



*Valutazione di indicatori di
rischio per i beni architettonici*

Relatore: Fabio Dalan

Convegno “Effetti dell’inquinamento atmosferico sui beni
di interesse storico - artistico : le esperienze”

Roma 28 giugno 2006

Ottimizzazione della rete regionale



arpav

Una Metodologia Oggettiva per la Valutazione del Posizionamento delle Stazioni di Monitoraggio della Qualità dell'Aria. IA, vol XXXV, n.6, giugno 2006, pp. 286-294.

A. Benassi¹, G. Marson¹, E. Baraldo¹, F. Dalan¹, K. Lorenzet¹, R. Bellasio², R. Bianconi²

¹ Osservatorio Regionale Aria, A.R.P.A. Veneto

² Enviroware S.r.l.

- Numero minimo di stazioni (normativa)
- Coerenza stazioni-popolazione.
- Aree dove si raggiungono i più elevati livelli a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
- Livelli rappresentativi dell'esposizione della popolazione in generale.
- Distanza dagli agglomerati e dalle aree edificate.
- Aree di criticità per la vegetazione.
- Aree di criticità per i monumenti.

Criteria for Euroairnet



arpav

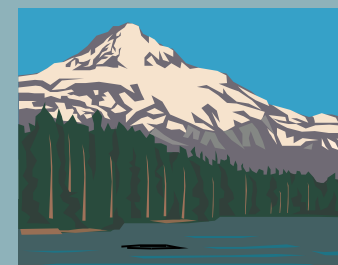
EUROAIRNET

EUROPEAN AIR QUALITY MONITORING NETWORK

E' fondamentale:

**Rappresentatività della rete
di rilevamento rispetto a:**

- Esposizione della **popolazione**
- Esposizione delle **aree protette** e delle **colture**
- Esposizione del **patrimonio artistico**



Abbiamo bisogno di:

