

## Il rumine

Noi nutriamo il rumine,  
il rumine nutre la vacca...

(Fantini, 2003)



## Il rumine

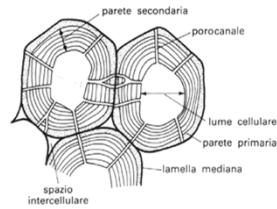
È un complesso ecosistema sul quale possiamo intervenire per modulare (ottimizzare) le fermentazioni allo scopo di migliorare:



## Vantaggi dei prestomaci

### 1) Degradazione della fibra

Fonte di energia per i m.o.  
da tessuti vegetali  
(carboidrati strutturali: 40-60% ss)



- Cellulosa ~20-40%
- Emicellulose: ~15-40% nelle graminacee;  
~ 8-15% nelle leguminose.
- Pectine ~ 4% nelle graminacee;  
~ 5-10% nelle leguminose

## Vantaggi dei prestomaci

### 2) Sintesi di proteina microbica e di vitamine

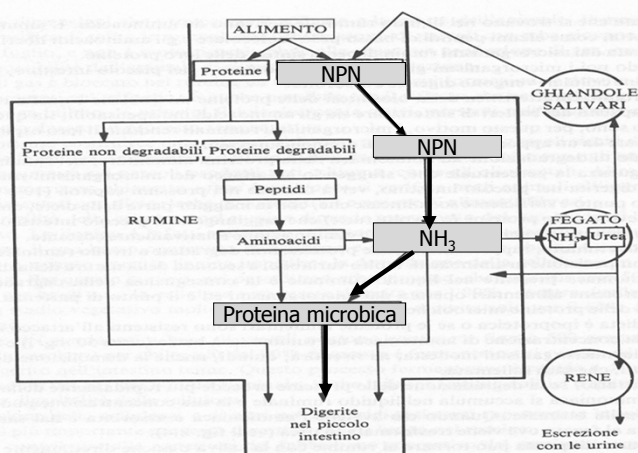


Fig. 8.4 - Digestione e metabolismo dei composti azotati nel rumine.

## Vantaggi dei prestomaci

### 3) degradazione di fattori antinutrizionali e tossici

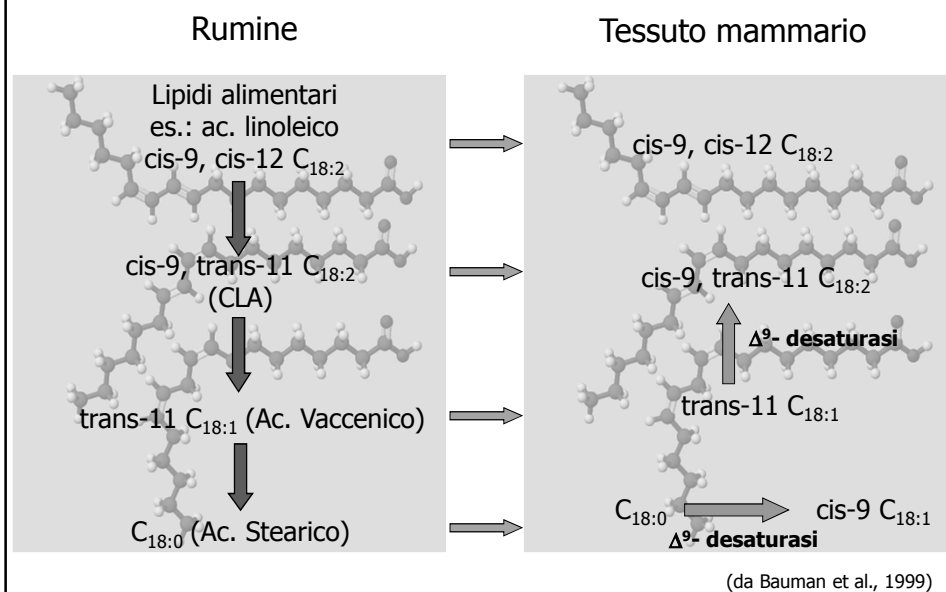
“Detossificazione” per via non enzimatica riguarda molecole chimicamente instabili nelle condizioni dell’ambiente ruminale (es. alcune tetracicline...)

“Detossificazione” per via enzimatica riguarda alcune micotossine:  
 -Ocratossina A  
 -Tossina T2  
 e alcuni fattori antinutrizionali:  
 - gossipolo...



## Vantaggi dei prestomaci

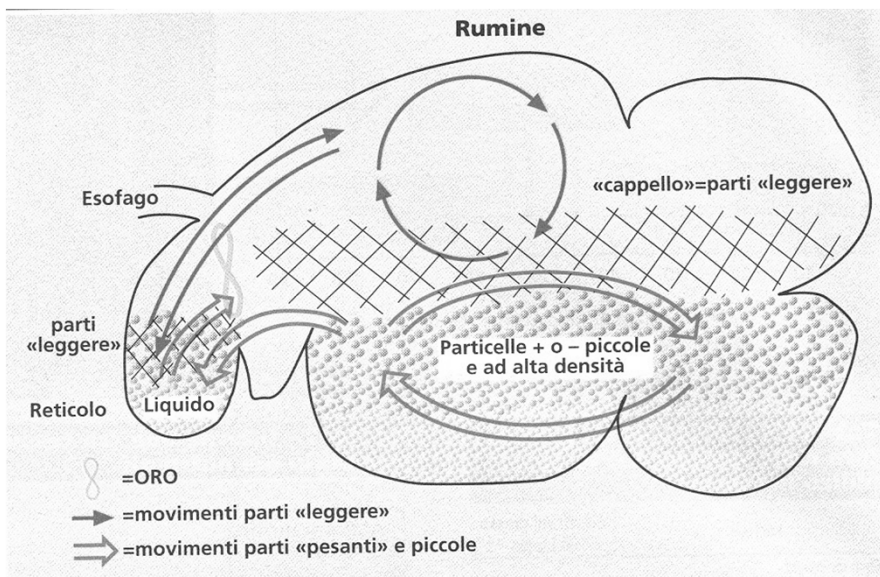
### 4) Sintesi di composti funzionali (CLA)



## Svantaggi dei prestomaci

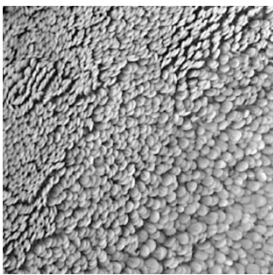
1. Produzione di gas (eruttati): perdita energia
2. Degradazione di proteine di alto V.B.
3. Produzione di calore di fermentazione (in parte impiegato nella termoregolazione e in gran parte disperso)
4. Dismetabolie ruminali (acidosi, meteorismo..)

## L'AMBIENTE RUMINALE



## L'ambiente ruminale e la mucosa

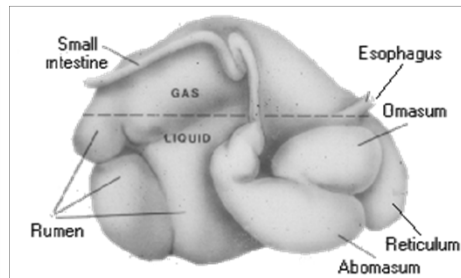
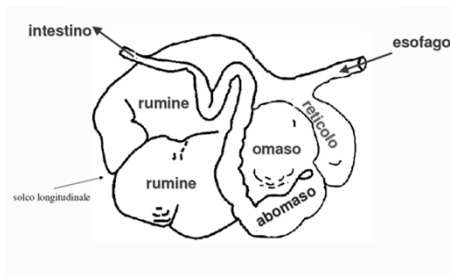
La capacità del rumine nei bovini è di circa 230 litri, negli ovini 35 litri (circa l'80% del volume dei pre-stomaci).



