica*

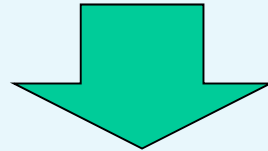
- *sistematica*
- *stratificata*
- *casuale*
- *a griglia quadrata*
- *a griglia triangolare*

.....

Densità spaziale

*Frequenza
temporale*

Campionamento parziale



Conoscenza imperfetta



Quale teoria statistica ?

Classica

o

Delle variabili casuali

Campionamento in indagini ambientali

Studi del
processo

Valutazione dell'inquinamento



Necessità di un modello più disaggregato

Obiettivi indagine

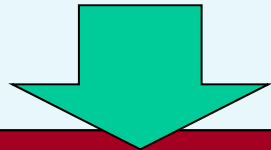
Ostacoli fisici

**VARIABILITA'
AMBIENTALE**

Risorse finanziarie

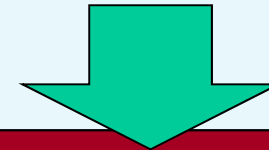
Limitazioni di
varia natura

Classificazione dei metodi di progettazione



Globale

**Localizzazione
simultanea di più
osservazioni**
(indice di efficienza)



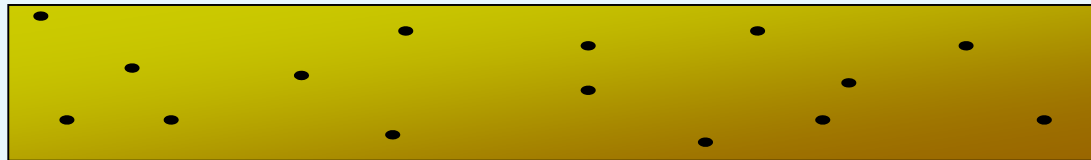
Locale

**Variazione di un
campionamento
preesistente**
(funzioni di riduzione della varianza)

CRITERI DEL CAMPIONAMENTO

Approccio globale

Collocare N campioni

