

FORDØJELIGHED OG KULHYDRATOMSÆTNING

45 MIN

Peter Lund

Institut for Husdyrvidenskab

AU Foulum

Peter.Lund@anis.au.dk

INDHOLD

Hvad dækker begrebet "fordøjelighed" over?

Sand fordøjelighed vs tilsyneladende fordøjelighed

Metoder til måling af fordøjelighed

1-pulje og 2-pulje modeller for fordøjelighed

Nedbrydningshastighed

Passagehastighed

Omsætning af sukker

Omsætning af stivelse

Omsætning af NDF

Associative effekter

Fermentering og VFA profil

HVAD KAN VI MÅLE I BLODET ?

Foder:

Sukker og stivelse

NDF

Protein

Fedt

Blod:

VFA, glukose (mikrobiel AA)

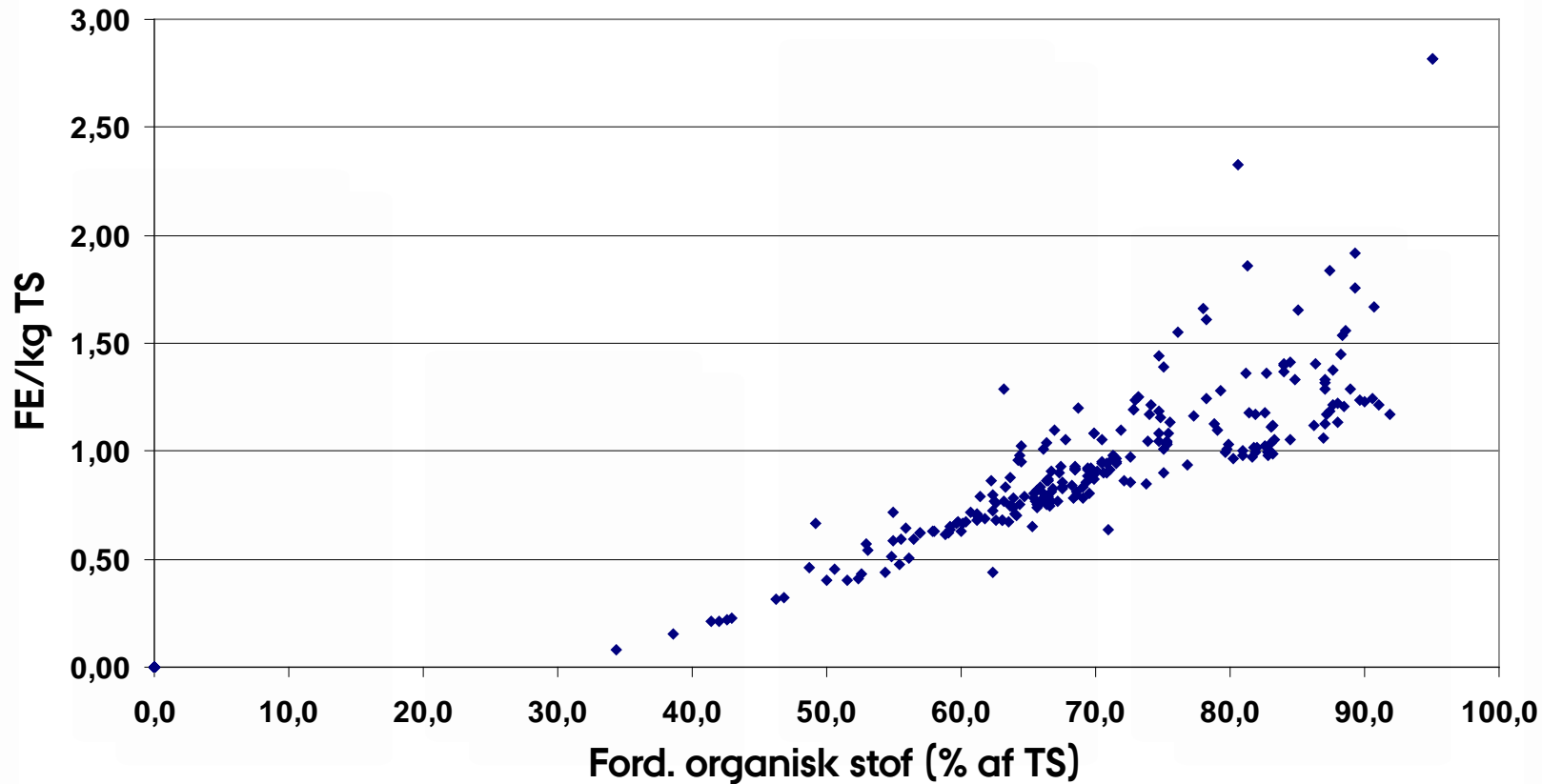
VFA (mikrobiel AA)

Unedbrudt AA, mikrobiel AA

Hydrogenerede fedtsyrer

MEN VI MÅLER KUN HVAD DER FORSVINDER I FORDØJELSESKANALEN

FORDØJELIGHED ER VIGTIGSTE PARAMETER FOR ENERGIVÆRDI



FORDØJELIGHED

Tilsyneladende fordøjelighed:

(ind-ud)/ind



FORDØJELIGHED

Tilsyneladende fordøjelighed:

$$(ind-ud)/ind$$

Sand fordøjelighed:

$$(ind_{foder} - ud_{foder})/ind_{foder} \sim (ind_{foder} - (ud - ud_{endogent}))/ind_{foder}$$



FODERVURDERING ER BASERET PÅ FORDØJELIGHED I FÅR !!!

Vedligehold, beder

Standardiseret i modsætning til den lakterende ko

Denne fordøjelighed kan betragtes som den potentielle fordøjelighed

Basis for IVOS og EFOS, som er kalibereret mod fårefordøjelighed

Fordøjelighed på produktionsniveau vil normalt være lavere:

- Øget passagehastighed
- Mindre favorabelt vommiljø mht fordøjelse af fiber



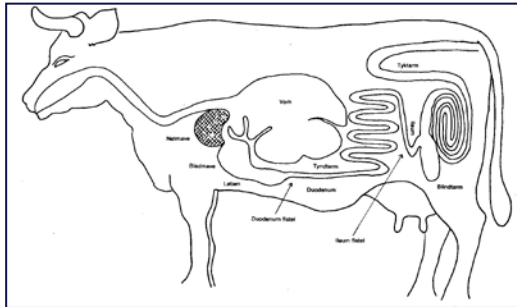
FORDØJELIGHED

Dyr

- Intakte køer
- Tarmfistulerede dyr

Metoder

- Total opsamling
- Mobile poser (protein)
- Ufordøjelige markører i foderet



BRUG AF MARKØRER

En ko æder 20 kg tørstof om dagen

Koen tildeles hver dag 20 g kromomid i foderet

Når kromoxid ikke fordøjes vil der hver dag flyde 20 g kromoxid ved duodenum, ileum og i gødning

