



**BILANCI DI MASSA DEL FOSFORO IN AGROECOSISTEMI LOMBARDI,  
ACCUMULO NEI SUOLI E MECCANISMI DI TRASFERIMENTO ALLE  
ACQUE**

**ERSAF**

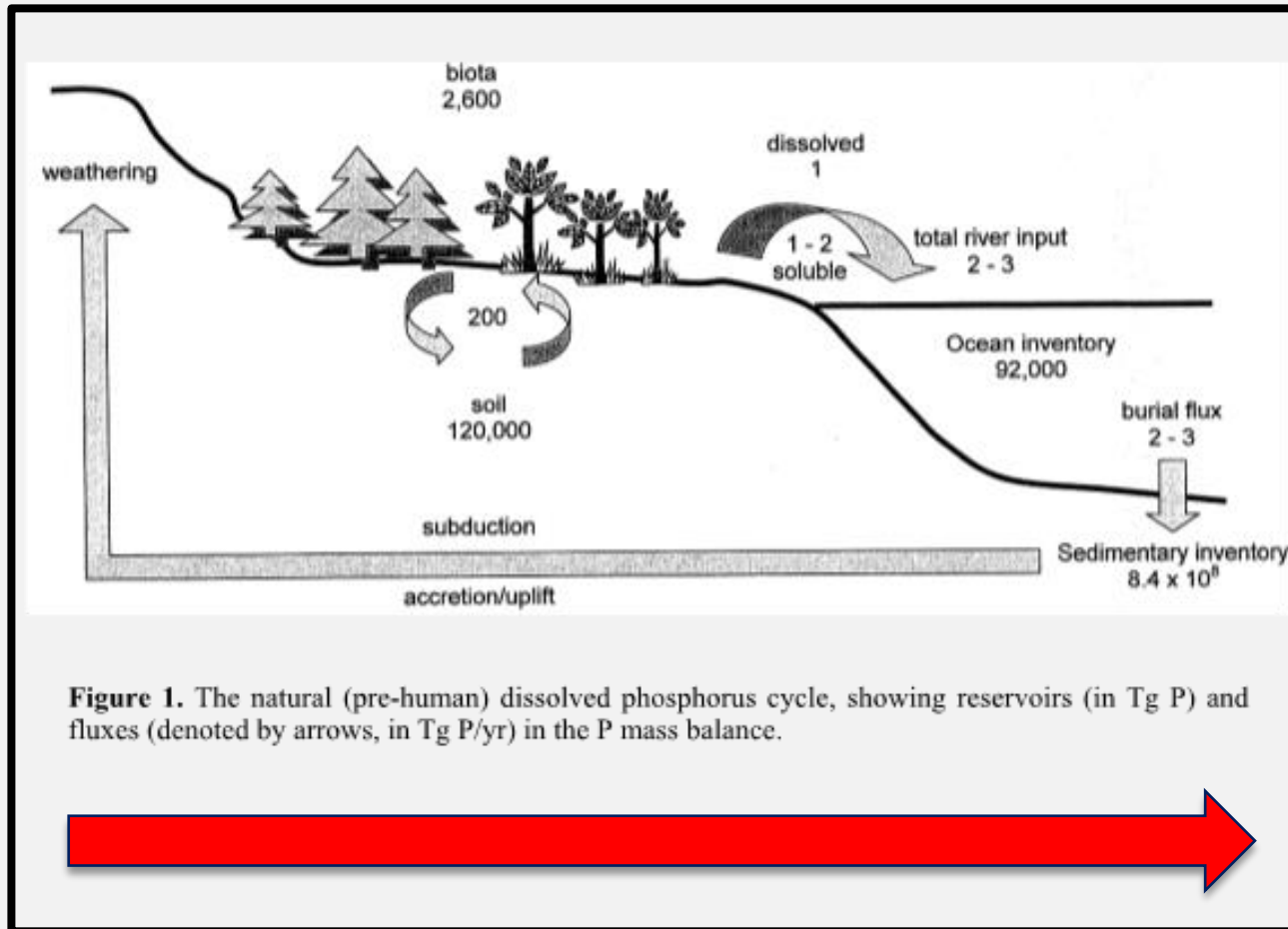
ENTE REGIONALE PER I SERVIZI  
ALL'AGRICOLTURA E ALLE FORESTE



**UNIVERSITÀ  
DI PARMA**

Elia Gambarotto, Monia Magri,  
Edoardo Severini, Daniele  
Nizzoli, Marco Bartoli

## ALTERAZIONE DEL CICLO GLOBALE



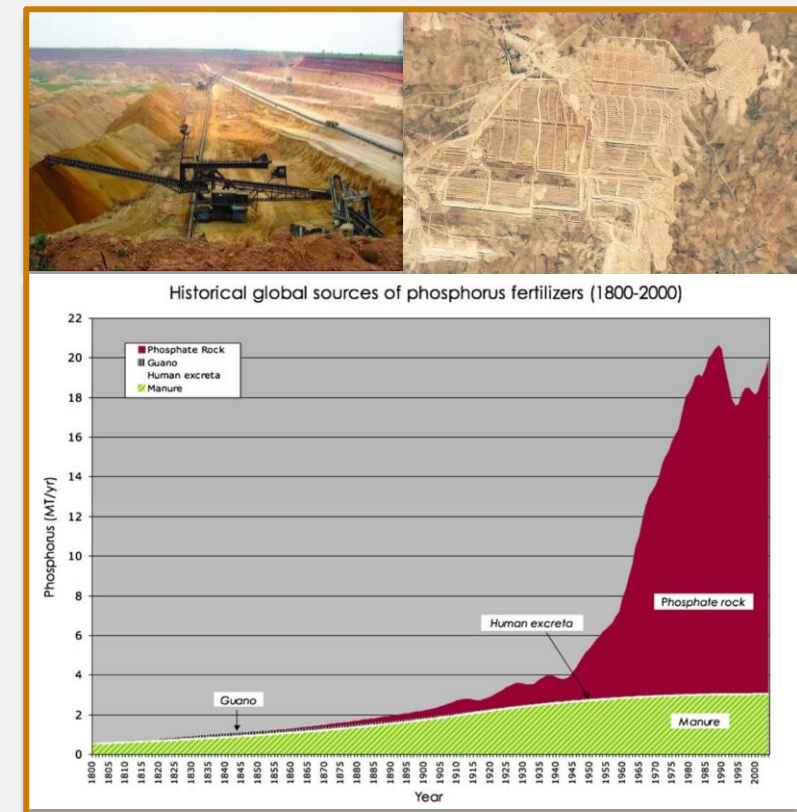
Da una **prospettiva temporale umana**, con gli attuali tassi di estrazione, il ciclo del fosforo può essere considerato come un **flusso unidirezionale** diretto dagli ambienti terrestri a quelli acquatici.

|                                        |      |
|----------------------------------------|------|
| Phosphorus                             |      |
| Background                             |      |
| Weathering of P-bearing minerals       | 10   |
| Year 2000                              |      |
| Mining and distribution of P-rich rock | 19.8 |

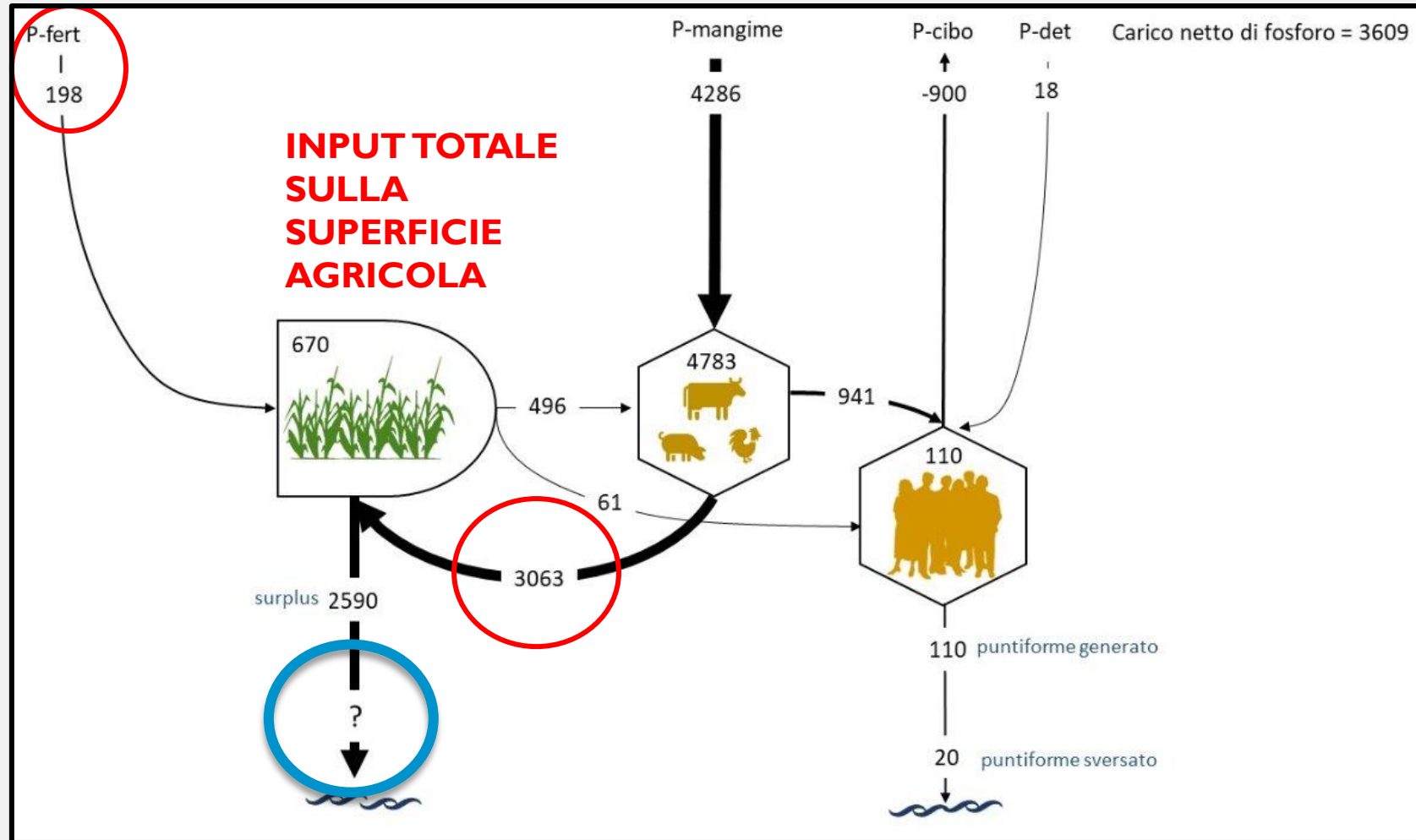
Input di P naturale (background) e di origine antropica agli ecosistemi terrestri ed acquatici (in Tg P anno<sup>-1</sup>)

# ALTERAZIONE DEL CICLO GLOBALE

«Per coltivare i nostri raccolti, abbiamo interferito con le riserve terrestri di un terzo elemento: il fosforo, che riceve molta meno attenzione e per il quale ci troviamo di fronte al problema unico di avere sia **troppo** che **troppo poco**»