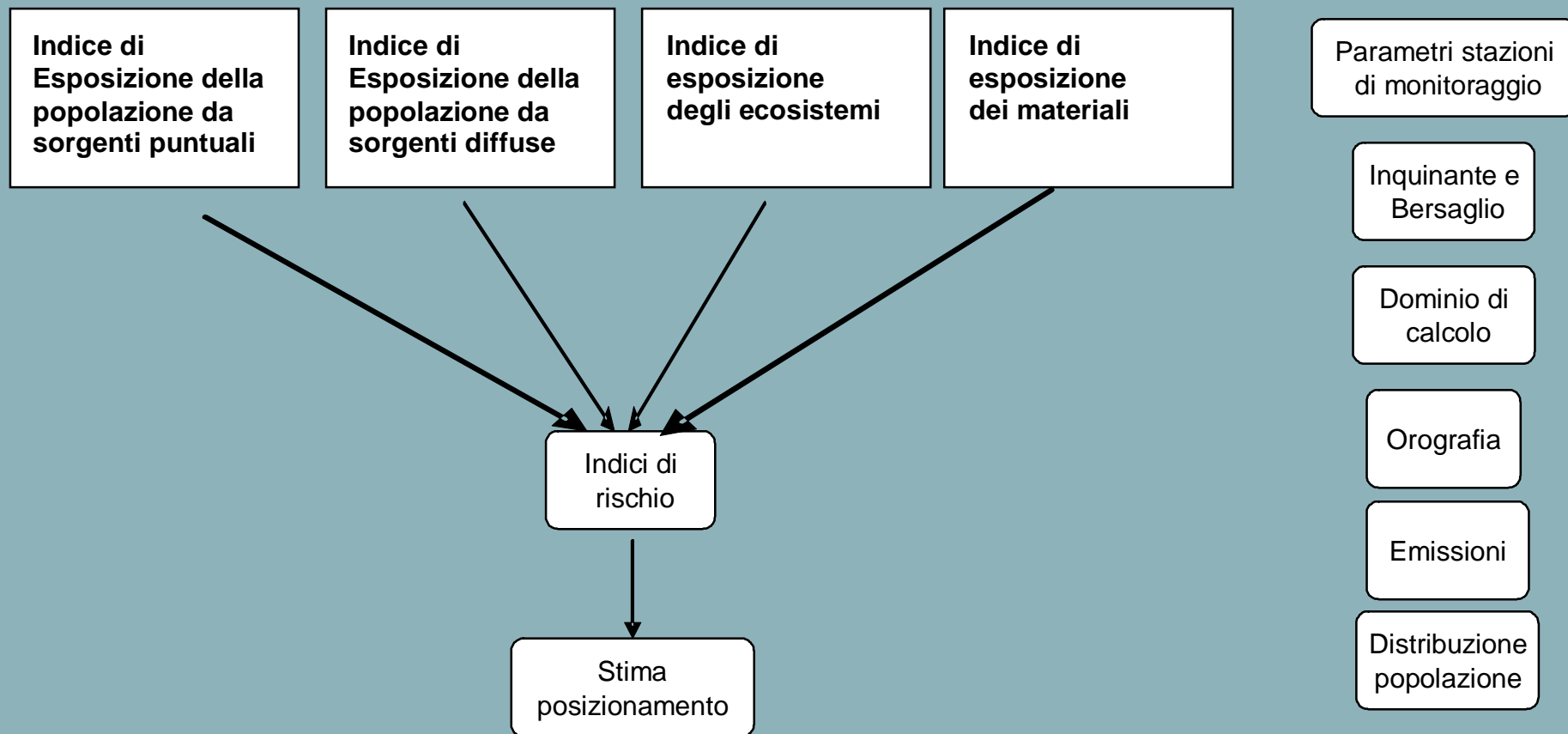


arpav

- Suddivisione del territorio in celle 2x2 km (dati inventario emissioni)
- Mappe di rischio (emissioni, misure, simulazioni, ...)
- Aree di rappresentatività delle stazioni
- Valutazione del posizionamento delle stazioni utilizzando i "Criteri for Euroairnet" e la normativa (implementazione in un programma Fortran)



Valutazione integrata della rete di monitoraggio



Criterio EUROAIRNET



arpav

Fattori da considerare nel posizionamento delle stazioni per la valutazione dell'esposizione dei materiali: urbanizzazione, concentrazione degli inquinanti e condizioni climatiche.

Stazione	Popolazione	Monumenti	Vegetazione
T	X	X	-
I	X	X	X
B + U/S	X	X	X
B + R1	X	X	X
B + R2	X	X	X
B + R3	-	-	X

Criterio EUROAIRNET



arpav

Fattori da considerare nel posizionamento delle stazioni per la valutazione dell'esposizione dei materiali: urbanizzazione, concentrazione degli inquinanti e condizioni climatiche.

Inquinante	POP	ECO	ARC
SO ₂	X	X	X
NO ₂ / NO _x	X	X	X
PM10	X	-	X
Pb	X	-	-
C ₆ H ₆	X	-	-
CO	X	-	-
O ₃	X	X	-

POP=popolazione, ECO=ecosistemi, ARC=beni architettonici



- **Annerimento** (concentrazione PTS, vento)
- **Erosione acidi e aerosol marino** (deposizioni, pH pioggia)
- **Stress fisico** (“tempo di inumidimento” superiore all’80%, oscillazione temperatura ambiente attorno a 0°C)
- **Contaminazione biologica** (muffe, licheni)

Informazioni



arpav

Inventario delle emissioni

Flussi di deposizione degli inquinanti di interesse.

Precipitazione media annuale su ogni cella.

pH medio della pioggia (da misure in loco o da letteratura).

Velocità media annuale del vento in ogni cella del dominio.

Altezza dello strato di rimescolamento in ogni cella del dominio.

Definizione delle griglie (celle) di calcolo sul territorio regionale.

Individuazione delle celle dei comuni costieri

Individuazione delle celle con presenza di beni architettonici. (Elaborazioni GIS).

Indice di annerimento



arpav

I_n^{ANN} indice di annerimento, Istituto Centrale per il Restauro:

$$I_n^{ANN} = \frac{E_n^{PST} D_{CELLA}}{U_n H_n^{mix}} \delta_n^{ARC}$$

E_n^{PST} = emissione di polveri sospese totali per unità di superficie

D_{CELLA} = dimensione della cella nella griglia

U_n = velocità del vento media

H_n^{mix} = altezza di mescolamento media

δ_n^{ARC} = funzione a gradino 1 se contiene beni architettonici, 0 altrimenti.