I en repræsentativ prøve af duodenum-indhold måles en koncentration af kromoxid på 1.8 g/kg duodenum tørstof

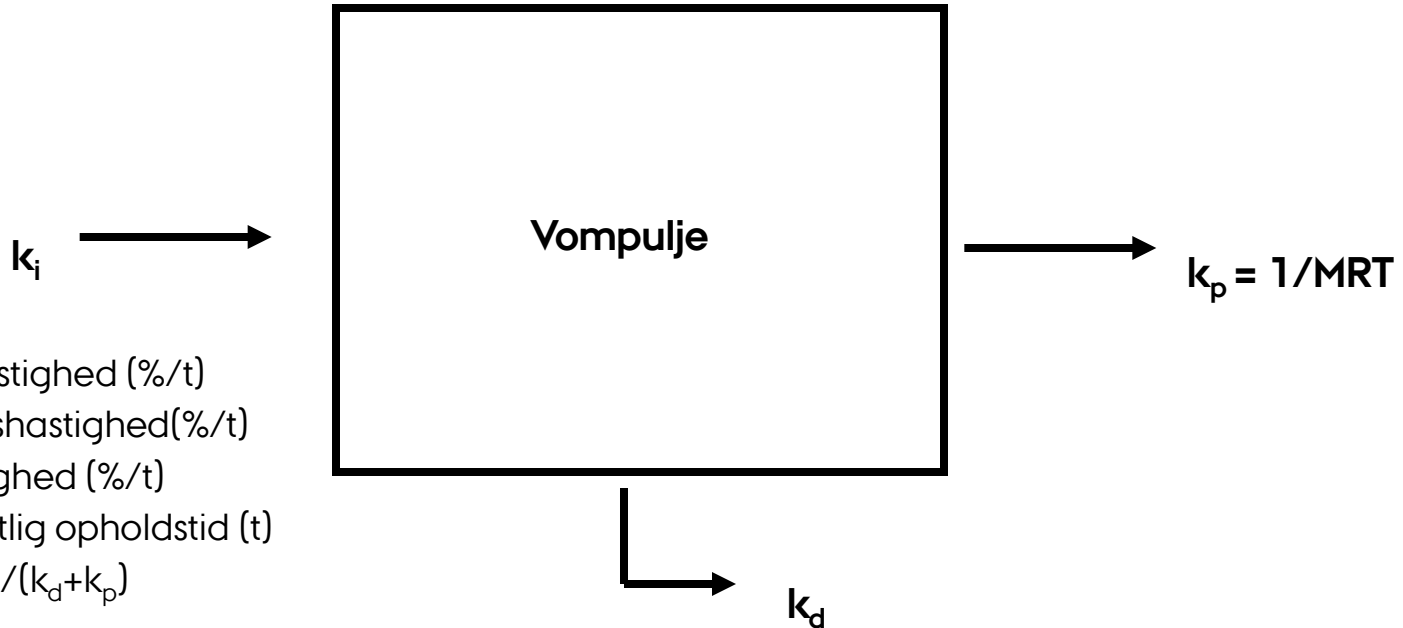
Flow af tørstof ved duodenum:

$$[20 \text{ g Cr}_2\text{O}_3/\text{d}]/1.8 \text{ g Cr}_2\text{O}_3/\text{kg TS} = 11.1 \text{ kg duodenum TS/d}$$

$$\text{Vom fordøjelighed af tørstof: } 100\% * [20 - 11.1]/20 = 44\%$$

FRA SIMPEL FORDØJELIGHED TIL KINETIK

1. ordens kinetik, dvs ikke fast mængde men fast andel som omsættes pr tidsenhed



k_i = Optagelseshastighed (%/t)

k_d = Nedbrydningshastighed (%/t)

k_p = Passagehastighed (%/t)

MRT = Gennemsnitlig opholdstid (t)

Fordøjelighed = $k_d / (k_d + k_p)$

BEREGNING AF HASTIGHEDER

Nedbrydningshastighed (k_d):

Inkubation af nylonposer (fodermiddelvurdering)

In vitro i laboratoriet (fodermiddelvurdering)

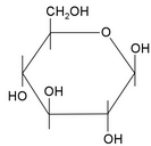
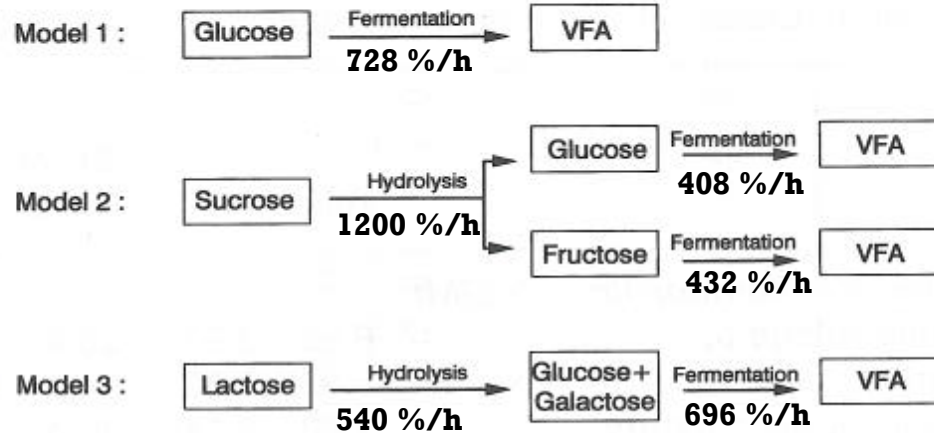
Vomtømning (ration)

Passagehastighed (k_p):

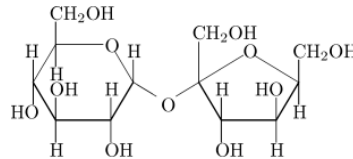
Brug af foder mærket med markør (foder)

Vomtømning (ration)