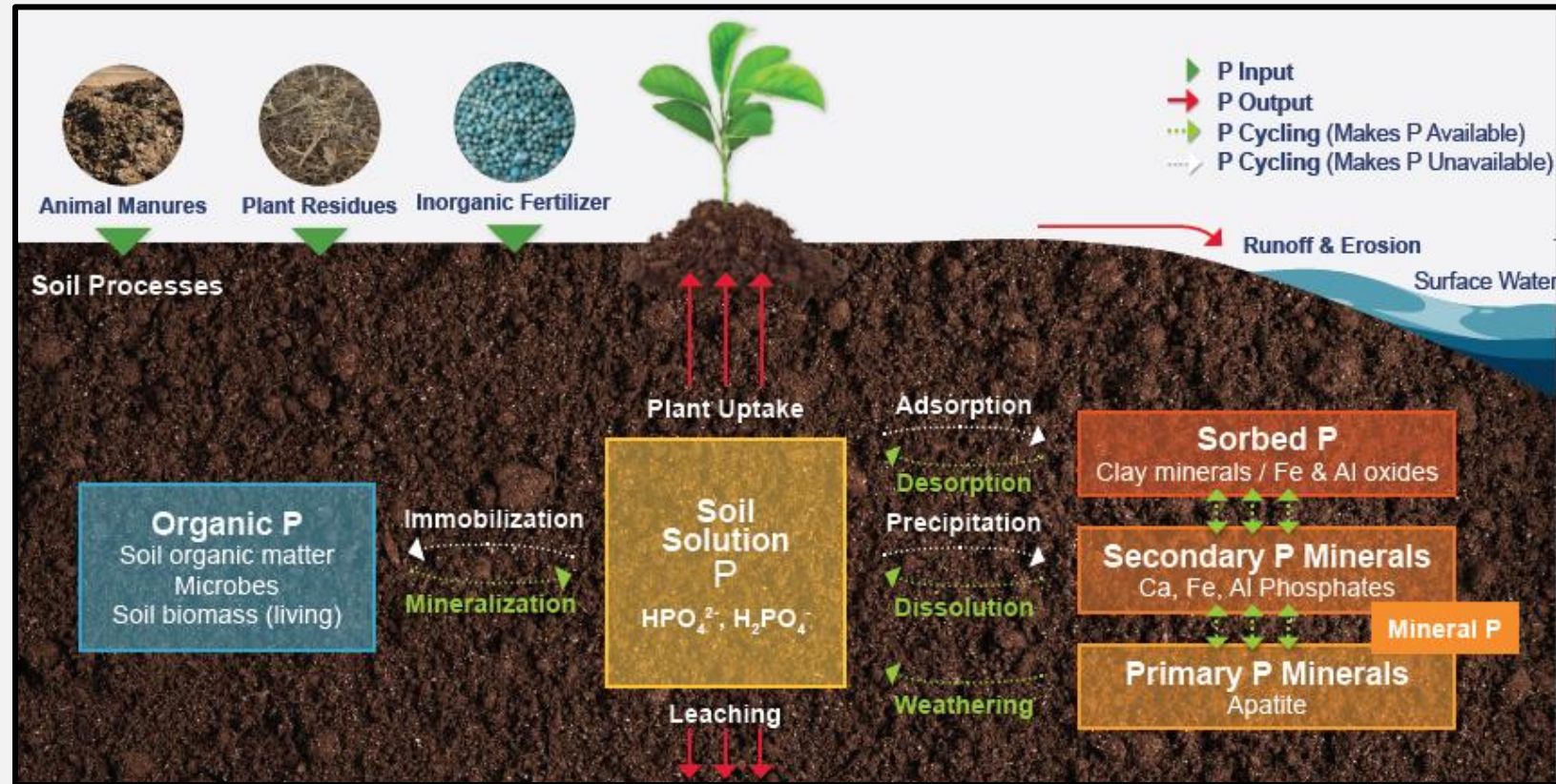


# ALTERAZIONE DEL CICLO GLOBALE



Nizzoli et al., 2023:  
«Origine e dinamica dei carichi inquinanti veicolati dal bacino del fiume Po e dagli altri bacini che sfociano nel mare Adriatico»

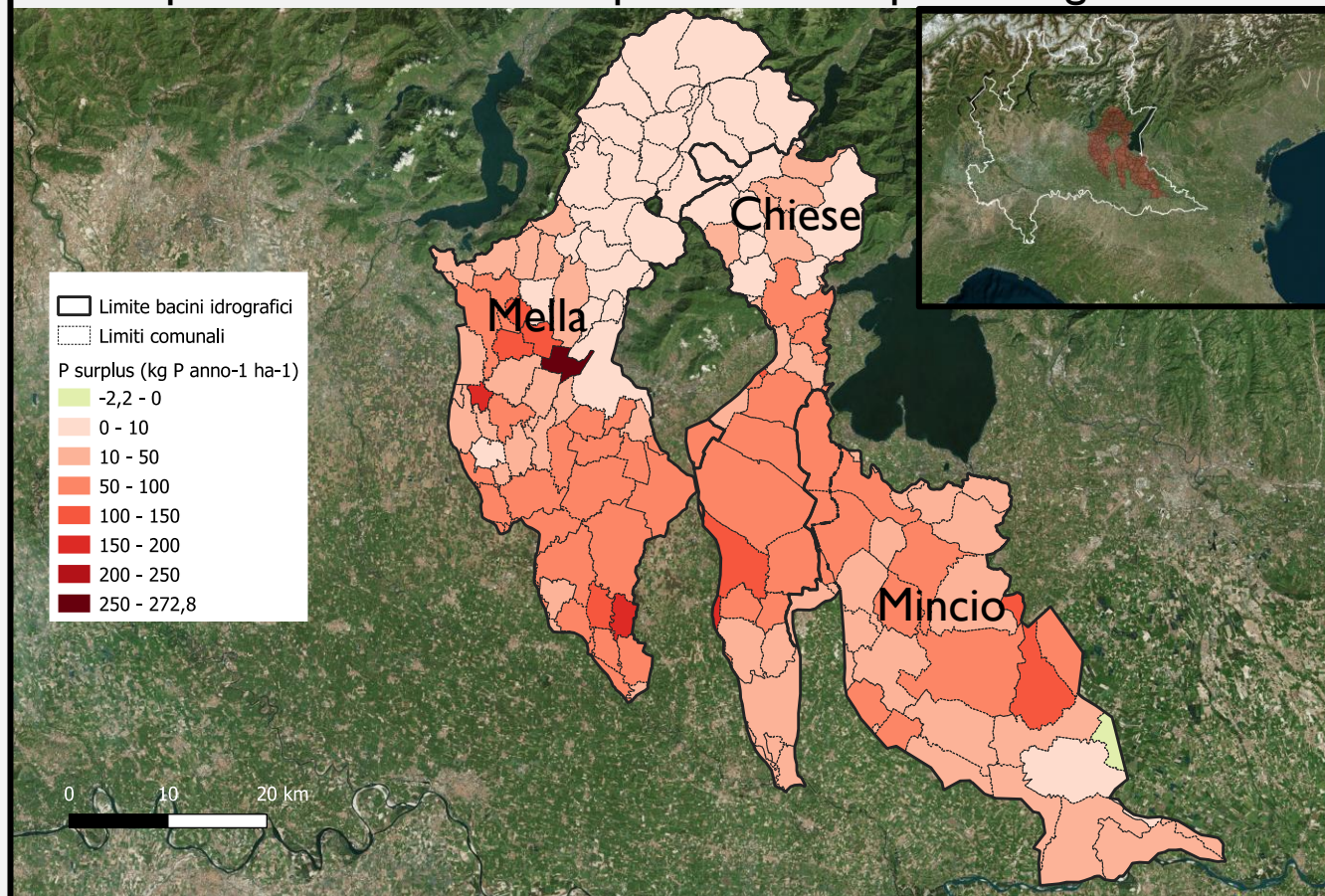
# ALTERAZIONE DEL CICLO GLOBALE



La disponibilità di P nei suoli è regolata da un complicato sistema di reazioni (bio)chimiche di alterazione, dissoluzione/precipitazione, adsorbimento/desorbimento, mineralizzazione/immobilizzazione e lisciviazione.

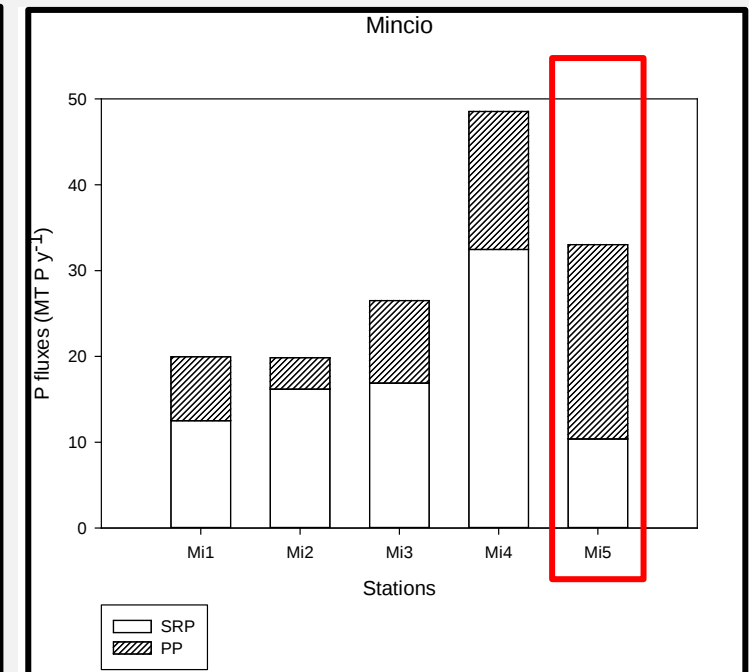
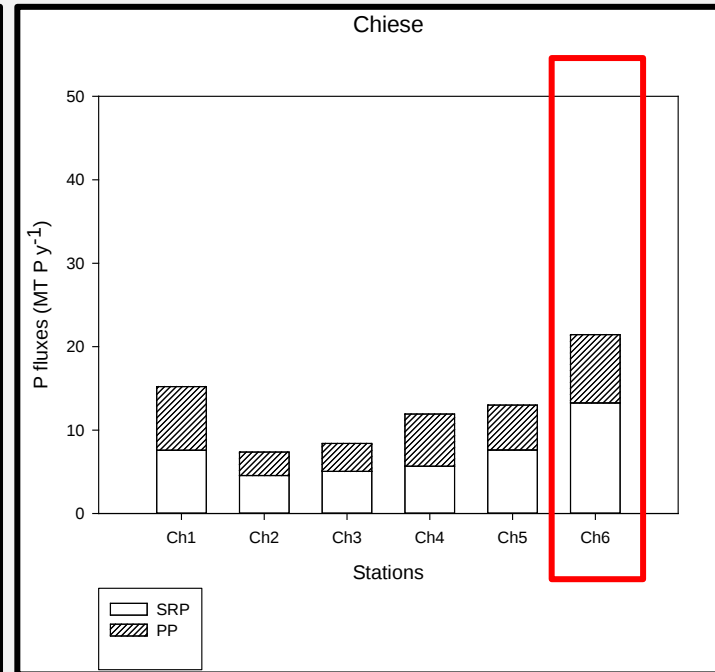
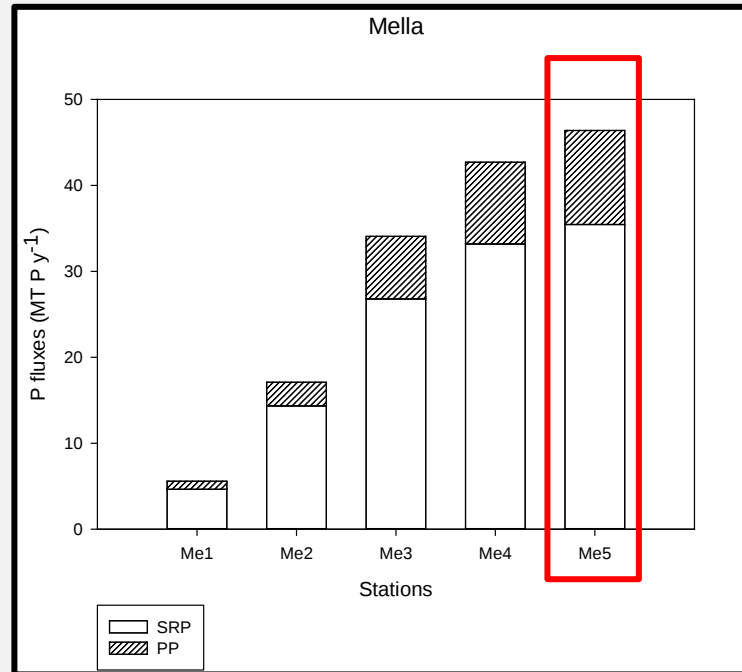
# BILANCI DEL FOSFORO IN TRE SOTTOBACINI LOMBARDI

Surplus annuale di fosforo per unità di superficie agricola



|                             | t P anno <sup>-1</sup> |               |               |
|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|
|                             | <i>Mella</i>           | <i>Chiese</i> | <i>Mincio</i> |
| P fertilizzanti sintesi     | 242                    | 189           | 400           |
| P nelle escrezioni animali  | 4137                   | 3082          | 4018          |
| P nelle produzioni vegetali | -921                   | -670          | -1250         |
| <b>P BUDGET</b>             | <b>3458</b>            | <b>2602</b>   | <b>3168</b>   |
| <b>CARICO CIVILE</b>        | <b>45</b>              | <b>20</b>     | <b>48</b>     |

