UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E AMBIENTALI
PRODUZIONE, TERRITORIO, AGROENERGIA

PIANO DI CONCIMAZIONE

Marcello Ermido Chiodini
Lodovico Alfieri

Corso di studi in Produzione e Protezione delle Piante e dei Sistemi del Verde

DEFINIZIONE

Documento tecnico che consente di definire:

- la quantità di elemento nutritivo necessaria alla coltura,
- tipo di concime da utilizzare
- le dosi di distribuzione,
- le epoche di distribuzioni.

In funzione:

1. della coltura e delle dinamiche di assorbimento,
2. della quantità e qualità della produzione prevista,
2. delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo,
3. delle condizioni climatiche dell'area di coltivazione,
4. delle colture in avvicendamento sull'appezzamento.

OBIETTIVO

Commisurare gli apporti degli elementi nutritivi ai reali fabbisogni della coltura evitando:

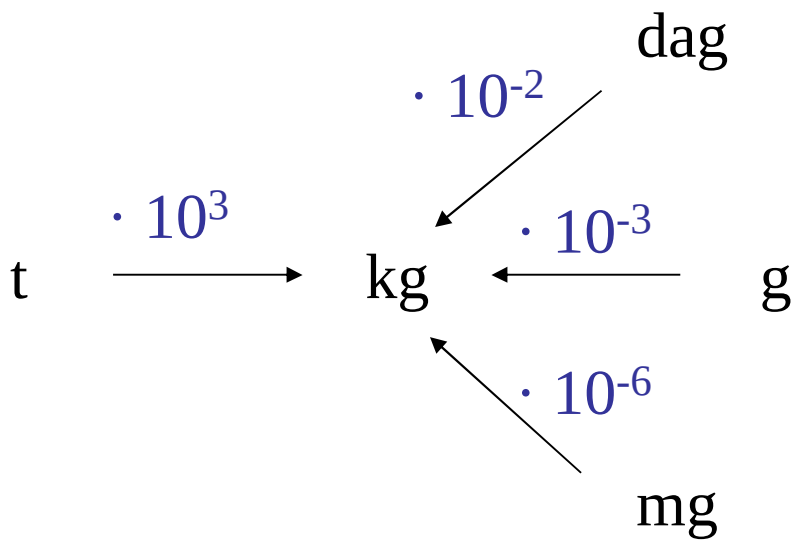
- Sovradosaggi (economico-ambientale)
- Sottodosaggi (economico-fertilità)

		Voci del bilancio	N	P_2O_5	K_2O
				kg ha^{-1}	
Fabbisogno	a	Riporto a fertilità		0	102
	b	Perdite P e K			20
	c	Asporti	241	80	52
	f=a+b+c	Totale	241	80	174
Input ≠ dalla concimazione diretta	g	N_C residui coltura precedente	-40		
	h	N_F da fertilizzante organico anno precedente	20		
	i	A_N precipitazioni	20		
	l	A_N min. N_terreno	75		
	m=g+h+i+l	Totale	75	0	0
Deficit	n=f-m		166	80	174
Input da concimazione diretta	o	Fertilizzanti organici	120	148	152
	p=n-o	Concimi minerali	46	0	22
	q=o+p	Totale	166	148	174
Bilancio	r=q-n		0	68	0

CONCETTI PRELIMINARI

- Unità di misura
- Esercizio: Sostanza fresca – sostanza secca
- Esercizio: Concimazione minerale
- Esercizio: Liquame
- Esercizio: Sostanza organica
- Il concetto di efficienza ed efficacia dei fertilizzanti

TRASFORMAZIONI UNITA' DI MISURA - 1



$$\% \quad \underset{\cdot\, 10^{2}}{\overset{\cdot\, 10^{-2}}{\rightleftharpoons}} \quad \frac{kg}{kg}$$

$$\frac{g}{kg} \quad \underset{\cdot\, 10^{3}}{\overset{\cdot\, 10^{-3}}{\rightleftharpoons}} \quad \frac{kg}{kg}$$

$$\frac{mg}{kg} \quad \underset{\cdot\, 10^{6}}{\overset{\cdot\, 10^{-6}}{\rightleftharpoons}} \quad \frac{kg}{kg}$$