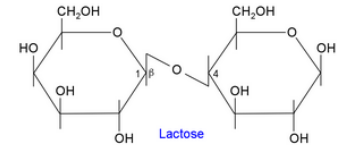
SUKKER



Glukose

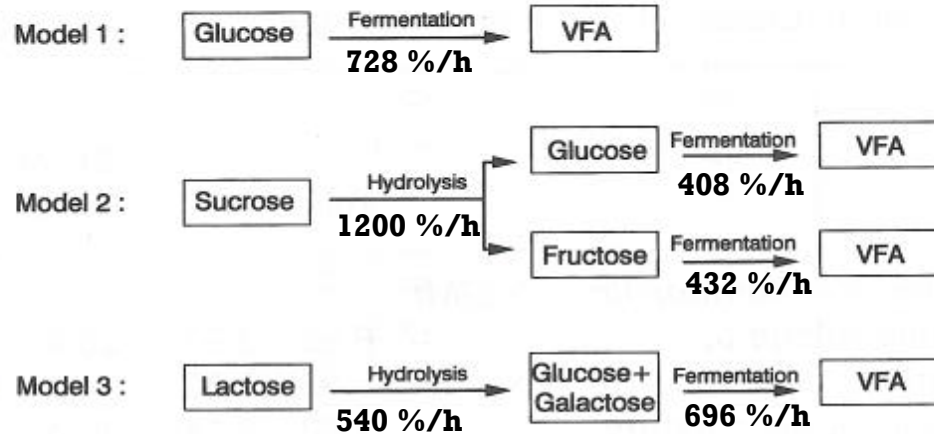


Sukrose



Laktose

SUKKER



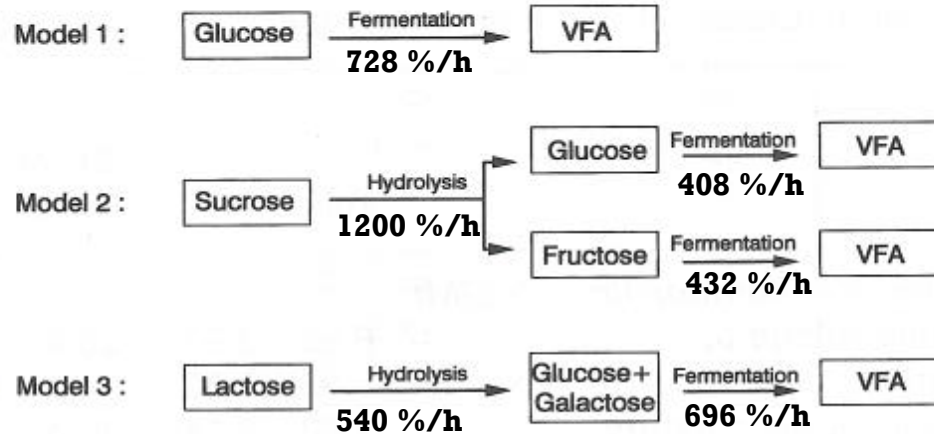
$k_d = \text{Nedbrydningshastighed} = 728\%/h$

$k_p = \text{Passagehastighed} = 12\%/h$ (antaget)

$\text{Passage} = k_p / (k_d + k_p) = 12 / (728 + 12) = 0.016 = 1.62\%$

$\text{Fordøjelighed} = k_d / (k_d + k_p) = 728 / (728 + 12) = 0.9838 = 98.38\%$

SUKKER



$$\text{Passage}_{\text{SUKROSE}} = k_p / (k_d + k_p) = 12 / (1200 + 12) = 0.0099 = 0.99\%, \text{ Fordøjelighed} = \mathbf{99.01\%}$$

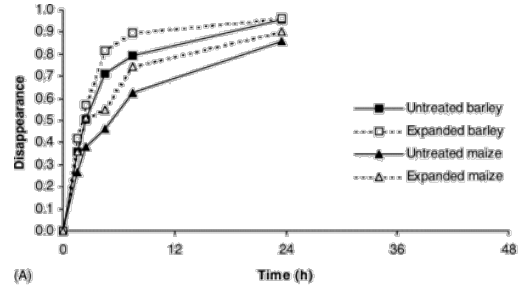
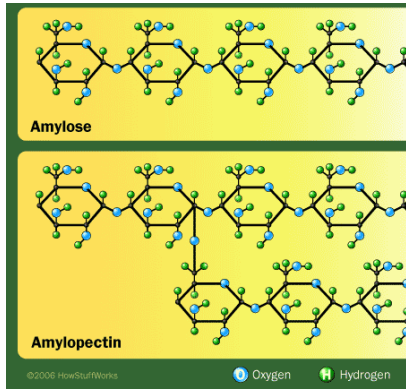
$$\text{Passage}_{\text{GLUKOSE}} = (99.01/2) * (12 / (408 + 12)) = 1.41\%$$

$$\text{Passage}_{\text{FRUKTOSE}} = (99.01/2) * (12 / (432 + 12)) = 1.34\%$$

$$\text{Passage: } 0.99\% + 1.41\% + 1.34\% = 3.7\%$$

$$\text{Fordøjelighed (sukrose} \rightarrow \text{VFA)} = \mathbf{96.3\%}$$

STIVELSE



	Barley grain		Maize grain		SEM
	Untreated	Expanded	Untreated	Expanded	
a (%)	55	75	23	40	0.02
b (%)	45	24	77	60	0.02
c (%/h)	63	36	5	7	0.06
D (%)	96	96	60	72	1

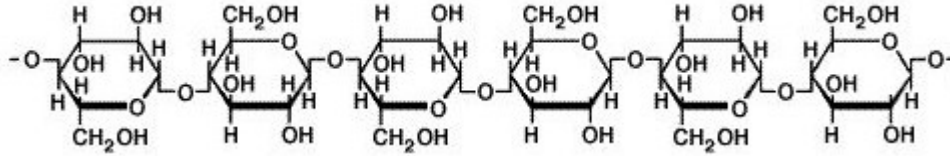
a = water soluble

b = not water soluble, but potentially degradable

c = fractional rate of degradation

D = digestibility

FIBER



cellulose

		GH	EGS	LGS	WCB	SEM
K_d	-	2.8	4.6	3.7	2.3	1.0
K_d	+	2.4	1.6	2.2	1.6	0.7

GH = grass hay

EGS = early cut grass silage

LGS = late cut grass silage

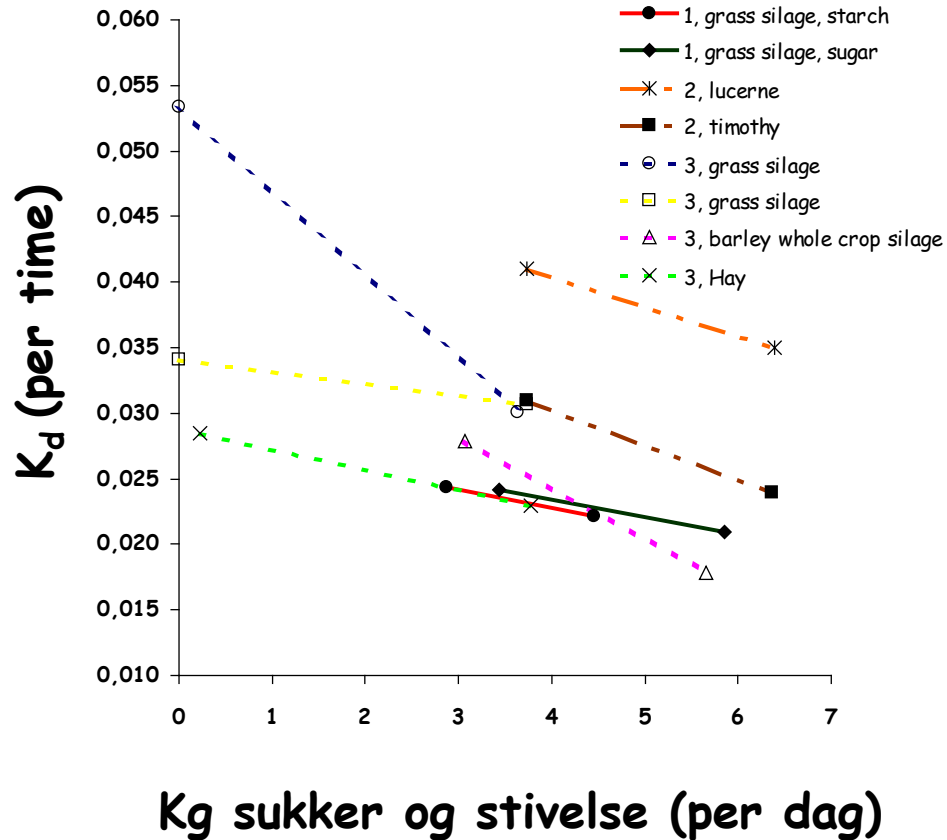
WCB = whole crop barley silage

-/+ concentrate **supplementation** (high in starch)