Pregi

- Facile da implementare
- Facile identificazione della relazione causa/effetto

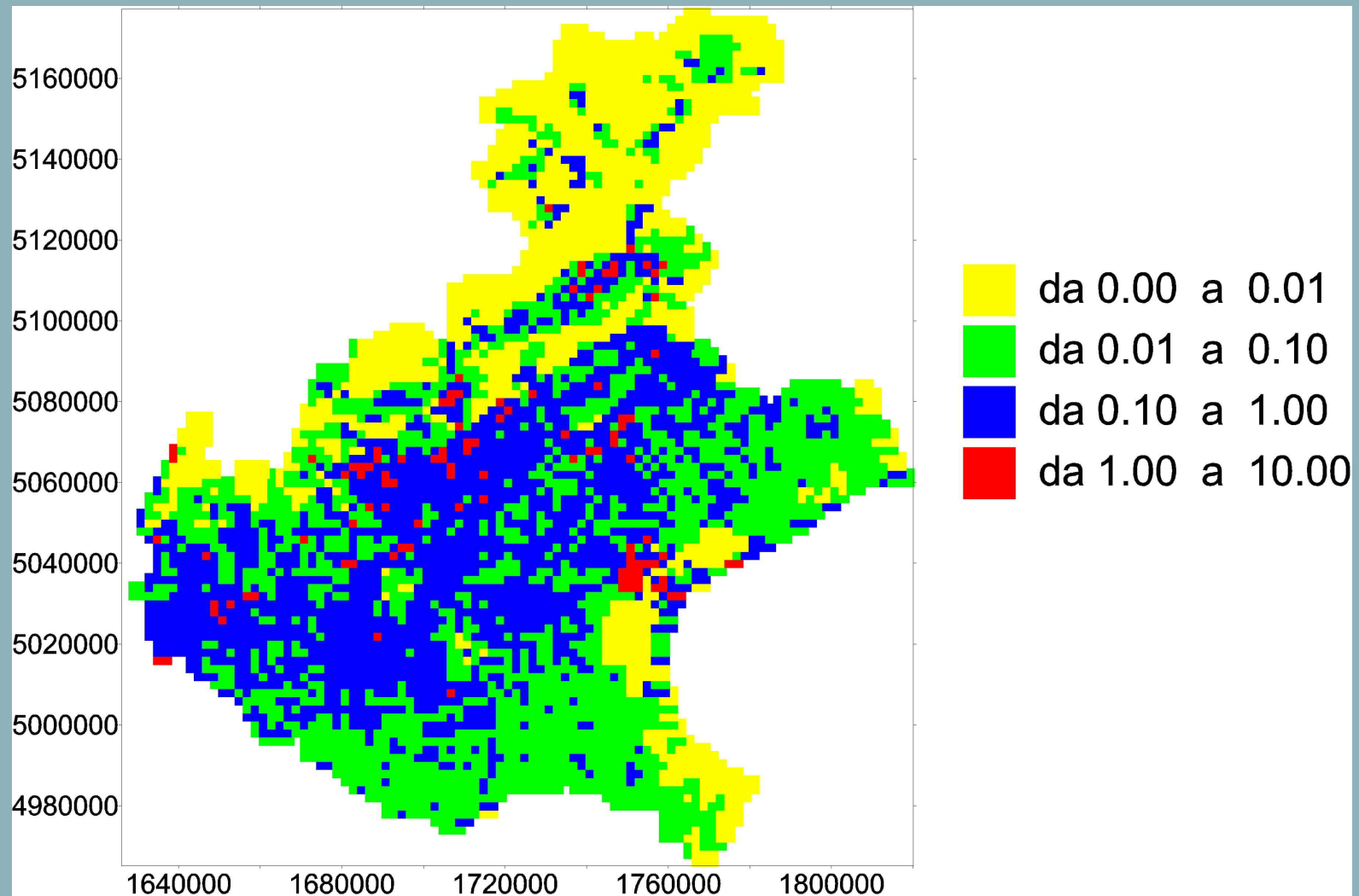
Difetti

- l'emissione di particolato non distingue le particelle carboniose dalle altre particelle
- non considera le emissioni di celle limitrofe e la formazione di particolato secondario

.. in Veneto



arpav



Indice di erosione



arpav

Formula di Lipfert (1989, Atmospheric Environment, vol. 23, pp. 415-429)

$$I_n^{ERO} = \left[\alpha_1 R_n + \alpha_2 R_n H_n^+ + \alpha_3 R_n \delta_n^C + \alpha_4 \left(D_n^{SO_2} + D_n^{HNO_3} \right) \right] \delta_n^{ARC}$$

Meccanico
pioggia

Acidità
pioggia

Effetto del
mare

Deposizione
degli inquinanti

I_n^{ERO} = indice di erosione

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ e $\alpha_4 = 18.8, 0.016, 1.88$ e 0.0018

R_n = precipitazione

H_n^+ = concentrazione di ioni idrogeno nella pioggia (si calcola invertendo la formula del pH. Da considerare il pH compreso tra 3 e 5)

δ_n^C = funzione a gradino 1 se il comune è “vicino” alla costa (5 Km).