TRASFORMAZIONI UNITA' DI MISURA - 2

$$\frac{t}{ha} \underset{\cdot 10^{-3}}{\overset{\cdot 10^{3}}{\rightleftharpoons}} \frac{kg}{ha}$$

$$\frac{cmol^{(+)}}{kg} \xrightarrow{\cdot 10^{-2}} \frac{mol^{(+)}}{kg} \xrightarrow{\cdot p.e.} \frac{g}{kg}$$

dove: $p.e. = \dfrac{p.a.}{n_di_equivalenza}$

n_di_equivalenza = n. di cariche

Esercizio - Sostanza fresca – Sostanza secca

- Conversione da sostanza fresca a sostanza secca:

  Si consideri una resa di mais trinciato tal quale pari a 55 t/ha. Ipotizzare una % di s.s. e determinare la resa in s.s.?

- Conversione da sostanza secca a sostanza fresca:

  Calcolare quanto letame tal quale occorre distribuire volendo apportare 12 t di s.s.. Si consideri un valore di s.s. per il letame maturo del 27%.

Esercizio – Concimazione minerale

Si suppone di voler distribuire in copertura a una coltura di mais 150 kg/ha di N su una superficie di 2.5 ha. Quanti kg di fertilizzante sono necessari? Definire il fertilizzante ed il titolo.

Esercizio – Liquame

Si suppone di produrre annualmente 2200 m3 di liquame. Ipotizzare una concentrazione di N, P_2O_5 e K_2O nel liquame.

Supponendo di essere in ZNVN (limite di 340 kg/ha di N), qual è la superficie minima di cui devo disporre?

Indicare anche la quantità di P e K presenti nel liquame considerato.

Effluenti di allevamento

LIQUAME

	Sostanza secca	Azoto (N)	Fosforo (P_2O_5)	Potassio (K_2O)
	% sul tal quale	kg/m^3		
Bovini da latte	7-10	2.5-3.5	1.5-2.5	3.5-5.0
Bovini da carne	10-16	3.5-4.0	2.0-4.0	4.5-6.0
Vitelli a carne bianca	0.6-3	8.0-9.0	2.5-3.5	2.0-3.5
Suini	1.5-6.0	6.0-8.0	3.5-4.5	5.0-7.5
Bovino fresco	20-30	3-5	2-3	4-5
Bovino maturo	15-25	4-6	2.5-4	5-6

LETAME

Esercizio – Liquame

Dati del problema

2200 m^3 = quantità di liquame

340 kg/ha = limite legislativo

Ipotesi richiesta

Concentrazione di N, P_2O_5, K_2O (0.3% - 0.2% - 0.3%)

Domande

Qual è la sup. minima aziendale di cui devo disporre?

Qual è la quantità di P e K nel liquame?