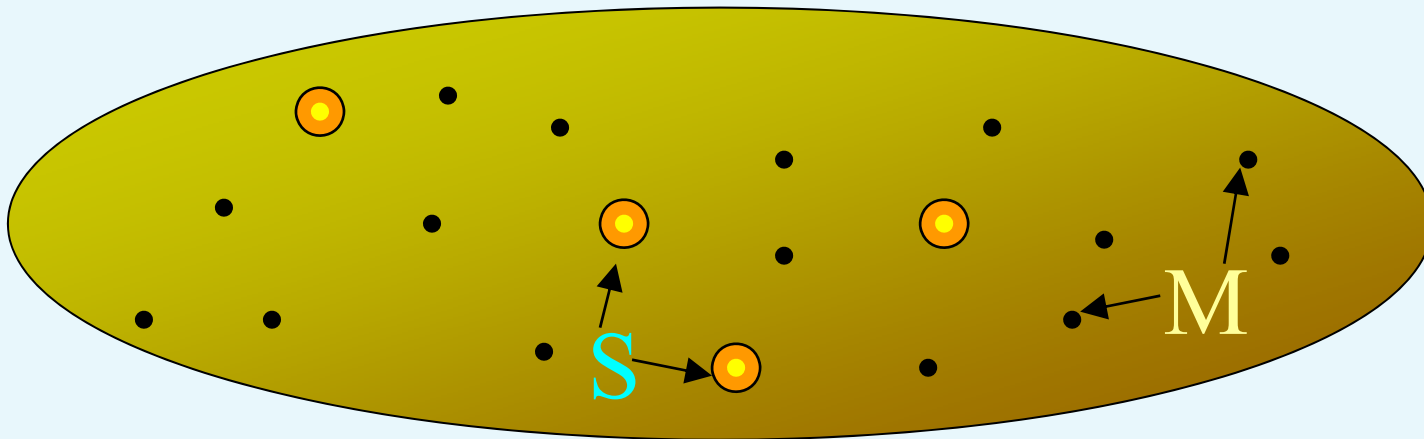


**Massima informazione al
minimo costo, tenendo conto
di vincoli di varia natura**

CRUCIALE

Variabilità spaziale

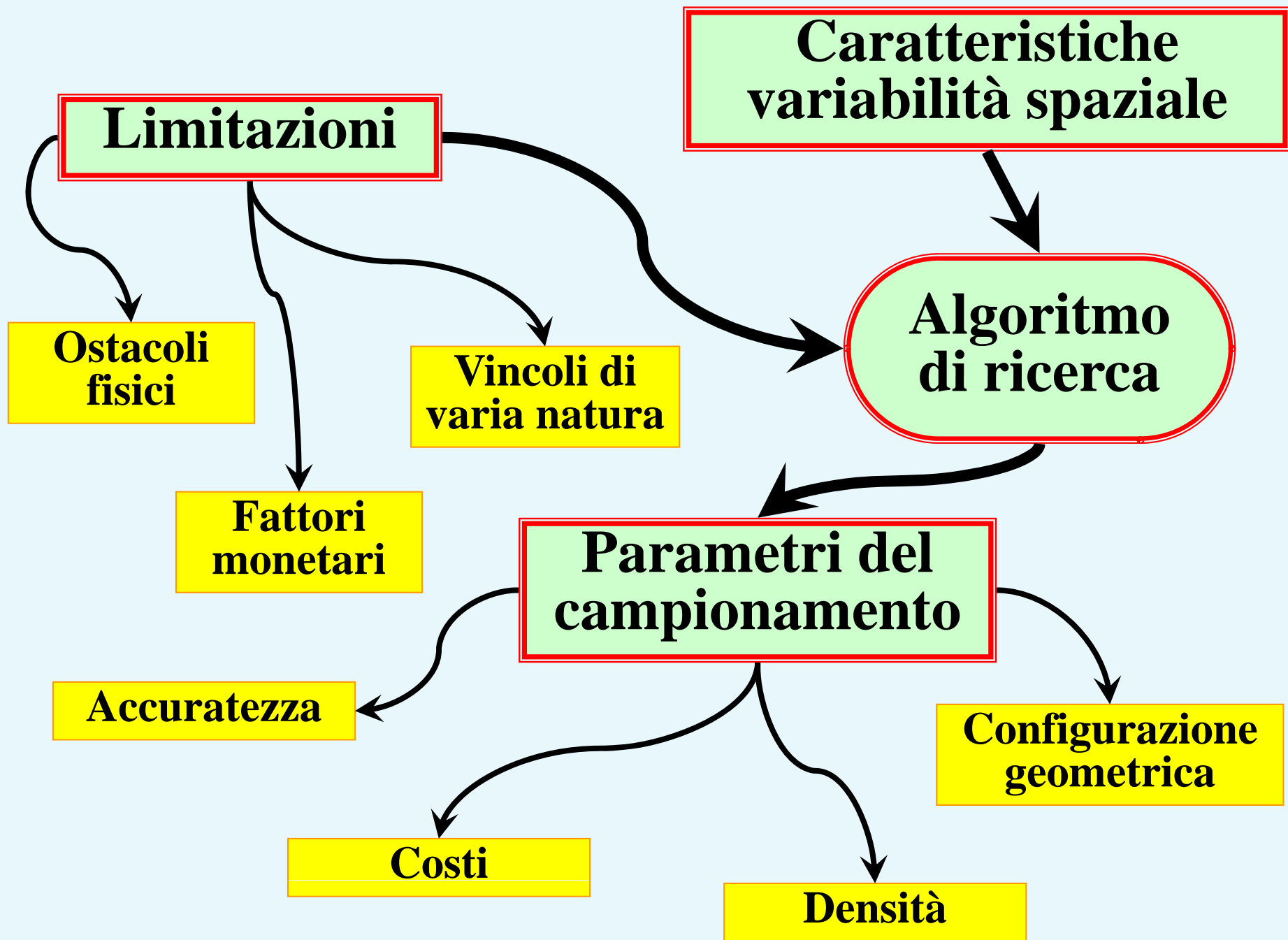
Approccio locale



**Algoritmo
di ricerca**



$$N = M + S$$



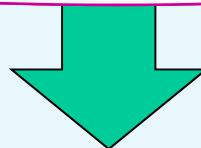
PRELIMINARE ALLA PROGETTAZIONE

**VARIABILITA'
SPAZIALE**

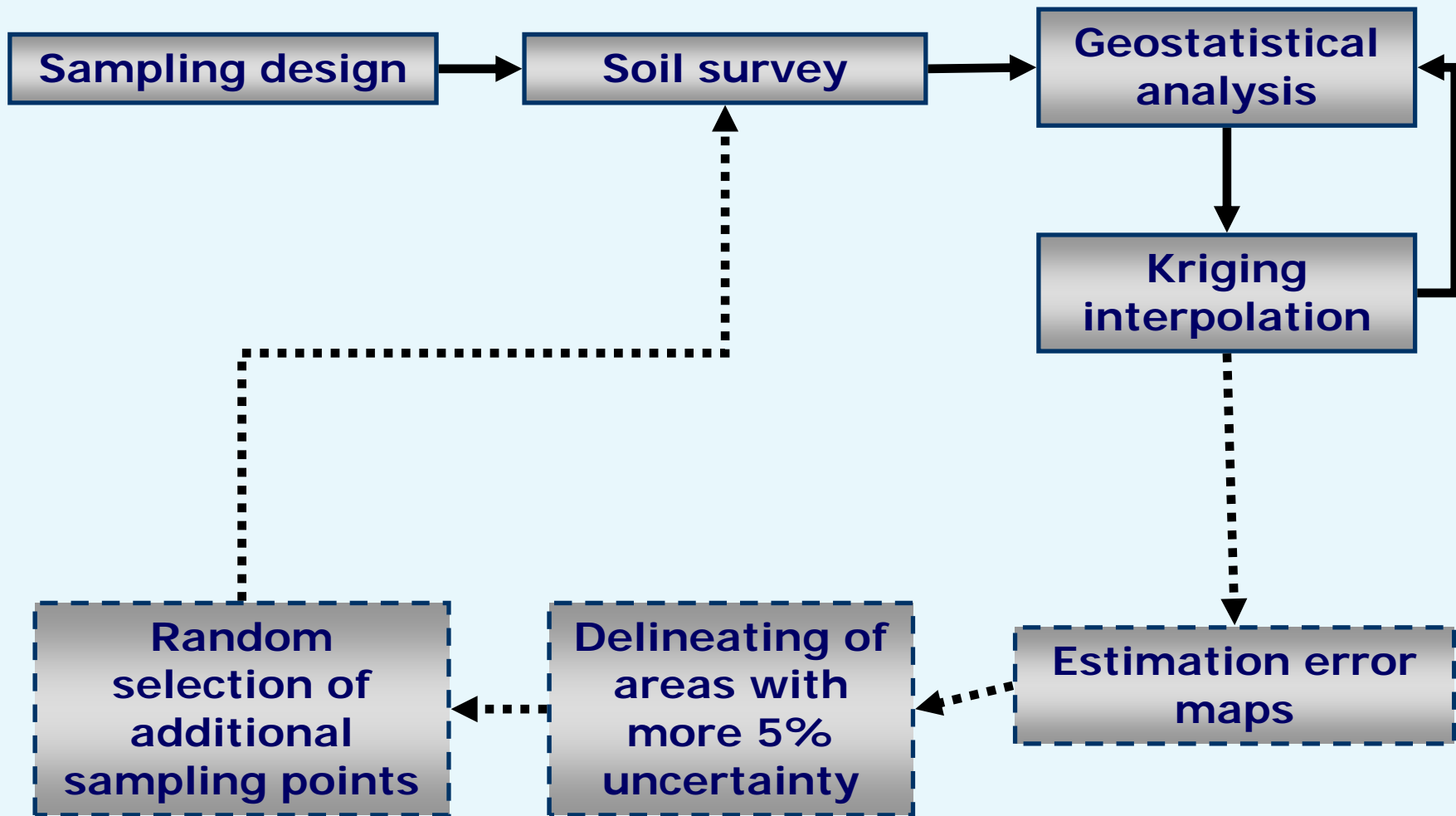


- Conoscenza disponibile
- Definizione di un campionamento realistico

Algoritmo di ricerca