## EXPORT

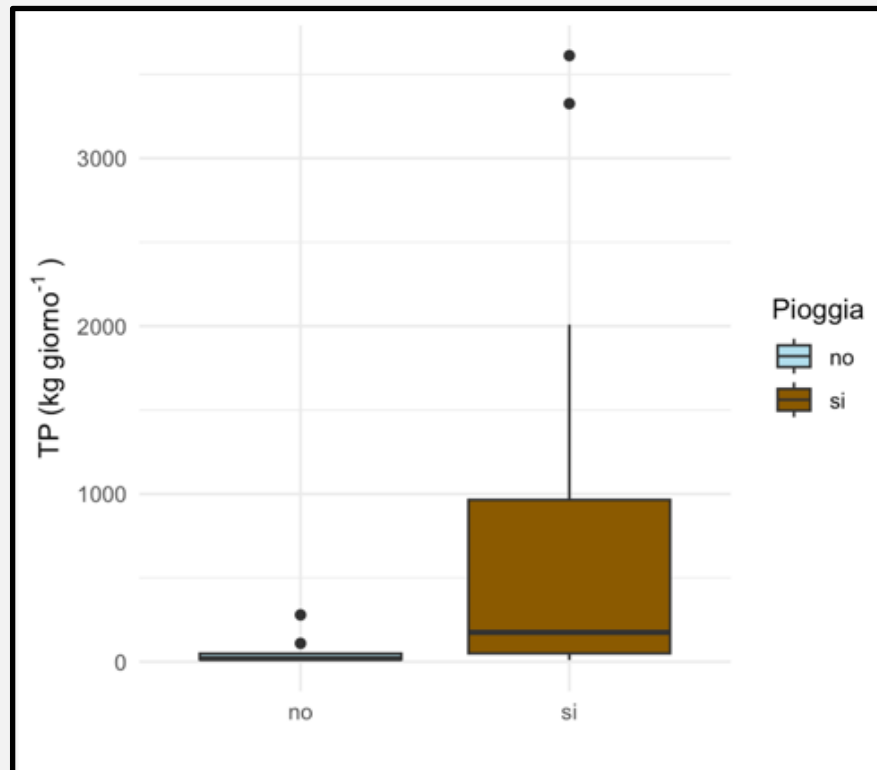


### CARICO ESPORTATO VS CARICO POTENZIALE:

- Chiese: 0.8%
- Mincio: 1.1%
- Mella: 1.3%

## EXPORT

### CHIESE : ASOLA



### AUMENTO CARICHI ANNUALI

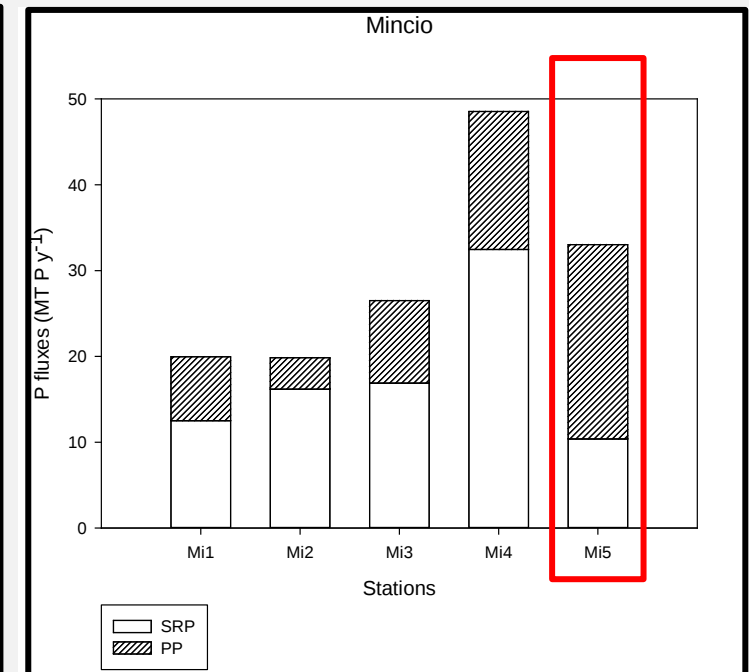
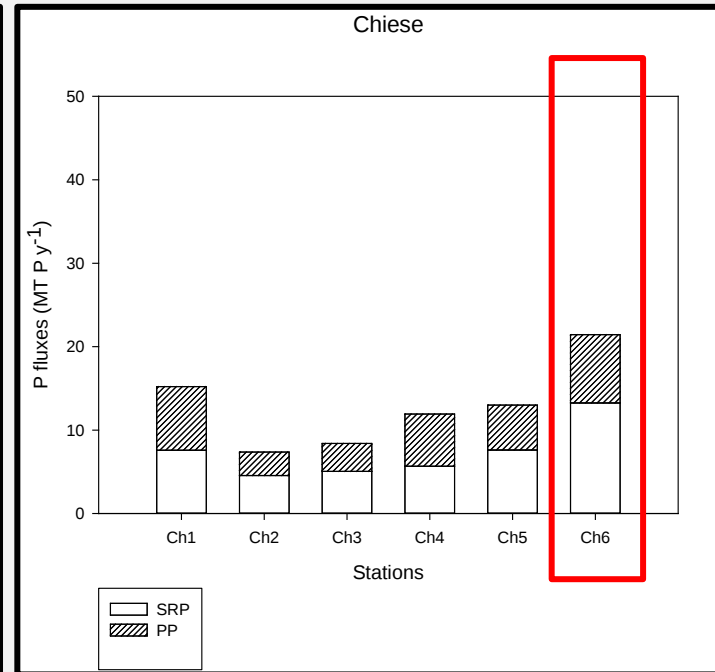
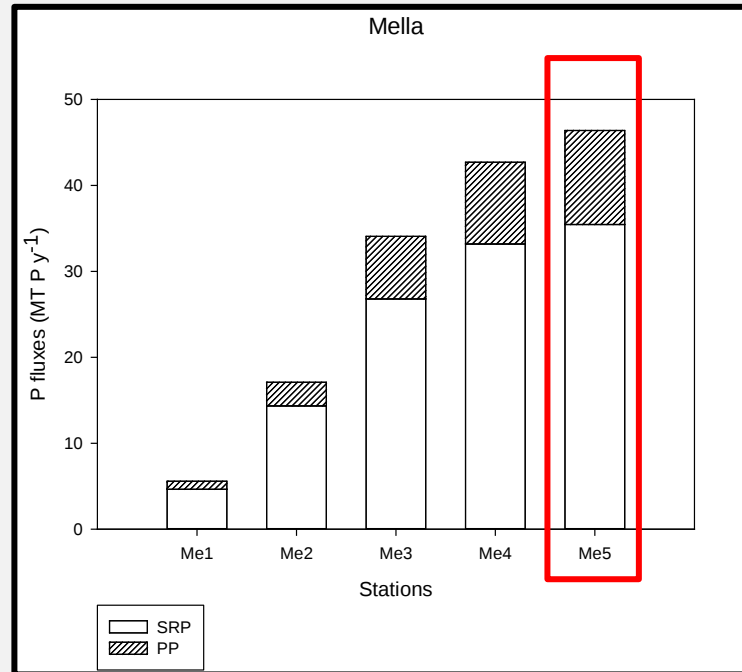
Condizioni di flusso ordinario:

**17 t P anno<sup>-1</sup>**

Condizioni di flusso ordinario + Eventi  
di precipitazione nel 2023:

**36 t P anno<sup>-1</sup>**

## EXPORT



### CARICO ESPORTATO VS CARICO POTENZIALE:

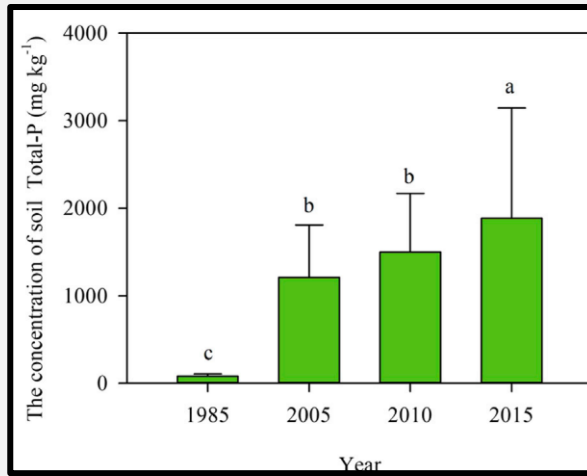
- Chiese: 0.8% **x2 = 1.6%**

- Mincio: 1.1%

- Mella: 1.3% **x 1.5 = 2%**

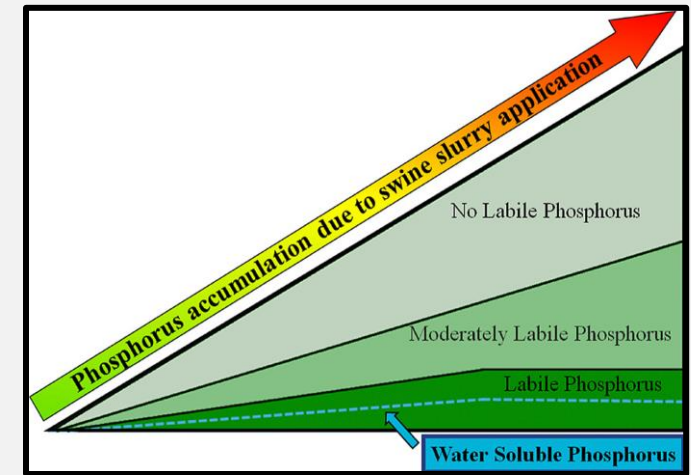
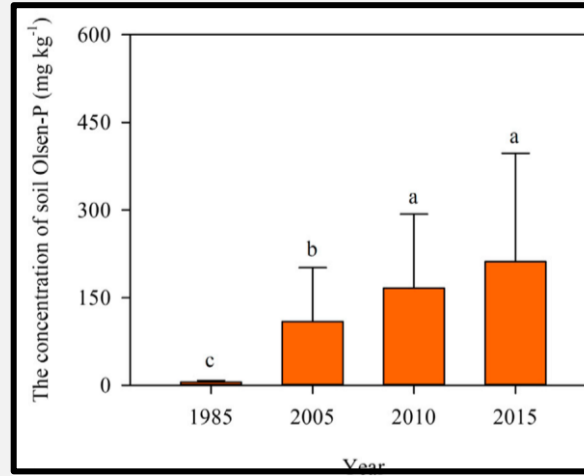
## AUMENTO CONCENTRAZIONI NEI SUOLI