KINETIK KAN FORKLARE BIOLOGIEN

Hvorfor påvirker øget stivelse i rationen NDF fordøjelighed negativt?

FORDI NEDBRYDNINGSHASTIGHED FALDER



... OG OPHOLDSTIDEN FALDER OGSÅ

		GH	EGS	LGS	WCB	SEM
DNDF	-	112	129	88	78	37
DNDF	+	76 ^b	94 ^a	75 ^b	65 ^b	5

		GH	EGS	LGS	WCB	SEM
k_d	-	2.8	4.6	3.7	2.3	1.0
k_d	+	2.4	1.6	2.2	1.6	0.7

GH = grass hay

EGS = early cut grass silage

LGS = late cut grass silage

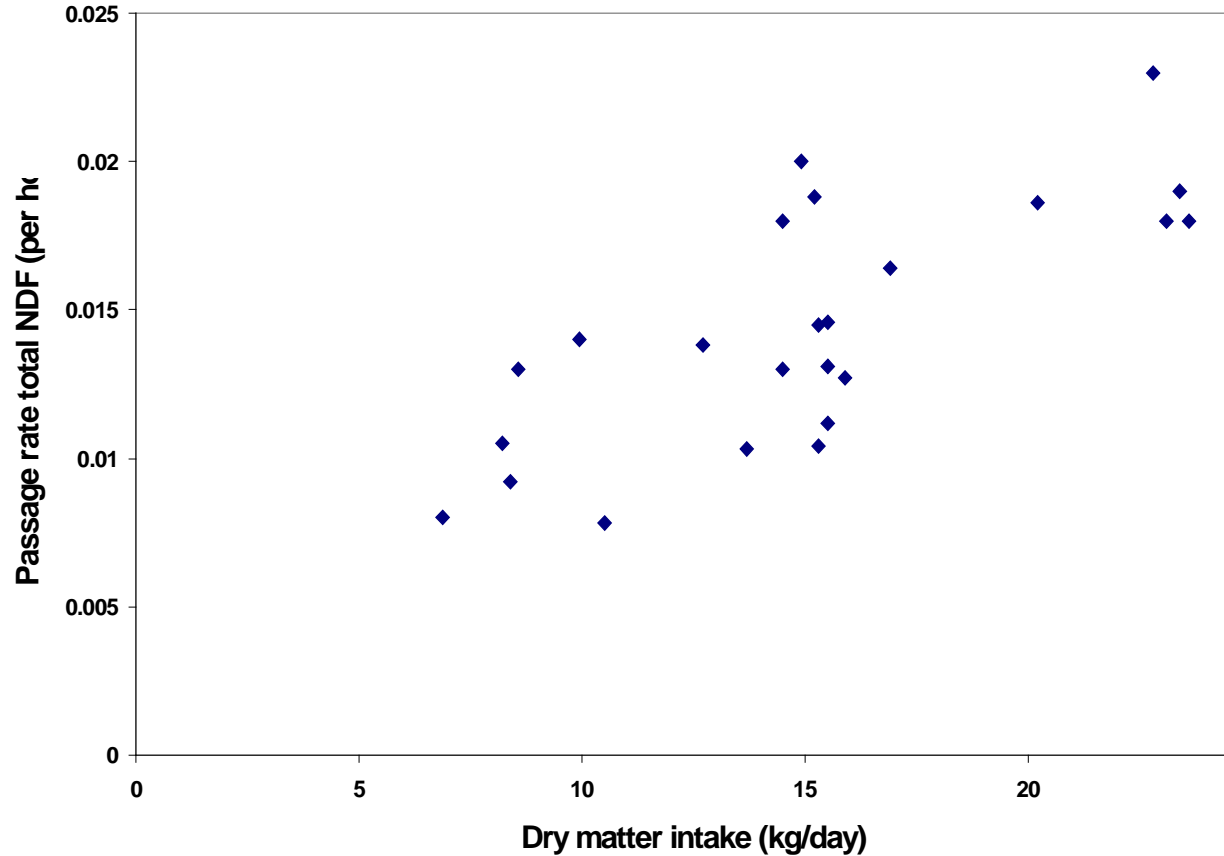
WCB = whole crop barley silage

-/+ concentrate **supplementation** (high in starch)

KINETIK KAN FORKLARE BIOLOGIEN

Hvorfor falder fordøjeligheden med øget foderoptagelse ?

