



Magnetiseret drikkevand til kvæg

Krystalstruktur og
væskekinetik i vommen

*Magnetic treated drinking water for cattle
Shape of crystals and ruminal fluid kinetics*

Tina Reenberg, Morten Dam Rasmussen¹ og Martin Riis Weisbjerg²

¹Afdeling for Ernæring, ²Afdeling for Råvarekvalitet

STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG

Forskningscenter Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele • Tlf. 89 99 19 00 • Fax 89 99 19 19
Forskningscenter Bygholm, Postboks 536, 8700 Horsens • Tlf. 75 60 22 11 • Fax 75 62 48 80

Statens Husdyrbrugsforsøg har til formål at gennemføre forskning samt indsamle og opbygge viden af betydning for erhvervsmæssigt husdyrbrug og jordbrugsteknik i Danmark. I forskningen skal der lægges vægt på ressourceudnyttelse, dyrevelfærd, internt og eksternt miljø, produkternes kvalitet og konkurrenceevne samt en hurtig og sikker formidling af resultaterne.

Institutionen omfatter følgende forskningsafdelinger: Afdeling for Ernæring, Afdeling for Råvarekvalitet, Afdeling for Avl og Genetik, Afdeling for Sundhed og Velfærd, Afdeling for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer samt Centrallaboratorium. Servicefunktionerne varetages af Afdeling for Landbrugsdrift, Afdeling for

Stalddrift samt af Statens Husdyrbrugsforsøgs Sekretariat.

Husdyrforskningen finder fortrinsvis sted på Forskningscenter Foulum, mens den jordbrugstekniske forskning udføres på Forskningscenter Bygholm. Herudover har institutionen adgang til en række privat-/organisationsejede forsøgsstationer m.m.

Forskningsresultaterne publiceres i internationale, videnskabelige tidsskrifter samt i publikationer udgivet af Statens Husdyrbrugsforsøg. Abonnement på årsrapporter, forskningsrapporter, beretninger og informationsblad kan tegnes ved henvendelse til ovenstående adresse.

DANISH INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE

Research Centre Foulum, P.O. Box 39, DK-8830 Tjele • Tel +45 89 99 19 00 • Fax +45 89 99 19 19

Research Centre Bygholm, P.O. Box 536, DK-8700 Horsens • Tel +45 75 60 22 11 • Fax +45 75 62 48 80

The aim of the Danish Institute of Animal Science is to carry out research and accumulate knowledge of importance to animal husbandry and agricultural engineering. In the research, great importance is attached to the utilization of resources, environment, animal welfare, and to the quality and competitiveness of the agricultural products along with a rapid and efficient dissemination of the results.

The institute comprises six research departments: Dept. for Nutrition, Dept. for Product Quality, Dept. for Breeding and Genetics, Dept. for Animal Health and Welfare, Dept. for Agricultural Engineering and Production Systems, and a Cen-

tral Laboratory. Service departments include Dept. for Farm Management and Services, Dept. for Livestock Management, and a Secretariat.

The research departments for animal science together with management and service departments are located at Research Centre Foulum. The technical research takes place at Research Centre Bygholm.

Research results are published in international scientific journals and in publications from the Danish Institute of Animal Science. For subscription to reports and other publications please contact the above address.

Forskningsrapport nr. 46

fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Magnetiseret drikkevand til kvæg

Krystalstruktur og væskekinetik i vommen

Magnetic treated drinking water for cattle
Shape of crystals and ruminal fluid kinetics

Tina Reenberg, Morten Dam Rasmussen¹ og Martin Riis Weisbjerg²

¹Afdeling for Ernæring, ²Afdeling for Råvarekvalitet

Forord

Nærværende forskningsrapport omhandler afprøvning af magnetisering af drikkevand til køer og kvier. Undersøgelserne er udført som et samarbejde mellem Afdeling for Forsøg med Kvæg og Får og Polar Danmark. Firmaet har vederlagsfrit opstillet Polar Agro Systemet på Forskningscenter Foulum. Cand. agro. Tina Reenberg har udført undersøgelserne under

ophold ved Afdeling for Forsøg med Kvæg og Får i perioden februar til december 1994. Undersøgelserne indgår som en del af Tina Reenbergs speciale ved Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Specialet er publiceret under titlen "Magnetiseret drikkevand".

Foulum, marts 1996
Morten Dam Rasmussen

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	3
Contents	4
Sammendrag	5
Summary	6
1 Indledning	7
2 Materiale og metoder	8
2.1 VANDBEHANDLINGSSYSTEM	8
2.2 LABORATORIEUNDERSØGELSER	8
2.2.1 Forsøgsplan	8
2.2.2 Vandkvalitet og vandbehandling	8
2.2.3 Registreringer	8
2.3 FORSØG MED KØER OG KVIER	9
2.3.1 Forsøgsplan og forsøgsdyr	9
2.3.2 Foder og fodring	10
2.3.3 Vanding og vandkvalitet	10
2.3.4 Registreringer	10
2.3.5 Statistiske metoder	12
3 Resultater og diskussion	13
3.1 VANDKVALITET OG VANDBEHANDLING	13
3.2 LABORATORIEUNDERSØGELSER	13
3.2.1 Krystalstruktur	13
3.2.2 Overfladespænding	15
3.2.3 Vandgennemstrømning i vandkopper	15
3.3 FORSØG MED KØER OG KVIER	16
3.3.1 Forsøgets gennemførelse	16
3.3.2 Foder- og vandoptagelse	16
3.3.3 Vomvæskens overfladespænding og pH	17
3.3.4 Væskepassagehastighed og totale vomtømninger	19
3.3.5 Mælkeydelse og sammensætning	19
4 Konklusion	22
Litteraturliste	23
Appendiks	25

Contents

Contents in Danish	3
Contents	4
Summary in Danish	5
Summary	6
1 Introduction	7
2 Material and methods	8
2.1 THE SYSTEM FOR WATER TREATMENT	8
2.2 EXPERIMENTS IN LABORATORY	8
2.2.1 Experimental design	8
2.2.2 Water quality and water treatment	8
2.2.3 Registrations	8
2.3 EXPERIMENTS WITH COWS AND HEIFERS	9
2.3.1 Experimental design and animals	9
2.3.2 Feed and feeding	10
2.3.3 Watering and water quality	10
2.3.4 Registrations	10
2.3.5 Statistical methods	12
3 Results and discussion	13
3.1 WATER QUALITY AND WATER TREATMENT	13
3.2 EXPERIMENTS IN LABORATORY	13
3.2.1 Crystal structure	13
3.2.2 Surface tension	15
3.2.3 Water flow in bowls	15
3.3 EXPERIMENTS WITH COWS AND HEIFERS	16
3.3.1 Carrying out the experiment	16
3.3.2 Feed intake and water intake	16
3.3.3 Surface tension and pH in rumen fluid	17
3.3.4 Rumen rate of passage and rumen pool size	19
3.3.5 Milk yield and composition	19
4 Conclusion	22
References	23
Appendix	25

Sammendrag

Effekten af at magnetisere vand på krystalstrukturen af calciumcarbonat i vandet og vands overfladespænding blev testet ved laboratorieundersøgelser. Desuden blev det undersøgt, hvorvidt magnetisering af drikkevand påvirkede vandoptagelse, væskepassagehastighed i vommen, samt vomvæskens overfladespænding og pH hos kvier og køer.

Det anvendte vand i laboratorieforsøget var enten ubehandlet (UV) eller behandlet (BV) med Polar Agro System'et uden recirkulering af vandet gennem magneten. Magnetens feltstyrke var af firmaet opgivet til 6.000 Gauss. Ved undersøgelsen af calciumcarbonats krystal morfologi blev vand med 4 forskellige hårdhedsgrader (10, 20, 25, 30 °dH, tyske hårdheder) benyttet. Vands overfladespænding blev målt på vandværksvand med 10 °dH med og uden omrøring. I forsøget med køerne og kvierne indgik 4 lakterende SDM køer (forsøg 1) fordelt på 2 hold og 4 drægtige SDM kvier (forsøg 2) ligeledes fordelt på 2 hold. Begge forsøg blev udført som overkrydsningsforsøg med en forsøgsperiode på 8 dage. Drikkevandet havde en hårdhed på 10 °dH. Dyrene fik tildelt drikkevand, som var ubehandlet eller behandlet

med Polar Agro System'et med recirkulering af vandet gennem magneten. Magnetens feltstyrke var af firmaet opgivet til 6.000 Gauss. Køerne fik foderet tildelt ad libitum, og kvierne fik foderet tildelt restriktivt.

Calcit var den dominerende krystalstruktur ved 10 og 20 °dH i både behandlet og ubehandlet vand. Ved højere hårdhedsgrader var calcit dominerende i det ubehandlede vand og aragonit var dominerende i det behandlede.