La superficie interna del rumine presenta due rilievi o pilastri (craniale e caudale) ed è rivestita da numerose e fitte papille di forma e dimensioni variabili.

## CONDIZIONI DELL'AMBIENTE RUMINALE

- pH subacido o neutro (6-7)
- Temperatura costante (38-40°C)
- Anaerobiosi

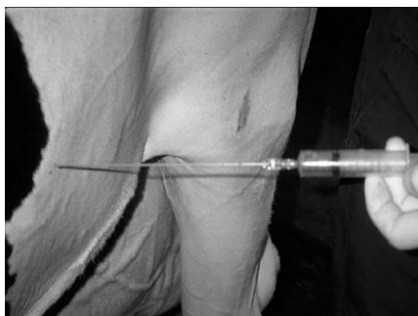
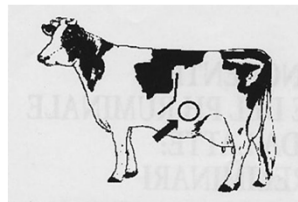


## Il pH ruminale

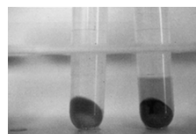
- Valori ottimali tra 6 e 7
- Momento di prelievo:
  - 2-4 ore dalla somministrazione dei concentrati se razione con componenti separate
  - 4-8 ore successive alla somministrazione dell'unifeed
- Modalità di prelievo:
  - uso di sonda esofagea
  - ruminocentesi

## Il pH ruminale

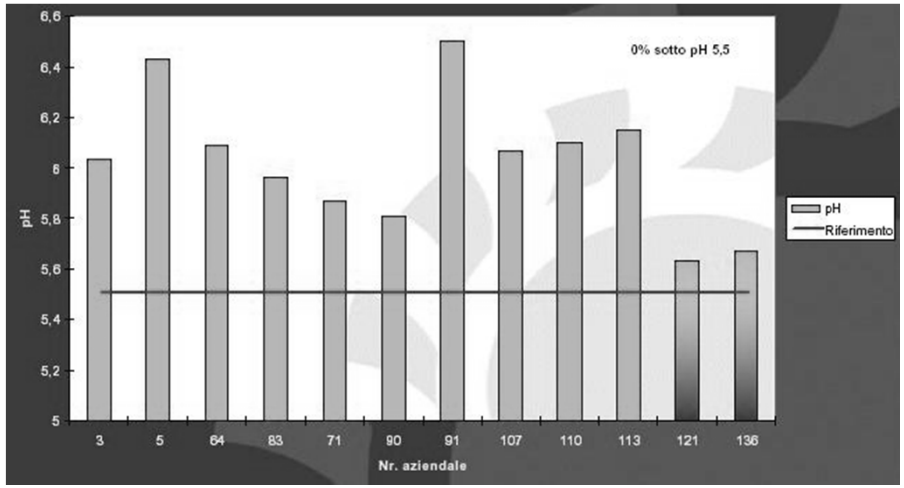
- Ruminocentesi →



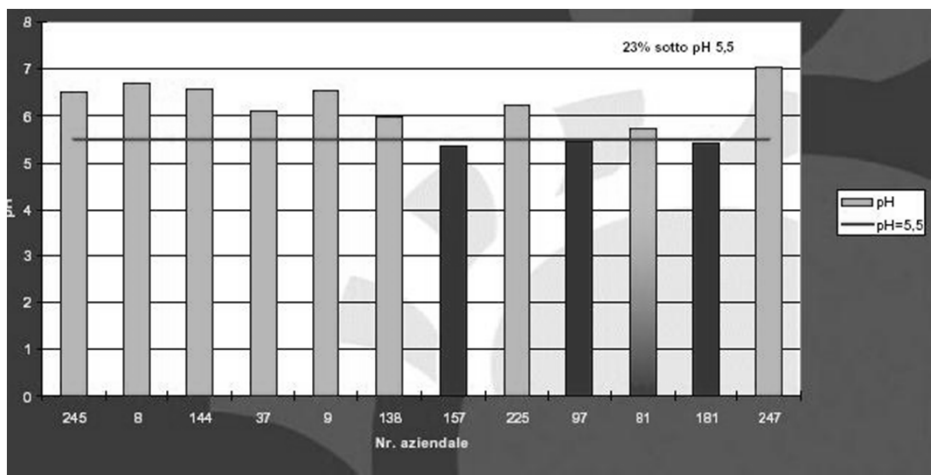
Sito di prelievo: a 15-20 cm caudo-ventralmente dalla giunzione costo-condrale dell'ultima costa sul lato sinistro dell'animale



**Valori di pH rilevati presso un allevamento di vacche da latte, area P.R. con autoalimentatore, produzione di latte > 100 q.li**



**Valori di pH rilevati presso un allevamento di vacche da latte, area P.R. con autoalimentatore, produzione di latte < 100 q.li**



### **Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: la produzione di saliva**

Produzione di saliva: 150-180 l/d bovini, 10-18 l/d ovini

Ruolo:

- Azione tampone (stabilizzazione pH ruminale)
- Diluizione e flusso
- Uscita cellule batteriche

### **Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: la masticazione e la ruminazione**

8-12 periodi di ruminazione di 40-50 minuti ciascuno

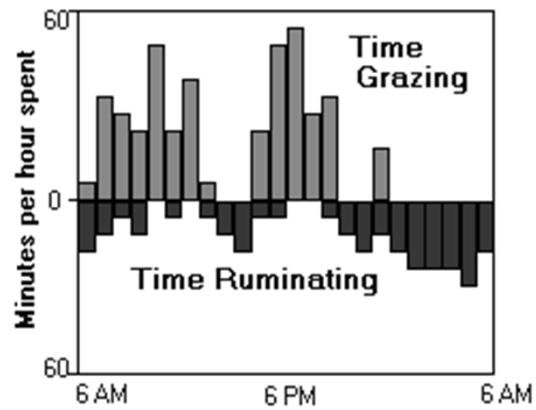
Ruolo:

- Salivazione
- Sminuzzamento
- Deflusso particelle alimentari e batteri

Prevalentemente a riposo



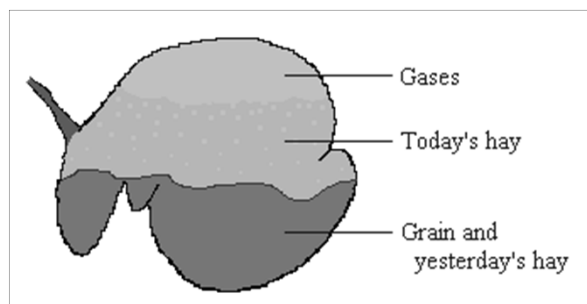
## Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: ruminazione



**Bovini al pascolo (medica): tempo dedicato al pascolamento e alla ruminazione nell'arco della giornata**  
(Lofgreen et al., J Animal Sci 16:773, 1957)

## Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: i movimenti ruminali

- Eliminazione dei gas
- Distribuzione della saliva
- Sminuzzamento
- Svuotamento
- Assorbimento degli AGV

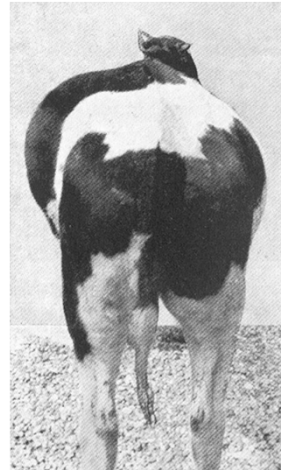


## **Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: eruttazione**

Eliminazione gas di fermentazione

Se non avviene correttamente →  
Meteorismo

Possibile cause: saponine  
(contenute nelle medica o  
altre leguminose sfalciate troppo  
Precocemente)



## **Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: assorbimento**

- Rimozione AGV, NH<sub>3</sub>
- Mantenimento pH

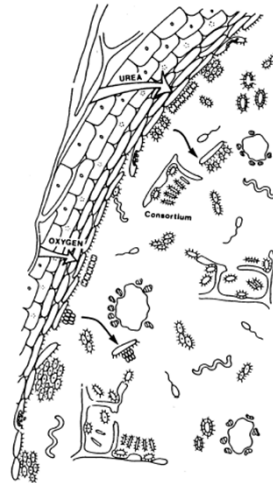
Gli AGV sono assorbiti attraverso l'epitelio per diffusione,  
secondo un gradiente di concentrazione.

