



GRØN VIDEN

TRÅDLØST SENSORSYSTEM TIL OVERVÅGNING AF ENSILAGE

DJF MARKBRUG NR. 338 – NOVEMBER 2010



DET JORDBRUGSVIDENSKABELIGE FAKULTET

AARHUS UNIVERSITET



Trådløse sensorer har tidligere været anvendt indenfor landbruget til overvågning og kontrol, f.eks. til præcisionsvanding og overvågning af dyr.

Udviklingen af ny, trådløs sensorteknologi giver øgede muligheder for dataopsamling i biomasselagre, og derved helt nye muligheder for at øge sporbarheden i den primære fødevarerproduktion.

Måling og overvågning ved hjælp af trådløs teknologi involverer flere aspekter i design og udviklingsfaser af måleteknikken. Hvis teknologien skal kunne fungere optimalt i et meget aggressivt miljø, eksempelvis i ensilagestakke, skal både de elektroniske og mekaniske dele være modstandsdygtige overfor ensilagens særlige kemi.

Vellykket kvalitetsensilage forudsætter hyppig kontrol af ensilagen. De eksisterende metoder, der anvendes til måling af foderets fysiske egenskaber, indebærer dyre, destruktive analyser. Formålet med de undersøgelser, som omtales i denne Grøn Viden, er at udvikle et trådløst sensorsystem, der kan bruges til at vurdere ensilagens kvalitet på en ikke-destruktiv måde. Systemets funktioner er blevet testet i forskellige typer ensilage.

Når ensilage skal opbevares i længere tid er det naturligvis helt afgørende, at foderværdien bevares. Forrådelse er den primære kilde til tab og afhænger af tilgængelig ilt, vand og varme. Når tørstof rådner, dannes der H_2O og CO_2 , og der afgives varme i forbindelse med processen. Dette kan på nuværende tidspunkt ikke påvises i den lukkede stak. Traditionelle, destruktive overvågningssystemer har en væsentlig ulempe, nemlig deres negative

indvirkning på bevarelsen af ensilagestakken. Destruktive overvågningssystemer bryder normalt den lufttætte forsegling rundt om ensilagestakken, hvilket fører til nedbrydning af det organiske materiale.

Hvis ilt, pH eller temperaturniveau inde i ensilagen overvåges konstant, er det muligt at evaluere status og kvaliteten af ensilagen uden at bryde forseglingen. Temperatur og ilt er de to parametre, som er blevet udvalgt til test af sensorerne i disse forsøg.

Tekniske udfordringer for sensorerne

For at sensorsystemet skal kunne fungere i det moderne landbrug er der store krav til brugervenlighed og sikkerhed. Der er derfor mange udfordringer at overvinde, før man kan få et trådløst sensorsystem til at fungere, ikke kun under eksperimentelle forhold, men især under praktiske forhold.

Den primære udfordring ligger i selve ensilagen, den er nemlig både sur og fugtig. pH-værdien for ensilage kan være helt ned til 3,5 med en tørstofprocent på ca. 30, hvilket er en dødbringende kombination for elektroniske komponenter. Næste problemstilling er at sortere sensorerne fra ensilagen igen når den skal udfodres, på en effektiv og simpel måde.

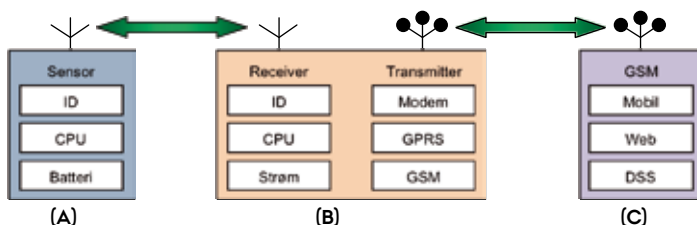
Desuden forarbejdes ensilagen umiddelbart inden fodring i store fuldfoderblandere, som er konstrueret til at rykke foderdele i stykker og blande dem.

Metoden, der gør det muligt at placere sensorer i ensilage og sikre, at de forbliver intakte, er beskyttet af et patent fra Aarhus Universitet udviklet i 2006.

Sensorsystemets opbygning

Det nyudviklede sensorsystem er opbygget af tre delelementer

- A) selve ensilagesensorerne
- B) en antenne-enhed til kommunikation
- C) software, der gør måleresultaterne fra sensorerne tilgængelige



Figur 1

Principskitse af sensorsystem. (A) Ensilagesensor (B) Antenne-enhed, som opsamler data fra sensorer og sender dem videre til server (C).

Ensilagesensorerne

Sensorerne består af et print, hvorpå der er påmonteret en iltsensor og en temperatursensor. Der sidder ligeledes en microcontroller med indbygget radiotransmitter samt et 3,6V lithium-ion batteri, der giver sensorerne en levetid på op til 6-24 måneder (afhængig af måleinterval). Microcontrolleren er i princippet en computer, og dens opgave er at aflæse værdierne fra ilt- og temperatursensorerne og få dem sendt videre til antenne-enheden.