FOSFORO TOTALE



Yan et al. 2022

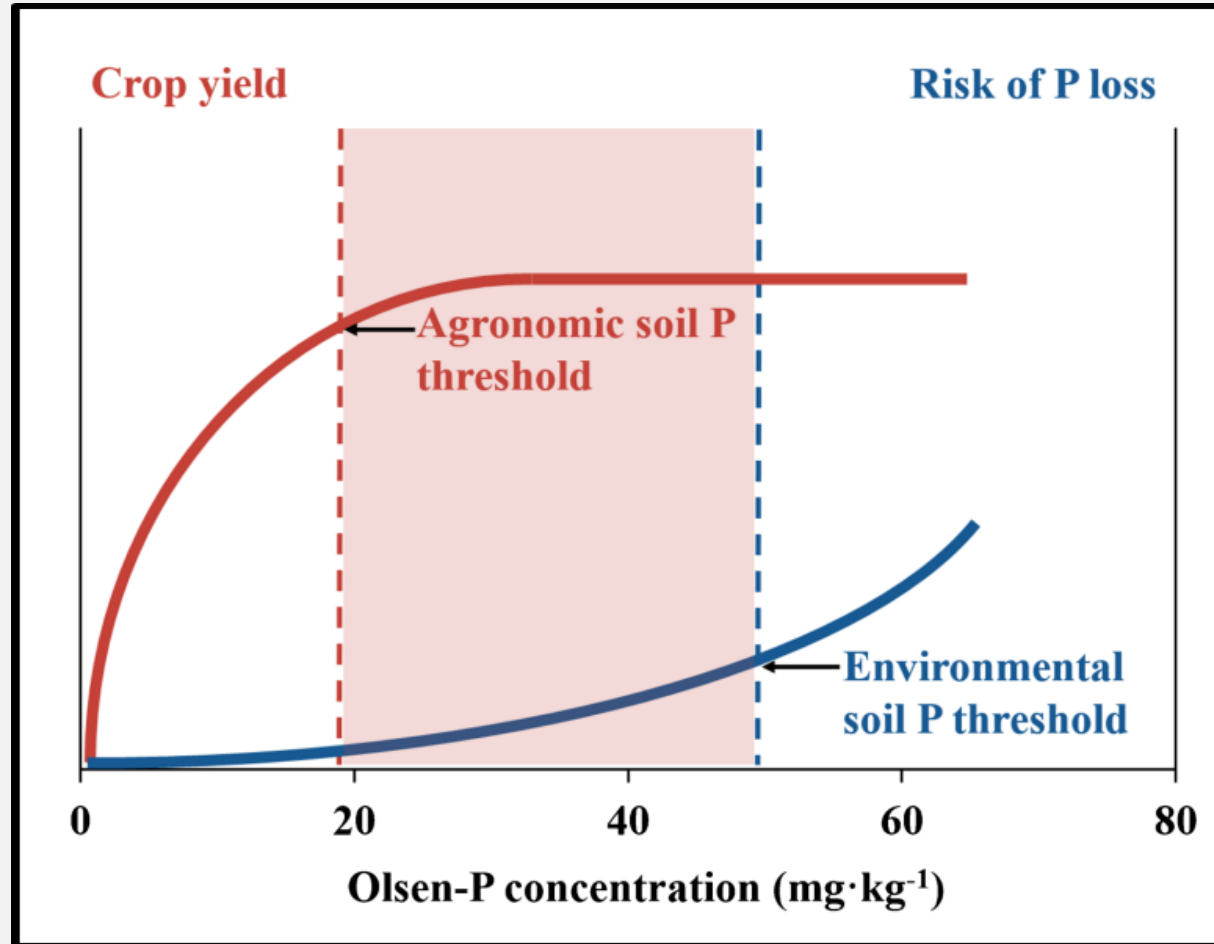
FOSFORO ASSIMILABILE



Gatiboni et al. 2021

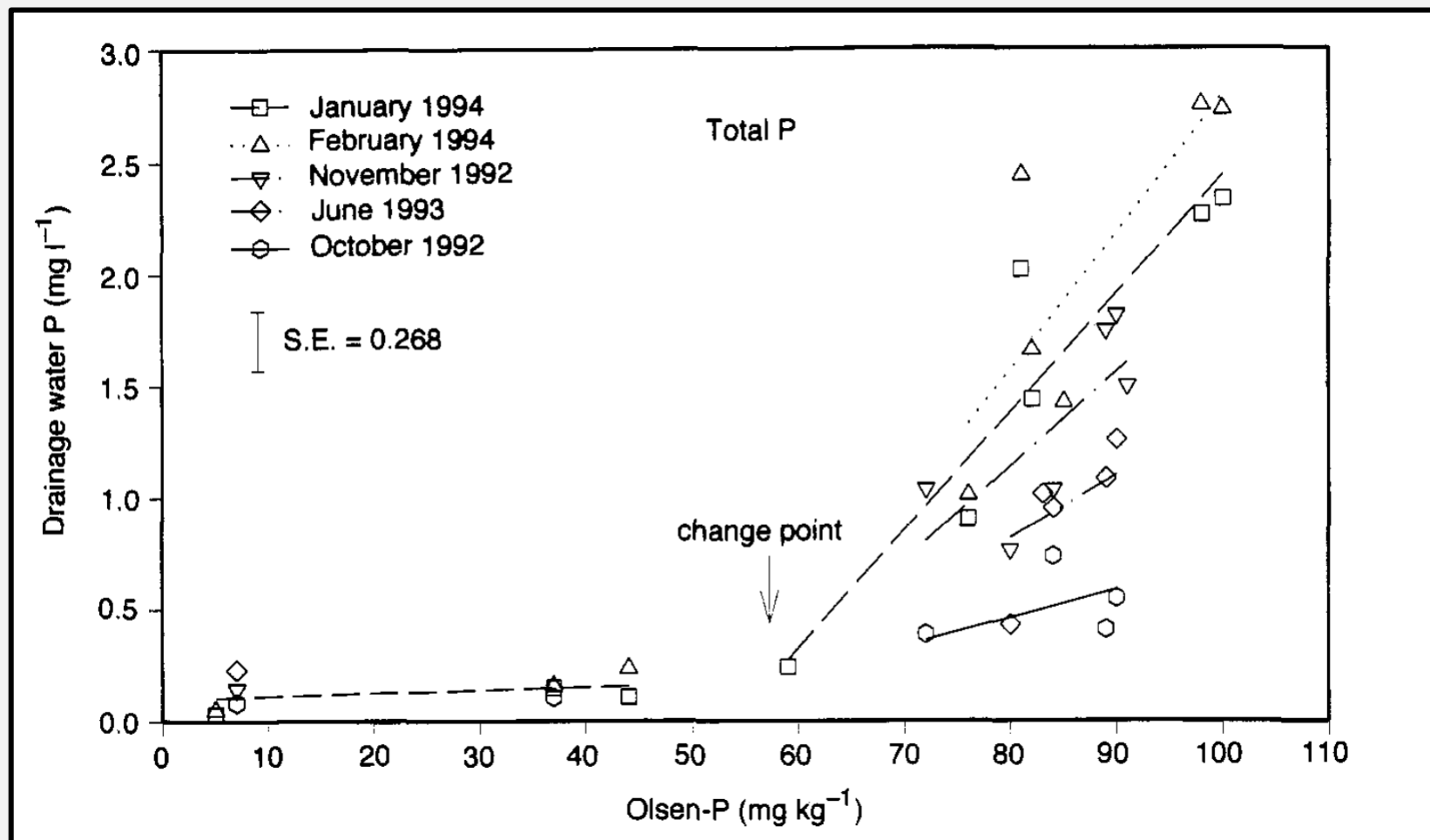
Ci si aspetta che la restante parte di P si sia accumulata col tempo

## VALORI CRITICI



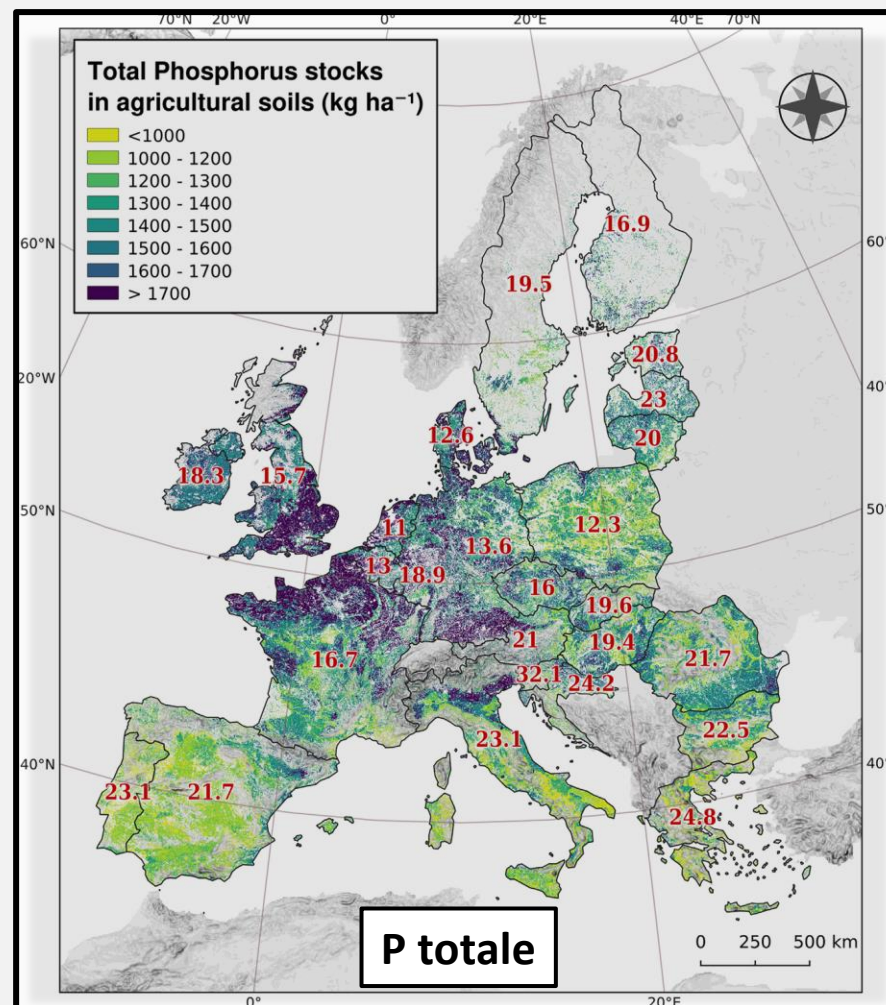
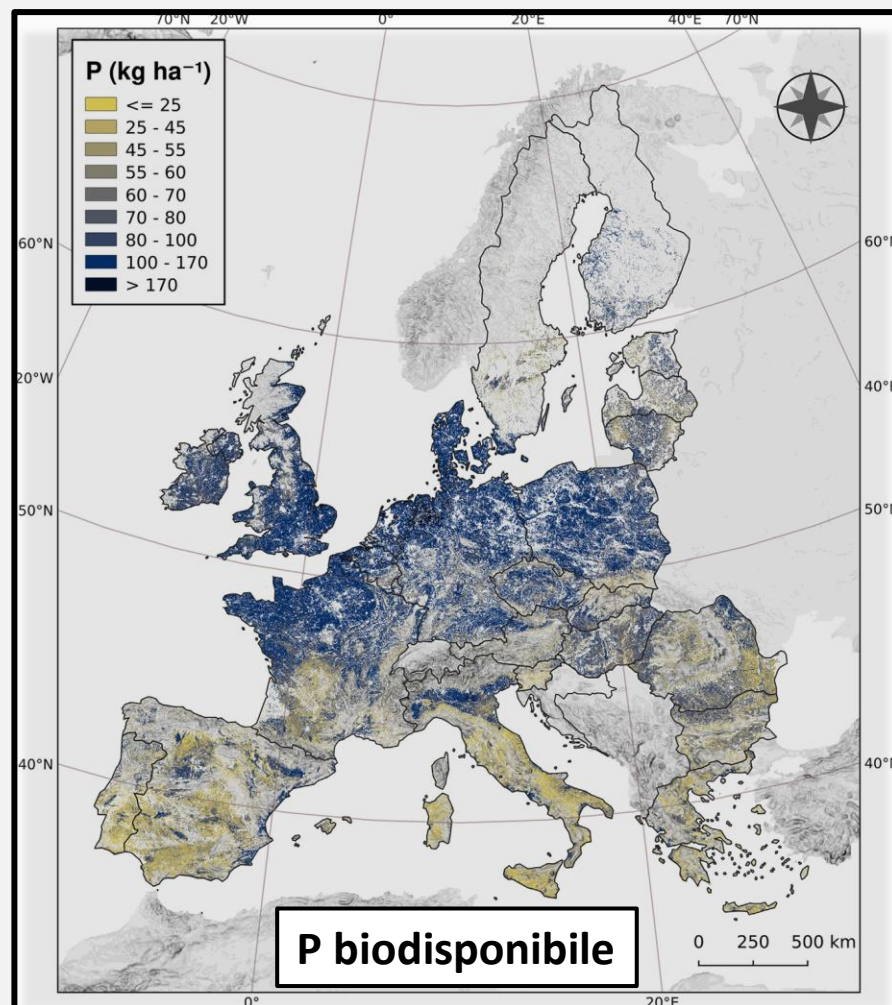
Wang et al. 2023

## CONCENTRAZIONE P NEI SUOLI DELLA PEDOTECA



Brookes et al. 1997

# FOSFORO NEI SUOLI AGRICOLI EUROPEI



**VALORI MEDI**

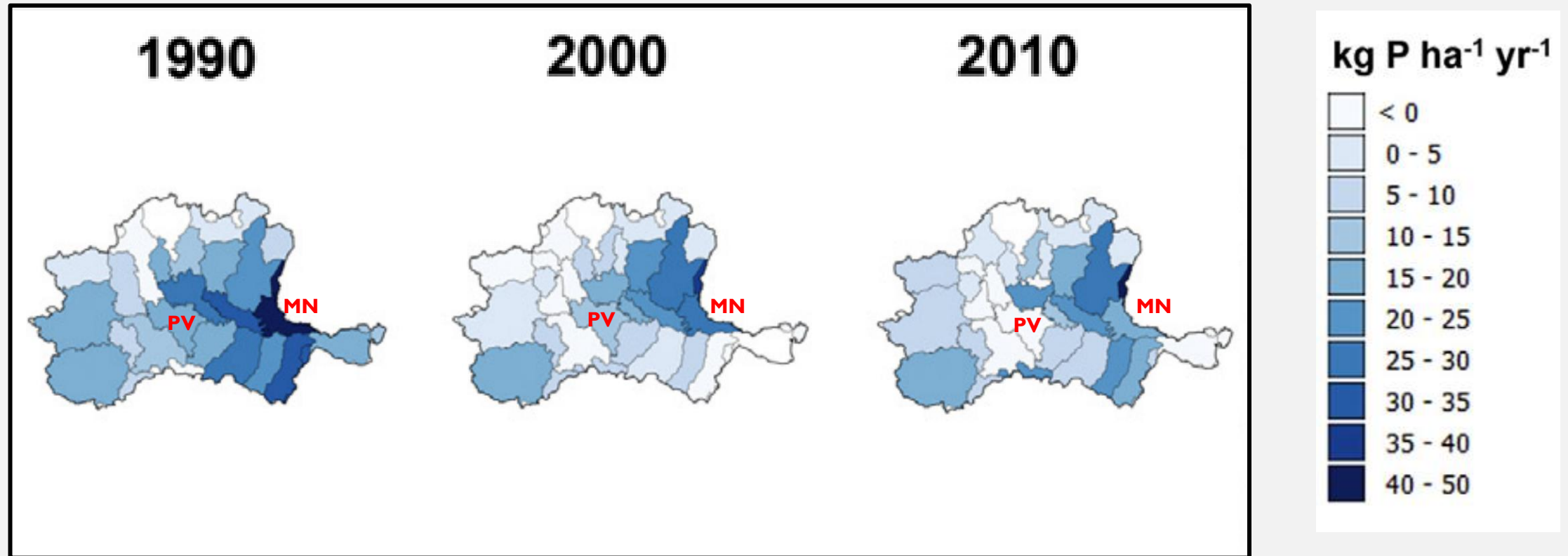
**P biodisponibile:**  
**33 mg kg<sup>-1</sup>**