L'acetato e il propionato attraversano la parete senza  
subire modificazioni, mentre il butirato è metabolizzato a  
 $\beta$ -idrossi-buirato

## Ottimizzazione delle fermentazioni: i microrganismi

- Batteri
- Protozoi
- Funghi

- Attaccati all'epitelio del rumine (batteri 5%)
- Attaccati alle particelle (batteri 75%, protozoi, funghi)
- Microrganismi presenti nella fase liquida (batteri 25%, protozoi, funghi)



## Ottimizzazione delle fermentazioni: caratteristiche dei microrganismi

|                                | PROTOZOI             | BATTERI               |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Diametro ( $\mu\text{m}$ )     | 10-50                | 0.3-5.0               |
| Numero per ml                  | $10^5$ - $10^6$      | $10^9$ - $10^{10}$    |
| Volume ( $\text{cm}^3$ )       | $4 \times 10^{-9}$   | $1.7 \times 10^{-12}$ |
| Superficie ( $\text{cm}^2$ )   | $1.3 \times 10^{-5}$ | $7.1 \times 10^{-8}$  |
| Superf. tot. ( $\text{m}^2$ )* | 90                   | 5000                  |
| Peso totale (g)*               | 280                  | 1200                  |
| Produzione (g/d)*              | $\approx 4000$       |                       |

\* Nel rumine di una vacca

## Ottimizzazione delle fermentazioni: classificazione dei microrganismi

### BATTERI CELLULOSOLITICI (FIBROLITICI)

**Bacteroides succinogenes**  
**Ruminococcus flavefaciens**  
**Ruminococcus albus**  
**Ruminobacter parvum**  
**Clostridium longisporum**  
**Clostridium butyricum**  
**Selenomonas ruminantium**

### BATTERI AMILOLITICI

**Bacteroides amylophilus**  
**Streptococcus bovis**  
**Butyrivibrio fibrosolvens**  
**Succinivibrio dextrinosolvens**

### BATTERI RUMINALI: SUBSTRATI E PRODOTTI (Hungate, 1966)

| Genere e specie           | Substrati principali     | Prodotti di fermentazione                    |
|---------------------------|--------------------------|--|
| Bacteroides:              |                          |  |
| - amylophilus             | Amido                    | F, A, S                                      |
| - succinogenes            | Cellulosa                | F, A, S                                      |
| Ruminococcus:             |                          |  |
| - albus                   | Cellulosa                | F, A, E, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>    |
| - flavefaciens            | Xilani                   | F, A, S, H <sub>2</sub>                      |
| Butyrivibrio fibrosolvens | Xilani Amido             | F, A, B, L, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> |
| Lachnospira multiparus    | Pectine                  | F, A, L, E, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> |
| Selenomonas ruminantium   | Succinato                | A, P, L, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>    |
| Methanobacterium rumin.   | Formiato, H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub>                              |

**F = formiato, A = acetato, S = succinato, B = butirato, L = lattato**  
**P = propionato, E = etanolo**

## Prodotti della fermentazione: i gas ruminali

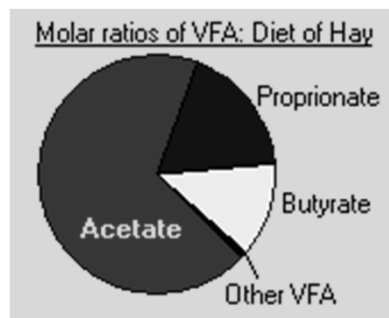
30-40 litri per ora in bovini adulti (500-700 l/d)  
5 l per ora in ovini)

- ANIDRIDE CARBONICA CO<sub>2</sub> 60 -70 %
- METANO CH<sub>4</sub> 20 -30 %
- AZOTO N<sub>2</sub> 4 -7 %
- OSSIGENO O<sub>2</sub> 0.5-1.0 %
- IDROGENO 0.2-0.5 %
- Altri (H<sub>2</sub>S....)

## Prodotti della fermentazione: gli acidi grassi volatili (AGV, VFA)

I principali AGV sono:

- ACIDO ACETICO (C2) 2 - 2.5 kg/d
- ACIDO PROPIONICO (C3) 0.8 - 1 kg/d
- ACIDO BUTIRRICO (C4) 0.5 - 0.7 kg/d

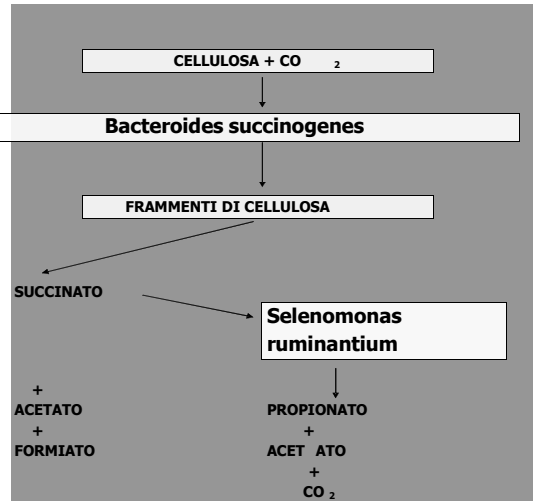


In una dieta a base di  
foraggi i rapporti fra  
C2:C3:C4 sono 70:20:10



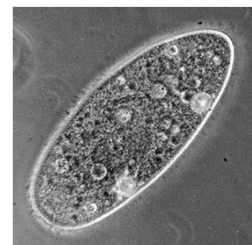
## Interazioni positive fra batteri

- Utilizzazione crociata dei prodotti dell'idrolisi
- Utilizzazione dei prodotti finali
- Produzione di nutrienti essenziali



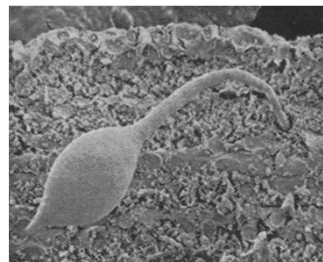
## PROTOZOI

- Ruolo non ben definito
- Sensibili alle variazioni di pH
- Intensa attività proteolitica
- Riducono la velocità di degradazione degli zuccheri
- I protozoi hanno esigenze nutritive più complesse rispetto a quelle dei batteri, infatti necessitano di aminoacidi, base azotate, acidi grassi e vitamine (no uso di NPN)



## FUNGHI

- 5-10% della s.s. della massa microbica ( $10^4$  cellule per ml). Bassa numerosità
- Degradazione pareti cellulari (cellulosa emicellulose)
- Degradazione degli zuccheri semplici
- Il loro micelio riesce a penetrare a fondo nella struttura delle pareti anche lignificate, facilitando poi l'azione dei batteri.