FORDI PASSAGEHASTIGHEDEN STIGER

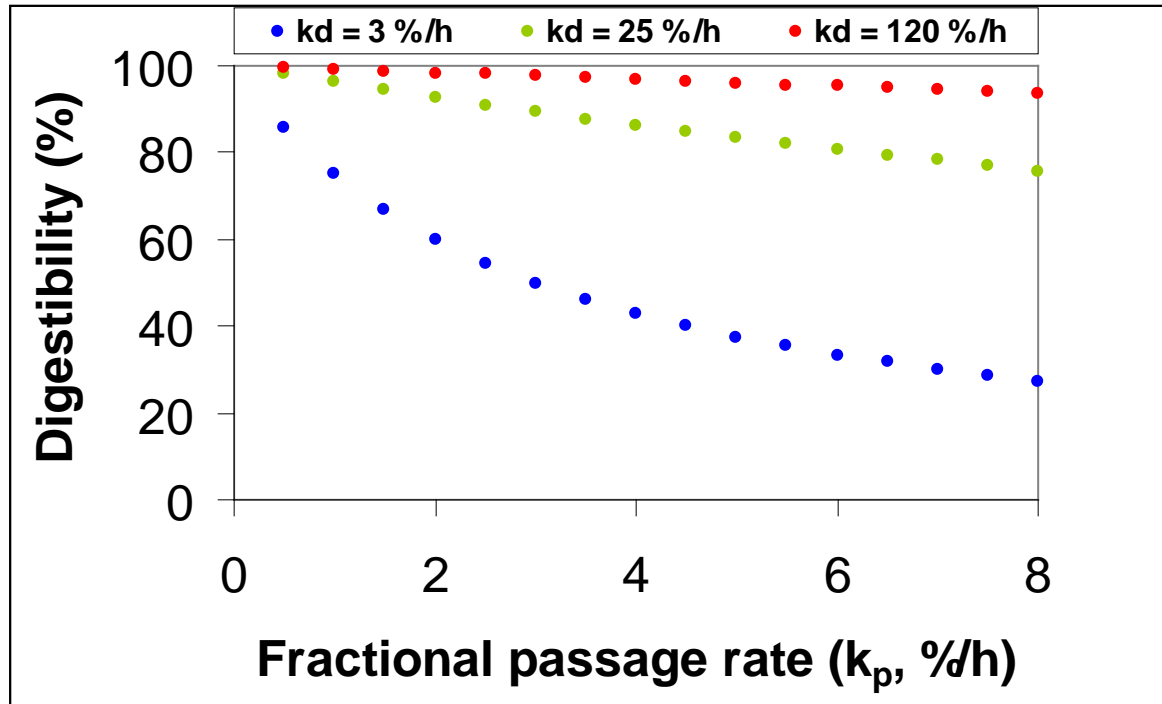


KINETIK KAN FORKLARE BIOLOGIEN

Hvorfor falder fordøjeligheden mest for NDF i forhold til sukker og stivelse ved øget foderoptagelse ?

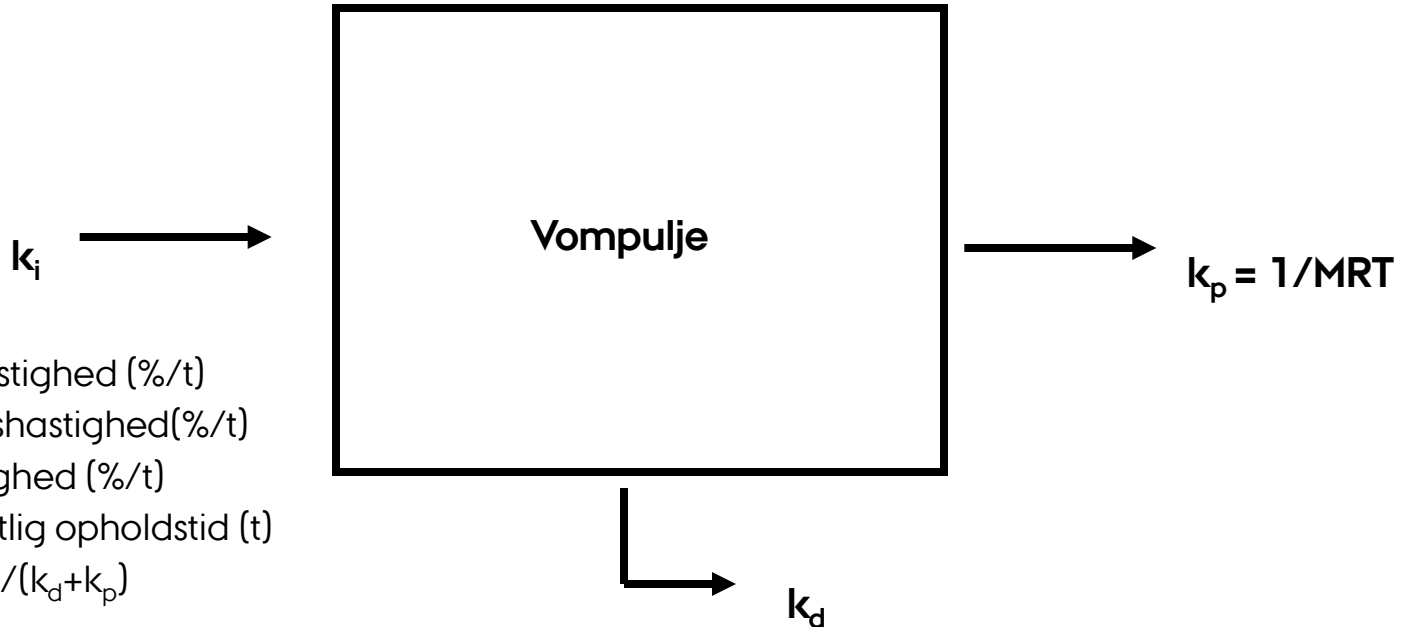
5 min – snak med naboen

FORDI NDF ER MEST FØLSOM PGA. LAV NEDBRYDNINGSHASTIGHED



ER VOMMEN SÅ SIMPEL

Første-ordens kinetik, dvs ikke fast mængde men fast andel som omsættes pr tidsenhed
Alle parikler har samme sandsynlighed for passage, dvs. passage er uafhængig af alder



k_i = Optagelseshastighed (%/t)

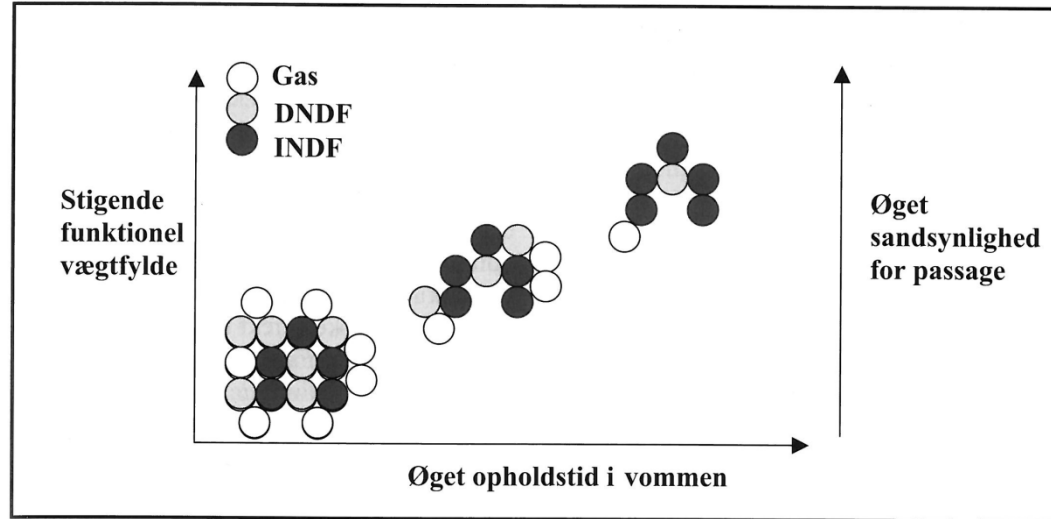
k_d = Nedbrydningshastighed (%/t)

k_p = Passagehastighed (%/t)

MRT = Gennemsnitlig opholdstid (t)