Der var ingen klar effekt af at behandle drikkevand med 10 °dH med Polar Agro Systemet på vandets overfladespænding, og behandlingen ændrede ikke vandets gennemstrømningshastighed i drikkeopperne.

Vandoptagelsen, vomvæskens overfladespænding og pH samt væskepassagehastigheden i vommen var hverken hos køerne eller kvierne påvirket af behandlingen. Derimod var køernes foder- og tørstofoptagelse større, når de fik tildelt behandlet vand. Denne effekt har ikke kunnet forklares af de målte fysiologiske parametre og bør efterprøves i et større foderoptagelsesforsøg.

Nøgleord: Vand, køer, magnetisme, calciumcarbonat, overfladespænding, væskepassagehastighed.

Summary

The aim of the experiments was to determine the effects of magnetically treatment of water containing different amounts of calcium carbonate and to determine the effects of magnetically treated drinking water for cows and heifers. The effects of magnetized water on the crystalmorphologies of calcium carbonate were examined in water from the local well (1.78 mmol calcium carbonate/l) and in demineralized water where calcium carbonate had been added to form harder water containing 3.6, 4.5 and 5.3 mmol/l calcium carbonate. The surface tension of water and the water flow rates through water bowls were examined with water from the local well. The water was either untreated (UV) or treated (BV) with the Polar Agro System without recirculating the water through the magnetic field.

In the experiment with cows and heifers the effects of untreated or treated drinking water on water intake, rumen fractional outflow rate of fluid, surface tension and pH in the rumen fluid were tested. The water from the local well (1.78 mmol calcium carbonate/l) was used as drinking water supply and treated with the Polar Agro System with recirculated through the magnetic field. The power of the magnetic fields in both experiments were

6.000 Gauss. Four lactating SDM cows (experiment 1) were divided into two groups and offered either untreated or treated water in a cross over experiment with a period of eight days. Four pregnant SDM heifers (experiment 2) went through the same procedure as the cows. Cows were fed ad libitum and heifers were fed restrictively.

Calcite was the dominating crystal structure in both treated and untreated water at 1.78 and 3.56 mmol/l calcium carbonate. At 4.45 and 5.34 mmol/l calcium carbonate calcite was still the dominating structure in untreated water but aragonite was dominating in treated water. Treatment with the Polar Agro System of water with 1.78 mmol calcium carbonate neither affected surface tension of the water nor flow rates through water bowls.

Treatment of water did not increase water intake, surface tension or pH of the rumen fluid or rumen rate of passage by the cows and heifers, but increased food intake and dry matter intake by the cows. The effect on feed intake could not be explained by any of the measured physiological parameters and has to be confirmed in a larger feed intake experiment.

Key words: Water, dairy cows, magnetism, calcium carbonate, surface tension, rumen rate of passage.

1 Indledning

I de senere år har mange forsøg vist, at magnetisering af vand kan hindre og fjerne kalkbelægninger fra bl.a. vandrør (Ellingsen, 1981; Crozier, 1982; Andersson & Knudsen, 1983; Grutch & McClintock, 1984; Lock, 1986). Resultaterne er dog ikke entydige (Eliassen et al., 1958; Hassen & Karmon, 1983; Larsen, 1984; Jensen, 1993).

Effekten af magneten afhænger af vandets indhold af bikarbonat, calcium og magnesium (Eliassen et al., 1958; Andersson & Knudsen, 1983), af vandets gennemstrømningshastighed gennem magneten (Pandolfo et al., 1987), magnetens styrke samt af om vandet bliver recirkuleret (Patterson & Chestnutt, 1994).

Når vand bliver magnetiseret, ændres krystalstrukturen af calciumcarbonat (CaCO_3) fra calcit til aragonit (Wagner & Schmidt, 1985; Pandolfo et al., 1987; Jensen, 1993). Aragonit har ifølge Lindegaard-Andersen (1986) mindre tilbøjelighed til at danne belægninger på røroverflader end calcit. Forskellen i calciumcarbonaternes krystalstruktur i vandet kunne hænge sammen med de fundne ændringer i vandets overfladespænding (Minenko & Petrow, 1962) eller viskositet (Suss, 1989).

I israelske forsøg er det fundet, at magnetiseret drikkevand øger mælkeydelsen hos køer (Lin, 1990) samt giver større tilvækst hos kalve, får, og gæs (Lin & Yotvat, 1988). Litteraturen omkring brug af magnetiseret vand er dog sparsom. Det er fundet, at magnetiseret vand forbedrer udbyttet og kvaliteten af meloner (Harari & Lin, 1989). Forsøg af Magnusson (1984) viste ingen effekt af magnetiseret vand på udbyttet af tomater. Patterson & Chestnutt (1994) fandt i to forsøg, at magnetiseret drikkevand bl.a. havde tendens til at reducere foderoptagelsen, nedsætte tilvæksten og øge fedtaflejringen i det subkutane bindevæv hos får.

Formålet med forsøgene var at undersøge krystal morfologien af calciumcarbonat i vand og vands overfladespænding efter magnetisk behandling samt magnetiseringens virkning på vands gennemstrømningshastighed i drikkekopper. Herudover var formålet med forsøgene at undersøge, om behandlet vand havde indflydelse på vandoptagelsen, væskepassagehastigheden i vommen og vomvæskens overfladespænding og pH hos malkekøer og kvier.

2 Materiale og metoder

2.1 VANDBEHANDLINGSSYSTEM

Som vandbehandlingssystem blev anvendt Polar Agro Systemet. Magneten var en permanentmagnet og blev af firmaet opgivet til at have en feltstyrke på 6.000 Gauss. Magneten var koblet på en 100 liters beholder med cirkulationspumpe, som konstant pumpede vandet gennem magneten. Magneten var indstillet til, at vandet skulle passere gennem magneten med en strømningshastighed på 6 l/min ved laboratorieforsøgene og omkring 3 l/min. i forsøg med kvier og køer. Når vandet strømmede gennem magneten, krydsede det magnetens feltlinjer mellem magnetens nord- og sydpol (figur 1).

2.2 LABORATORIEUNDERSØGELSER

2.2.1 Forsøgsplan

Forsøgene blev udført på Forskningscenter Foulum i perioden april-november 1994 med ubehandlet vand (UV) og vand behandlet med Polar Agro Systemet uden recirkulering (BV) ved 4 forskellige hårdhedsgrader (10, 20, 25, 30 tyske hårdheder, °dH, 1 tysk hårdhed svarer til 10 mg CaO pr. liter).

2.2.2 Vandkvalitet og vandbehandling

Ved 10 °dH blev vand fra den lokale boring i Foulum anvendt. Ved 20, 25 og 30 °dH blev demineraliseret vand benyttet efter tilsætning af forskellige mængder CaCO_3 . Den nøjagtige hårdhedsgrad blev bestemt ved titrering med

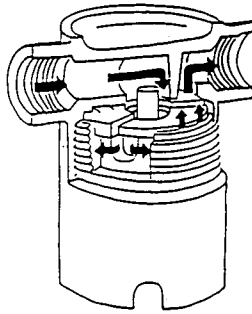
EDTA (appendiks). Til forsøgene anvendtes permanentmagneten uden beholder. Vandet blev magnetiseret ved at hælde det gennem en slange påmonteret magneten for at sikre en korrekt gennemstrømningshastighed på 6 l/min. Magnetens styrke blev kontrolleret af firmaet ved forsøgenes afslutning efter gennemløb af omkring 100 l vand.

2.2.3 Registreringer

Krystalstruktur

Krystalstrukturen blev undersøgt ved, at ubehandlet (UV) eller behandlet (BV) vand med 10, 20, 25 og 30 °dH blev hældt over i et bægerglas, og der blev udtaget én dråbe vand to gange af hver vandtype. Vanddråberne blev inddampet ved stuetemperatur (ca. 20 °C) på et objektglas. Krystalmorfologien af calciumcarbonat i vanddråberne blev undersøgt i lysmikroskop ved 100, 200 og 400 gange forstørrelser. Karakteriseringen af de enkelte krystaller blev foretaget efter angivelserne i tabel 1. Antallet af de enkelte krystaltyper blev opgjort som et skøn.

Indholdet af de inddampede vanddråber ved 10 °dH blev undersøgt på Ingeniørhøjskolen i Esbjerg. Der blev foretaget en grundstofanalyse samt en mikroskopundersøgelse af én inddampet vanddråbe.