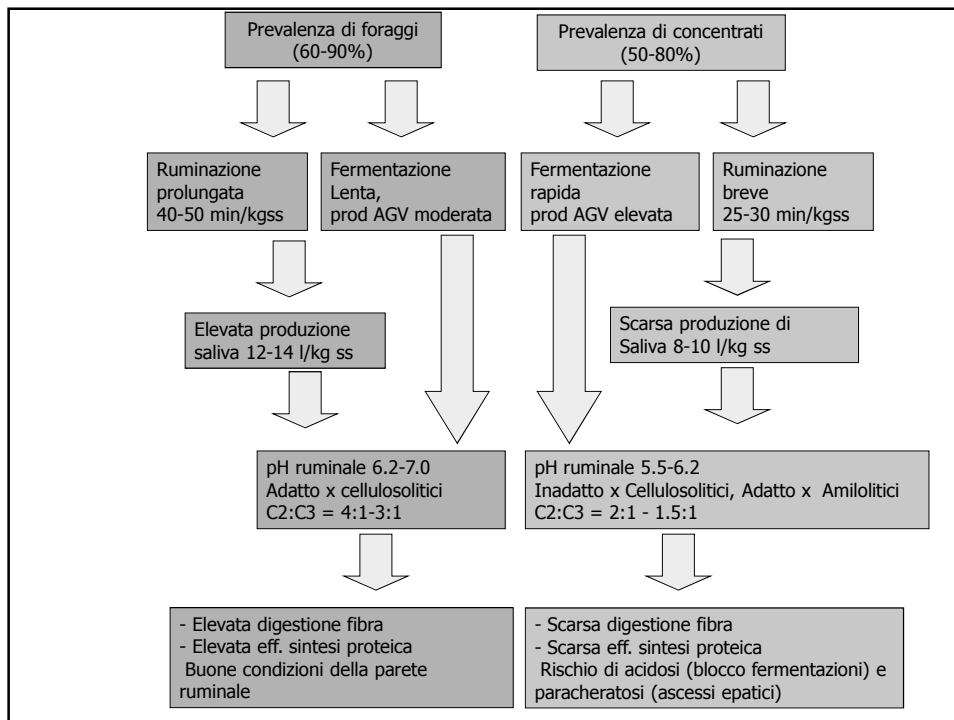
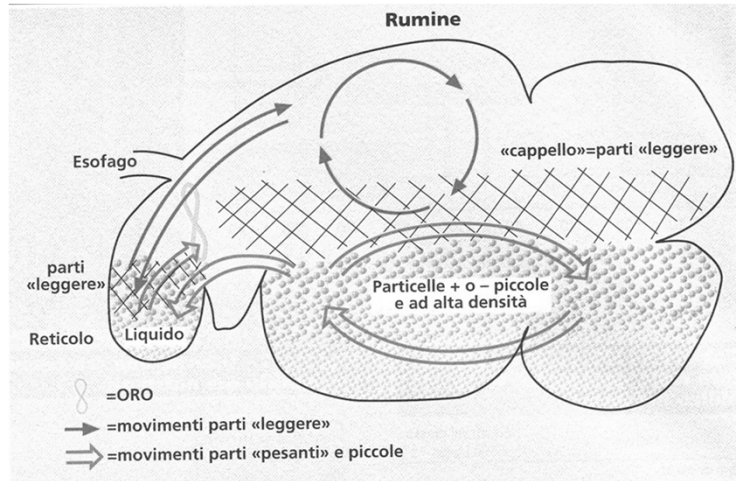
*Anaeromyces* sp.  
con apice acuminato

## PROTOZOI

| Genere e specie      | Substrati principali | Prodotti di fermentazione |
|----------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>Olotrichi:</b>    |                      |                           |
| - <i>Isotricha</i>   | Amido+ zucc          | A, B, L, H <sub>2</sub>   |
| - <i>Dasytricha</i>  | Amido+ zucc          | A, B, L, H <sub>2</sub>   |
| <b>Oligotrichi:</b>  |                      |                           |
| - <i>Entodinium</i>  | Amido                | F, A, P, B                |
| - <i>Epidinium</i>   | Amido+emic.          | A, B, H <sub>2</sub>      |
| - <i>Diplodinium</i> | Cellulosa            | H <sub>2</sub> , A        |
| - ...                |                      |                           |

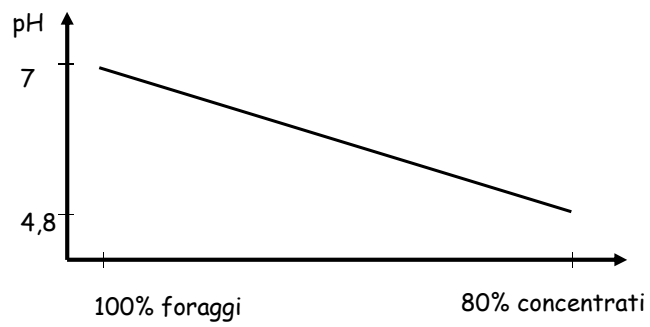
F = formiato, A= acetato, B = butirrato, L = lattato, P = propionato

# Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali

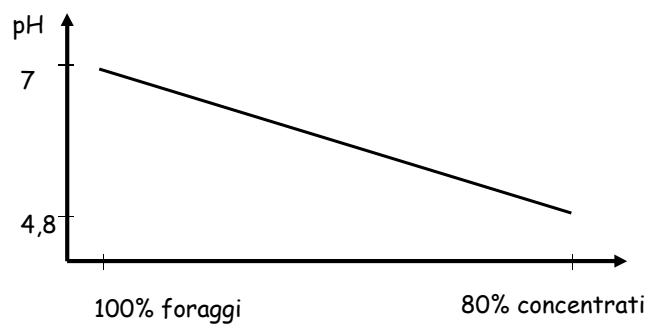




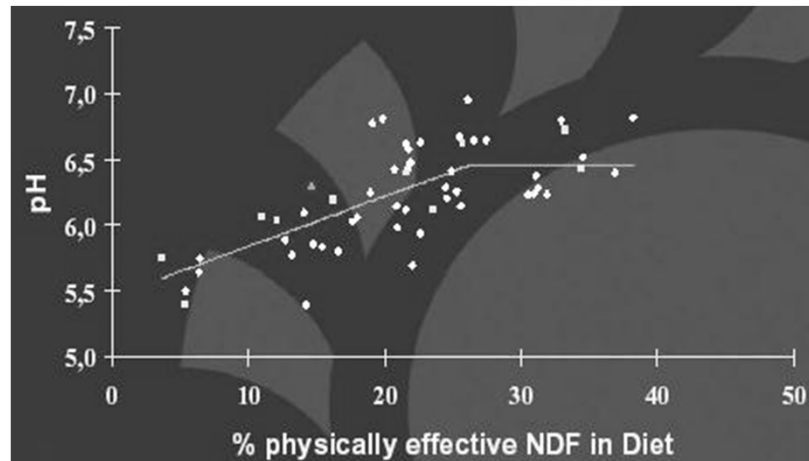
### pH e Rapporto Foraggi/Concentrati



### pH e Rapporto Foraggi/Concentrati



## peNDF e pH ruminale



## NDF fisicamente effettiva (peNDF)

- è la fibra che determina la risposta dell'animale in termini di attività di masticazione
- $peNDF = pef \times NDF$
- il fattore di efficienza fisica (pef) può variare:
  - da 0 quando l'NDF dell'alimento non stimola la masticazione
  - a 1.0 quando l'NDF dell'alimento promuove la massima attività di masticazione
- poiché pef è legato alle dimensioni delle particelle e alla riduzione delle dimensioni delle particelle (che è direttamente legata alla attività di masticazione), la peNDF influenzerà la stratificazione del contenuto ruminale (importante nel trattenere le particelle grosse, nella stimolazione della motilità, nella dinamica di fermentazione e transito)