Massa volumica liquame

Si può affermare che densità del liquame è 1 t/m³

Esercizio – Liquame

1) Calcolo la quantità di liquame in peso

Volume del liquame x densità liquame

$$\text{Peso liquame}[kg] = 2200 * 1 * 10^3 = 2200000$$

$$\text{Peso liquame}[kg] = m^3 * \frac{t}{m^3} * \frac{kg}{t}$$

Esercizio 1 – Liquame

2) Calcolo la quantità di N nel liquame

Peso del liquame x % di N

$$\text{Quantità di N}\left[kg\right] = 2200000 * 0.3 * 10^{-2} = 6600$$

$$\text{Quantità di N}\left[kg\right] = kg * \frac{kg}{kg}$$

Esercizio – Liquame

3) Calcolo la superficie minima necessaria

Quantità di N da distribuire / limite legislativo

$$\text{Superficie}\left[ha\right] = 6600 / 340 = 19.4$$

$$\text{Superficie}\left[ha\right] = kg * \frac{ha}{kg}$$

Esercizio 1 – Liquame

4) Calcolo la quantità di P_2O_5 e K_2O nel liquame

Peso del liquame x % di P_2O_5 nel liquame

Peso del liquame x % di K_2O nel liquame

$$\text{Quantità } P_2O_5[kg] = 2200000 * 0.2 * 10^{-2} = 4400$$

$$\text{Quantità } K_2O[kg] = 2200000 * 0.3 * 10^{-2} = 6600$$

$$\text{Quantità } [kg] = kg * \frac{kg}{kg}$$

Esercizio – Liquame

5) Calcolo la quantità di P e K nel liquame

Quantità di P_2O_5 (kg) x fattore di conversione ?

Quantità di K_2O (kg) x fattore di conversione ?

Peso atomico

P = 30.9 g/mol

K = 39 g/mol

0 = 16 g/mol

Esercizio – Liquame

Peso molecolare

$$P_2O_5\left[\frac{g}{mol}\right] = (2*30.9\frac{g}{mol}) + (5*16\frac{g}{mol}) = 141.8\frac{g}{mol}$$

$$K_2O\left[\frac{g}{mol}\right] = (2*39.09\frac{g}{mol}) + 16\frac{g}{mol} = 94.18\frac{g}{mol}$$

Fattore di conversione

$$da \quad P_2O_5 \quad \Rightarrow \quad P = (2*30.9\frac{g}{mol}) \Big/ 141.8\frac{g}{mol} = 0.436$$

$$da \quad K_2O \quad \Rightarrow \quad K = (2*39.9\frac{g}{mol}) \Big/ 94.18\frac{g}{mol} = 0.830$$

Esercizio – Liquame

Per convertire il fosforo espresso come P_2O_5 a fosforo espresso come P si deve moltiplicare il valore per **0.436**

Per convertire il potassio espresso come K_2O a potassio espresso come K si deve moltiplicare il valore per **0.830**

$$\text{Quantità P}\left[kg\right] = 4400 * 0.436 = 1918$$

$$\text{Quantità K}\left[kg\right] = 6600 * 0.830 = 5478$$

$$Quantità\left[kg\right] = kg * \ fattore \quad di \quad conversione$$

Esercizio – Sostanza Organica

I primi 0.25 m di un suolo hanno sostanza organica dell'1.9%. Un agricoltore apporta 40 m^3/ha di letame maturo, al 25% di sostanza secca, poi ara a 25 cm. Qual è il nuovo valore di contenuto di sostanza organica in kg e in percentuale (%) nello strato arato?

Esercizio – Sostanza Organica

Dati del problema

0.25 m = profondità del suolo e di aratura

1.9% = percentuale di s.o. iniziale nel suolo

40 m^3/ha = apporto di letame maturo

25% = percentuale di s.s. del letame

Domanda

kg di s.o. nello strato arato dopo l'intervento?

% di s.o. nello strato arato dopo l'intervento?

Densità apparente

Massa volumica apparente (o densità apparente o bulk density): corrisponde al **peso secco di un'unità di volume del suolo**, spazi vuoti compresi

Densità tipiche di alcuni terreni	
Sabbioso	1.4- 1.5 t m^3
limoso-sabbioso	1.2-1.3 t m^3
argilloso	1.2 t m^3
umifero	1 t m^3
Medio impasto	1.3 t m^3

Misura: peso secco di un volume noto di suolo

Densità letame

Stato di maturazione del letame	Massa volumica (t m^{-3})
Fresco	0.35
Med. Maturo	0.70
Maturo	0.80

Esercizio – Sostanza Organica

1) Calcolare il quantitativo di SO nel suolo pre-inervento

a) Calcolo il peso del suolo

Superficie x profondità strato arato x bulk density

$$\text{Peso del suolo} = 1*10^4 * 0.25 * 1.3 * 10^3 = 3250000 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del suolo [kg]} = ha * \frac{m^2}{ha} * m * \frac{t}{m^3} * \frac{kg}{t}$$

