



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO

Il Sistema di Supporto alle Decisioni per la concimazione azotata del progetto CONSENSI

Prof. Luca Bechini

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali
Università degli Studi di Milano

Il Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) del progetto CONSENSI

- Il DSS calcola le **dosi di azoto** da applicare
- Agricoltura di precisione e **dose variabile**
- Con Giovanni Cabassi, Nicolò Pricca, Daniele Cavalli, Martina Corti, Virginia Fassa, Alessandro Vignati
- Il contesto applicativo è quello del progetto:
 - Coltura: **mais** (da granella o da trinciato)
 - Concimazione in **presemina con effluenti**
 - Concimazione in **copertura con concime minerale**
- Ovviamente può essere esteso ad altre colture
- E' implementato in **QGIS** (mappa di tutti gli input)
- In questa presentazione
 - Algoritmo per calcolare la dose di effluente in **presemina**
 - Algoritmo per calcolare la dose di concime minerale in **copertura**
 - Possibili **sviluppi**



Algoritmo per definire la dose di effluente in presemina (da progetto MENTAL)

- Criteri:
 - Distribuire preferenzialmente l'effluente nelle zone dell'appezzamento **più carenti di sostanza organica** (e riduzione in quelle più ricche)
 - Applicazione media dell'appezzamento: coerente con normativa
 - Considerare la **protezione della sostanza organica** (che è più elevata con tessiture fini)
- Calcolo:
 - Stimare la quantità di carbonio organico C_{act} **già associato** con le particelle fini (frazione limo-argillosa) (85% del C totale)
 - Stimare la quantità di carbonio organico C_{sat} che può **potenzialmente** essere protetto dalle particelle fini
 - Calcolare il **grado di saturazione** del suolo = C_{act}/C_{sat}
 - Definizione delle dosi di effluente da distribuire in base alla distribuzione statistica della saturazione (**dosi basse con alta saturazione** e viceversa), rispettando un obiettivo medio per l'appezzamento (es. 170 kg N/ha)



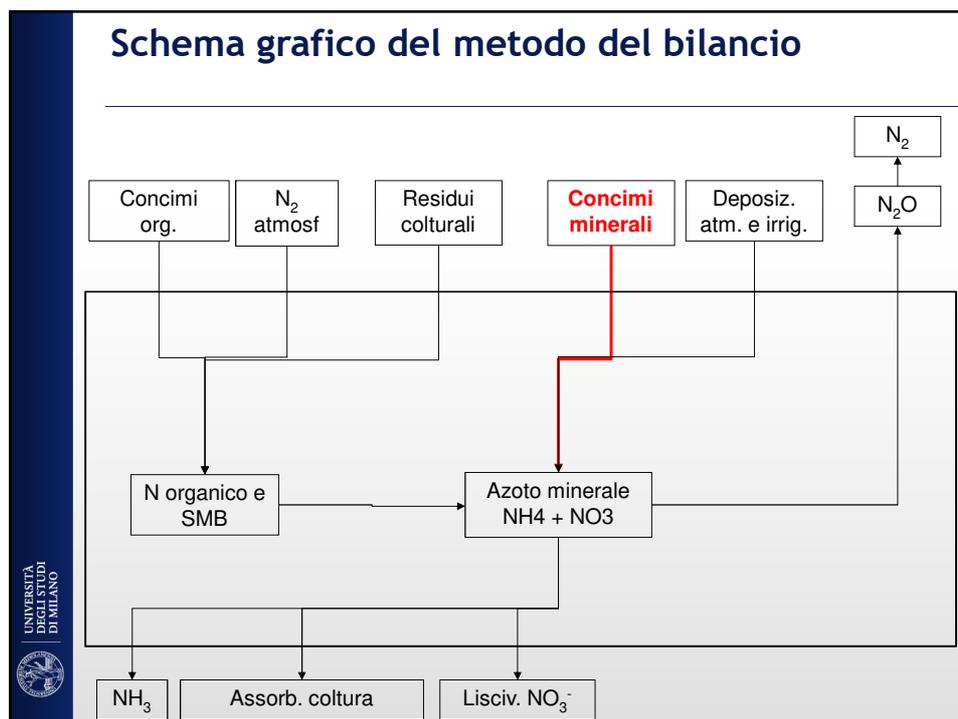
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