Valori di pef per kg di NDF in foraggi diversi e in diverse forme fisiche

| Classe             | Lunghezza cm     | Erba        | Insilato d'erba | Insilato mais | Fieno medica | Insilato medica |
|--------------------|------------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|
| <b>Lungo</b>       |                  | <b>1.00</b> |                 |               |              |                 |
| <b>Trinciato</b>   | <b>4.8-8</b>     | <b>0.95</b> | <b>0.95</b>     |               | <b>0.90</b>  |                 |
| <b>Med-Trinc.</b>  | <b>2-4.8</b>     | <b>0.90</b> | <b>0.90</b>     | <b>0.90</b>   |              | <b>0.85</b>     |
| <b>Medio</b>       | <b>1.2-2</b>     |             | <b>0.85</b>     | <b>0.85</b>   | <b>0.85</b>  | <b>0.80</b>     |
| <b>Med-fine</b>    | <b>0.5-1.2</b>   |             |                 | <b>0.80</b>   | <b>0.80</b>  |                 |
| <b>Fine</b>        | <b>0.3-0.5</b>   |             |                 |               | <b>0.70</b>  | <b>0.70</b>     |
| <b>Macinato g.</b> | <b>0.15-0.25</b> | <b>0.40</b> |                 |               | <b>0.40</b>  |                 |
| <b>Macinato f.</b> | <b>0.15-0.25</b> | <b>0.30</b> |                 |               | <b>0.30</b>  |                 |

Stima della peNDF usando i valori tabulati di pef

- Determinare il contenuto di NDF (es. 40%)
- Valutare la fonte alimentare (es. fieno di medica) e stabilire la forma fisica (es. med-fine)
- Desumere la pef appropriata dalla tabella dei valori stimati su base biologica (0.80)
- Calcolare la peNDF = NDF X pef  
 – peNDF = 40 X 0.80 = 32%

## Stima della pef usando metodi fisici di frazionamento delle particelle

- Mertens (1986, 1997) propose un metodo di laboratorio molto semplice per misurare la peNDF
  - Misurare la proporzione di s.s. trattenuta dalle maglie di un setaccio di 1.18-mm di diametro dei fori come stima della pef
  - $peNDF = NDF (\%) \times (\text{frazione della razione} > 1.18\text{-mm diametro})$



## Stima della pef usando un setacciatore verticale della sostanza secca

| Alimento                        | pef         | SS<br>trattenuta<br>da 1.18 mm | X         | NDF | = | peNDF       |
|---------------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|-----|---|-------------|
| <b>Fieno, lungo</b>             | <b>1.00</b> | <b>0.98</b>                    | <b>65</b> |     |   | <b>63.7</b> |
| <b>Fieno di legum., lungo</b>   | <b>0.95</b> | <b>0.92</b>                    | <b>50</b> |     |   | <b>46.0</b> |
| <b>Insilato di leg., trinc.</b> | <b>0.85</b> | <b>0.82</b>                    | <b>50</b> |     |   | <b>41.0</b> |
| <b>Legume sil., fino</b>        | <b>0.70</b> | <b>0.67</b>                    | <b>50</b> |     |   | <b>33.5</b> |
| <b>Silomais</b>                 | <b>0.85</b> | <b>0.81</b>                    | <b>51</b> |     |   | <b>41.5</b> |
| <b>Trebbie di birra</b>         | <b>0.40</b> | <b>0.18</b>                    | <b>46</b> |     |   | <b>8.3</b>  |
| <b>Mais, farina</b>             | <b>0.40</b> | <b>0.48</b>                    | <b>9</b>  |     |   | <b>4.3</b>  |
| <b>F.e. soia</b>                | <b>0.40</b> | <b>0.23</b>                    | <b>14</b> |     |   | <b>3.2</b>  |
| <b>Baccelli di soia</b>         | <b>0.40</b> | <b>0.03</b>                    | <b>67</b> |     |   | <b>2.0</b>  |

## **QUALITA' E STRUTTURA DELLA FIBRA**

*Setacciatore particellare (Penn State University)  
per la valutazione aziendale delle dimensioni dei  
foraggi e dell'unifeed*



## **QUALITA' E STRUTTURA DELLA FIBRA: distribuzione delle particelle**

**FIBRA EFFETTIVA (Mertens, 1997)**

**DISTRIBUZIONE OTTIMALE DELL'UNIFEED NELLE  
DIVERSE FRAZIONI**

- |                                 |   |        |
|---------------------------------|---|--------|
| - 1° crivello (Ø fori: 19.0 mm) | → | 6-10%  |
| - 2° crivello (Ø fori: 8.0 mm)  | → | 30-50% |
| - fondo                         | → | 40-60% |

## **QUALITA' E STRUTTURA DELLA FIBRA: limiti del SETACCIATORE**

- **Difficoltà nello standardizzare le operazioni di scuotimento fra individui (ampiezza e durata)**
- **Necessità di determinare le aperture dei fori che corrispondano a 1.18-mm con la agitazione verticale di materiale secco**
- **Difficoltà nel separare materiale umido dovuta al fatto che le particelle fini aderiscono a quelle grosse**
- **Le differenze di umidità fra particelle di dimensioni diverse possono fornire risultati non attendibili (specialmente nel TMR)**

## **QUALITA' E STRUTTURA DELLA FIBRA: distribuzione delle particelle**

**Fieni e paglie spesso POCO macinati**

- **le bovine scelgono le parti fini a scapito delle grossolane (carente assunzione di peNDF)**
- **l'aggiunta di acqua è efficace se si raggiunge almeno il 40% della s.s.**

fermentazioni anomale in greppia (estate)

**Senza acqua, la lunghezza dei foraggi deve essere < 20-30 mm per evitare selezione**

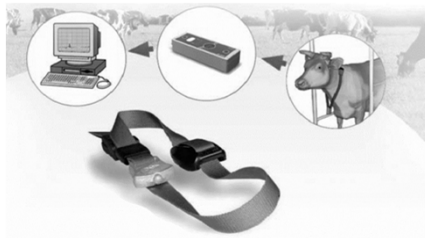
**Se razioni troppo fini problemi di carenza di peNDF e alterazioni comportamento**

**Importante la funzionalità del carro e l'attenzione degli operatori**

## Misurazione della attività di masticazione

### Monitoraggio tramite sistemi elettronici:

#### RUMINACT transponder



Registrazione del suono  
tipico della ruminazione

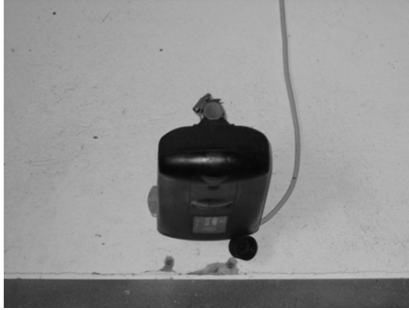
IGER Behaviour Recorder  
(Institute of Grassland and  
Environmental Research  
(Devon, UK))



Rilevatore dei movimenti  
della mandibola con dei  
particolari sensori. Adatto  
per animali al pascolo