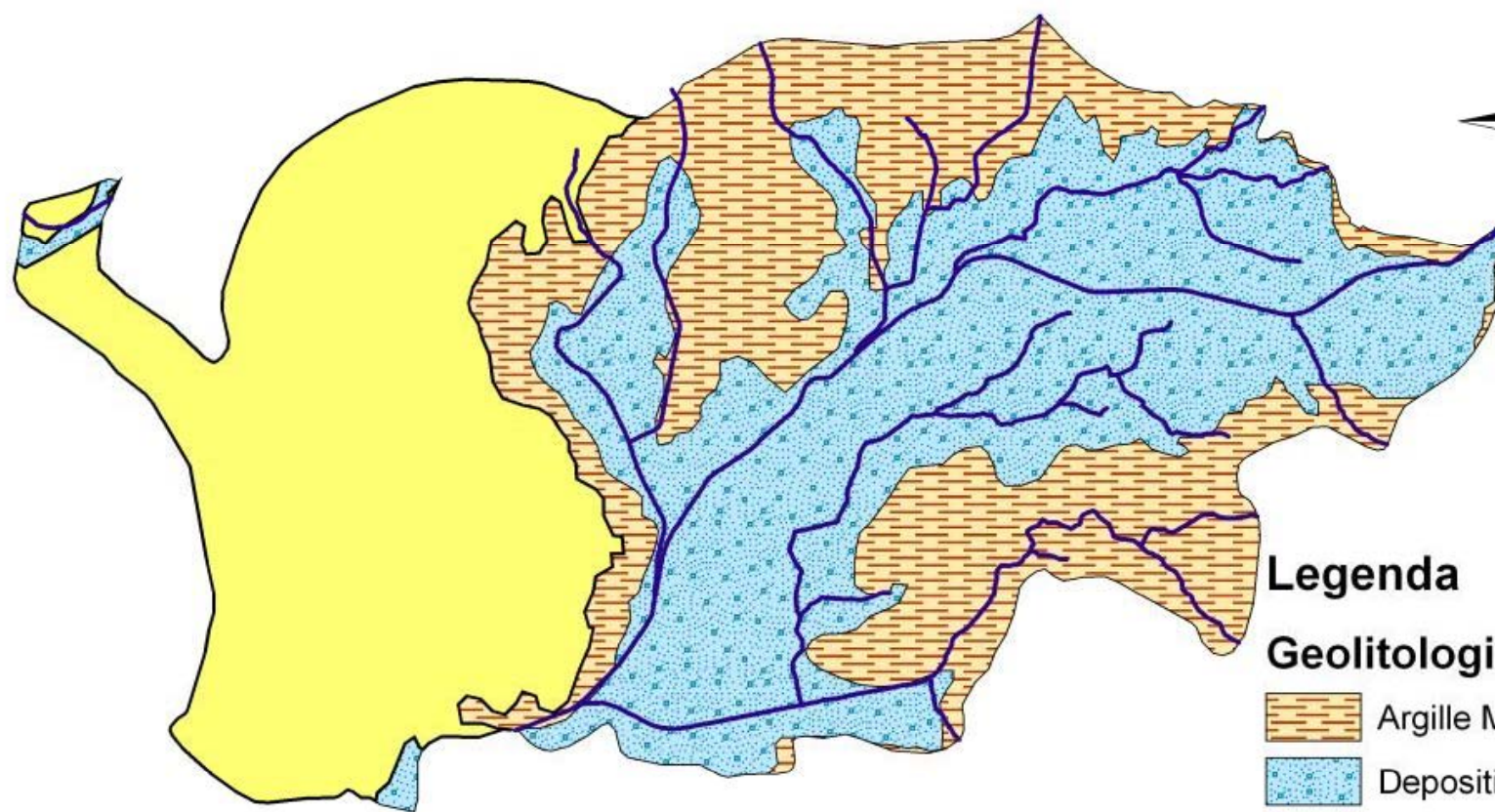
**SOLUZIONE
OTTIMALE**



Ostacoli alla scelta di una griglia regolare

- Effetti di bordo
- Divisione area in subregioni
- Presenza di ostacoli fisici

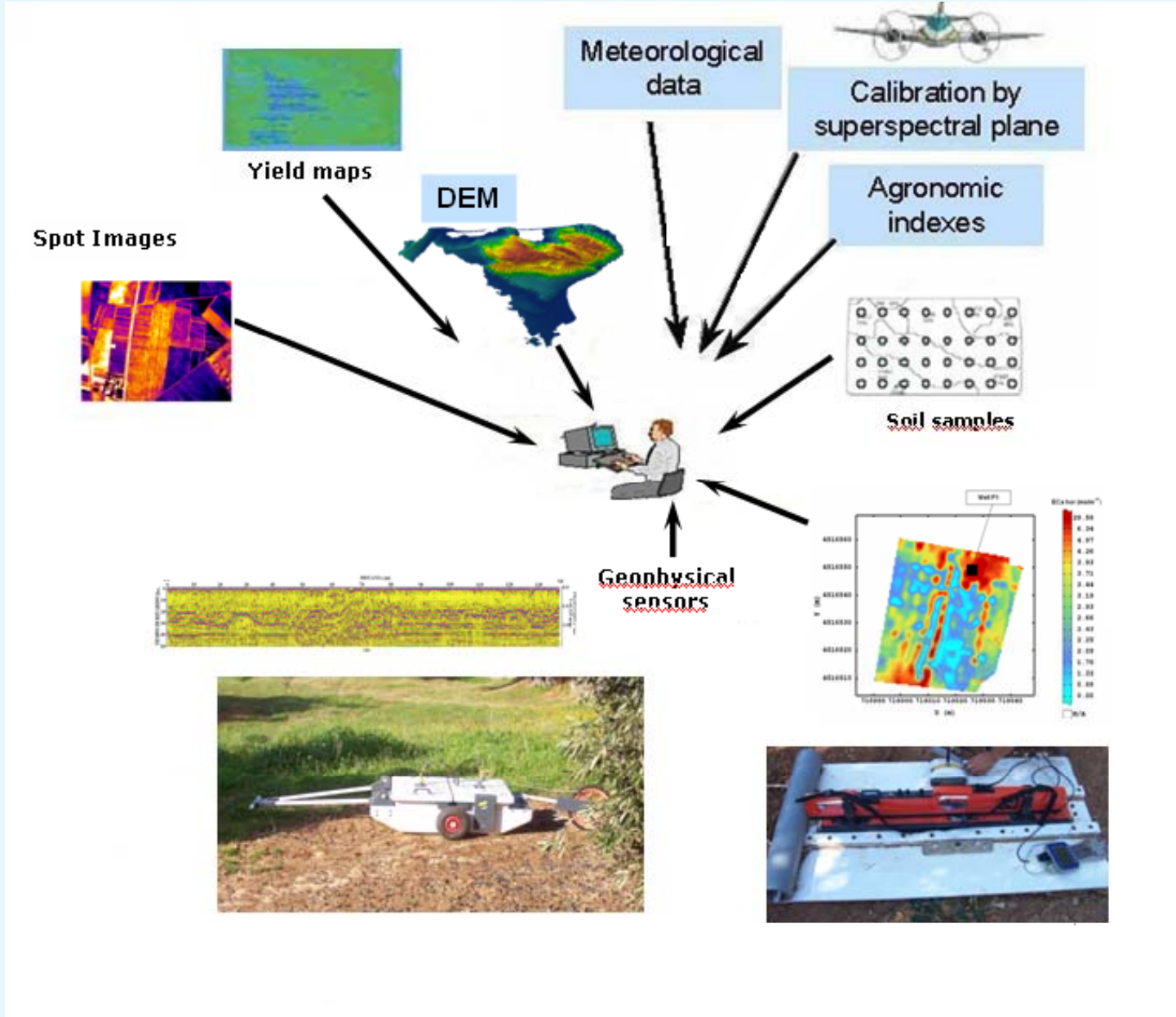
• Misure precedenti

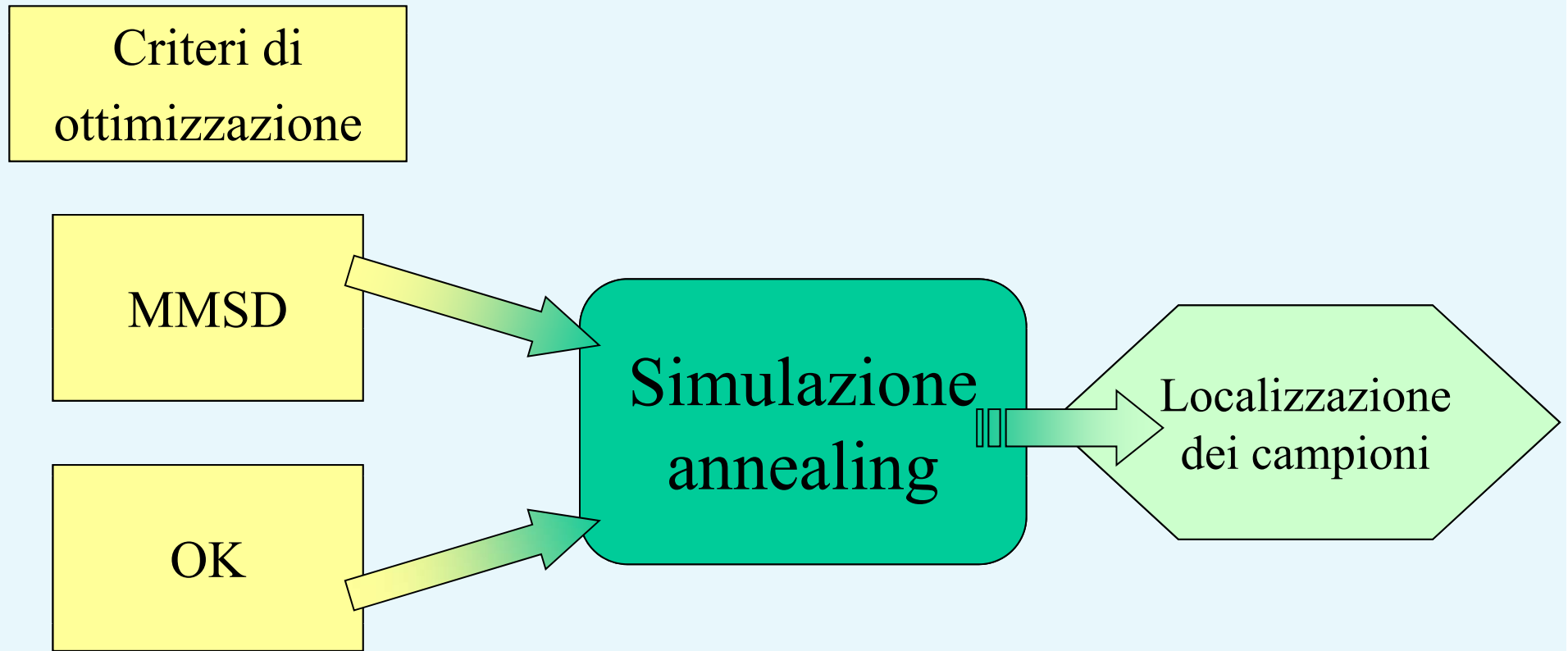


Legenda

Geolitologia

-  Argille Marnose
-  Depositi Alluvionali
-  Depositi Litorali

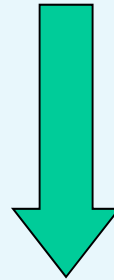




Sacks e Schiller, 1988

Criterio di ottimizzazione

MMSD