Figur 1. Magneten i Polar Agro Systemet. Pilene angiver vandstrømmens retning

The magnet used in the Polar Agro System. The arrows indicate the direction of the water flow

Overfladespænding

Overfladespændingen blev bestemt ved, at vand med 10 °Dh blev hældt enten direkte fra vandhanen (UV) eller gennem magneten (BV) over i et bægerglas. Vandprøverne blev udtaget straks efter hinanden fra samme vandhane, når vandet havde løbet ca. 5 min. Overfladespændingen blev målt for hvert minut fra 0 minutter til 20 minutter både med og uden omrøring. Vandet blev omrørt med en glasspartel. I forsøg 1 og 2 blev overfladespændingen målt over tid for ubehandlet og behandlet vand uden omrøring. I forsøg 3 blev overfladespændingen målt for ubehandlet og behandlet vand med (+) og uden (-) omrøring. Forsøgene blev udført i forskellige perioder.

Overfladespændingen blev målt ved, at den ene ende af et kapillarrør med kendt radius blev sænket ned på overfladen af vandet, hvorefter vandet hævede sig op i røret. En stor stigning, angiver stor overfladespænding. Overfladespændingen (γ) blev beregnet ud fra følgende formel:

$$\gamma = \frac{1}{2} \cdot h \cdot r \cdot d \cdot g \quad [1],$$

hvor

γ = overfladespænding, N/m,

h = stigning i kapillarrør, m,

r = radius i kapillarrør, 0,00065 m,

d = massefylde af vand, 998 kg/m³,

g = tyngdeacceleration, 9,82 m/s².

2.3 FORSØG MED KØER OG KVIER

2.3.1 Forsøgsplan og forsøgsdyr

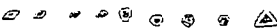
Forsøget blev udført på Forskningscenter Foulum som et overkrydsningsforsøg med 4 lakterende SDM køer og 4 højdrægtige SDM kvier. Forsøget med køerne blev gennemført i oktober 1994, og forsøget med kvierne blev gennemført i august 1994. Køerne og kvierne blev i hvert forsøg fordelt tilfældigt på 2 hold. Forsøgsperioderne havde en varighed på 8 dage, hvoraf de første 5 dage i hver forsøgsperiode blev benyttet som forperiode. Forsøgsperiodernes længde var valgt for at bestemme virkningen af magnetiseret vand på vandoptagelsen, væskepassagehastigheden i vommen samt vomvæskens overfladespænding og pH.

Forsøgsgruppen fik tildelt drikkevand behandlet med Polar Agro System (BV), hvor vandet blev recirkuleret gennem magneten, og kontrolgruppen fik tildelt ubehandlet drikkevand (UV). Polar Agro Systemet var koblet på

den eksisterende drikkevandsforsyning. Mag-
netens styrke blev kontrolleret af firmaet ved

forsøgets afslutning efter 6 ugers anvendelse.

Tabel 1. Krystalformer for calcit, aragonit og vaterit (mod. e. Rudert & Müller, 1982)
Shapes of crystals of calcite, aragonite and vaterite (mod. a. Rudert & Müller, 1982)

Krystaltype/Type of crystals	Krystalform/Shapes of crystals
Calcit/Calcite	
Aragonit/Aragonite	
Vaterit/Vaterite	

Tre af køerne var i deres 3. laktation og 1 var i 5. laktation. Køerne var ved forsøgets start 3-7 måneder henne i laktationen. Kvierne var i 7. drægtighedsmåned og forventedes at kælte ca. 2 måneder efter forsøgets ophør. Alle dyrene var fistuleret i vom, duodenum og ileum. Dyrene var opstaldet i en bindestald med krybbeadskillelse, og blev fodret individuelt. Der var gummimåtter i båsene, og der blev strøet med snittet halm. Dyrene havde inden forsøgets start fået ubehandlet drikkevand.

2.3.2 Foder og fodring

Køerne fik tildelt grovfoderblanding ad libitum en gang dagligt (tabel 2) og yderligere 2,6 kg kraftfoder pr. dag. Kvierne fik tildelt 24 kg grovfoderblanding pr. dag én gang dagligt (tabel 2). Kvierne fik ikke kraftfoder.

2.3.3 Vanding og vandkvalitet

Dyrene havde fri adgang til vand fra vandkopper. Der var en drikkekop pr. dyr. Vandet var fra den lokale boring i Foulum.

2.3.4 Registreringer

Foderoptagelse

Køernes fodertildeling og foderrest blev registreret hver dag. Kviernes fodertildeling og foderrest blev registreret de 2 sidste dage i hver forsøgsperiode.

Vandoptagelse

Vandoptagelsen fra drikkekopperne blev målt hver dag i begge forsøg ved hjælp af et vandur (aflæsningsnøjagtighed 0,1 liter). Vandoptagelsen via foderet blev bestemt efter vejning og tørring af det tildelte foder og foderrest i tørreskab ved 80 °C i 24 timer.

Vandgennemstrømning i drikkekopper

Vandgennemstrømningen i 11 drikkekopper blev målt 3 gange ugentligt i 4 uger fra oktober til november 1994. Vandkopperne blev fyldt med vand og en spand blev sat under. Et stopur blev startet, og mængden af vandet i spanden bestemtes efter 1 minut.

Vomvæskens overfladespænding

Overfladespænding af vomvæsken blev målt 5 gange for hvert dyr på de 2 sidste forsøgsdage i hver forsøgsperiode i begge forsøg i forbindelse med udtagning af prøver til måling af væskepassagehastighed. Overfladespændingen blev målt straks efter udtagning af vomvæsken for at få et så præcist mål af vommens overfladespænding som muligt. Overfladespændingen i drikkevandet blev også målt for at kunne sammenligne med overfladespændingen i vomvæsken. Overfladespændingen beregnedes efter formel [1] som angivet i afsnit 2.2.3.

Vomvæskens pH

pH i vomvæsken blev for både kvier og køer målt på de 2 sidste forsøgsdage i hver forsøgsperiode i forbindelse med udtagning af prøver til måling af væskepassagehastighed.

Væskepassagehastighed

Væskepassagehastighederne samt det extracellulære væskeindhold i vommen hos køerne og kvierne blev fundet ud fra fortyndingskurverne for PEG efter indgivelse af 160 g PEG (polyethylen glycol), der blev indgivet som en

støddosis i vommen på forsøgsdag 7 i begge forsøgsperioder. Der blev udtaget 5 prøver à ca. 200 ml vomvæske v.h.a. vakuum-pumpe. Den første prøve blev udtaget 5 timer efter indgivelse af PEG. Derefter blev de følgende prøver udtaget hver 8. time, og det nøjagtige prøveudtagningstidspunkt blev noteret. Prøverne blev nedfrosset ved -18°C, indtil vomvæsken blev analyseret for PEG (Hyden, 1955).

Tabel 2. Sammensætning af grovfoderblandingen

Composition of the roughage mix

Fodermiddel/Feedstuff	% af blanding/% of the mixture
Byg - melasse, Barley - molasses	14,2
Græsensilage, Grass silage	30,3
Byghelsædsensilage, Whole crop barley silage	47,0
Fodersalt, Salt	0,3
Kraftfoderblanding, Concentrate mix	8,2

Passagehastighedskonstanten blev beregnet ud fra følgende formel:

$$Y = A \cdot e^{-kt} \quad [2],$$

hvor

Y = koncentrationen af PEG ved prøveudtagningstiden t (timer),

A = startkoncentrationen af PEG,

k = passagehastighedskonstanten (t^{-1}),

t = tiden efter indgivning af PEG (timer).

Den extracellulære væskepulje blev også beregnet, ud fra følgende formel:

$$V_p = \frac{D}{M(t_0)} \quad [3]$$

hvor

V_p = væskepulje,

D = dosering af markør (g),

$M(t_0)$ = markørkoncentration til tiden 0 fundet ud fra [2].

Totale vomtømninger

Vommens indhold af væske og tørstof hos køerne blev fundet ved totale vomtømninger. Den sidste dag i hver forsøgsperiode blev køernes vomindhold tømt, som beskrevet af Børsting & Weisbjerg (1989). Vomindholdet blev udtaget manuelt gennem vomfistlen og overført til en sikurv. Kurven var placeret ovenpå en balje, som den frie væske løb ned i. Begge faser blev vejlet, og ud fra de to faser blev der sammensat en repræsentativ prøve på 1000 g. Vomtømningerne startede ca. 15 timer efter sidste fodring (8^{30}). Køerne var uden partikelfase i ½ time og uden væske i ca. 1 minut. Efter endt vomtømning blev vomindholdet ført tilbage til vommen. Tørstofindholdet i den repræsentative prøve blev bestemt ved tørring ved 80°C i 48 timer.

Mælkeydelse og sammensætning

Køernes mælkeydelse blev bestemt efter vej-

ning af mælken ved de 2 daglige malkninger. Fedt, protein og laktoseindholdet i mælken blev undersøgt på forsøgsdag 8 i begge forsøgsperioder med en Milcoscan 104.