Esercizio – Sostanza Organica

2) Calcolare della S.O. nel letame

a) Calcolo della quantità di sostanza organica distribuita con il letame

Volume del letame x densità letame maturo x sost. secca

$$\text{Quantità sost. org.} = 40 * 10^{3} * 0.8 * 25 * 10^{-2} = 8000 \text{ kg}$$

$$\text{Quantità sost. org.} \left[kg\right] = \frac{m^3}{ha} * \frac{t}{m^3} * \frac{kg}{t} * \frac{kg}{kg}$$

Esercizio – Sostanza Organica

1) Calcolare il quantitativo di SO nel suolo pre-intervento

b) Calcolo la s.o. nel suolo prima dell'intervento

Peso del suolo x % di s.o.

$$\text{Sostanza organica} = 3250000 * 1.9 * 10^{-2} = 61750\,\text{kg}$$

$$\text{Sostanza organica}\,[\text{kg}] = kg * \% * \frac{kg}{kg}$$

Esercizio – Sostanza Organica

3) Calcolare la nuova S.O. del suolo

a) Nuova s.o. nel suolo

s.o. presente nel suolo (prima dell'intervento) + s.o. distribuita

$$\text{Q.tà sost. org. suolo} = 61750 + 8000 = 69750 \text{ kg}$$

$$\text{Q.tà sost. org. suolo} \left[kg\right] = kg + kg$$

Esercizio – Sostanza Organica

3) Calcolare la nuova S.O. del suolo

b) Percentuale di s.o. nel suolo dopo l'intervento

(s.o. nel terreno dopo l'intervento / peso terreno) x 100

$$\text{Nuova \% sost. org. suolo} = (69750/3250000) * 10^2 = 2.1\%$$

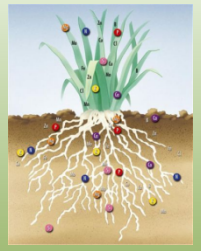
$$\text{Nuova \% sost. org. suolo} = \frac{\text{kg}}{\text{kg}} * \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

Efficienza dei fertilizzanti

Definizione: «rapporto tra il risultato ottenuto e le risorse impiegate»

Per un fertilizzante:

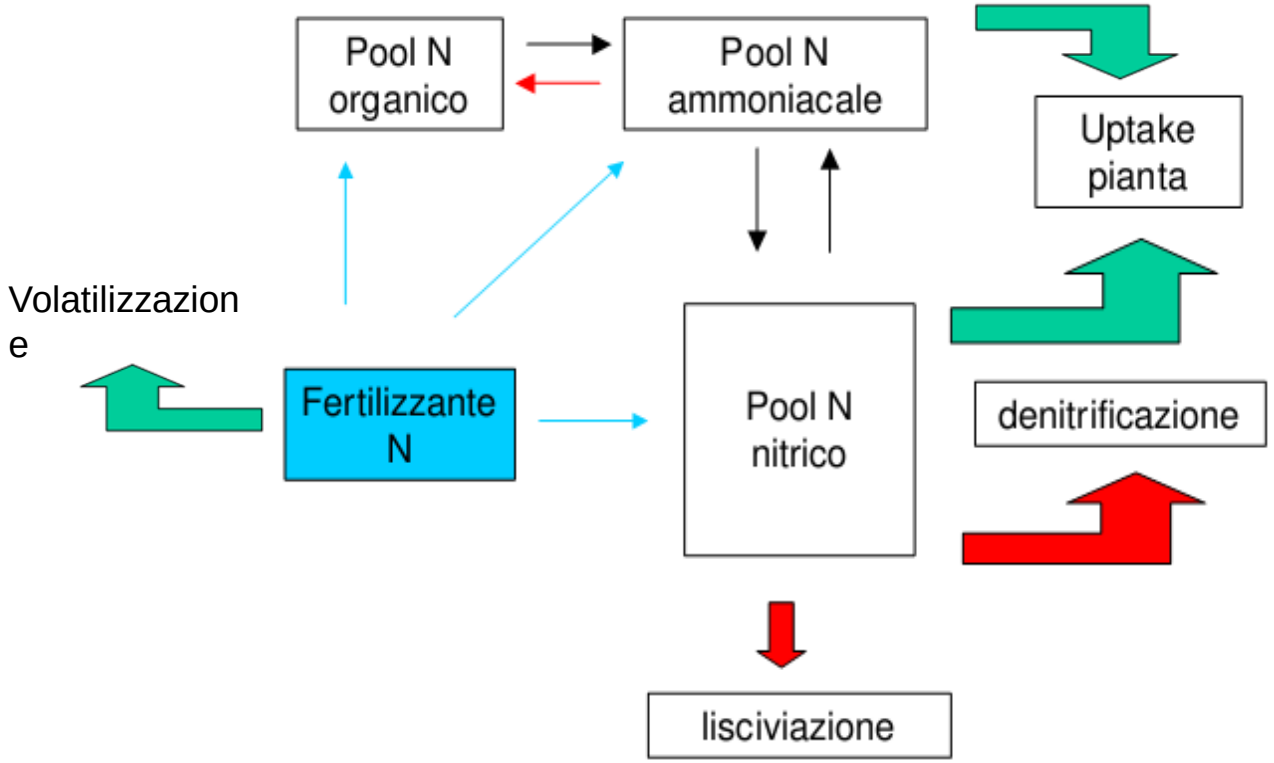
$$\textit{Efficienza} = \frac{\text{1}}{\text{2}}$$