$E [d (x,S)]$

DISTRIBUZIONE UNIFORME

Criterio di ottimizzazione

OK

Minimizzazione della varianza di Kriging

Ottimizzazione della precisione di stima

Soluzione ottimale o subottimale

Algoritmi di ricerca *Annealing*

Obiettivo

Ottimizzazione funzione obiettivo $\phi(S_i)$

Perturbazione
casuale

$S_0 \dots S_i \rightarrow S_{i+1}$

$P_c(S_i \rightarrow S_{i+1}) = 1 \Leftrightarrow \phi(S_i) \geq \phi(S_{i+1})$

$P_c(S_i \rightarrow S_{i+1}) = \exp((\phi(S_i) - \phi(S_{i+1}))/c) \Leftrightarrow \phi(S_i) < \phi(S_{i+1})$

Schema di
raffreddamento

c

Metodo euristico

Van Groenigen e Stein, 1998

de Gruijter, Brus, Bierkens, Knotters, 2006

- Funzione obiettivo
- Meccanismo di generazione della perturbazione
- Schema di raffreddamento

Vantaggi SSA

- FLESSIBILITA'
- DIVERSI CRITERI QUANTITATIVI DI OTTIMIZZAZIONE
- UTILIZZO INFORMAZIONE PREGRESSA
- RAGIONEVOLE TEMPO DI CALCOLO

Sviluppi futuri...

- N variabile
- Altri criteri di ottimizzazione
- Funzione costo

FINE