2.3.5 Statistiske metoder

Overfladespændingen i vandet blev analyseret efter følgende model:

$$Y_{ijk} = \mu + beh_i + omr_j + \beta tid_k + e_{ijk} \quad [4],$$

hvor

Y_{ijk} = overfladespænding,
 μ = gennemsnit,
 beh_i = effekten af behandling ($i=UV, BV$),
 omr_j = effekten af omrøring ($j=1, 2$),
 tid_k = effekten af tid ($k=1, 2, \dots, 20$),
 β = regressionskoefficient,
 e_{ijk} = tilfældig variation.

Vandgennemstrømning i vandkopperne blev analyseret efter følgende model:

$$Y_{ijk} = \mu + beh_i + vk beh_{ij} + dag_k + e_{ijk} \quad [5],$$

hvor

Y_{ijk} = vandgennemstrømning,
 μ = gennemsnit,
 beh_i = effekten af behandling ($i=UV, BV$),
 $vk beh_{ij}$ = effekten af j 'te vandkop ($j=1,2,3, \dots, 11$), indenfor behandling
 dag_k = effekten af dag ($k=1,2,3, \dots, 12$),
 e_{ijk} = tilfældig variation.

Foder- og vandoptagelsen, vompuljens stør-

relse samt mælkeydelsen og mælkens sammensætning blev analyseret efter følgende model:

$$Y_{ijk} = \mu + beh_i + ko_j + per_k + e_{ijk} \quad [6],$$

hvor

Y_{ijk} = den undersøgte egenskab,
 μ = gennemsnit,
 beh_i = effekten af behandling ($i=UV, BV$),
 ko_j = effekten af kvie eller ko ($j=1,2,3,4$),
 per_k = effekten af forsøgsperiode ($k=1,2$),
 e_{ijk} = tilfældig variation.

Overfladespændingen af vomvæsken og pH i vomvæsken blev analyseret efter følgende model:

$$Y_{ijkl} = \mu + beh_i + dyr_j + per_k + tid_l + \beta tid_{ijkl} + e_{ijkl} \quad [7],$$

hvor

Y_{ijkl} = den undersøgte egenskab,
 μ = gennemsnit,
 beh_i = effekten af behandling ($i=UV, BV$),
 dyr_j = effekten af kvie eller ko ($j=1,2,3,4$),
 per_k = effekten af forsøgsperiode ($k=1,2$),
 tid_l = effekten af tid ($l=5,13,21,29,37$),
 β = regressionskoefficient,
 e_{ijkl} = tilfældig variation.

GLM proceduren (SAS, 1989) blev brugt til beregningerne. Resultaterne er angivet som 'mindste kvadraters gennemsnit' (lsmeans), spredningen som SD og signifikante effekter ved: * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$.

3 Resultater og diskussion

3.1 VANDKVALITET OG VANDBEHANDLING

Drikkevandets totale hårdhed var 10 tyske hårdhedsgrader (°dH), og indholdet af hydrogencarbonat var 130 mg/l (tabel 3). Opbygningen af Polar Agro Systemet i forsøget med køer og kvier sikrede, at vandet konstant var magnetiseret, fordi det konstant blev pumpet gennem magneten fra vandbeholderen. Recirkulering af vandet skulle øge effekten af magneten (Patterson & Chestnutt, 1994).

Gennemstrømningshastighederne af vandet i magneterne var 6 l/min. i laboratorieundersøgelserne og 3 l/min. i forsøget med køer og kvier. Den lave gennemstrømningshastighed på 3 l/min. ville kunne reducere magnetens virkning i forhold til hastigheder ved 6 l/min. (Pandolfo et al., 1987).

Under forsøgene havde magneterne ikke fungeret optimalt. Begge magneters feltstyrke var efter brug blevet reduceret med 60% (firmaets målinger) og det ene magnetgab i magneten, som blev anvendt i forsøget med køer og kvier, var belagt efter 6 ugers tilslutning uden rensning. Magneternes feltstyrke var ikke blevet målt inden forsøgenes start, da de ifølge firmaet var på 6.000 Gauss.

3.2 LABORATORIEUNDERSØGELSER

3.2.1 Krystalstruktur

Calcit var den dominerende krystaltype (runde krystaller) i det ubehandlede vand ved alle hårdhedsgrader (tabel 4). I det behandlede vand var calcit dominerende i vand med 10 og 20 °dH, mens aragonit

(stav- og nåleformede krystaller) dominerede i vand med 25 og 30 °dH. Forskellen i elektrisk ladning mellem partiklerne og vandet (zetapotential) nedsættes, når vandet passerer et magnetfelt (Ellingsen, 1981). Derved frastøder partiklerne ikke hinanden så kraftigt, og de vil kunne danne andre krystalstrukturer. Rudert & Müller (1982) anvendte samme karakteristik af krystallerne og fandt ligeledes, at mængden af calcit var størst i ubehandlet vand, og mængden af aragonit var størst i behandlet vand.

Forsøgsresultaterne i litteraturen er meget divergerende både mellem de enkelte forsøg og indenfor forsøgene. Jensen (1993) havde udført adskillige forsøg med flere magnettyper, hvor krystaltypen efter magnetbehandlingen enten var calcit eller aragonit. Wagner & Schmidt (1985) havde også afvigende resultater med én magnettype. Ellingsen (1981) fandt, at magnetiseret vand indeholdt calcit, og ubehandlet vand indeholdt aragonit. Forsøg på Laboratoriet for Teknisk Fysik på DTU viste, at vand behandlet med Polar-magneten udskillede aragonit, mens ubehandlet vand udskilte calcit (Lindegaard-Andersen, 1991). Det samme var tilfældet, når vandet blev behandlet med magneten Magneta. Statens Forsøgsmejeri fandt, at krystallerne i såvel ubehandlet som behandlet vand bestod af aragonit (Andersson & Knudsen, 1983). Der har ikke været muligt at finde en forklaring på de divergerende resultater.

Tabel 3. Vandanalyse af vandet fra den lokale boring ved Foulum (Miljø og Levnedsmiddelkontrollen, Viborg)

Chemical analysis of the water from the local well at Foulum

Hårdhed, total/Total hardness	10 °dH
Hydrogencarbonat/Hydrogencarbonate	130 mg/l
Phosphor, total-P/Phosphor, total-P	0,08 mg/l
Sulfat/Sulfate	39 mg/l
Kalium/Potassium	1,5 mg/l
Natrium/Sodium	14 mg/l
Magnesium/Magnesium	4,1 mg/l
Calcium/Calcium	67 mg/l
Mangan/Manganese	< 0,01 mg/l
Jern/Iron	< 0,015 mg/l
Nikkel/Nickel	< 2 mg/l

Tabel 4. Krystaltyper af CaCO_3 i ubehandlet og behandlet vand efter inddampning ved stuetemperatur angivet i procent af den totale mængde krystaller (dobbelbestemmelser)

Crystals of CaCO_3 in untreated and treated water after drying at room temperatur, given in percent of total amount of crystals

Hårdhedsgrad/ <i>Hardness,</i> °dH	Ubehandlet vand/Untreated water (UV)		Behandlet vand/Treated water (BV)	
	calcit/calcite, %	aragonit/aragonite, %	calcit/calcite, %	aragonit/aragonite, %
10	100	0	100	0
20	100	0	70	30
25	70	30	10	90
30	100	0	5	95

Ved inddampning af demineraliseret vand tilsat calciumcarbonat (20, 25 og 30 °dH) stammer de opgjorte krystaller i tabel 4 kun fra calciumcarbonat. Vanddråberne ved 10 °dH bestod af vand fra Foulum, som også indeholdt andre ioner end calcium- og carbonationer (tabel 3). Derfor kunne de fundne krystaltyper i vandet ved 10 °dH være andre ioner end CaCO_3 . I grundstofanalysen af indampede vanddråber af vandet fra Foulum kunne kun spores silicium og calcium. Ifølge analyserapporten i tabel 3 skulle vandet indeholde andre ioner, men koncentrationen

var ikke målelig med den anvendte analyse. De fundne resultater med demineraliseret vand tilsat forskellige mængder calciumcarbonat kunne ikke sammenlignes direkte med vandværksvand med samme hårdhed, fordi vandværksvandet indeholdt mere carbonat end calcium (tabel 3). I demineraliseret vand tilsat calciumcarbonat var dette forhold 1,5:1. Desuden var pH lavere i det demineraliserede vand, fordi der blev tilsat saltsyre for at opløse calciumcarbonaten. Denne ændring i pH kunne også have påvirket zetapotentialt over vandpartiklerne.