Algoritmo per definire la dose di concime minerale in copertura

- Metodo del bilancio, in gran parte da testo Agronomia (Cecon et al., 2017)
- Bilancio tra 'debiti' e 'crediti'
- N copertura =
 - N asporti colturali + N denitrificato + N lisciviato**
 - (N piogge + N residui colt. prec. + N mineralizz**
 - + N conc. org. presemina**
 - + N conc. min. presemina**
 - + N conc. org. anni precedenti)**
- Procedura flessibile: stima di tutti i valori non definiti dall'utente
- Infine è calcolata la dose di concime =
 - = N copertura / titolo del concime (valori pre-impostati)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



Fabbisogno colturale di azoto (asporti colturali previsti)

- L'utente fornisce la produzione tal quale, con umidità di riferimento standard (65% per trinciato, 14% per granella)
- Se mancano i dati produttivi, il sistema fornisce rese medie
- Il sistema la moltiplica per la concentrazione standard (Disciplinari di Produzione Integrata di Regione Lombardia, DPI)

Azoto mineralizzato dalla sostanza organica del terreno

- Voce importante del bilancio, come si vede da prove di concimazione (trattamento controllo)
- Stima della densità apparente a partire dalla tessitura con una funzione di pedotrasferimento
- Calcolo della quantità di azoto organico nel terreno (dichiarato dall'utente o a partire dalla sostanza organica)
- Calcolo del coefficiente di mineralizzazione stagionale in base a temperatura (dichiarata o stimata 20.1 °C), tessitura e durata del ciclo (classe mais)
- Calcolo dell'azoto mineralizzato durante la stagione di crescita del mais



Azoto mineralizzato dai residui della coltura precedente

- Stima della quantità di residui in base alla resa e all'harvest index della coltura precedente (valori pre-impostati)
- Stima della loro concentrazione di azoto (valori pre-impostati)
- Stima della mineralizzazione lorda durante il periodo successivo al loro interrimento (M)
- Stima dell'immobilizzazione durante la loro decomposizione (I)
- Calcolo della mineralizzazione netta ($M - I$)
- I risultati sono positivi o negativi, dell'ordine di alcune decine di kg N/ha, a seconda del rapporto C/N del residuo
- Possibile considerare anche le cover crop



Azoto reso disponibile dall'effluente distribuito prima della semina del mais

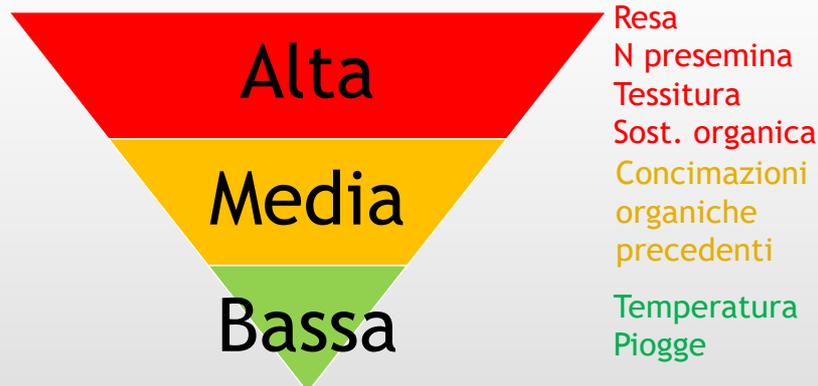
- L'utente fornisce la dose di azoto applicata
- Il DSS usa coefficienti di recupero apparente (DPI Regione Lombardia) in base al tipo di effluente, all'efficienza di applicazione, alla dose applicata e alla classe tessiturale del terreno (valori pre-impostati)