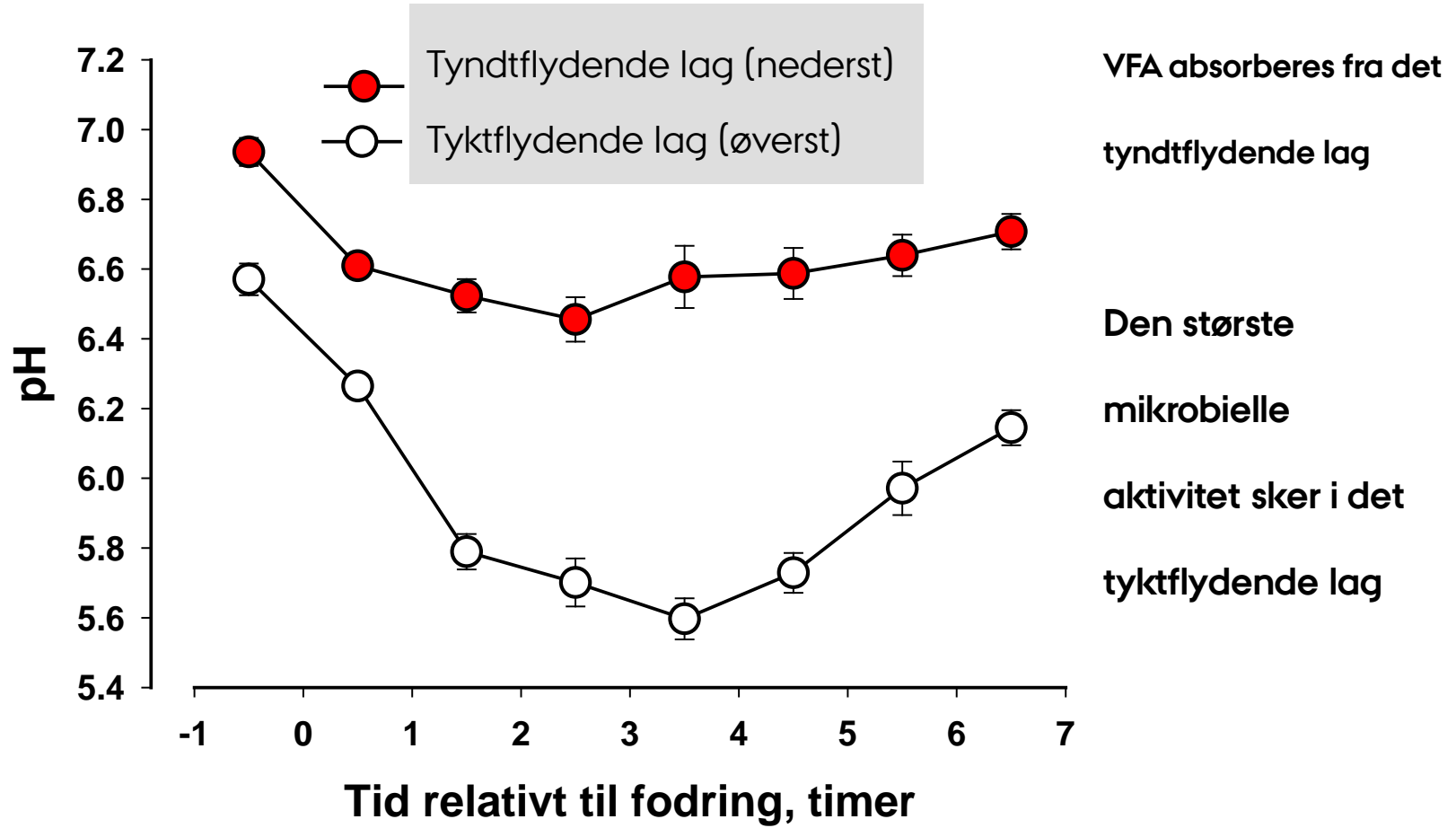
Fordøjelighed = $k_d / (k_d + k_p)$

SANDSYNLIGHED FOR PASSAGE

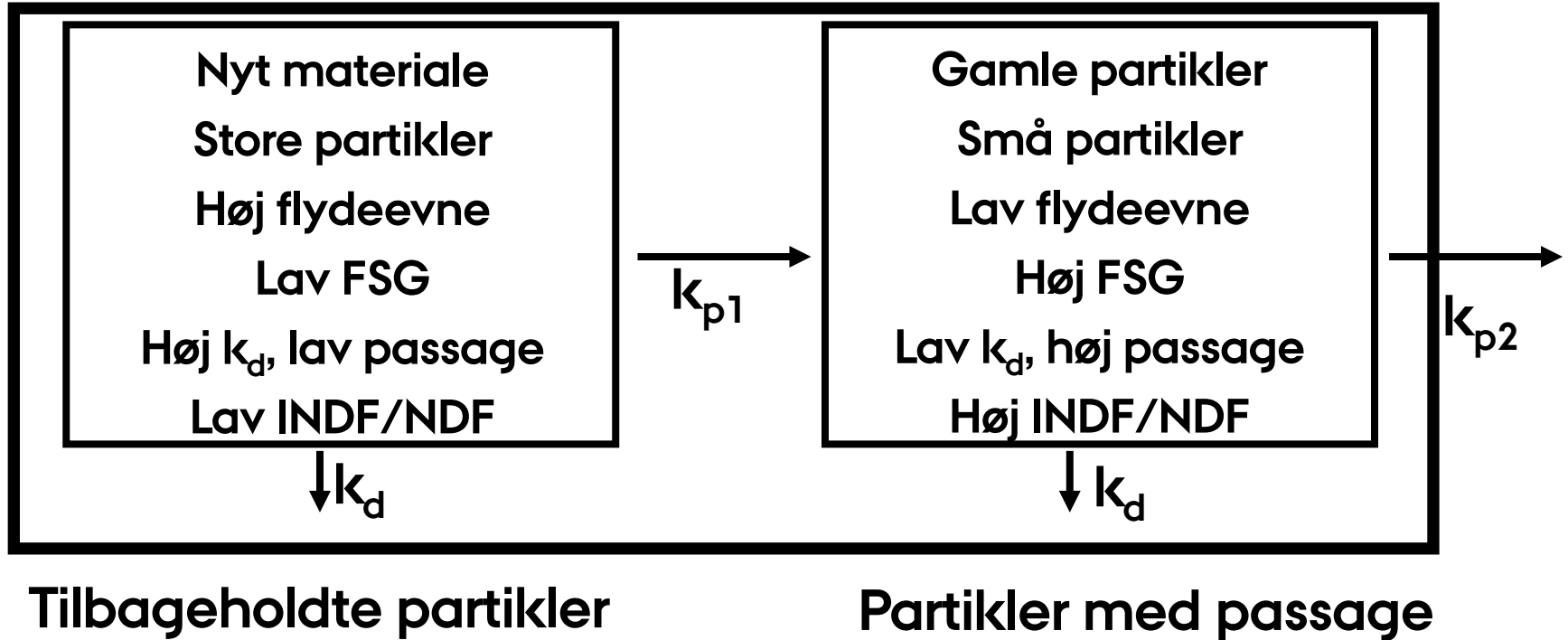


Aldersafhængig passage versus alders-uafhængig passage

PH I FORSKELLIGE AFSNIT AF VOMMEN



2-PULJE MODEL (NORFOR (NDF))