3.2.2 Overfladespænding

Variationerne i vandets overfladespænding mellem forsøgene var store (tabel 5), hvilket kunne skyldes, at vandets sammensætning ændres med årstiden. I november var overfladespændingen 0,003 N/m mindre i det

magnetiserede vand ($P = 0,05$ hhv. $P = 0,0001$), mens overfladespændingen i maj var 0,002 N/m større i det magnetiserede vand ($P = 0,06$).

Tabel 5. Resultatet af overfladespændingsmålingerne med og uden omrøring, (N/m)
Results of the surface tension experiment with and without circulation (N/m)

Forsøgsdag/ Day of experiment	Behandling/Treatment		Omrøring/Circulation		SD St.dev.	P-værdi/P-value	
	UV	BV	-	+		Behandling/ Treatment	Omrøring/ Circulation
25/5	0,052	0,054	-	-	0,003	0,06	-
4/11	0,059	0,056'	-	-	0,004	0,05	-
6/11	0,064	0,061'''	0,064	0,061''	0,003	0,0001	0,01

Overfladespændingen kunne hænge tæt sammen med krystalstrukturen af CaCO_3 . Når vandets partikler ændrede form eller størrelse, ville overfladespændingen og viskositeten også ændres. Den forandrede partikelstruktur kunne skyldes, at vandets partikler flokkulerede, fordi zetapotentialet blev nedsat (Parker et al., 1984). Minenko & Petrow (1962) fandt, at magnetiseret vand gav øget massefylde, overfladespænding og øget viskositet. Suss (1989) fandt ligeledes, at magnetisk vandbehandling øgede viskositeten. Derimod fandt Gruber & Carda (1981) i deres forsøg ingen ændring af overfladespændingen ved magnetisering.

Overfladespændingen varierede over tid, men var mindst ($P = 0,01$) i det magnetiserede vand med omrøring (figur 2). Dette kunne skyldes, at partiklerne ikke fik lov til at flokkulere og danne krystalvækst, men forblev enkeltpartikler. Der blev ikke fundet nogen forsøgsresultater, hvor omrøring i magnetiseret vand var blevet undersøgt.

3.2.3 Vandgennemstrømning i vandkopper

Behandlingen havde ingen indflydelse på gennemstrømningshastigheden i vandkopperne ($P > 0,1$), figur 3. Hvis magneten hav-

de påvirket de eksisterende kalkbelægninger i vandrørene, skulle vandets gennemstrømningshastighed i vandkopperne være øget (Lock, 1986). Forsøgsperioden var 4 uger, hvilket ifølge Lock (1986) var for kort tid til at eventuelle belægninger kunne være forsvundet. Ved adskillelse af vandrørene i forsøgsstalden kunne det konstateres, at belægningerne i rørene efter 11 års brug var under 2 mm i bunden af rørene, og endnu mindre på resten af rørladerne. Flere forsøg har været udført, hvor belægninger blev undersøgt før og efter vandet passerede et magnetfelt. Nogle af forsøgene har vist, at magnetiseret vand kunne fjerne belægninger (Ellingsen, 1981; Crozier, 1982; Andersson & Knudsen, 1983; Grutch & McClintock, 1984; Jensen, 1993), mens andre forsøg ingen effekt viste af magnetbehandlingen (Eliassen et al., 1958; Gruber & Carda, 1981; Hassen & Karmon, 1983; Larsen, 1984; Wagner & Schmidt, 1985; Jensen, 1993). Når belægningen i vandrørene var så lille efter 11 års brug vil det også være tvivlsomt, om en magnetisering af vandet skulle kunne ændre på gennemstrømningshastigheden i vandkopperne.

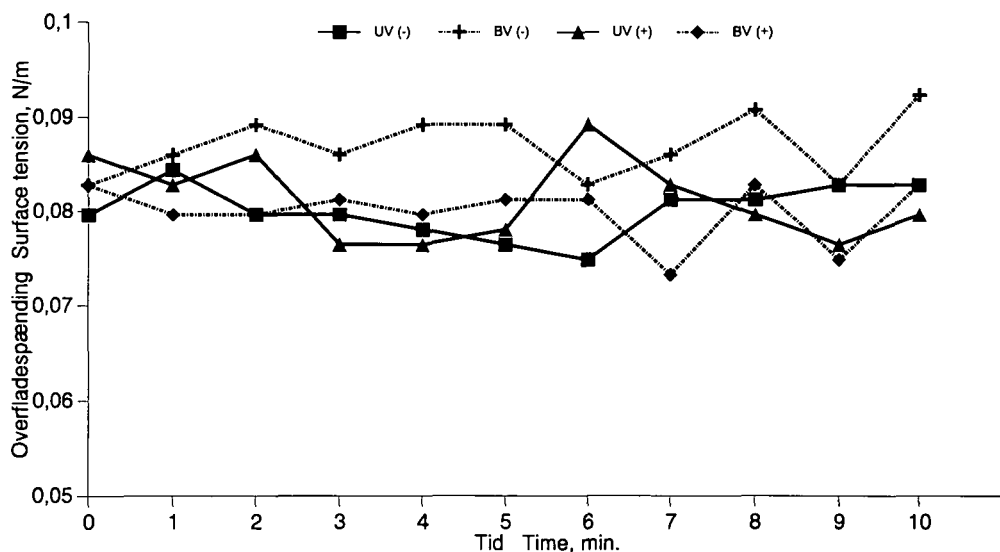
Gennemstrømningshastigheden var større for de drikkekopper, hvor vandet ikke var be-

handlet (figur 3). Dette skyldtes den store spredning mellem drikkekopperne, fordi drikkekoppernes åbningsventiler gav forskellige vandmængder. Spredningen mellem forsøgsdagene skyldtes forskellene i vandets tryk, som afhang af vandforbruget i de nærliggende stalde, der var koblet på samme vandforsyning.

3.3 FORSØG MED KØER OG KVIER

3.3.1 Forsøgets gennemførelse

En kvie måtte udgå på grund af diarré og manglende ædelyst. Resten af forsøgene forløb som planlagt uden afvigelser fra forsøgsplanen.



Figur 2. Overfladespænding i ubehandlet (UV) og behandlet (BV) vand som funktion af tid med (+) og uden (-) omrøring.

Surface tension in untreated (UV) and treated (BV) water with (+) and without (-) circulation.

3.3.2 Foder- og vandoptagelse

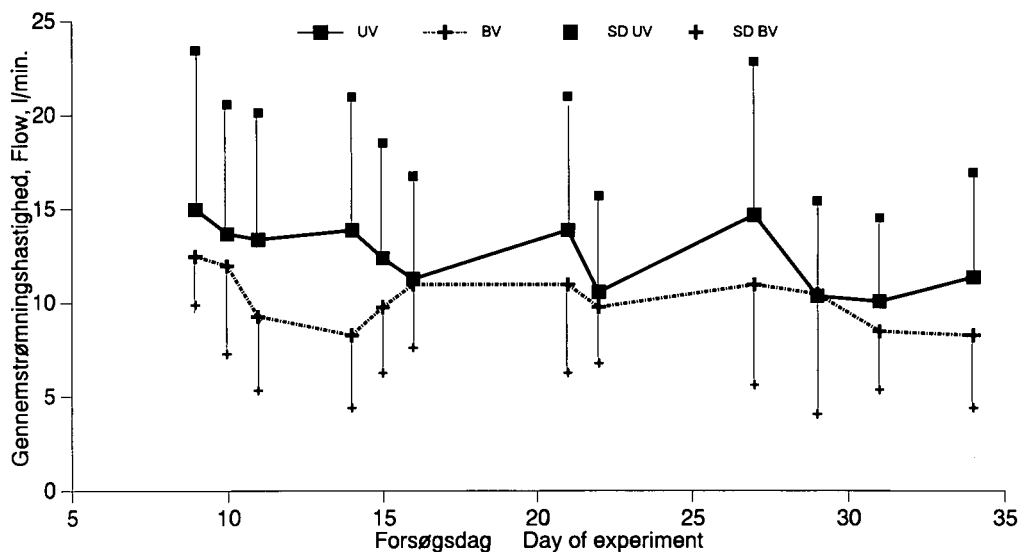
Foder- og tørstofoptagelsen hos køerne var 3 kg pr. dag ($P = 0,009$) hhv. 1,3 kg pr. dag ($P = 0,02$) større, når de fik behandlet drikkevand, end når de fik ubehandlet vand (tabel 6). Med øget tørstofoptagelse øges vandoptagelsen normalt af køernes samlede vandoptagelse, angivet som summen af vand optaget fra drikkekopperne og vand optaget fra foderet, var også større for hold BV, men ikke signifikant ($P = 0,09$). Patterson & Chestnutt

(1994) fandt, at magnetiseret drikkevand (5 °dH) havde tendens til at reducere foderoptagelsen hos lam, og at drikkevand, recirkuleret i en elektromagnet, havde tendens til at reducere vandoptagelsen. De gav som forklaring, at dyrene måske havde ændret deres accept af foderet, eller at mæthedfølelsen var påvirket.