1. Dose assorbita dalla coltura
2. Dose apportata al sistema

Efficienza dei fertilizzanti

Destino del fertilizzante nel sistema



Efficacia dei fertilizzanti

Definizione: incremento di resa per unità di elemento nutritivo impiegato

Quindi:

$$Efficacia = \frac{produzione_{N1} - produzione_{N0}}{dose\ N\ apportata}$$

- produzione $_{N1}$: produzione della coltura con l'apporto di fertilizzante
- produzione $_{N0}$: produzione della coltura senza apporto di fertilizzante

Efficacia: esempio numerico

dose N applicata (kg ha-1)	Produzione (kg ha-1)	Asporti (kg ha-1)	Efficienza fertilizzante	Efficacia fertilizzante
0	7000	150		
200	9500	210	**1.00**	**12.5**
250	10000	240	**0.96**	**12.0**
300	10500	260	**0.86**	**11.6**
350	10500	255	**0.72**	**10.0**

PIANO DI CONCIMAZIONE

Bilancio degli elementi

Approcci diversi in funzione dell'elemento considerato:

P e K
- Dinamica semplice
- Regime conservativo

→
- Calcolo basato solo su dotazione del terreno e asportazioni del prodotto utile
- Riferimento temporale lungo (3-5 anni)

N
- Dinamica complessa
- Regime dissipativo

→
- Bilancio con numerose voci
- Riferimento temporale breve (stagione colturale)

Bilancio del Fosforo e del Potassio - 1

1. Definizione dell'obiettivo produttivo

   = media delle rese degli ultimi 5 anni + 2-5%

2. Calcolo delle asportazioni (kg/ha)

   = kg [P.U.] ha^{-1} · kg [elemento] kg^{-1} [P.U.]

   Per P e K calcolare asporti del solo prodotto utile

3. Considereremo poi la dotazione del suolo

P.U. = prodotto utile, cioè quello allontanato dal sistema

Calcolo della dose di Fosforo e di Potassio - 2

1. Nei suoli mediamente dotati:

Dose = Asportazioni + perdite.