**P totale:**  
**572 mg kg<sup>-1</sup>**

**Rapporto:**  
**1:17**

Panagos et al. 2022

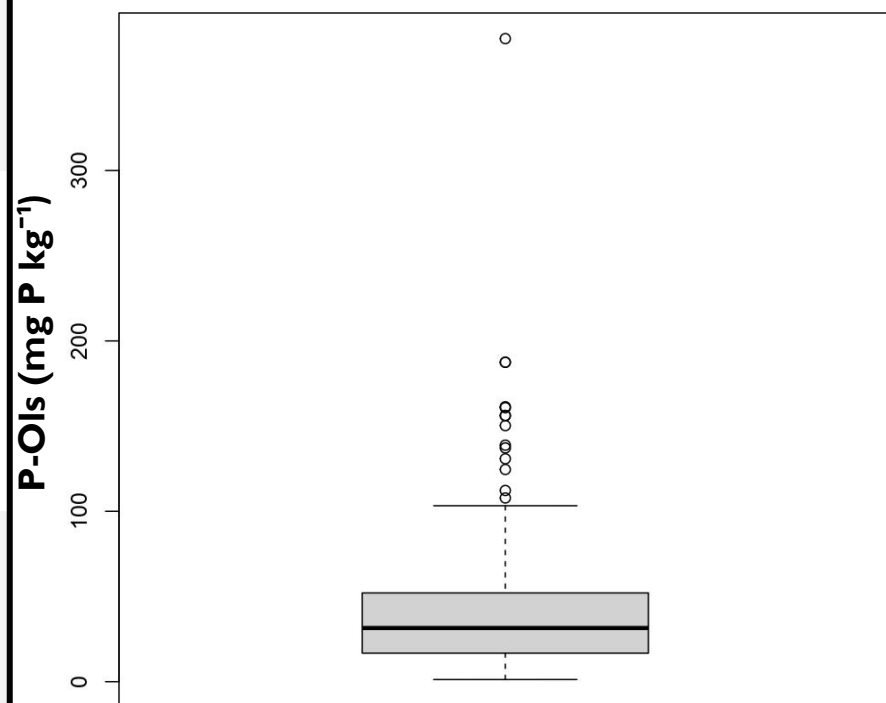
## FOSFORO NEI SUOLI AGRICOLI EUROPEI



Viaroli et al., 2018

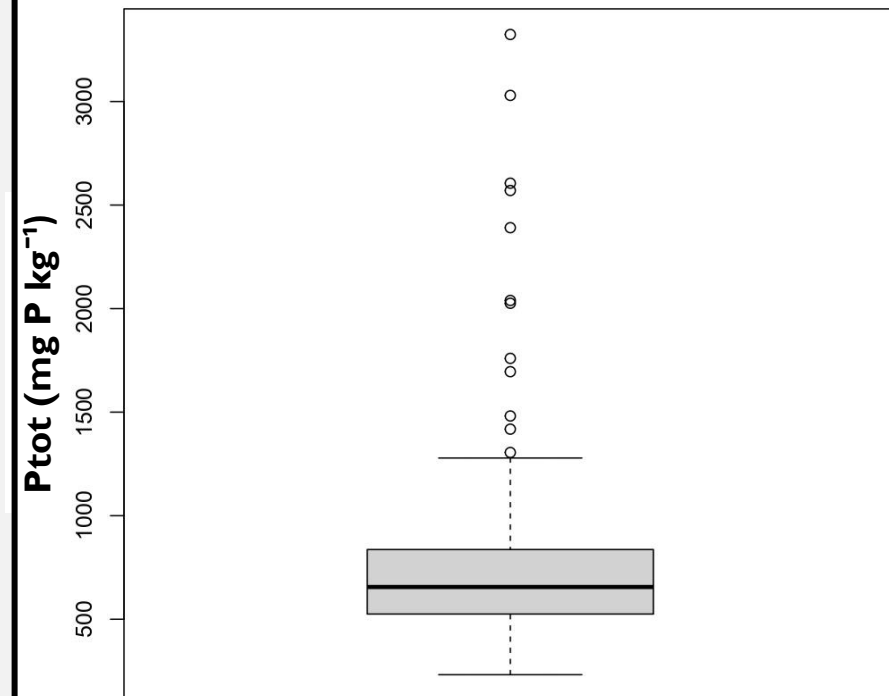
## CONCENTRAZIONI P NEI SUOLI DELLA PEDOTECA

Fosforo assimilabile



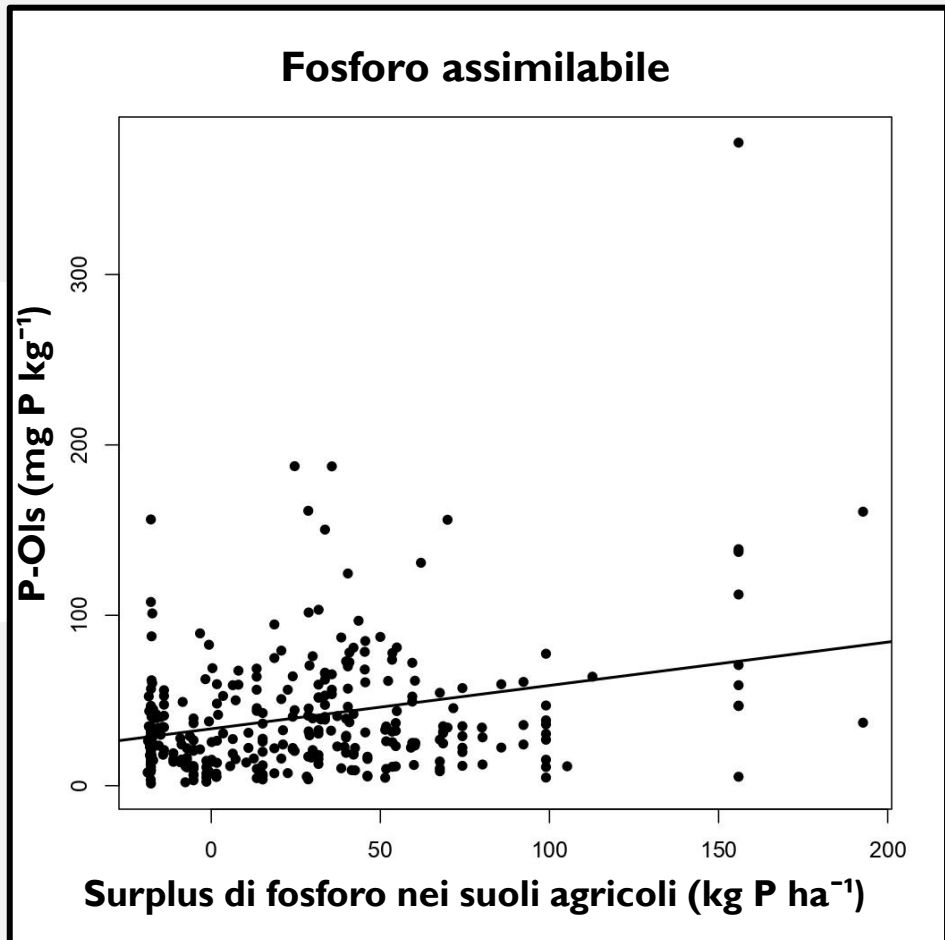
**Media** 40 mg P kg<sup>-1</sup>  
**Mediana** 31 mg P kg<sup>-1</sup>