Forholdet mellem vand- og tørstofoptagelsen hos køerne var 5 kg vand pr. kg tørstof, og

stemte overens med andre forsøgsresultater (Kirchgessner et al., 1983; Murphy et al., 1983; Andersson et al., 1984), hvor forholdet mellem foder- og vandoptagelsen var 4-5 kg vand pr.

kg tørstof. Foder- og vandoptagelsen varerede betydeligt mellem køerne. Dette kunne ifølge Murphy et al. (1983) tilskrives de forskellige ydelsesniveauer.



Figur 3. Gennemstrømningshastighed i drikkekopper med ubehandlet (UV) og behandlet (BV) vand. | angiver spredningen (SD) mellem drikkekopperne.

Waterflow in the bowls with untreated (UV) and treated (BV) water: | indicates the standard deviations (SD)

Gennemstrømningshastigheden i drikkekopperne var 14 l/min., og kunne derfor ikke forklare variationerne i vandoptagelsen mellem køerne. Vandoptagelsen hos køerne varierede meget mellem forsøgsdagene, hvilket kunne forklares med forskelle i tørstofoptagelsen på 1-3 kg tørstof pr. ko pr. dag.

Tildelingen af behandlet drikkevand til kvierner, der blev fodret restriktivt, havde ingen effekt på den samlede vandoptagelse (tabel 7).

Variationerne mellem kviernes foderoptagelse og vandoptagelse fra drikkekopperne var små

($P = 0,9$), hvilket kunne skyldes den restriktive fodring. Kviernes vandoptagelse fra drikkekopperne de enkelte forsøgsdage varierede op til 22% (6 l), hvilket ikke kunne forklares ved forskelle i tørstofoptagelsen. Staldtemperaturen varierede mellem 19 og 21°C. Det er fundet i andre forsøg, at vandoptagelsen stiger med 3,4 l vand pr. dag ved en stigning i lufttemperaturen på 1 °C (Andersson et al., 1984).

3.3.3 Vomvæskens overfladespænding og pH

Magnetiseret drikkevand påvirkede ikke vomvæskens overfladespænding hos køerne

eller hos kvierne. Dette kunne skyldes, at drikkevandets overfladespænding (0,053 N/m) ikke blev ændret ved magnetiseringen. Overfladespændingen af vomvæske hos køerne var 0,048 N/m (tabel 6) og var 0,045 N/m hos kvierne (tabel 7). Lin & Yotvat (1988) rapporterede om en holdbar virkning på vandet af magnetiseringen på op til 6 timer efter magnetbehandlingen. Forskellene i drikkevandets og vomvæskens overfladespænding kunne skyldes, at densiteten for

vand blev anvendt i formel [1] til udregningen af overfladespændingen i både vandet og vomvæsken, da det alene var forskellen mellem behandlet og ubehandlet drikkevand og ikke niveauet, der var interessant. Resultaterne i laboratoriet viste, at overfladespændingen var større i det behandlede vand i 2 ud af 3 forsøg. Overfladespændingen i vomsaften varierede meget mellem køerne, mens den mellem de enkelte kvier kun varierede lidt.

Tabel 6. Foder- og vandoptagelse, samt overfladespænding og pH i vomsaft, væskepassagehastighed gennem vommen og vompuljens størrelse ved tildeling af ubehandlet (UV) og magnetisk behandlet (BV) drikkevand til køer

Feed-, dry matter-, and water intake, surface tension and pH in rumen, rumen fluid, rumen traditional outflow rate of fluid, rumen pool size and milk yield when given untreated (UV) and magnetic treated (BV) drinking water to cows

	UV	BV	SD <i>St.dev.</i>	P-værdi <i>P-value</i>
<u>Optagelse / Intake</u>				
Foderoptagelse, kg dag ⁻¹ / <i>Feed consumption, kg day⁻¹</i>	29,3	32,1 ^{**}	2,44	0,009
Tørstofoptagelse, kg dag ⁻¹ / <i>Dry matter intake, kg day⁻¹</i>	13,7	15,0 [*]	1,32	0,02
Vandoptagelse, l dag ⁻¹ / <i>Water intake, l day⁻¹</i>	55,6	59,7	7,1	0,16
Samlet vandoptagelse, l dag ⁻¹ / <i>Total water intake, l day⁻¹</i>	69,2	74,8	7,7	0,09
<u>Vom / Rumen</u>				
Overfladespænding, N m ⁻¹ / <i>Surface tension, N m⁻¹</i>	0,048	0,053	0,002	0,24
pH/pH	6,3	6,4	0,34	0,76
Væskepassagehastighed, % time ⁻¹ / <i>Rate of passage of fluid, % hour⁻¹</i>	15,8	16,4	0,56	0,26
Væskepulje, kg / <i>Fluid pool, kg</i> ^{*)}	66,9	64,5	13,0	0,82
Totalt vomindhold, kg / <i>Rumen pool size, kg</i>	76,2	76,8	7,38	0,92
Væskepulje, kg / <i>Fluid pool, kg</i>	65,8	66,6	5,99	0,88
Tørstof, kg / <i>Dry matter, kg</i>	10,4	10,3	0,43	0,89
Tørstof, % / <i>Dry matter, %</i>	13,7	13,3	1,39	0,34
<u>Mælkeproduktion / <i>Milk production</i></u>				
EKM, kg dag ⁻¹ / <i>ECM, kg day⁻¹</i>	19,1	19,1	2,6	0,99

^{*)} Samlet vandoptagelse = vandoptagelse fra vandkop + vandoptagelse fra foder
Total water intake = water intake from water bowls + water intake from food

^{**)} Beregnet ud fra markør / *Calculated from marker*

Der var ingen forskel i vomvæskens pH hos kørerne eller hos kvierne. Det kunne tænkes, at ændringen i vandpartiklernes zetapotential ved magnetiseringen (Ellingsen, 1981) ville have haft indflydelse på vandets pH, fordi tiltrækningen mellem vandmolekylerne ville ændres. Drikkevandets pH blev ikke målt. Vomvæskens pH var lavere hos kørerne end hos kvierne, hvilket skyldes forskellen i foderoptagelsen. Vomvæskens pH varierede lidt mellem kørerne, mens variationerne mellem kvierne var større. Der blev ved gennemgang af litteraturen ikke fundet nogen forsøg, hvor overfladespændingen eller pH i vomvæsken var undersøgt efter tildeling af magnetiseret drikkevand.

3.3.4 Væskepassagehastighed og totale vomtømninger

Væskepassagehastigheden gennem vommen var ret høj, og derfor var niveauet af PEG meget lavt i nogle af de prøver der blev udtaget sidst. Før regressionsberegningerne blev prøver med ingen eller meget lavt PEG-niveau udeladt. Kurverne, hvor den naturlige logaritme til PEG koncentrationen er plottet mod tiden viser en retliniet sammenhæng, og R^2 -værdierne varierede mellem 0,92 og 0,99 (figur 4).

I forsøget med kvier var væskepassagehastighed og puljestørrelse i vommen ikke påvirket. I forsøget med køer har den øgede foderoptagelse ved behandlet vand resulteret i en højere væskeoptagelse og en højere væskepassagehastighed, dog var forskellen mellem UV og BV ikke signifikant. På grund af den samtidige øgning i vandoptagelse og væskepassagehastighed var der ingen forskel i vækepuljen i vommen mellem behandlingerne.

Vækepuljen i vommen blev målt direkte ved vomtømninger hos kørerne. Der blev ikke foretaget vomtømninger hos kvierne. Vækepuljen i vommen blev også beregnet ud fra fortyndingskurverne (tiden = 0) til 66,9 kg og

64,5 kg for kørerne, når de fik tildelt ubehandlet hhv. behandlet drikkevand (tabel 6). Det fundne væskeindhold ved vomtømningerne afveg kun med 2-3 % fra det beregnede væskeindhold. Shaver et al. (1988) fandt i sit forsøg, at vompuljen af væske og tørstof var omkring 15 % større, når puljen blev beregnet ud fra væskepassagehastighederne, end når den blev fundet ved vomtømninger. Ofte findes der ved vomtømninger en større vækepulje end når puljen beregnes ud fra markørfortyndingskurver, idet vomtømninger medtager hele vækepuljen, mens markører som PEG ikke fordeler sig i den intracellulære vækepulje.