Azoto mineralizzato dai pool organici accumulati nel terreno dopo concimazioni negli anni precedenti

- Le concimazioni con fertilizzanti organici (effluenti) danno luogo all'accumulo di residui organici nel terreno
- L'azoto in essi contenuto non è reso disponibile nell'anno successivo all'applicazione
- Può essere mineralizzato negli anni successivi; importante tenerne conto visti i valori anche elevati
- Il DSS usa coefficienti di mineralizzazione annuale (DPI Regione Lombardia) in base alla frequenza di applicazione e al tipo di effluente (valori pre-impostati)
- L'utente inserisce l'azoto applicato storicamente (oppure sceglie una classe per la dose: bassa, media, alta)

Valutazione dell'incertezza

- Tutti i dati sono surrogabili da default del sistema, se l'utente non li conosce
- Ovviamente l'incertezza introdotta nel calcolo dipende dal dato mancante
- Stima dell'incertezza contribuita da ogni input



Tutto il DSS è implementato in QGIS

Parameters Log

Input layer
Penati_test_N_Clay_Silt [EPSG:32632]

Tipologia di prodotto
Disponibile e inserito in tabella

Non disponibile

Classe di tessitura
Non necessaria, inserita in tabella

Percentuali di argilla e limo disponibili?
Classe FAO mas

Disponibile e inserita in tabella
Concentrazione N suolo
Non disponibile

Temperatura media stagionale
Non disponibile

Quantità di pioggia stagionale è disponibile?
Residui della coltura precedente
Asportati

Tipologia coltura precedente

Mesi tra interrimento coltura precedente e raccolta coltura attuale
Dato inserito in tabella

Tipologia concime organico in presemina
Nessuno

Dose concime organico in presemina
Nessuna

Efficienza distribuzione concime organico in presemina
Nessuna

Tipologia concime organico annate precedenti 1
Nessuno

Dose concime organico annate precedenti 1
Nessuna

Frequenza concimazione organica annate precedenti 1
Nessuna

Tipologia concime organico annate precedenti 2
Nessuno

Dose concime organico annate precedenti 2
Nessuna

Frequenza concimazione organica annate precedenti 2
Nessuna

Pioggia marzo-aprile maggiore di 200mm?
Azoto perso per denitrificazione
Non disponibile

Concimazione minerale in presemina
Nessuna

Dose concime minerale in presemina
Non disponibile

Concime minerale azotato in presemina
Nessuno

Concime minerale azotato in copertura
Urea

N_rate
[Create temporary layer]

Open output file after running algorithm

0%

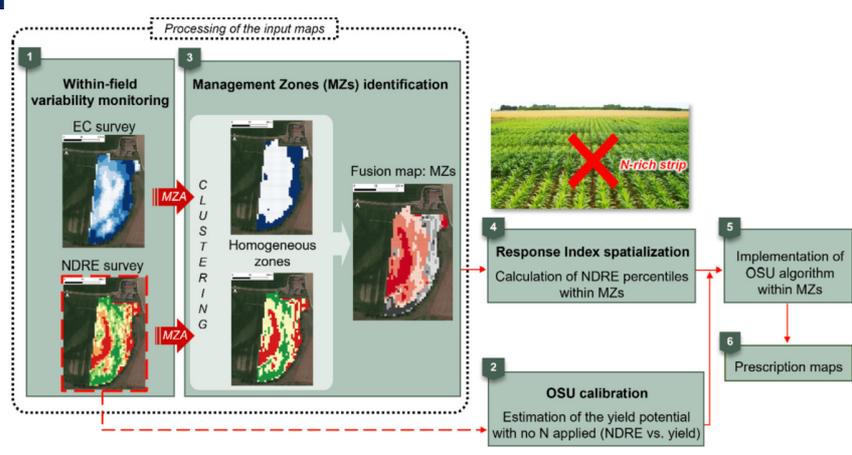
Run as Batch Process...