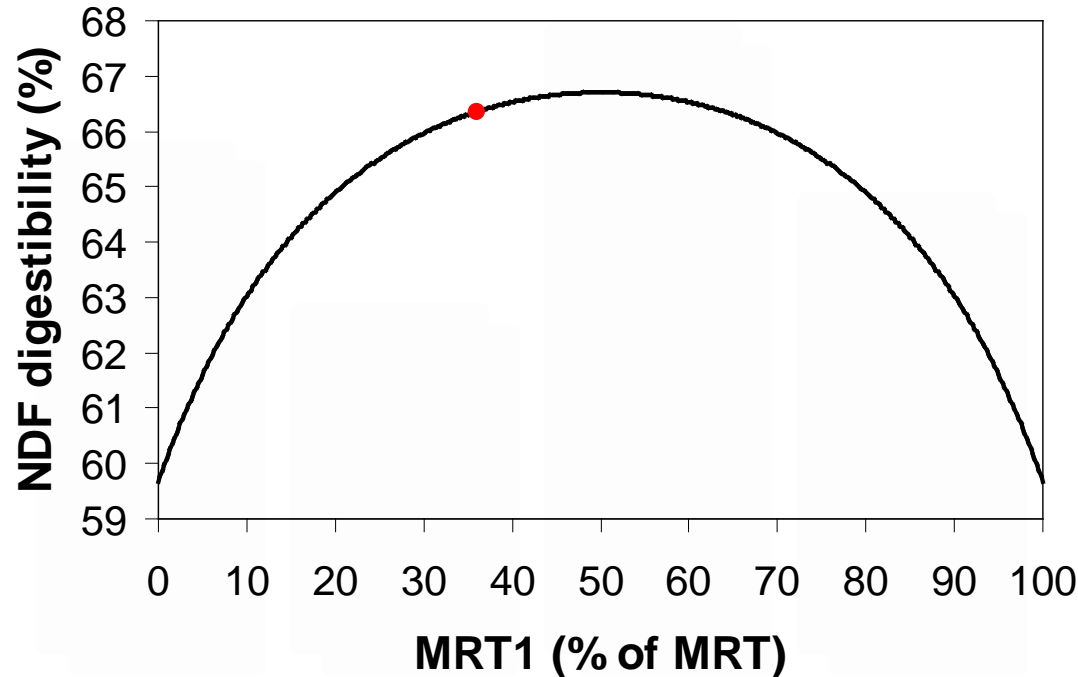


$$\text{Fordøjelighed} = k_d / (k_d + k_{p1}) \cdot (1 + k_{p1} / (k_d + k_{p2}))$$

SELEKTIV TILBAGEHOLDELSE ER SMART

Græsensilage: MRT=88 h $f_d=78\%$ $k_d=0.037 \text{ h}^{-1}$

$$\text{Fordøjelighed} = f_d \cdot k_d / (k_d + k_{p1}) \cdot (1 + k_{p1} / (k_d + k_{p2}))$$



DRØVTYGGERENS DILEMMA

- › Når der er tørke i Afrika og dårligt foder ser man velernærede zebraer og tynde gnuer med fyldt vom.
- › Hvorfor?
- › Snak med naboen



DRØVTYGGERENS DILEMMA

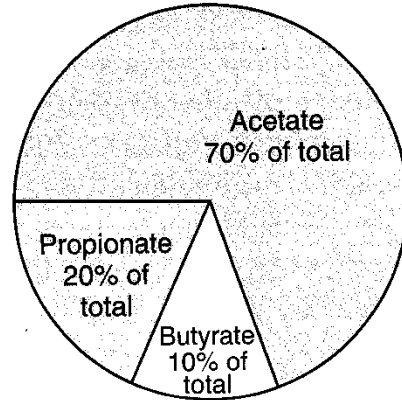
- › Når der er tørke i Afrika og dårligt foder ser man velernærede zebraer og tynde gnuer med fyldt vom.
- › Hvorfor?
- › Snak med naboen



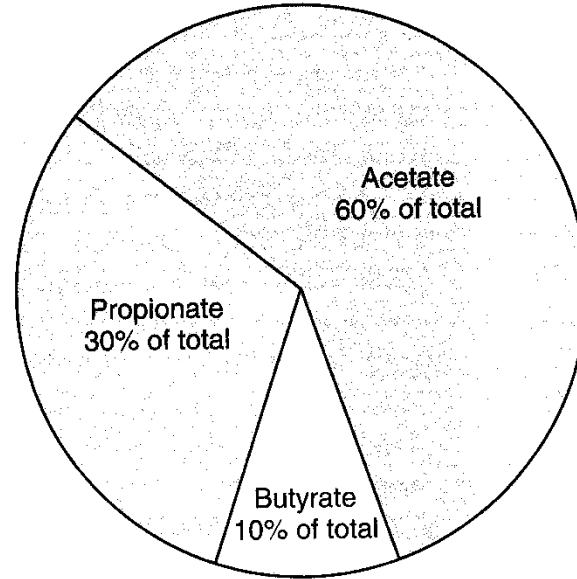
Selektiv tilbageholdelse af foder i vommen (forgæring i tank med lille hul)
Lav passagehastighed
Høj effektivitet
Foderoptagelse ned

Ingen selektiv tilbageholdelse hos bagtarmsforgæerere (forgæring i rør)
Høj passagehastighed
Lav effektivitet
Foderoptagelse høj

VFA PRODUKTION I VOMMEN



High-fiber diet



High-starch diet

FERMENTERING (POLYSAKKARID TIL PYROVAT)