## RUMINACT system



## RUMINACT: registrazione dati



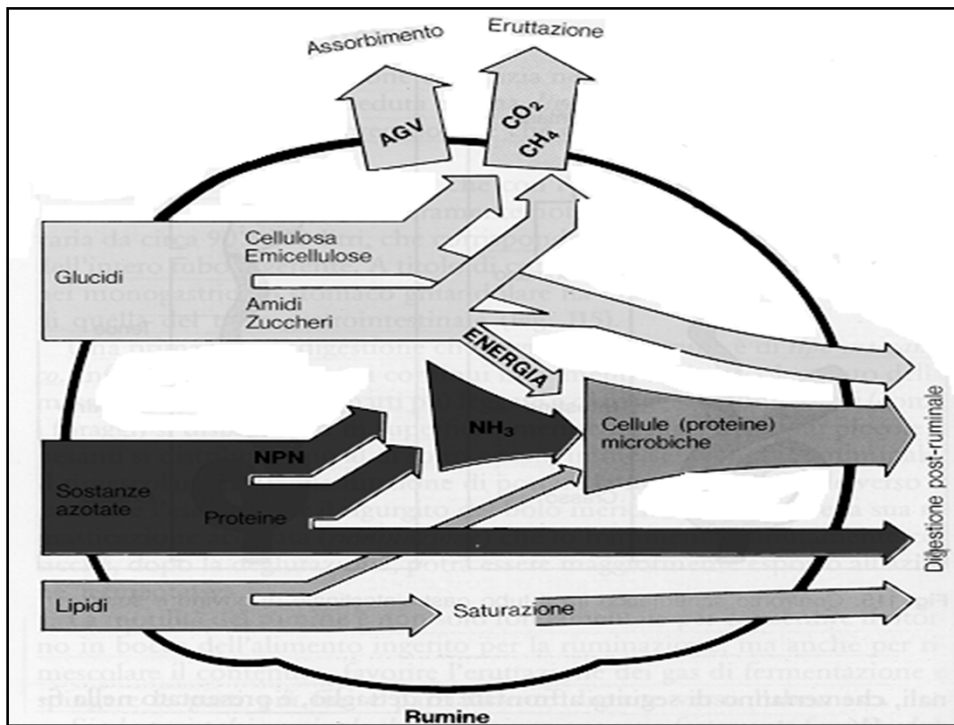


### **Stadio fisiologico, produzione di latte e tempi di ruminazione (Mordenti, 2011)**

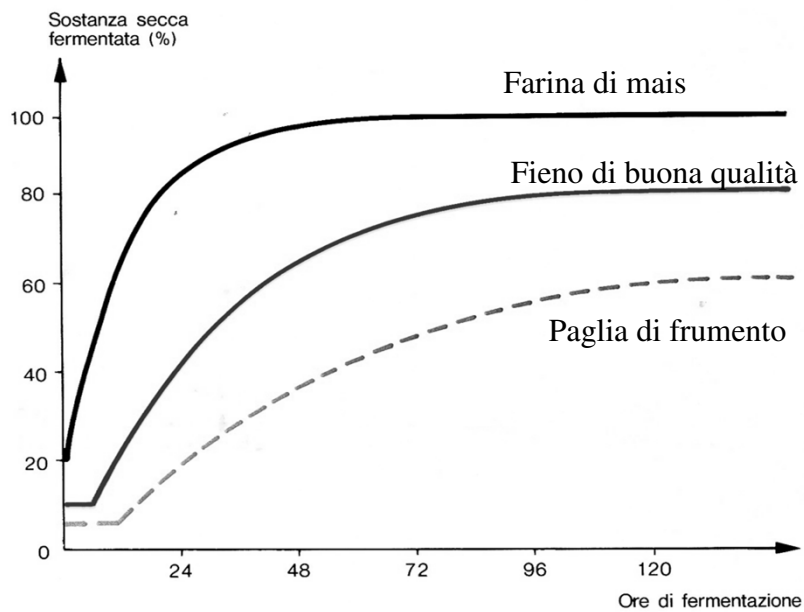
| Stadio fisiologico | Ruminazione, min/giorno |
|--------------------|-------------------------|
| Lattazione         | 424±73                  |
| Asciutta           | 518±72                  |
| Produzione media   | Ruminazione, min/giorno |
| ≥40 kg             | 511±60                  |
| ≥35 kg             | 470±80                  |
| ≥30 kg             | 436±57                  |
| ≥25 kg             | 447±77                  |
| ≥20 kg             | 428±69                  |
| <20 kg             | 406                     |

### **Caratteristiche dei foraggi e tempi di ruminazione (Mordenti, 2011)**

| Foraggi             | Masticazione (min/d) | Ruminazione (min/d) | Totale (min/d) |
|---------------------|----------------------|---------------------|----------------|
| Graminacee "corte"  | 282                  | 410                 | 692            |
| Graminacee "lunghe" | 352                  | 384                 | 737            |
| Leguminose "corte"  | 236                  | 308                 | 544            |
| Leguminose "lunghe" | 262                  | 359                 | 620            |
| Paglia "corta"      | 404                  | 352                 | 756            |



### Fermentazioni ruminali: curve di degradabilità



## Fermentazioni ruminali: digestione della proteina

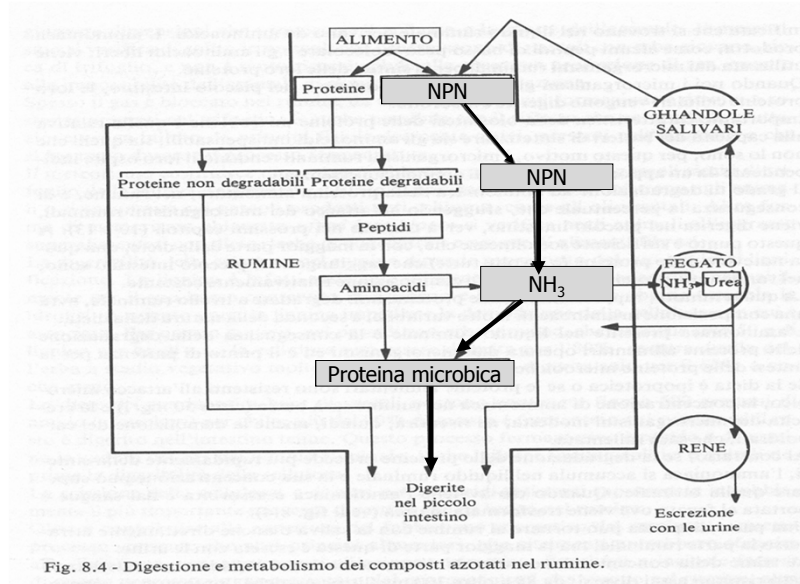
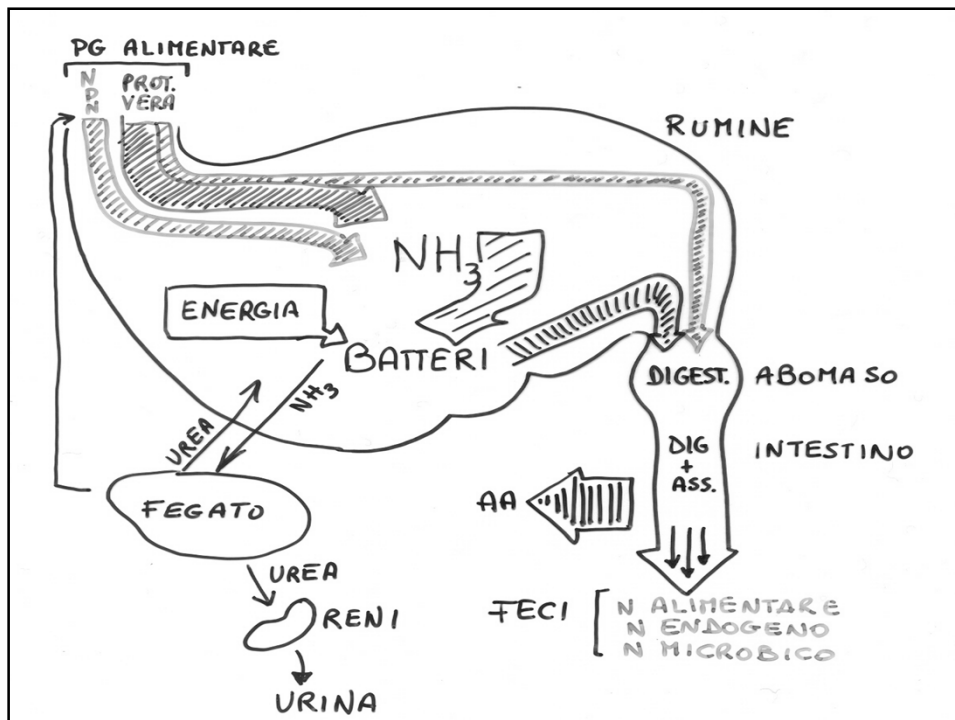
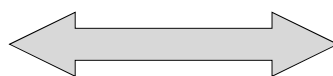


Fig. 8.4 - Digestione e metabolismo dei composti azotati nel rumine.