Perdite:

Riguardano il K e dipendono dalla tessitura

Argilla %	K_2O kg/ha anno
< 5	60
5 – 15	30
15 – 25	20
> 25	10

Calcolo della dose di Fosforo e di Potassio - 3

2. Nei suoli con dotazione superiore a quella media:

sospendere la concimazione minerale per un periodo stimato in base alle concentrazioni osservate ed alle asportazioni previste; effettuare analisi di controllo ogni 3-5 anni

3. Nei suoli con dotazione inferiore a quella media:

Dose = Dose di arricchimento + asportazioni + perdite

Calcolo della dose di Fosforo e di Potassio - 4

- Come calcolo la dose di arricchimento (DA):

– DA = Deficit · peso del suolo · (1 + coeff_insolub)
– Deficit = valore obiettivo – valore attuale

Dove:
Dose = kg/ha
Deficit = mg/kg
Peso del suolo = kg/ha
Valore obiettivo = soglia minima delle classe di dotazione normale (vedi schede)

Gli apporti di K_2O non devono superare 300 kg/ha · anno e quelli di P_2O_5 250 kg/ha · anno

Coefficienti di insolubilizzazione

- P_2O_5 immobilizzato:

  $= 0.02 \cdot CaCO_3 + 0.0133 \cdot A$

- K_2O fissato:

  $= 0.033 + 0.0166 \cdot A$

Dove: $CaCO_3$ = calcare totale in %

A = argilla in %

N.B. i valori dei fattori richiesti per i calcoli vanno mantenuti in percentuale

Esempio di calcolo dose di arricchimento P_2O_5

Se: valore obiettivo = 46 mg kg^{-1} (P_2O_5 B & K); valore attuale = 20 mg kg^{-1}

$\Rightarrow$ deficit = 26 mg kg^{-1}

Se: argilla = 15 %; calcare = 0 %

$\Rightarrow$ coeff_insolub = 0.02 · 0 + 0.0133 · 15 = 0.20

Se: profondità terreno = 0.3 m; MVA = 1.3; superficie = 1 ha (10^4 m^2)

$\Rightarrow$ DA = (26 · 10^{-6}) · (10^4· 0.3 · 1.3 · 10^3) ·(1+0.20) = 122

$$\left(\frac{kg[P_2O_5 utile]}{kg[terreno]}\right)\cdot\left(\frac{kg[terreno]}{ha}\right)\cdot\left(\frac{kg[P_2O_5 lorda]}{kg[P_2O_5 utile]}\right)=\frac{kg[P_2O_5 lorda]}{ha}$$

Bilancio dell'N: metodo semplificato

Il metodo è riportato nella DGR 2208/2011presente nel BURL n ° 38 della regione Lombardia, pag. 33:

$$(N_C + N_F + A_N) + (F_c \times K_c) + (F_o \times K_o) = (Y \times b)$$

N disponibile nel suolo

fabbisogno in fertilizzanti = bisogno utile di azoto

asporti totali

Bilancio dell'N: metodo semplificato

$$N_C + N_F + A_N + (F_C \times K_C) + (F_O \times K_O) = (Y \times B)$$

Dove:

N_C = N da residui colturali

N_F = N da fertilizzazioni organiche precedenti

A_N = N da apporti naturali (deposizioni atm.+ mineraliz. s.o. del suolo)

F_c = quantità di N apportata col concime minerale

K_c = coeff. di efficienza relativo agli apporti di concime chimico

F_o = quantità di N apportata col concime organico

K_o = coeff. di efficienza relativo agli apporti di concime organico

Y = risultato produttivo atteso

B = concentrazione dell'elemento nel prodotto

Manca Bfx fissazione simbiotica dell'azoto!

Asporto della coltura: Y x b

- Y = produzione attesa (media produttiva degli ultimi 5 anni, incrementata del 2-5 % per miglioramento genetico)
- b = concentrazione di elemento nel prodotto

Esempio:

Se *Y* = 10 t/ha; *b* = 2 %

Allora asporto = $10 \cdot 10^3 \cdot 0.02 = 200$ kg/ha

Per N considerare gli asporti della intera biomassa: prodotto utile + residui

Azoto disponibile nel suolo: N_c

N_c = N derivante da residui della coltura precedente

Coltura	N da residui (kg/ha)
Barbabietola	30-50
Cereali autunno vernini	
– Paglia asportata	-10
– Paglia interrata	-30
Colza	20
Girasole	0
Mais	
– Stocchi asportati	-10 - -20
– Stocchi interrati	-30 - -40
Medica	60-80
Patata	40-60
Pomodoro, altre orticole (es.: cucurbitacee, crucifere e liliacee)	30-50
Orticole minori a foglia	20-40
Soia	0-20
Sorgo	-30 - -50
Sovescio di leguminose (in copertura autunno-invernale o estiva)	50