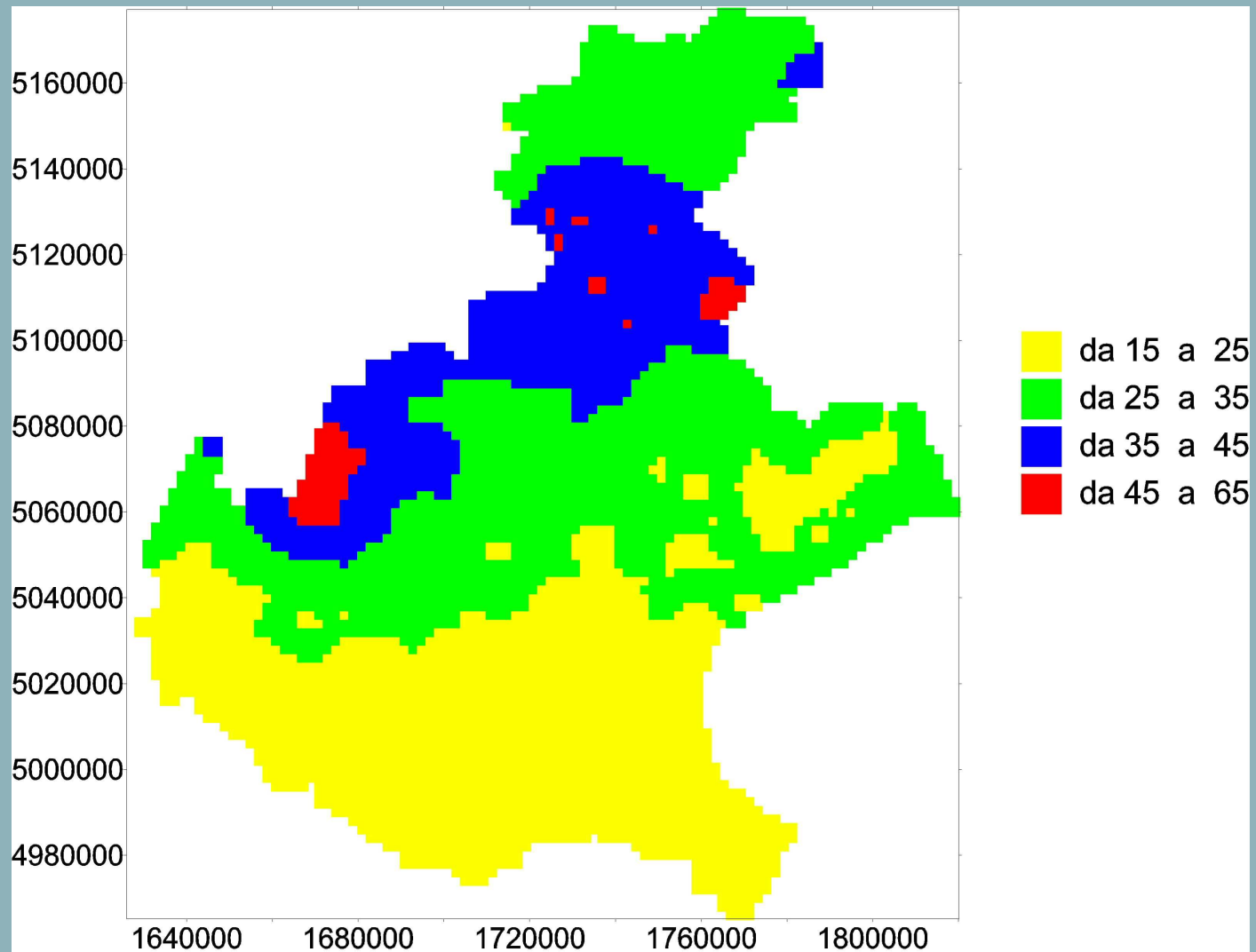
$D_n^{SO_2}$ e $D_n^{HNO_3}$ = deposizione di ossido di zolfo e di acido nitrico.

δ_n^{ARC} = funzione a gradino 1 se contiene beni architettonici, 0 altrimenti.