**Proteina  
Degradabile**

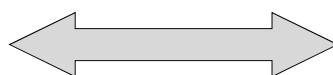


**QUANTITA'**

**Proteina  
By-pass**

| Alimento                 | Degradabilità proteina (%) |
|--------------------------|----------------------------|
| Foraggi verdi e insilati | 70-80                      |
| Farina di avena          | 78                         |
| Farina di frumento       | 74                         |
| Farina di mais           | 42                         |
| Farina di orzo           | 74                         |
| Crusca di frumento       | 76                         |
| Glutine di mais          | 27                         |
| Trebbie di birra         | 45                         |
| Polpe di bietola         | 48                         |

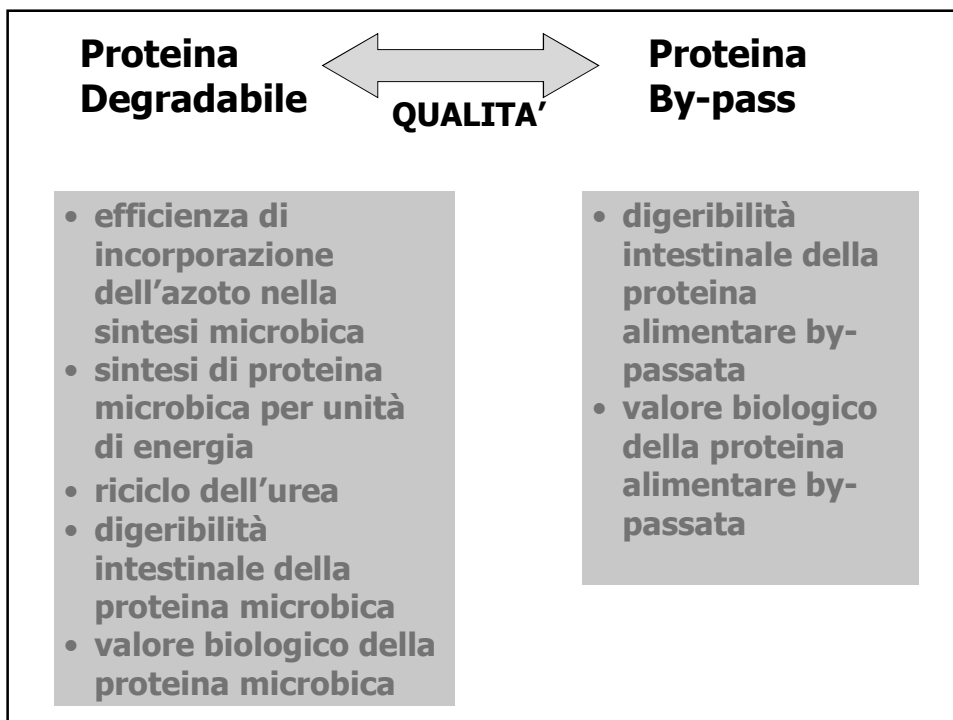
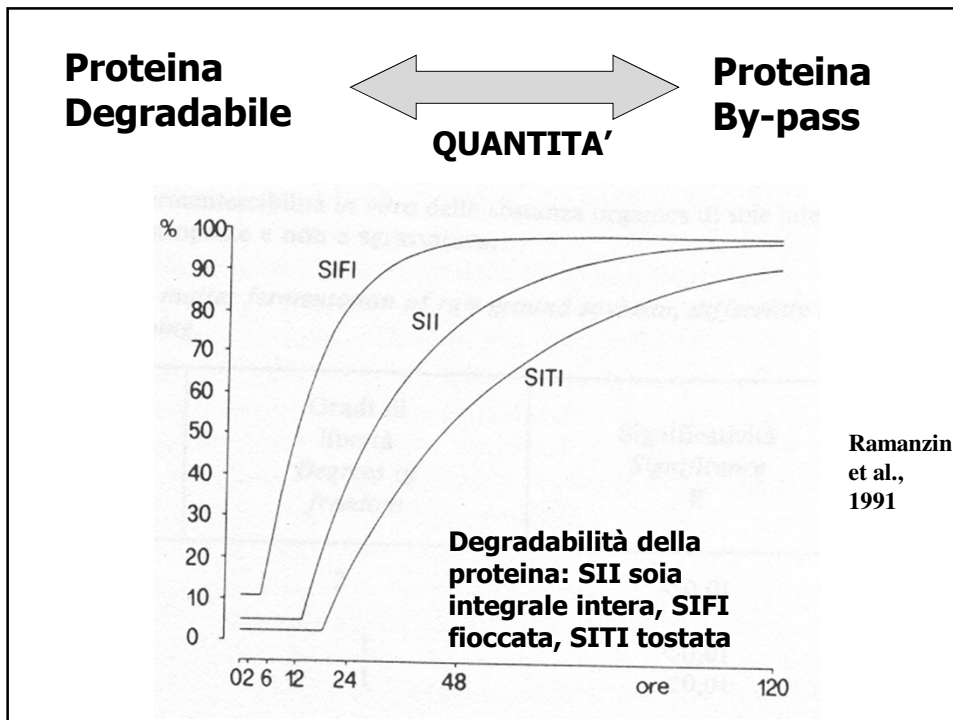
**Proteina  
Degradabile**



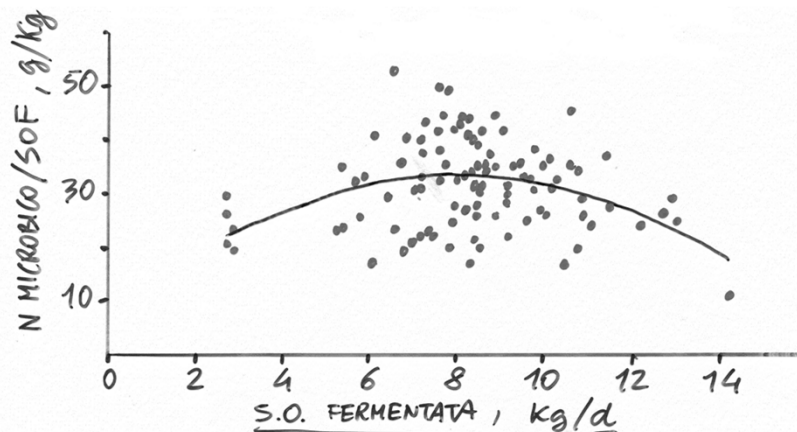
**QUANTITA'**

**Proteina  
By-pass**

| Alimento                         | Degradabilità proteina (%) |
|----------------------------------|----------------------------|
| Farina di estrazione di arachide | 73                         |
| Farina di estrazione di soia     | 62                         |
| Farina di estrazione di girasole | 77                         |
| Pannello di lino                 | 62                         |
| Granelle macinate di oleaginose  | 90                         |
| Granella di soia estrusa         | 49                         |
| Farina di medica disidratata     | 60                         |
| Farina di pesce                  | 45                         |
| Farina di carne                  | 50                         |