Azoto disponibile nel suolo: N_F

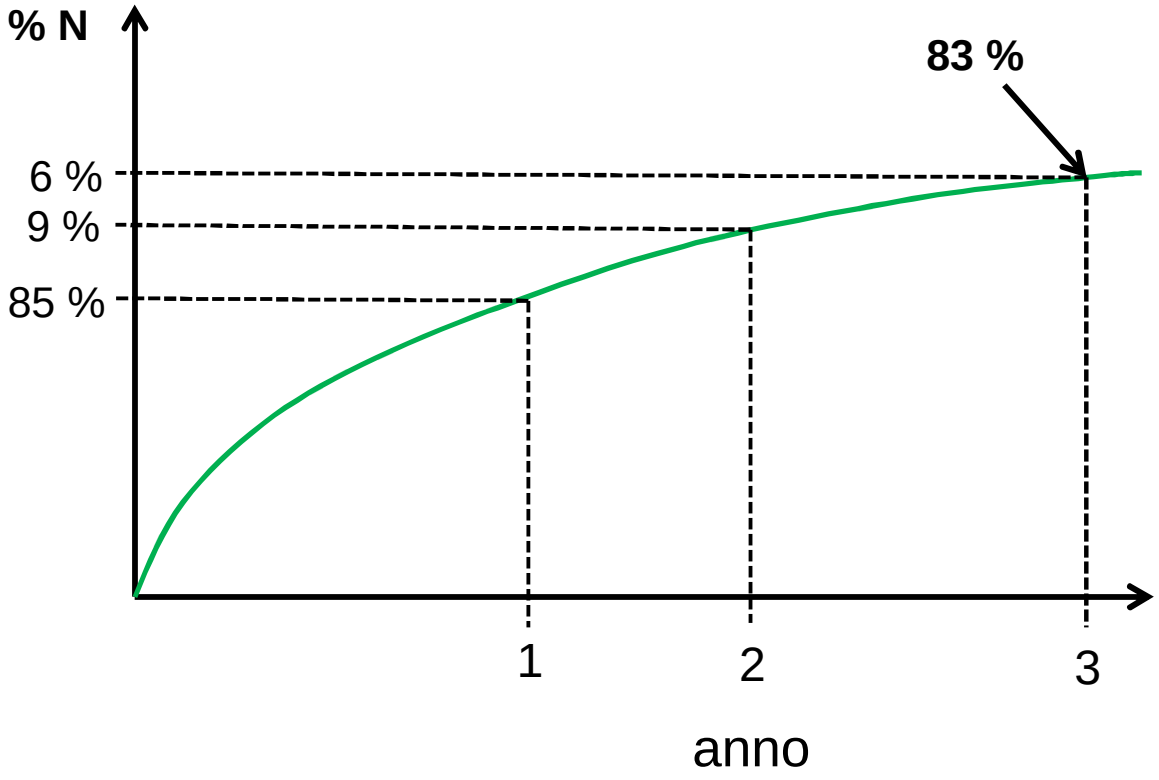
N_f = N da fertilizzazioni organiche effettuate l'anno precedente

Per la stima occorre conoscere:

- Dose di fertilizzante applicato alle due colture in precessione
- Momento dello spandimento e se è avvenuto interramento immediato
- Tipo di refluo e specie animale
- L'efficienza media nel triennio
- La ripartizione della cessione nel triennio

Efficienza media dell'azoto nel triennio

ESEMPIO: Efficienza triennio del liquame suino, sarchiata primaverile, applicazione in primavera, interramento: 83 %