Fosforo totale

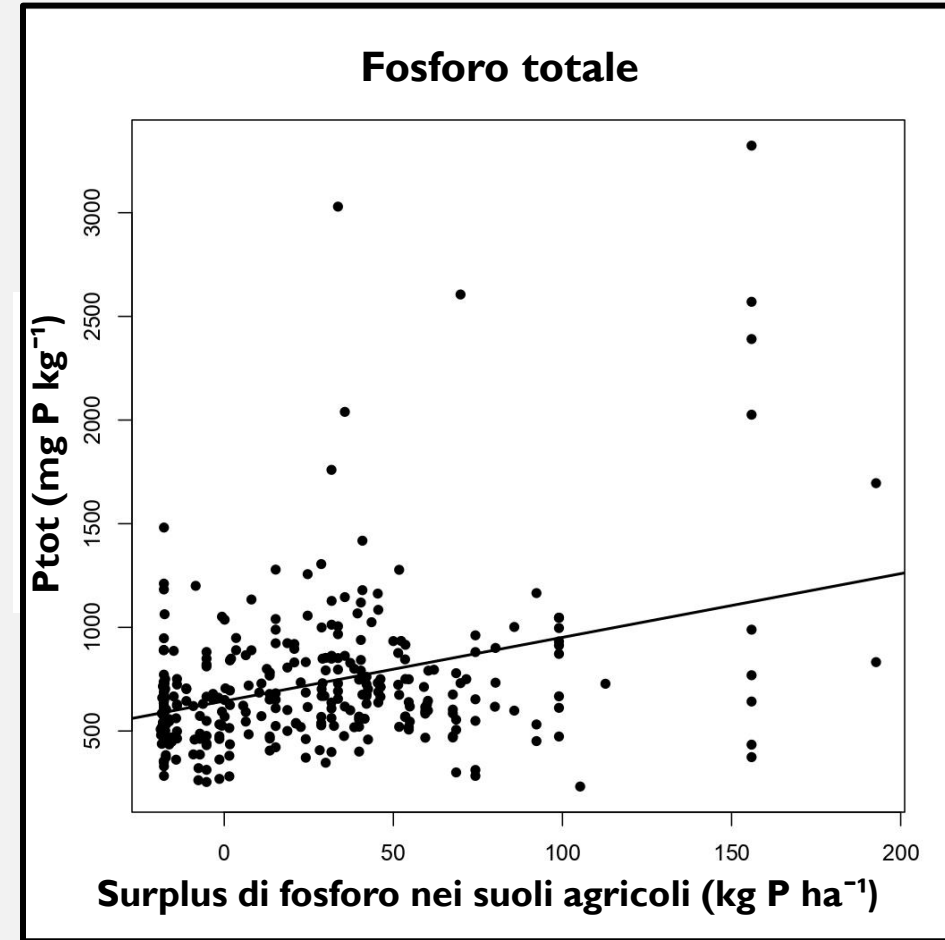


**Media** 726 mg P kg<sup>-1</sup>  
**Mediana** 656 mg P kg<sup>-1</sup>

## CONCENTRAZIONI P NEI SUOLI DELLA PEDOTECA

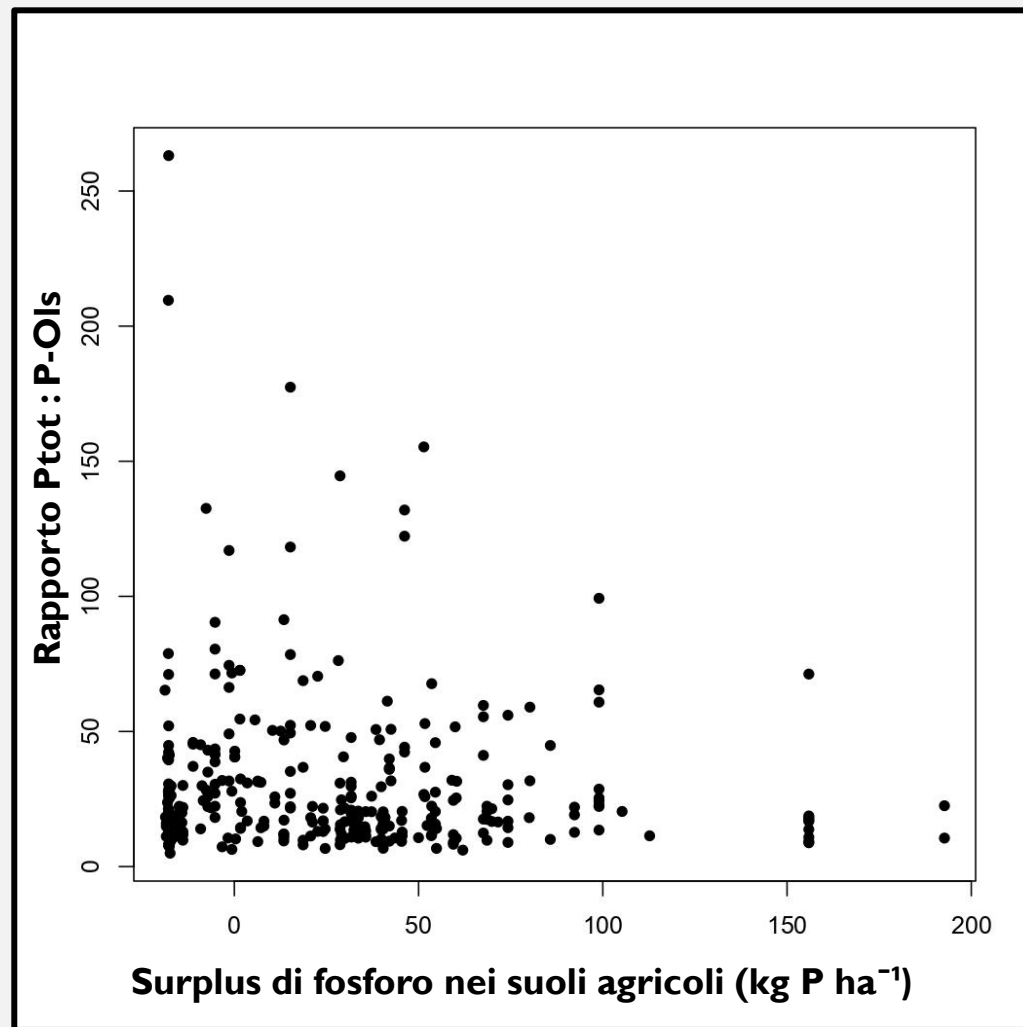


p-value < 0.0001  
 $R^2 = 0.08$

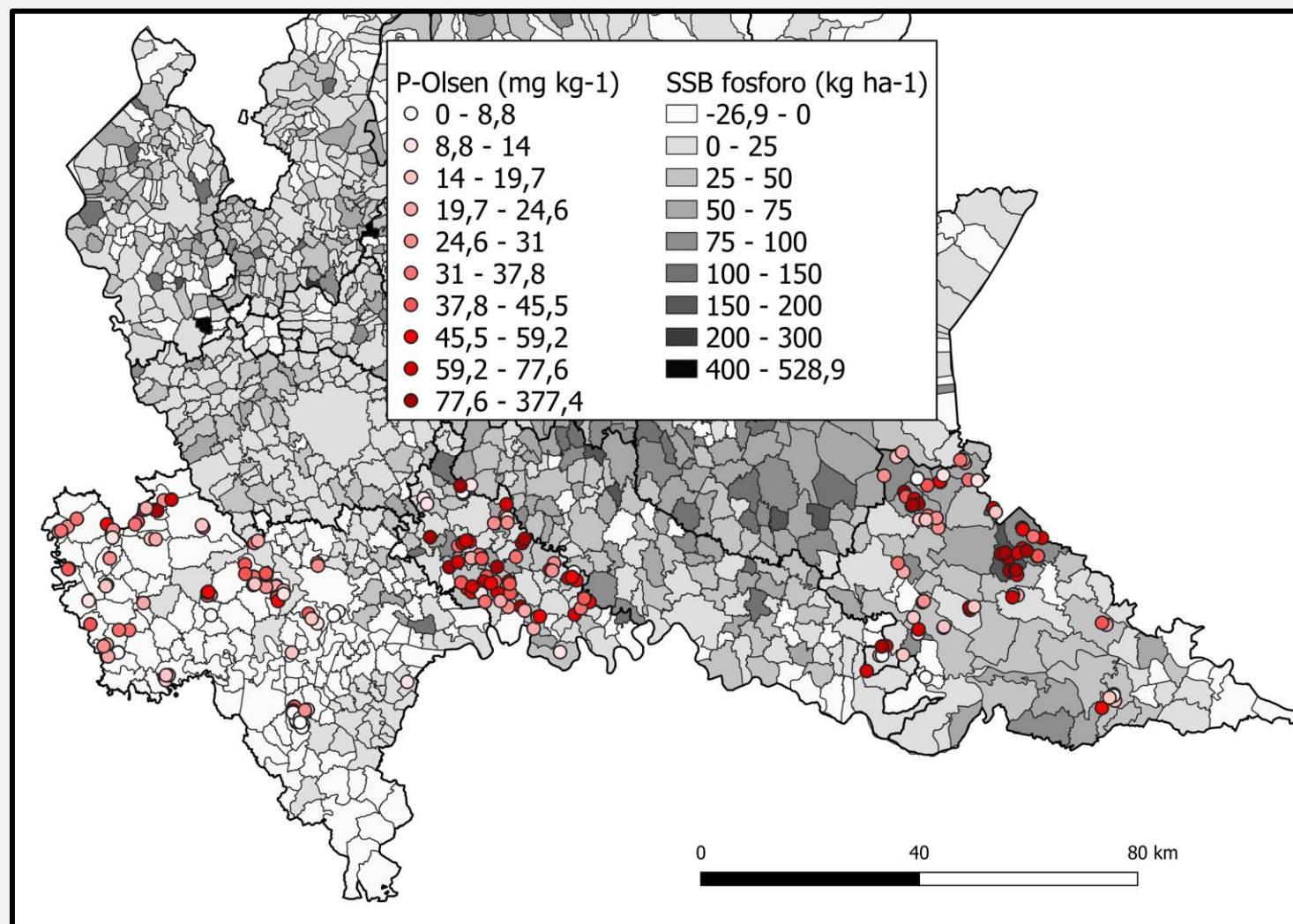


p-value < 0.0001  
 $R^2 = 0.12$

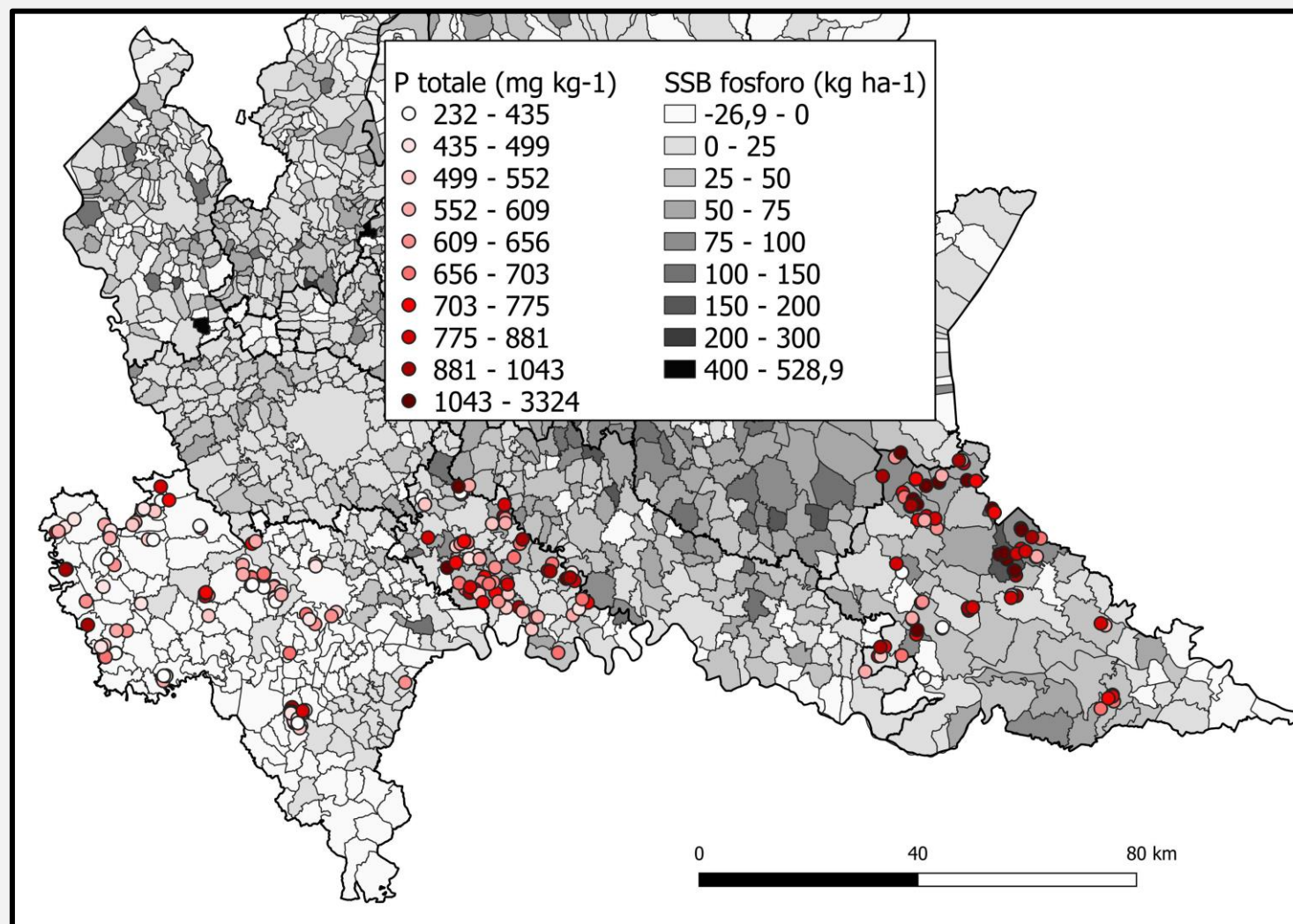
## CONCENTRAZIONI P NEI SUOLI DELLA PEDOTECA



## CONCENTRAZIONE P NEI SUOLI DELLA PEDOTECA

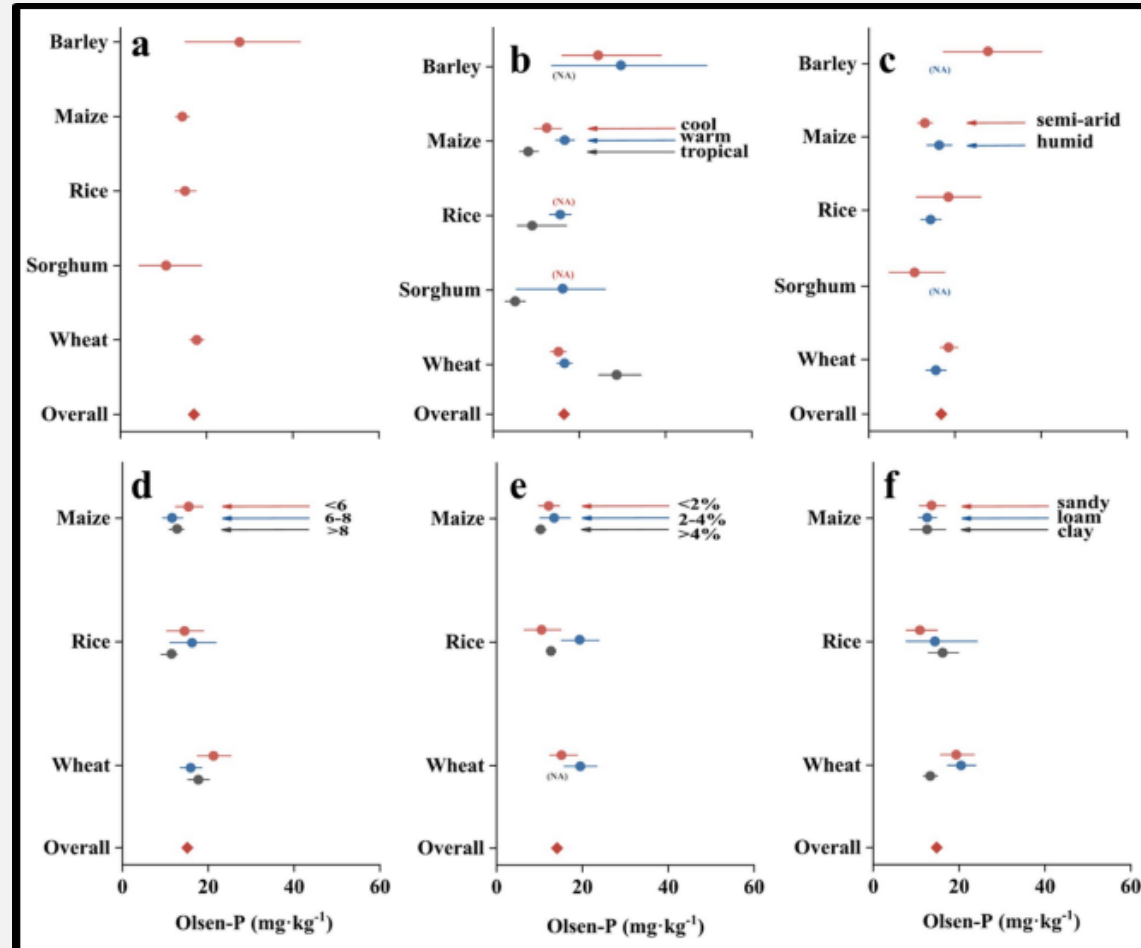


## CONCENTRAZIONE P NEI SUOLI DELLA PEDOTECA



# VALORI CRITICI AGRONOMICI

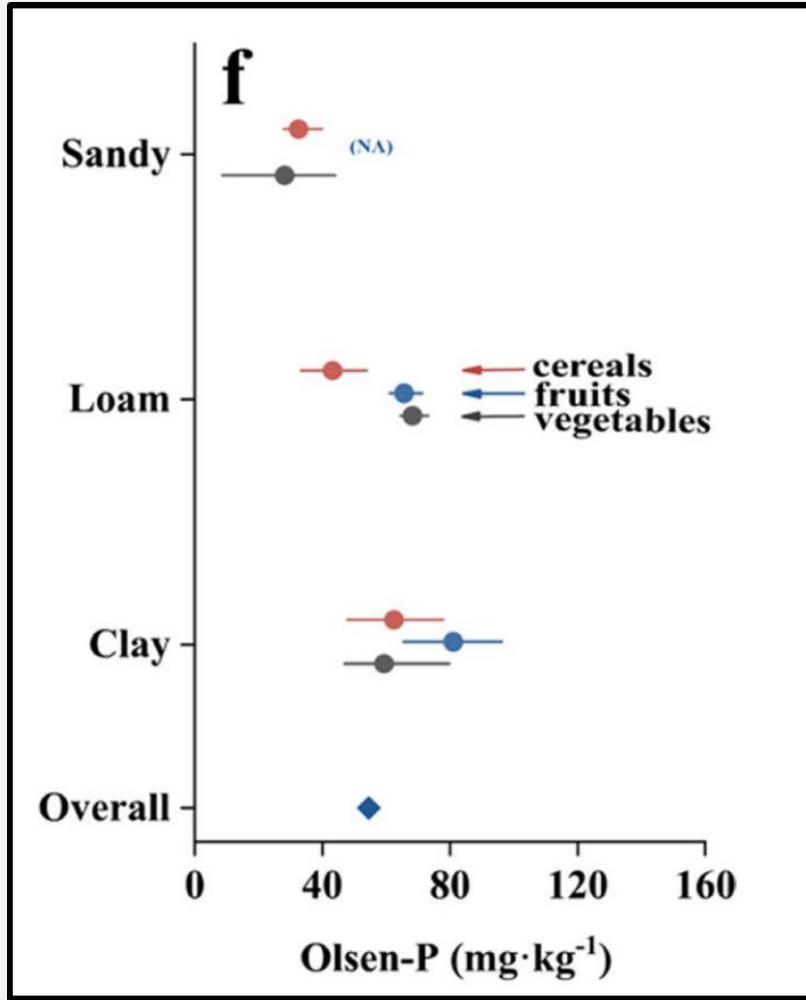
- a. Media generale
- b. Temperatura
- c. Precipitazioni
- d. pH
- e. Materia organica
- f. Tessitura