## Utilizzazione della proteina nei ruminanti

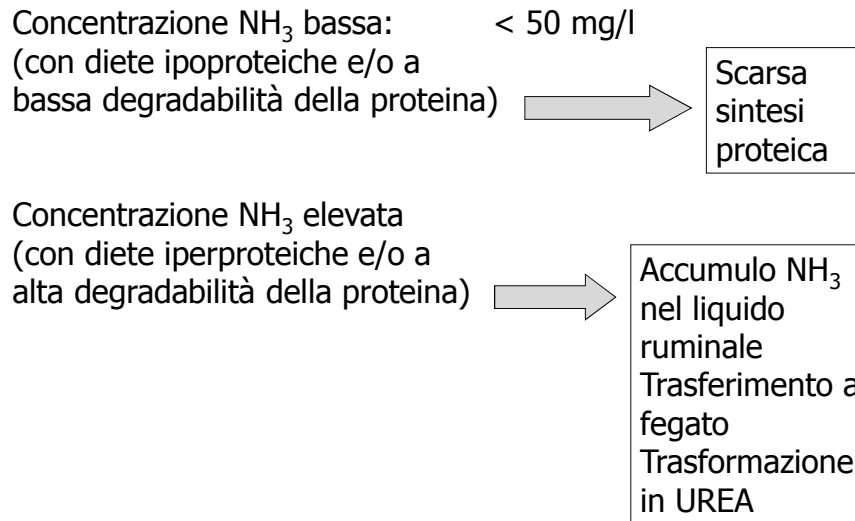


## Utilizzazione della proteina nei ruminanti

COMPOSIZIONE AMINOACIDICA (%) DELLE PROTEINE DEL LATTE E DEI MICROBI RUMINALI

|            | LATTE | BATTERI | PROTOZOI | MICROBI |
|------------|-------|---------|----------|---------|
| LISINA     | 8,1   | 9,3     | 9,9      | 9,4     |
| TREONINA   | 4,6   | 5,5     | 4,9      | 5,4     |
| VALINA     | 6,6   | 6,6     | 5,3      | 6,3     |
| METIONINA  | 2,6   | 2,6     | 2,1      | 2,5     |
| ISOLEUCINA | 5,9   | 6,4     | 7,0      | 6,5     |
| LEUCINA    | 9,7   | 7,3     | 8,2      | 7,5     |

## DESTINO DELL'AMMONIACA



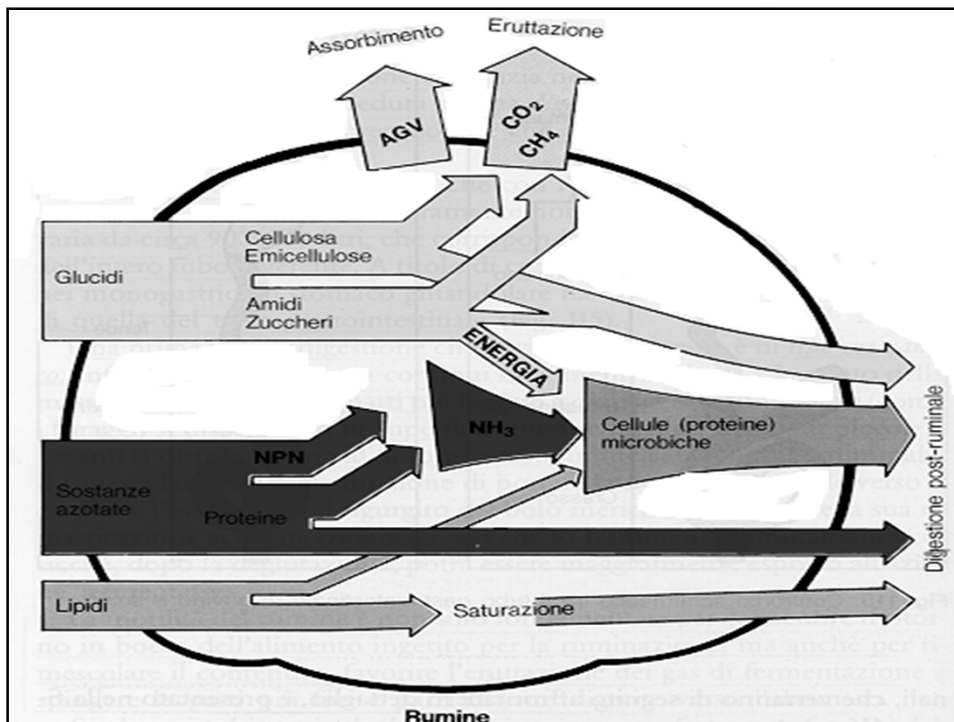
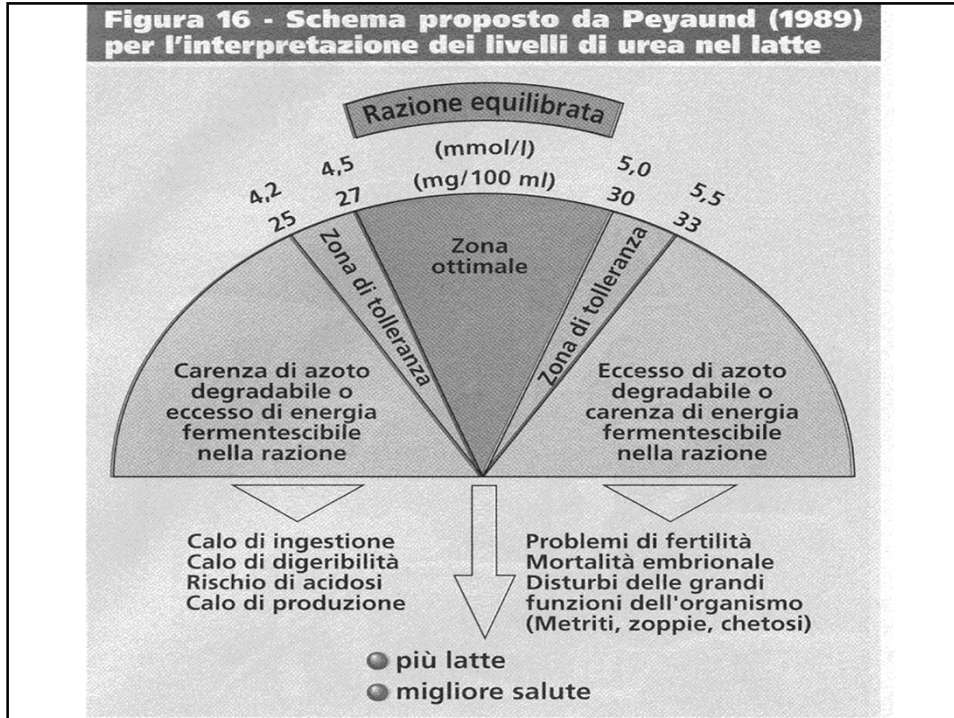
### Quale è il livello ottimale di NH<sub>3</sub> nel rumine ?

**85 mg/l -----300 mg/l**

### Quale è il livello ottimale di urea nel plasma e nel latte ?

|                 |          | Lattazione       |                 |
|-----------------|----------|------------------|-----------------|
|                 | Asciutta | Media produzione | Alta produzione |
| Plasma (mmol/l) | 2.8-4.3  | 4.0-5.5          | 4.5-6.0         |
| Latte (mmol/l)  |          | 3.8-5.3          | 4.3-5.8         |

**Figura 16 - Schema proposto da Peyraud (1989) per l'interpretazione dei livelli di urea nel latte**





## **Fermentazioni ruminali: digestione dei lipidi**

**Trigliceridi → lipasi (batteriche) → acidi grassi + glicerolo**

**Acidi grassi insaturi → idrogenati  
(es. acido linolenico → acido stearico)**

**Acidi grassi forme cis → trans  
(vedi CLA)**

**NB! L'attività dei microrganismi ruminali può essere notevolmente depressa quando si utilizzano diete ad elevato contenuto di lipidi (> 6-8%)**



**sensibili soprattutto i cellulolitici**

## **Fermentazioni ruminali: digestione dei lipidi**

### **IMPIEGO DI LIPIDI PROTETTI**

- Saponificazione
- Rivestimento con membrana proteica trattata con formaldeide