Efficienza:
1 ° anno: 85 %
2 ° anno: 9 %
3 ° anno: 6 %

Efficienza media dell'azoto nel triennio

Matrice	Interramento	Cereali vernini		Sarchiate primaverili		Prati	
		P	A	P	A	P	A
Letame	Si	-	42	54	46	63	62
	No	41	39	52	44	55	54
Liquame bovino	Si	65	47	75	54	79	63
	No	59	41	66	45	66	50
Liquame suino	Si	73	49	83	54	87	65
	No	61	37	68	39	67	45
Pollina	Si	-	50	85	55	86	66
	No	61	38	76	46	69	49

P = applicazione in primavera; A = in autunno. Efficienze espresse percentualmente (%). (Da: Grignani et al. 2003)

Ripartizione della cessione nel triennio

Dati medi di ripartizione % dell'azoto utile nel triennio dopo l'applicazione dei reflui. Riportati da Grignani et al. 2003.

Tipo	anno		
	1	2	3
Letame	53	29	18
Liquame suino	85	9	6
Liquame bovino	75	15	10
pollina	89	6	5

Calcolo del rilascio di azoto da parte del letame

Considerando un'applicazione di letame (D_let) di 50 t*ha^{-1} (N=5g kg[letame t.q.]$^{-1}$) effettuata in primavera prima della semina di una sarchiata, stimando per l'azoto un'efficienza media (E) nel triennio pari a 0.54 nonché una disponibilità (d) pari al 53, 29 e 18 % nei tre anni in successione, calcolare le disponibilità nette per anno.

Calcoli

Rilascio utile di azoto nel triennio ($N_{triennio}$)

$= Dlet \cdot 10^{3} \cdot N \cdot 10^{-3} \cdot E =$

$= 50 \cdot 10^{3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.54 = 135$ kg ha-1

Rilascio utile per anno = $E_{triennio} \cdot d_i \cdot 10^{-2}$

Anno_1 = $135 \cdot 53 \cdot 10^{-2} = 71.55$ kg ha^{-1}

Anno_2 = $135 \cdot 29 \cdot 10^{-2} = 39.15$ kg ha^{-1}

Anno_3 = $135 \cdot 18 \cdot 10^{-2} = 24.30$ kg ha^{-1}

Azoto disponibile nel suolo: A_N

A_N = N da apporti naturali (2 componenti):

- Deposizioni atmosferiche = 20 kg ha^{-1} $anno^{-1}$; in realtà la concentrazione è molto variabile.

- N da mineralizzazione della sostanza organica: 30 kg di N assimilabile per unità percentuale di s.o.
  - La frazione disponibile per la coltura è poi definita in funzione della residenza in campo (stagione e durata):
    - ✓ 0.60 cereali autunno vernini
    - ✓ 0.66 per bietola e girasole
    - ✓ 0.75 per sorgo
    - ✓ 1.00 per mais

Bisogno utile di azoto

$$(K_O \times F_O)+(K_C \times F_C)$$

1. Calcolo dell'apporto di N utile derivante dai concimi organici: disponibilità aziendali
2. Il deficit rimanente viene colmato attraverso i concimi minerali.
   - Valori grossolanamente orientativi di Kc:
     - 1 in zone vulnerabili (di legge!)
     - 0.6-0.8 per applicazioni primaverili di $N\text{-}NH_4$ in presemina
     - 0.7-0.9 per applicazioni di $N\text{-}NH_4$ in copertura
     - 0.4-0.5 per applicazioni di $N\text{-}NH_4$ autunnali
     - Valori più bassi per applicazioni di $N\text{-}NO_3$

Approfondimento:
Perdite di P_2O_5 per fertilizzazione organica e minerale

Le perdite sono trascurabili ad ECCEZIONE delle immobilizzazioni legate alle concimazioni organiche e minerali.

Esse si determinano in funzione del pH del suolo

Condizioni	Efficienza della concimazione %
pH < 5,5	50
pH 5,5 – 6,2	60
pH >6,2 e<=7,2	80
pH > 7,2 con calcare attivo tra 1-20 g/kg	70
pH > 7,2 con calcare attivo tra 21-50 g/kg	60
pH > 7,2 con calcare attivo > 51 g/kg	50