Wang et al. 2023

**Range di valori critici agronomici di P assimilabile tra le diverse categorie (escludendo l'orzo e i climi tropicali):**  
**~ 10 – 30 mg kg<sup>-1</sup>**

## VALORI CRITICI AMBIENTALI

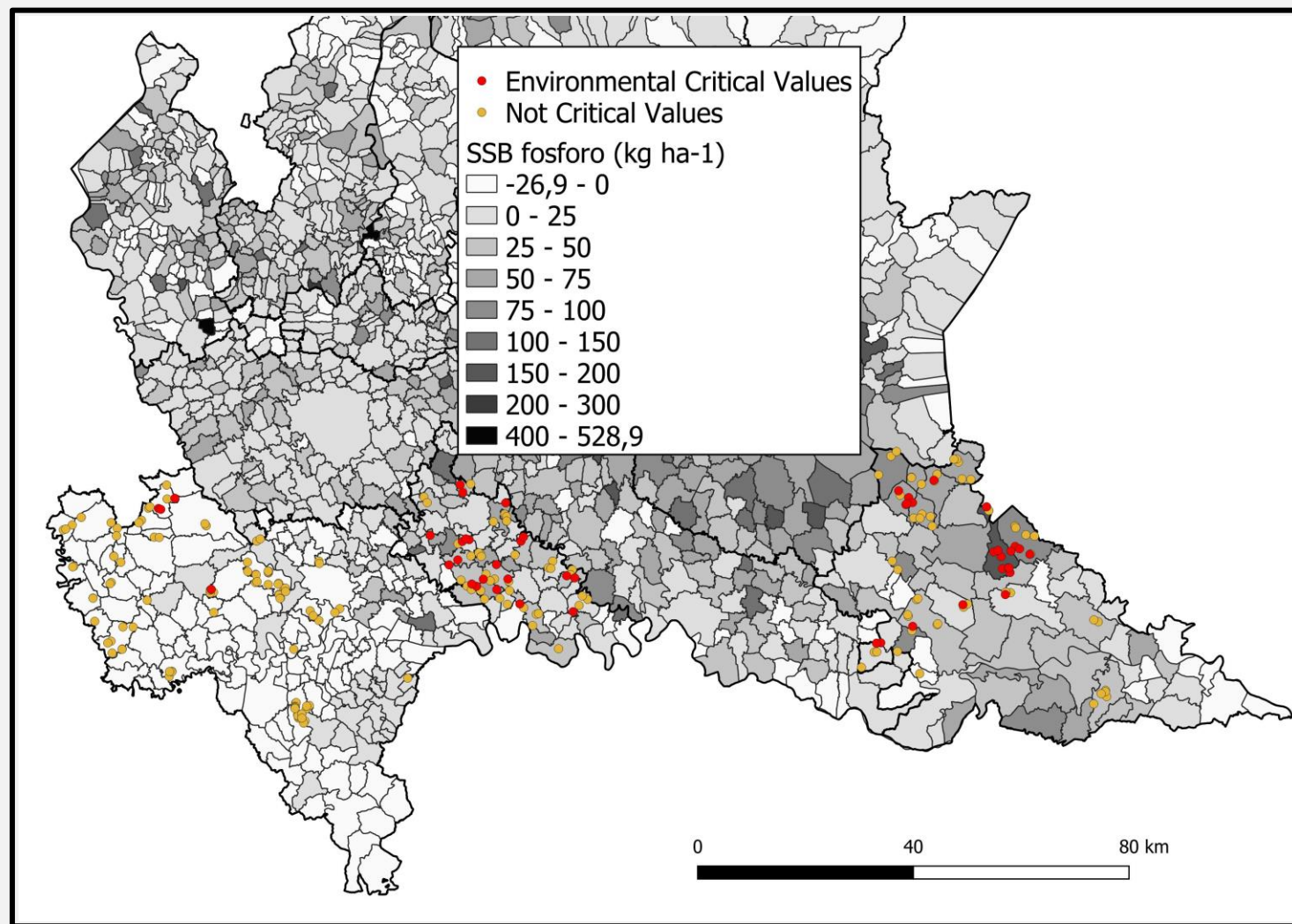


Range di valori critici ambientali  
di P assimilabile per i cereali:

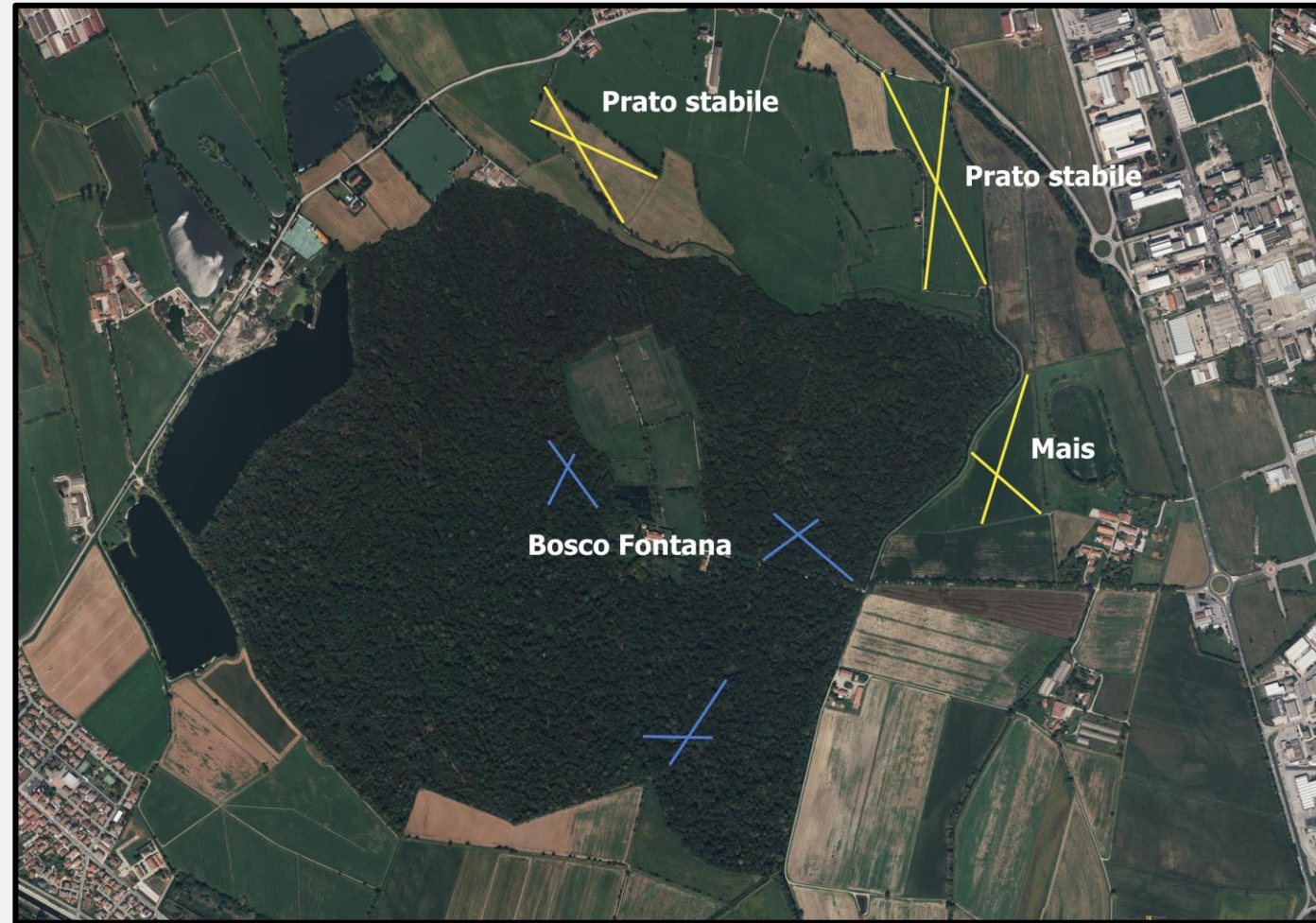
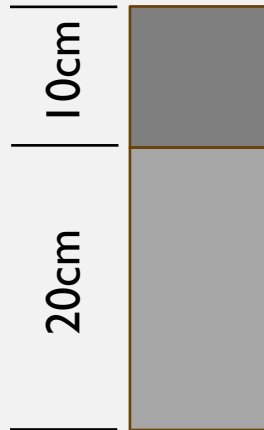
Clay: ~ 40 – 80  $\text{mg kg}^{-1}$

Sandy e Loam: ~ 30 - 55  $\text{mg kg}^{-1}$

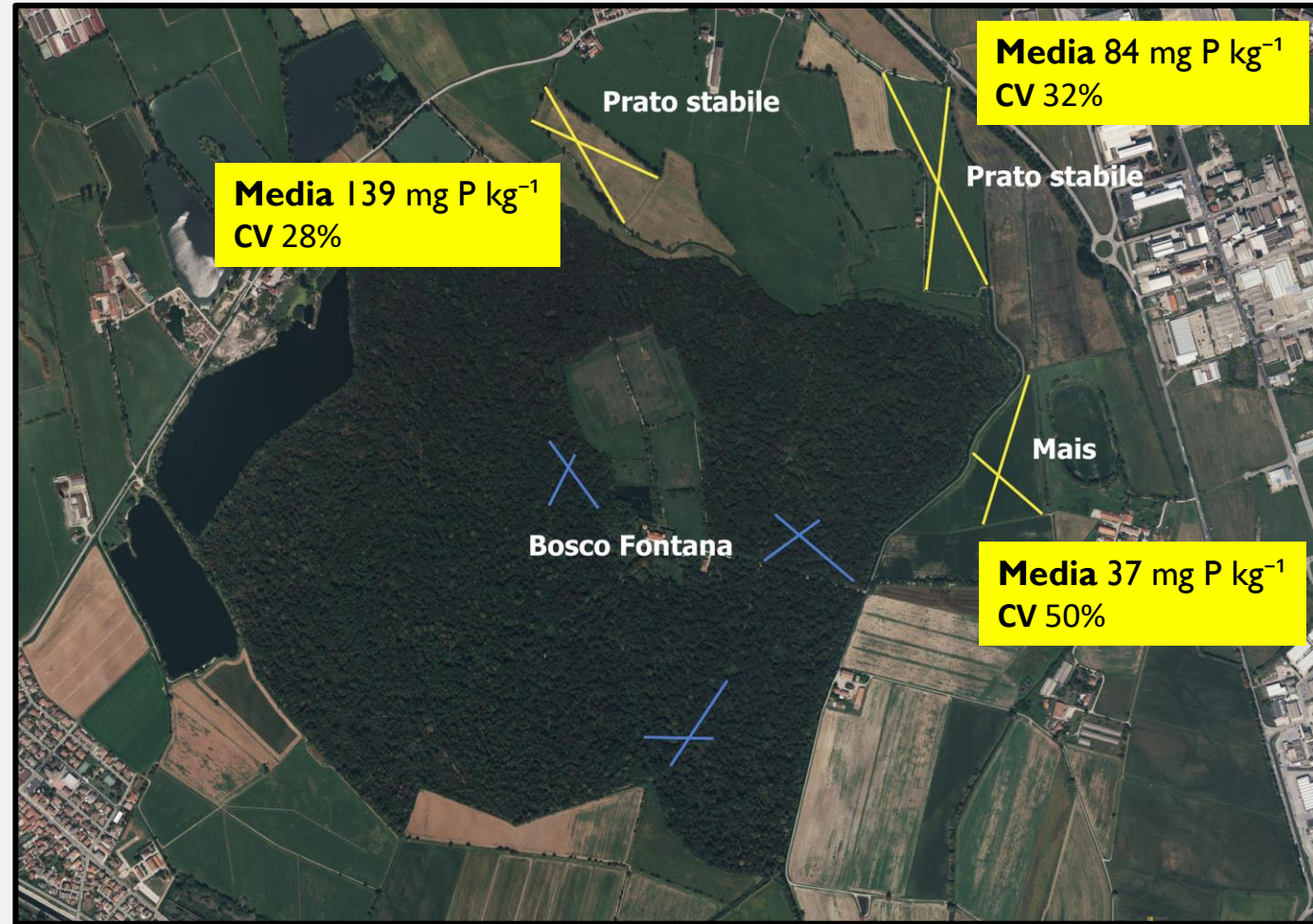
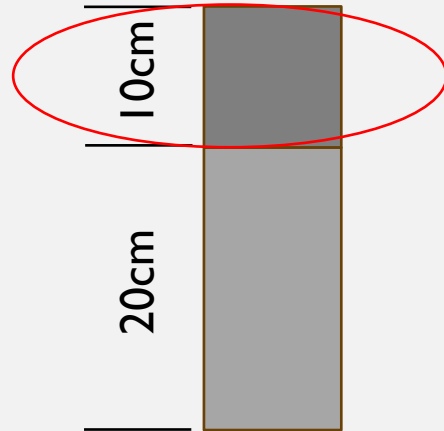
## VALORI CRITICI AMBIENTALI