3.3.5 Mælkeydelse og sammensætning

Dette forsøg var ikke planlagt til vurdering af behandlingerne på ydelsen, idet periodelængderne var for korte for en sådan vurdering. Desuden giver overkrydsningsforsøg risiko for overslæbningseffekter, der ikke kan korrigeres for. Men da mælkeydelsen har betydning for vurderingen af væskeoptagelse og kinetik, er værdierne for energikorrigeret mælk angivet i tabel 6.

Tildelingen af behandlet drikkevand havde ingen indflydelse på køernes energikorrigerede mælkeydelse, mælkenes sammensætning af fedt, protein og laktose. Mælkeydelsen (kg mælk) havde tendens til at være højere ($P = 0,06$), når kørerne fik behandlet drikkevand (tabel 6), men dette blev modsvaret af en tendens til lavere fedtprocenten i mælken ($P = 0,15$). Castle & Thomas (1975) fandt, at der var stor positiv korrelation mellem vandoptagelsen og mælkeydelsen. Ved tildeling af magnetiseret drikkevand til malkekøer fandt Lin (1990) en stigning i mælkeydelsen. I dette forsøg påvirkede magnetiseringen af drikkevandet ikke vandoptagelsen, og det kan måske forklare, at der i modsætning til Lin (1990) ingen effekt var på ydelsen af energikorrigeret mælk.

Betydningen af calciumtype til malkekøer blev

undersøgt af Wohlt et al. (1986). Tildelingen af calcium i form af aragonit (0,97 % af tørstof) øgede både mælkeydelsen og fordøjeligheden af stivelse i forhold til supplement af kemisk fremstillet calcium. Resultaterne i la-

boratorieforsøget viste, at calciumcarbonatstrukturen ikke blev ændret i vandværksvand med 10 °dH. Det kunne derfor ikke forventes at have indflydelse på køernes mælkeydelse.

Tabel 7. Foder-, tørstof- og vandoptagelse, overfladespænding og pH i vomsaft samt væskepassagehastighed i vommen ved tildeling af ubehandlet (UV) og magnetisk behandlet (BV) drikkevand til kvier

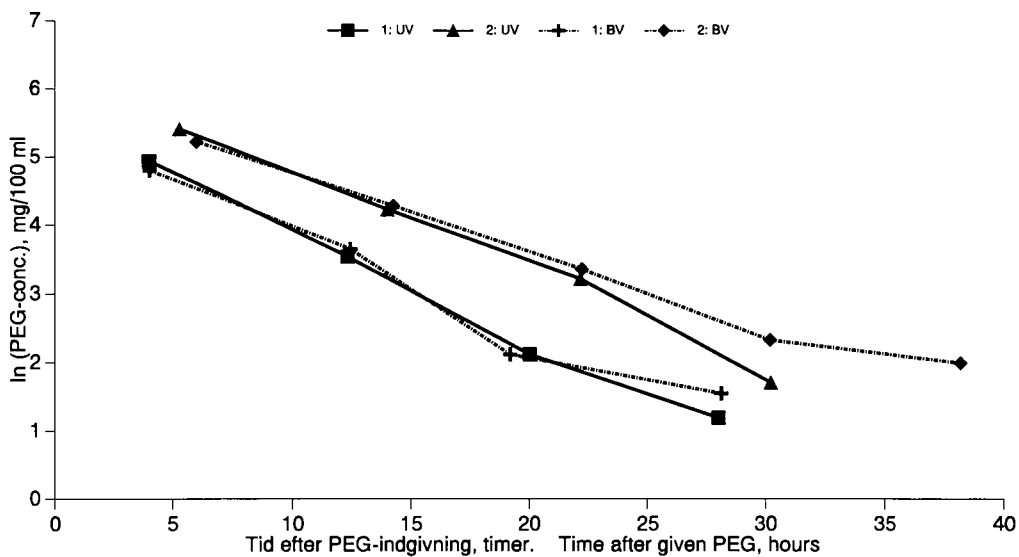
Feed-, dry matter- and water intake, surface tension and pH in the rumen, rumen fluid and rumen fluid rate of passage when given untreated (UV) and magnetic treated (BV) drinking water to heifers

	UV	BV	SD St. dev.	P-værdi P-value
<u>Optagelse/Intake</u>				
Foderoptagelse, kg dag ⁻¹ / Feed consumption, kg day ⁻¹	22,4	23,1	1,84	0,51
Tørstof, kg dag ⁻¹ / Dry matter, kg day ⁻¹	14,7	15,2	1,20	0,51
Vandoptagelse, l dag ⁻¹ / Water intake, l day ⁻¹	18,6	18,9	4,86	0,92
Samlet vandoptagelse, l dag ⁻¹ / Total water intake, l day ⁻¹ *)	30,1	31,1	2,35	0,53
<u>Vom/Rumen</u>				
Overfladespænding, N m ⁻¹ / Surface tension, N m ⁻¹	0,045	0,053	0,01	0,71
pH/pH	6,6	6,5	0,36	0,24
Væskepassagehastighed, % time ⁻¹ / Rate of passage of fluid, % hour ⁻¹	14,8	12,4	1,16	0,26
Vomvæske, kg / Rumen fluid, kg**)	30,2	42,3	2,46	0,11

*) Samlet vandoptagelse = vandoptagelse fra vandkop + vandoptagelse fra foder.

Total water intake = water intake from water bowls + water intake from food.

** Beregnet v.h.a. markør / Calculated from marker.



Figur 4. PEG-fortyndingskurver ved tildeling af ubehandlet (UV) og behandlet (BV) drikkevand. 1: Køer, 2: Kvier

PEG dilution curves when given untreated (UV) and treated (BV) drinking water. 1: Cows, 2: Heifers

4 Konklusion

Calciumcarbonatet i vandet ændrede krystalstruktur fra calcit til aragonit, når demineraliseret vand tilsat calciumcarbonat til over 20 °dH blev magnetiseret. På baggrund af de gennemførte forsøg med Polar Agro Systemet og den anvendte litteratur kunne det konkluderes, at der ingen klar effekt var af magnetbehandlingen på vandets overfladespænding eller vandgennemstrømning i drikkekopperne.

Behandling af drikkevandet til køer og kvier påvirkede ikke vomvæskens overfladespænding og pH.

Der blev imidlertid fundet en større foderop-

tagelse ved tildeling af behandlet vand til køerne, og vandoptagelse og væskepassagehastighed øgedes tilsvarende men dog ikke signifikant. Forsøget var imidlertid ikke planlagt til at måle indflydelsen på foderoptagelsen p.g.a. det begrænsede antal dyr og den korte periodelængde, og resultaterne m.h.t. foderoptagelse i dette begrænsede forsøg kan derfor ikke stå alene.

Hvorvidt magnetisering af vand ville have en effekt med hårdere vand kan ikke konkluderes ud fra dette forsøg med forholdsvis blødt vand (10 °dH). Desuden kan magneterens reducerede feltstyrke have medvirket til den begrænsede effekt i dette forsøg.

Litteraturliste

- Andersson, N. & Knudsen, A., 1983. Nogle erfaringer med magnetbehandling af vand. Meddelse fra Statens Forsøgsmejeri, Hillerød. Mælketidende, 96 (1), 11-12.
- Andersson, M., Schaar, J. & Wiktorsson, H., 1984. Effects of drinking water flow rates and social rank on performance and drinking behaviour of tied-up dairy cows. I: Drinking water supply to housed dairy cows. M. Andersson. Rapport 130, 123 pp.
- Børsting, C.F. & Weisbjerg, M.R., 1989. Fatty acid metabolism in the digestive tract of ruminants. Ph. D. Thesis. Institute of Animal Science. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København. 249 pp.
- Castle, M.E. & Thomas, T.P., 1975. The water intake of British Friesian cows on rations containing various forages. Anim. Prod., 20, 181-189.
- Crozier, R.A. Jr., 1982. Increase flow to cut fouling. Chemical Engineering, nr. 39, 115.
- Dansk Standardiseringsråd, 1973. Vandundersøgelse. Bestemmelse af summen af calcium og magnesium. Incl. appendix vedr. hårdhed. Dansk Standard. DS 250, 1. udg. 4 pp.
- Eliassen, R., Skrinde, R.T. & Davis, W.B., 1958. Experimental performance of 'Miracle' water conditioners. Journal of American Water Works Association, 1371-1385.
- Ellingsen, F.T., 1981. Effects of a magnetic field on crystallization and dissolution of calcium carbonate. Surface Chemistry. Proceedings of the 7th Scandinavian Symposium on surface chemistry, Holte, 83-92.
- Gruber, C.E. & Carda, D.D., 1981. South Dakota School of Mines and Technology. Res. Report, July. 8 pp.
- Grutsch, J.F. & McClintock, J.W., 1984. NA-CE Paper No. 330. Citeret fra Wagner & Schmidt (1985).
- Hassen, D. & Karmon, M., 1983. Controlled calcite deposition. Bilag præsenteret ved 5th Internat. Conf. on Internal and External Protection of pipes. Innsbruck, okt. 1983. Conf. Organizer BHRA Cranfield, Bedford MK 43 OAJ, England. Citeret fra Wagner & Schmidt (1985).
- Harari, M. & Lin, I., 1989. Growing muskmelons with magnetically treated water. Water and Irrig. Rev., 9 (1), 4-7.
- Hyden, S., 1955. A turbidimetric method for the determination of higher polyethylene glycoes in biological materials. Kunge Lantbrukshögskolans Ann. 22, 139-145.
- Jensen, J.U., 1993. Fysisk vandbehandling EF 383. Afhandling for erhvervsforskerprojektet Fysisk vandbehandling EF 383 under Akademiet for de Tekniske Videnskaber. Grundfos A/S og Fysisk Institut, Danmarks Tekniske Universitet og Danmarks ingeniørakademi, Kemiafdelingen. 172 pp.
- Kirchgessner, M., Schwarz, F.J. & Zinner, P., 1983. Zum Einfluß einer restriktiven Wasserzufuhr auf Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen. Züchtungskunde, 55 (1), 40-47.
- Larsen, J.E., 1984. Kalkudfældningsforsøg med magnetisk vandbehandling. VVS, 11, 18-19.