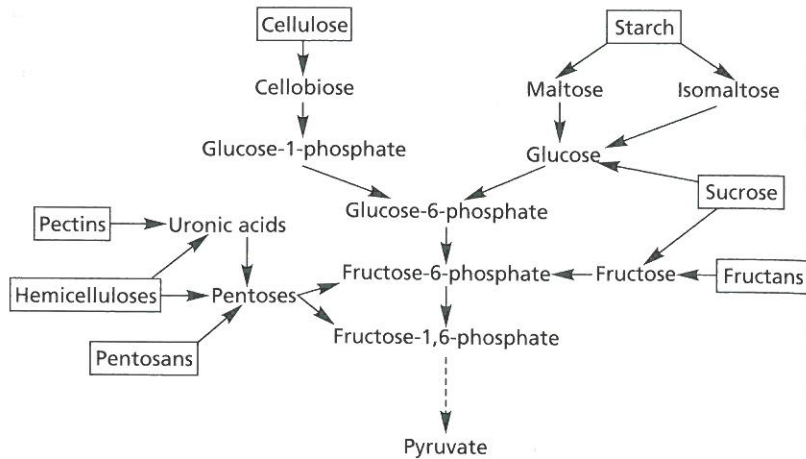
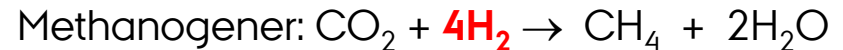
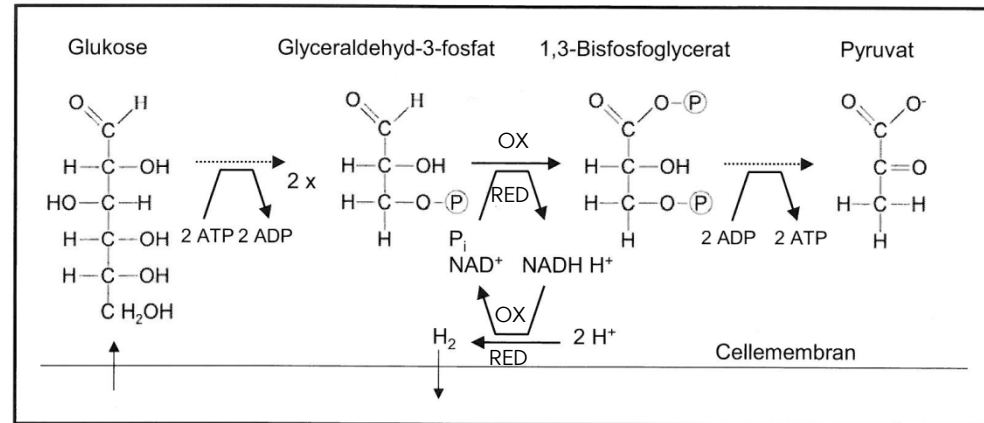
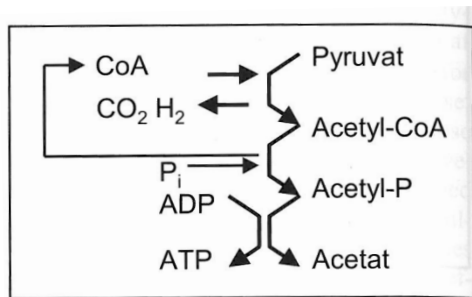


Fig. 8.6 Conversion of carbohydrates to pyruvate in the rumen.

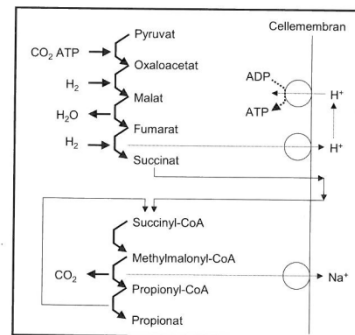
NETTO: 2 ATP, 2 H₂, 2 PYROVAT



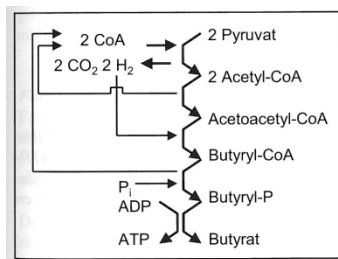
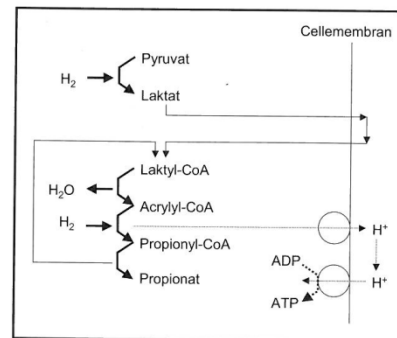
FERMENTERING, PYROVAT TIL VFA



2 ATP, 2 H₂, 2 ACETAT, $\Delta G = -305$ kJ



2 ATP, -4 H₂, 2 PROPIONAT, $\Delta G = -296$ kJ



1 ATP, 0 H₂, 1 BUTYRAT, $\Delta G = -301$

Lavt substratniveau: Max ATP/GLU: **ACETAT** > BUTYRAT

Højt substratniveau: Max ATP/H₂ : **PROPIONAT & BUTYRAT** > ACETAT

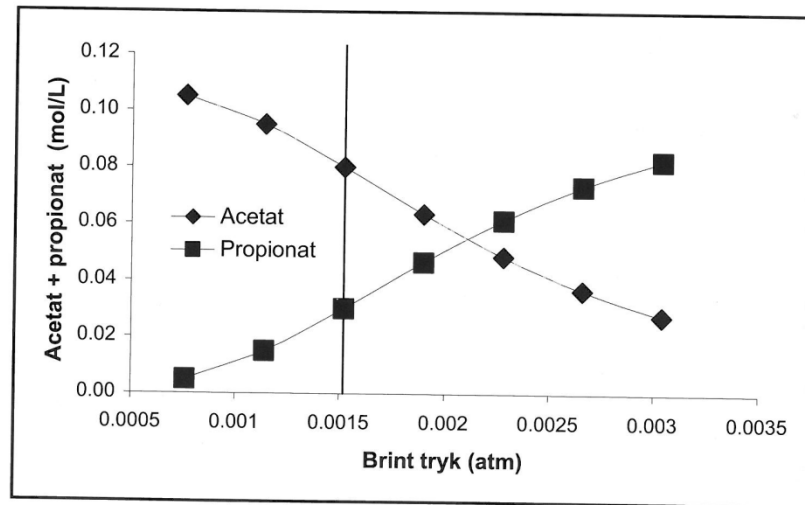
Lavt pH: **PROPIONAT** > BUTYRAT (lav pH, høj H⁺, PROPIONAT afhængig af H⁺ gradient over cellevæggen)

ACETAT: lavt substratniveau, fiber

BUTYRAT: Højt substratniveau, sukker & stivelse (hvis pH højt)

PROPIONAT: Højt substratniveau, stivelse (lavt pH)

FERMENTERING, HVAD STYRER FORDELING AF VFA



Mængde af substrat (GLU → Pyrovat)

FERMENTERING

- > Fermenteringsmønster er styret af
- > 1 substrat (stivelse, sukker, fiber), specifikke bakterietyper
- > Termodynamik og biokemi i vommen

- > $C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COOH + 2CO_2 + 4H_2$ eddikesyre (4 ATP)
- > $C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \rightarrow 2CH_3CH_2COOH + 2H_2O$ propionsyre (4 ATP)
- > $C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$ smørsyre (3 ATP)

SKÆBNE FOR VFA (MORGENS TAGER DEN HERFRA I MORGEN)

Acetat (eddikesyre)

- ▶ Passerer unedbrudt igennem drøvtygger-leveren
- ▶ Energikilde (citronsyrecyklus)
- ▶ Byggesten for fedtsyntese i yver

Propionat (propionsyre)

- ▶ Omdannes til glukose i lever (glukoneogenese)
- ▶ Energikilde
- ▶ Byggesten for laktosesyntese i yver

Butyrat (smørsyre)

- ▶ Omdannes til 3-OH-butytrat i vomvæg og lever
- ▶ Energikilde

SPØRGSMÅL ?