Possibili sviluppi

Uso di mappe di vigore alla copertura

- Integrazione nella decisione per la concimazione di copertura dei valori di **indici vegetazionali** (misurati da drone o da satellite), anche in relazione alle **mappe di suolo** (fattori importanti nell'influenzare la resa e la sua variabilità spaziale)
 - Stima della resa potenziale
 - Stima della risposta alla concimazione
- Possibile miglioramento del metodo del bilancio

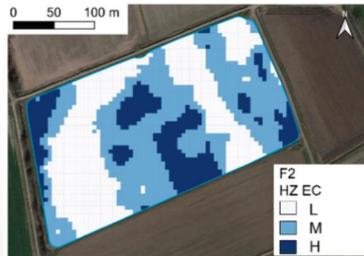
Flusso di lavoro



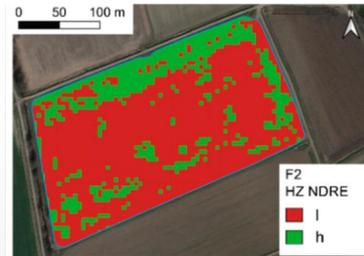
Fassa, V., Pricca, N., Cabassi, G., Bechini, L., Corti, M., 2022. Site-specific nitrogen recommendations' empirical algorithm for maize crop based on the fusion of soil and vegetation maps. Computers and Electronics in Agriculture 203, 107479. doi:[10.1016/j.compag.2022.107479](https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107479)

Fusione di mappe di vigore e di mappe di suolo

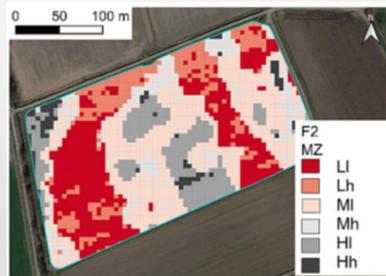
Mappa di suolo (cond. elettr.)



Mappa di vigore (NDRE)



Zone di gestione (suolo & coltura)



Fassa et al. 2022.
Computers and Electronics
in Agriculture 203, 107479

Esempio di stima della resa (non concimata) da mappa di vigore

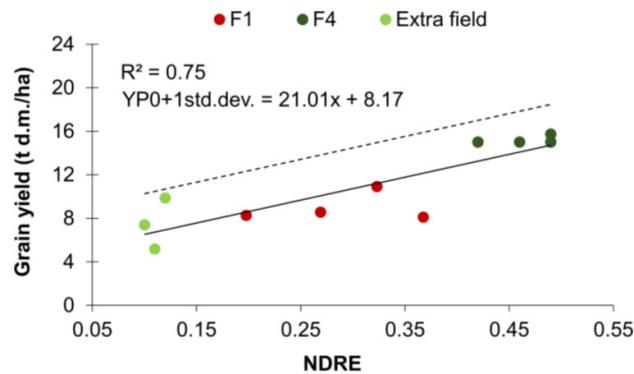


Fig. 3. Relationship between high-moisture maize yield without N fertilisation (YP0) and NDRE obtained from aerial field surveys in 2021, at V4 (BBCH 16; extra field) and V7 (BBCH 17 and 19; fields F1 and F4). The continuous line represents the regression between YP0 and NDRE. The dotted line represents the regression between YP0 + 1 standard deviation (std.dev.) and NDRE.

Fassa, V., Pricca, N., Cabassi, G., Bechini, L., Corti, M., 2022. Site-specific nitrogen recommendations' empirical algorithm for maize crop based on the fusion of soil and vegetation maps. Computers and Electronics in Agriculture 203, 107479. doi:[10.1016/j.compag.2022.107479](https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107479)

Possibili sviluppi / 2

- Ulteriori semplificazioni per l'utente (es. fornire volumi di effluenti e non dosi di azoto)
- Eventuale uso di modelli più complessi (dinamici e meccanicistici) per la stima delle grandezze
- Stima dell'incertezza più rigorosa (usando tecniche di analisi della sensibilità basate su distribuzioni statistiche delle variabili in gioco)

Grazie dell'attenzione!

luca.bechini@unimi.it