- Lin, I.J., 1990. The influence of magnetic pretreatment on membrane performance. *Israel J. Chem.*, vol. 30, 247-250.
- Lin, I.J. & Yotvat, J., 1988. Electromagnetic treatment of drinking and irrigation water. *Water and Irrig. Rev.*, 8 (4), 16-18.
- Lindegaard-Andersen, A., 1986. Fysisk vandbehandling for eliminering af kedelstensdannelse. Årsmøderapport. Dansk Svømmebadsteknisk Forening, 22, 31-44.
- Lindegaard-Andersen, A. 1991. Fysisk vandbehandling for eliminering af kedelstensdannelse. Foredrag ved kursus 40, Århus Universitet. 28 pp.
- Lock, J., 1986. Magnetic treatment offers cost-effective descaling. *Processing*, sept., 24-25.
- Magnusson, M., 1984. Magnetic treatment of the nutrient solution for tomatoes and the influence of a magnetic field on water and plants. Rapport no. 30. Institutionen för Trädgårdvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet. 42 pp.
- Minenko, V.I. & Petrow, S.M., 1962. Teploenergitika, 63-65.
- Murphy, M.R., Davis, C.L. & McCoy, G.C., 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 66, 35-38.
- Pandolfo, L., Colalé, R. & Paiaro, G., 1987. Magnetic field and tap water. *La Chimica e l'industria*, 69 (11), 88-89.
- Parker, M.R., van Kleef, R.P.A.R., Myron, H.W. & Wyder, P., 1984. Kinetics of magnetic flocculation in colloidal dispersions. *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 101, nr. 2, 314-319.
- Patterson, D.C. & Chestnutt, D.M.B., 1994. The effect of magnetic treatment of drinking water on growth, feed utilisation and carcass composition of lambs. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 46, 11-21.
- Rudert, M. & Müller, G., 1982. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß wichtiger Parameter (Hydrochemie, Temperatur, Versuchsanordnung, Aufwuchs-Unterlage) auf die Bildung technischer Carbonat-Inkrustationen („Kesselstein“). *Chemiker-Zeitung*, 106, nr. 5, 191-209.
- SAS User's guide, 1989. Version 6, 4th ed., SAS Inst. Cary, NC. 846 pp.
- Shaver, R.D., Satter, L.D. & Jorgensen, N.A., 1988. Impact of forage fiber content on digesta and digesta passage in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 71, 1556-1565.
- Suss, W., 1989. Bestimmung der Aktivierungsenergie der Viskosität und der mittleren Clustergrösse von überstrukturiertem Wasser. *Pharmazie*, 44, H. 7, 481-483.
- Wagner, I. & Schmidt, M., 1985. Untersuchungen zur Wirksamkeit von Geräten zur physikalischen Wasserbehandlung. *GWF-Wasser/Abwasser*, vol. 126, H. 10, 519-527.
- Wohlt, J.E., Ritter, D.E. & Evans, J.L., 1986. Calcium sources for milk production in Holstein cows via changes in dry matter intake, mineral utilization, and mineral source buffering potential. *J. Dairy Sci.*, 69, 2815-2824.

Appendiks

Til 1 l demineraliseret vand skal følgende mængder CaCO_3 tilsættes for at opnå de ønskede hårdhedsgrader:

Ønsket hårdhed, °dH	CaCO_3 , g
20	0,356
25	0,445
30	0,534

Calciumcarbonaten opløses i lidt destilleret vand, og saltsyre (4 M HCl) tilsættes, indtil opløsningen er klar. Der fortyndes til 1 l med destilleret vand. Opløsningen titreres med EDTA (ethylendiamintetraeddikesyre's dinatriumsalt) med eriokromsort T som indikator for at finde den korrekte hårdhed.

Titrationen udføres ved pH ca. 10. Først bestemmes EDTA-opløsningens koncentration. Dette foregår med en 0,01 mmol calciumstandardopløsning, hvor 1,000 g CaCO_3 tørres i 2 timer ved 105°C, hældes i en 500 ml erlenmeyerkolbe, fugtes med destilleret vand og opløses med fortyndet (4 mol/l HCl) saltsyre. 200 ml destilleret vand tilsættes, og opkoges nogle minutter for at uddrive kuldioxid og afkøles. Nogle dråber methylrødt-indikator (0,1 g methylrødt opløst i 7,4 ml 0,05 mol/l NaOH og fortyndet til 100 ml med destilleret vand) tilsættes og fortyndes med ammoniakvand (3 mol/l NH_3) indtil opløsningens farve er orange. Opløsningen overføres til en 1-liters målekolbe og fortyndes til mærket med destilleret vand.

Calciumstandardopløsning (20 ml) overføres til en 250 ml erlenmeyerkolbe, og der tilsæt-

tes 2-4 ml bufferopløsning bestående af 67,5 g NH_4Cl opløst i 570 ml ammoniak (25% NH_3), tilsat 5,0 g EDTA's dinatriummagnesiumsalt ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_8\text{N}_2\text{Na}_2\text{Mg}\cdot\text{H}_2\text{O}$) og fortyndet til 1000 ml med destilleret vand. Opløsningens pH skal være $10,0 \pm 0,1$.

Til calciumstandardopløsningen tilsættes ligeledes 3 dråber indikatoropløsning bestående af 0,5 g eriokromsort T (natriumsalt af 1-hydroxy-2-naphatylazo-6-nitro-2-naphal-4-sulfonsyre) opløst i 100 ml triethanolamin ($(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$).

Herefter titreres med 3,722 g EDTA-dinatriumsalt ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_8\text{N}_2\text{Na}_2\text{MgH}_2\text{O}$) opløst i destilleret vand og fortyndet til 1000 ml.

Når opløsningen skifter farve fra rød over violet til blå, har calcium og magnesium kompleksbundet sig til EDTA, indicatoren frigjort og titreringen er slut.

EDTA-opløsningens koncentration, C (mol/l) findes ved hjælp af formlen:

$$C_{\text{EDTA}} = \frac{0,01 * V_{\text{Ca}}}{V_{\text{EDTA}}} \quad [8]$$

hvor

V_{Ca} = rumfang af calciumstandardopløsningen, ml,

V_{EDTA} = rumfang af EDTA-opløsningen, ml.

Denne koncentration benyttes til at bestemme summen af calcium- og magnesiumioner:

$$X = \frac{C_{EDTA} * V_{EDTA} * 1000}{V_{EDTA}} \quad [9]$$

hvor

X = summen af calcium og magnesium-indholdet, mmol/l,

C_{EDTA} = EDTA-opløsningens koncentration, mol/l

V_{EDTA} = ved titreringen anvendt volumen EDTA-opløsning, ml,

V_x = prøvens rumfang, ml.

Ved bestemmelse af vandets hårdhedsgrad gentages ovenstående proces, men i stedet

for 20 ml calciumstandardopløsning bruges 50 ml af den pågældende vandtype. Mængden af EDTA-opløsning indsættes i formel [9] og resultatet divideres med 0,178 for at omregne til mg CaO pr. l.

- 1 tysk hårdhedsgrad (1 °dH) er den hårdhed, som forårsages af 10 mg/l CaO.
- Tyske hårdheder = danske hårdheder.
- Total hårdhed er summen af calcium- og magnesiumindhold.

Refereret fra Dansk Standardiseringsråd (1973).

50,– kr.