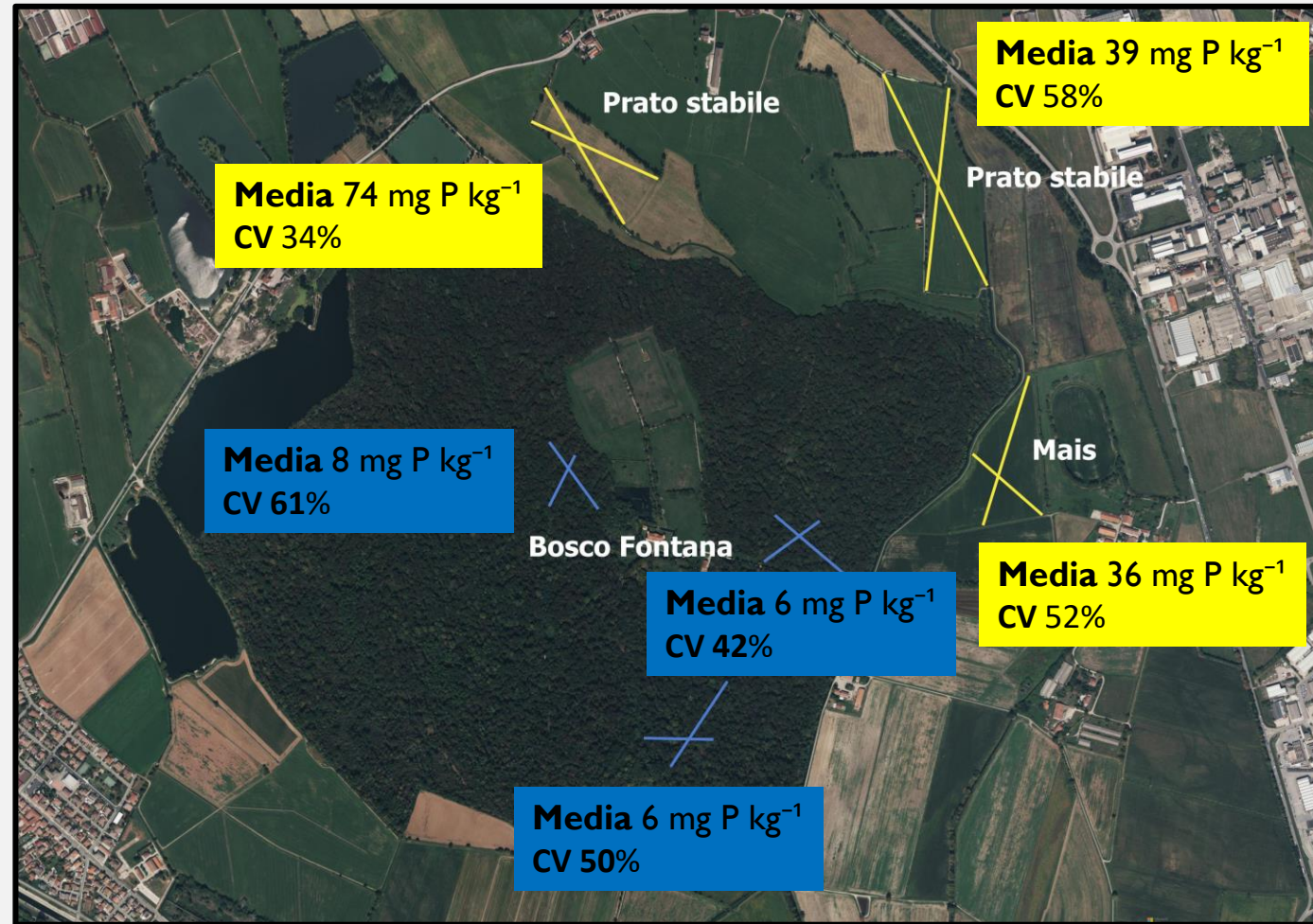
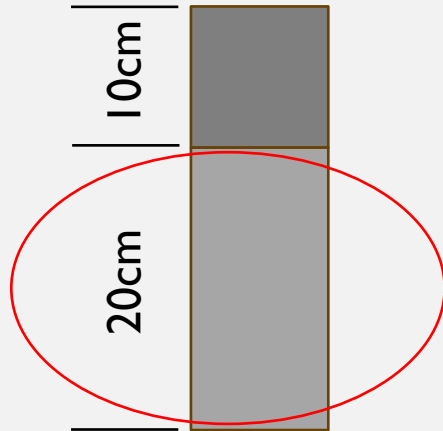
## PROVE DI VARIABILITÀ E CONFRONTO CON AREA *PRISTINE*



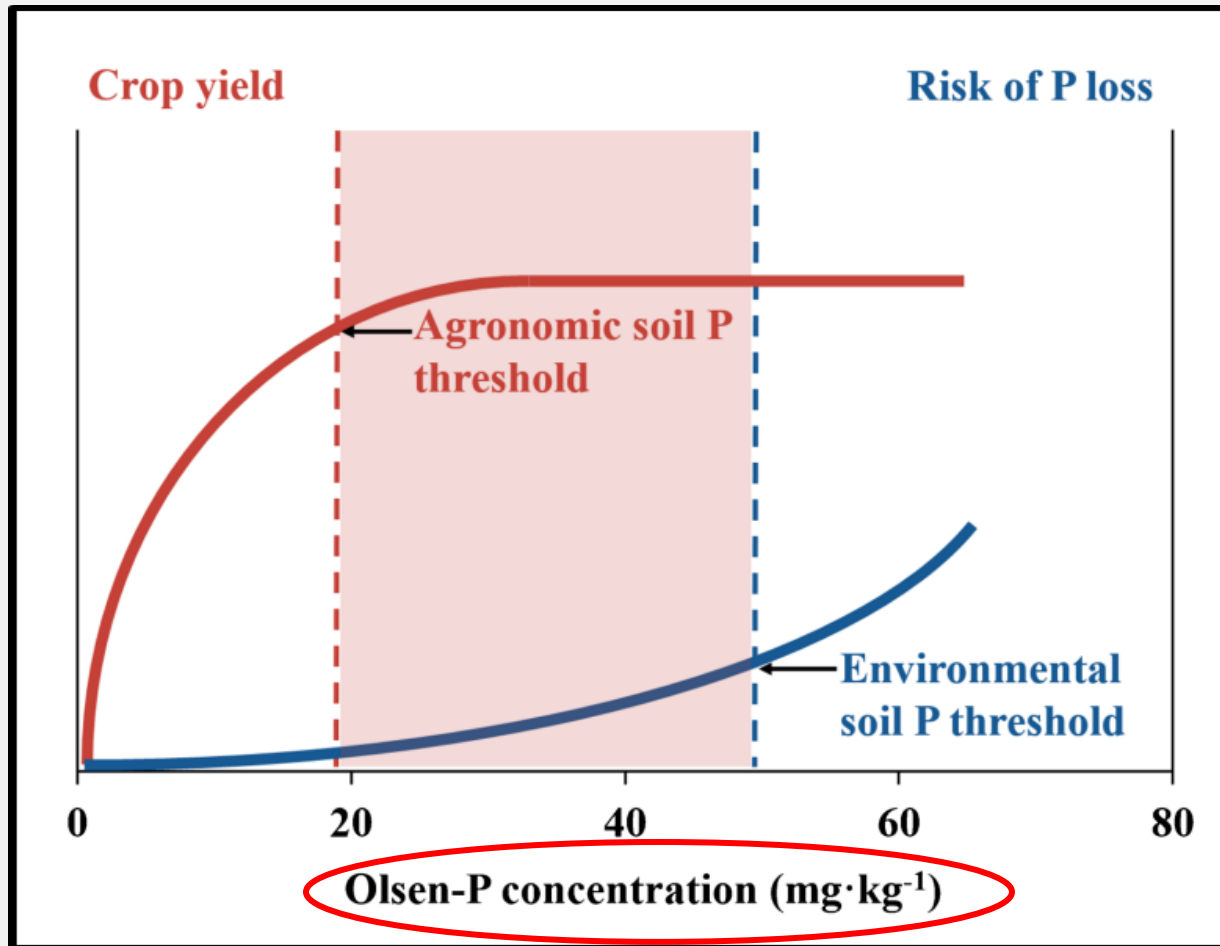
## PROVE DI VARIABILITÀ E CONFRONTO CON AREA *PRISTINE*



## PROVE DI VARIABILITÀ E CONFRONTO CON AREA *PRISTINE*



## GRADO DI SATURAZIONE



Wang et al. 2023

Il valore critico di P  
Olsen varia a  
seconda del tipo di  
suolo



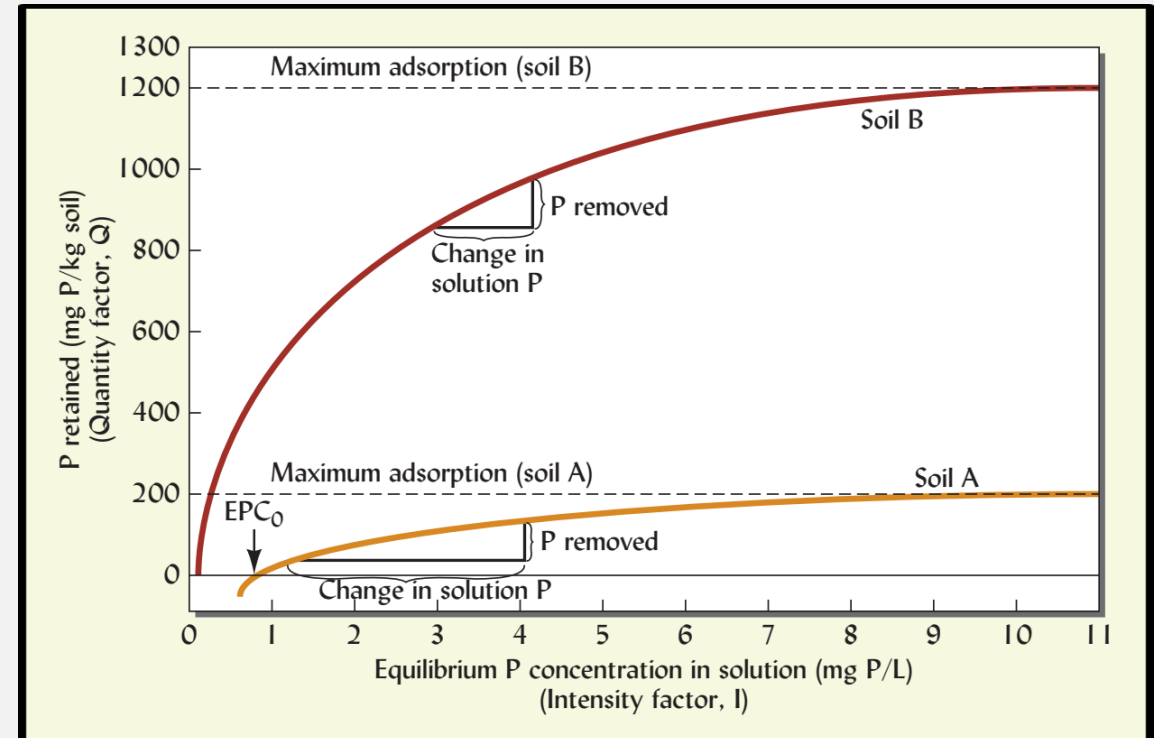
Meglio correlare il P  
dilavabile col **grado di  
saturazione** del fosforo  
(% di siti occupabili da P  
labile che sono  
effettivamente occupati)

# GRADO DI SATURAZIONE DEL SUOLO

## METODO

**Soil Phosphorus Test (SPT)**

**Phosphorus Sorption Capacity (PSC)**  
+  
**Soil Phosphorus Test (SPT)**



Ray R.Weil 2016

## GRADO DI SATURAZIONE

● = P biodisponibile

○ = Siti potenziali di legame

● + ○ = Phosphorus Sorption Capacity (PSC)

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| ● | ● | ● | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ |

## GRADO DI SATURAZIONE

$$\frac{\text{●}}{\text{●} + \text{○}} = \frac{\text{P biodisponibile}}{\text{Phosphorus Sorption Capacity (PSC)}} = \text{Degree of Phosphorus Saturation (DPS)}$$

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| ● | ● | ● | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ |

An aerial photograph of a rural landscape featuring a mosaic of agricultural fields in various shades of green and yellow, indicating different crops or stages of growth. Scattered throughout the fields are numerous trees, some in small clusters and others as individual specimens. A prominent white rectangular box with a black border is centered horizontally across the middle of the image, containing the text "GRAZIE PER L'ATTENZIONE!".

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**