.. in Veneto



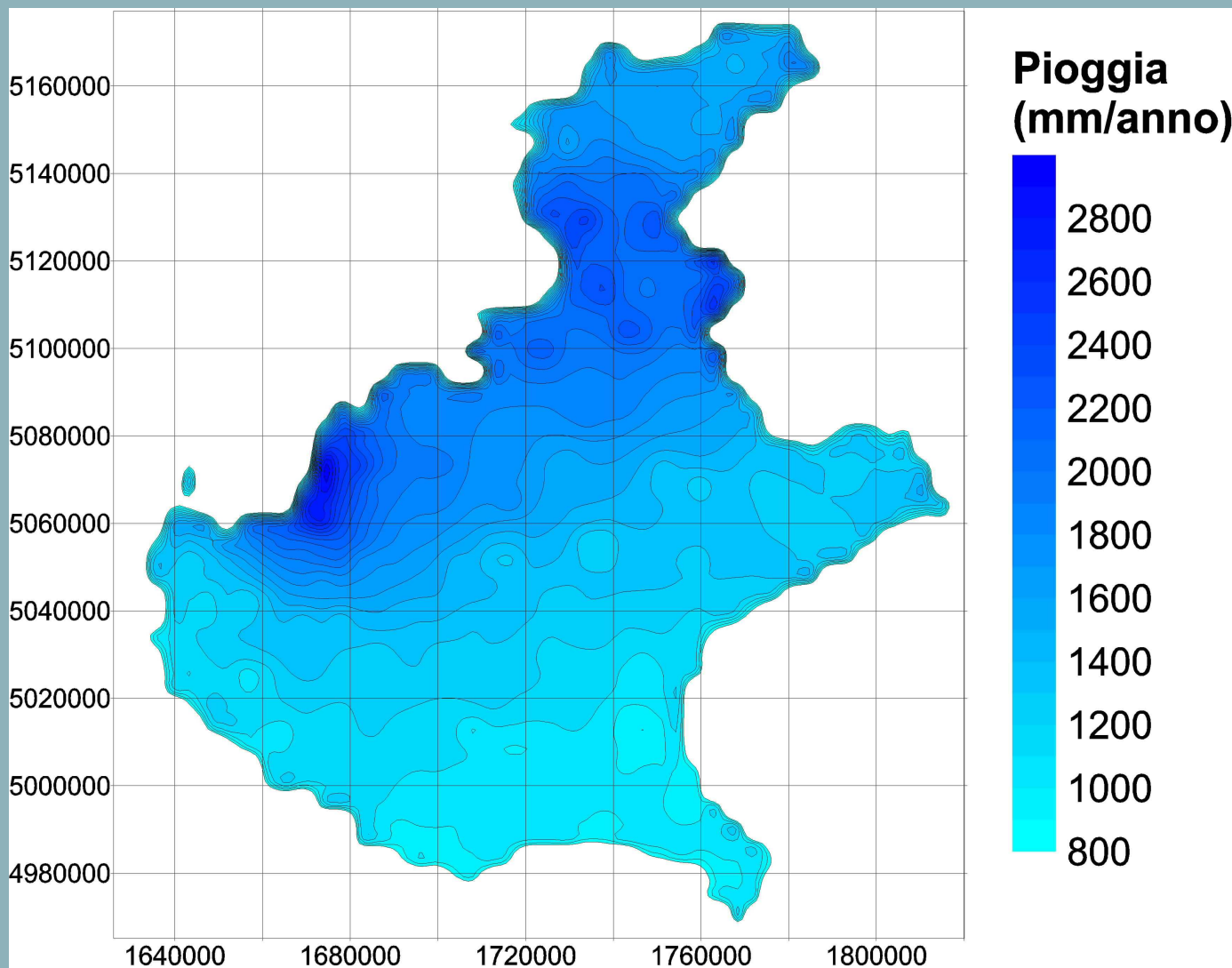
arpav



Piuvosità media annua



arpav



Indice totale



arpav

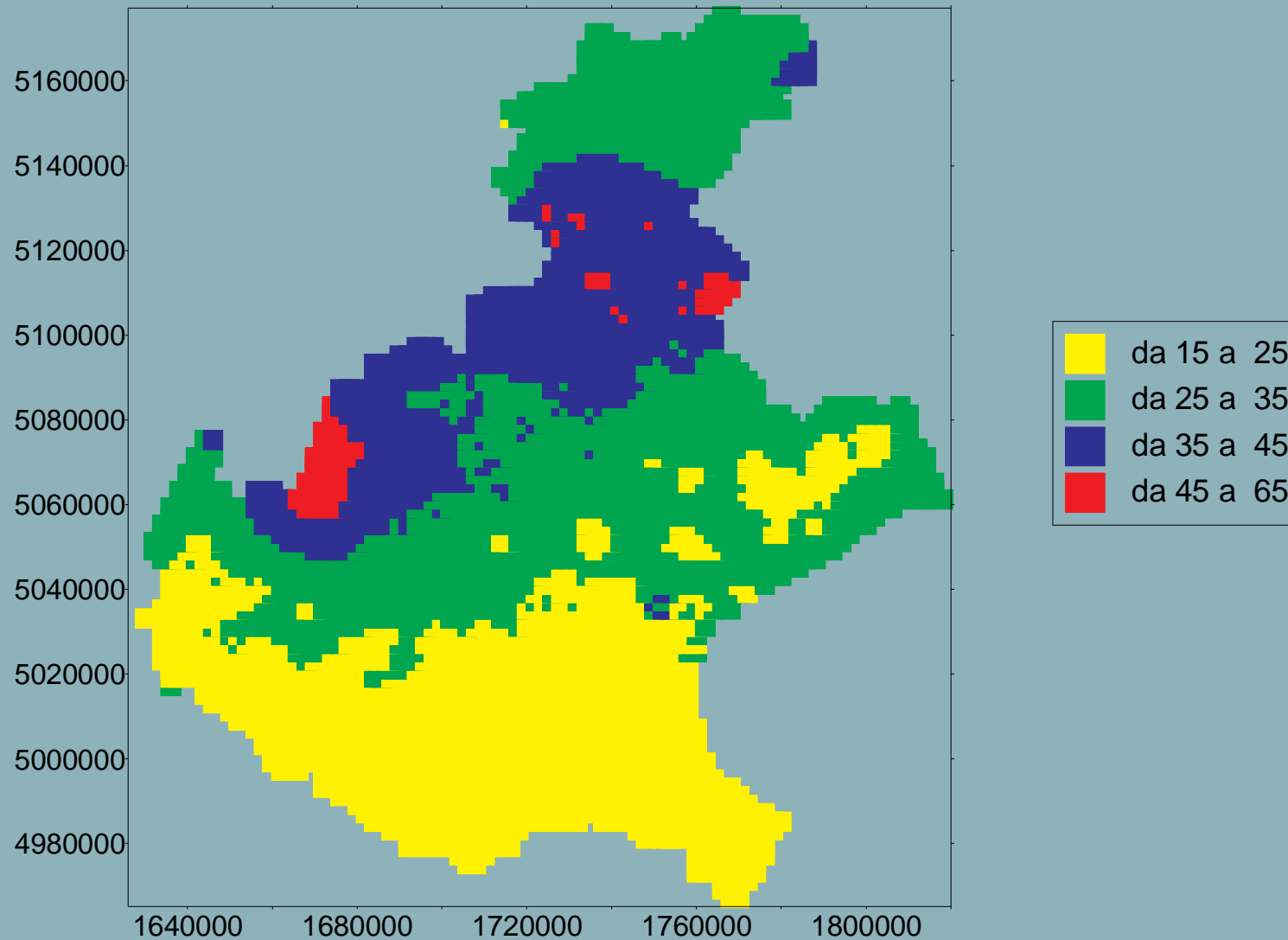
L'indice di rischio per i beni architettonici (I_n^{ARC}), riferito alla cella n-esima, si ottiene componendo i due indicatori descritti sopra (opportunitamente normalizzati) assegnando all'indicatore di annerimento un peso pari a 2.5 volte quello dell'indicatore di erosione (Istituto Centrale per il Restauro)

$$I_n^{ARC} = I_n^{ERO} + 2.5I_n^{ANN}$$

.. in Veneto



arpav



Conclusioni



arpav

All'interno del progetto DOCUP (fondi comunitari) + (fondi regionali):

- Strumento di valutazione integrata del posizionamento della rete di monitoraggio
- Identificati degli indici di rischio anche per l'esposizione dei materiali (indice di annerimento ed erosione)
- Popolazione della base dati per la valutazione degli indici

Possibili utilizzi

- Divulgazione presso enti locali preposti alla tutela dei beni architettonici