Mellem målingerne går sensorens elektronik i dvale for at øge batteriets levetid. Minimering af strømforbruget i dvaletilstand indebærer at slukke for sensorer og radioen og sætte processoren i en dyb dvaletilstand.

Figur 2

Ensilagesensor til måling af temperatur og iltindhold inde i ensilagen



Antenne-enheden

Denne enhed består af en sender og modtager (tovejs radio) samt en antenne. Enheden opfanger signaler fra ensilagesensorerne og videresender deres information via mobil eller internettet. Enheden kan også sluttes direkte til en PC.

Software

Softwaren bliver brugt til at indsamle de data, der kommer fra sensorerne. Det er ligeledes herfra opsætningen af sensorerne foregår, eksempelvis måleinterval.

Softwaren kan i princippet køre på forskellige platforme såsom en mobiltelefon, en almindelig PC eller ren web-baseret i form af en hjemmeside. Den videresendte information fra sensorerne bliver læst ind i softwaren helt automatisk, hvorefter den kan analyseres.

Kabinet

Da ensilage er meget korrosiv overfor elektronik, og da ensilagen desuden bliver udsat for en meget hård behandling i fuldfoderblandere, var det nødvendigt at fremstille et specielt kabinet til sensorerne, så de ikke blev ødelagt under lagring eller forarbejdningen af ensilagen. Kabinettet er vist på foto 1. Design og anvendelse af kabinettet er beskyttet af patent WO2008/151635.



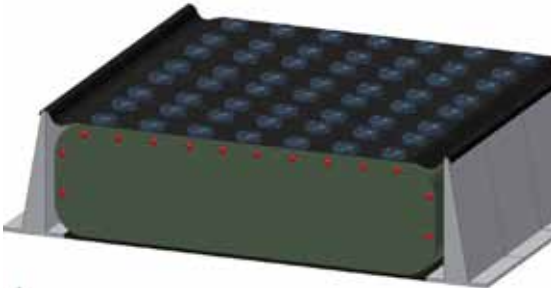
Foto 1. Eksempel på det udviklede kabinet til ensilagesensoren

Kabinettet er blevet testet i de tre mest almindelige typer af fuldfoderblandere i Danmark, henholdsvis vertikal-, horisontal- og paddel-blandere. Kabinettets mekaniske styrke er blevet testet i praksis: testene er foregået ved, at 10 sensorer ad gangen har fulgt ensilagen i hver af de tre typer fuldfoderblandere under almindelige forhold, hvor ensilagen er blevet blandet med bl.a. mineraler og tilskudsfoder i en normal blandetid. Forsøgene er gennemført hos en række landmænd med blandere af forskellig størrelse, fra ca. 5 til ca. 20 kubikmeter. Der er gennemført 6-10 forsøg for hver blandertype. I ingen af de gennemførte forsøg blev kabinetterne knust eller åbnet, så elektronik mm. kunne blive ædt af kørerne. Når fuldfoderet var blevet udfodret, kunne sensorerne samles op på foderbordet, når kørerne havde spist op.



Eksempel på praktisk brug af sensorsystemet

Når afgrøden er blevet transporteret fra marken og spredt ud i tynde lag i ensilagestakken, komprimeres den ved hjælp af en tung traktor eller lignende. Ensilagesensorerne skal nu spredes ud, så de kommer til at ligge i det øverste lag af stakken i ca. 10-30 cm dybde, da det er her, skader og forandringer først opstår.

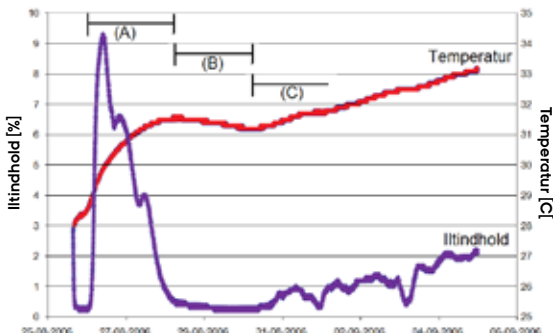


Figur 3. Principskitse af sensorplacering i en ensilagestak

I plansiloer skal der også placeres sensorer langs siloens sider. Disse sensorer skal sikre dokumentation for, at en tilstrækkelig komprimering har fundet sted langs siderne af plansiloen. Lav komprimeringsgrad kan føre til tab; tidligere ensileringsforsøg har vist, at komprimeringsgraden på ensilagen langs kanterne i gennemsnit er 7 % lavere end i midten af stakken.

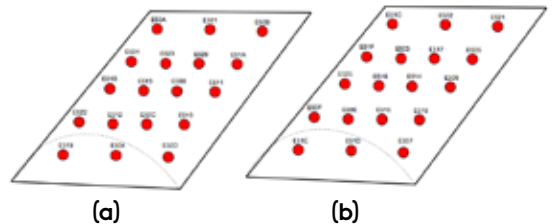
Ensilagestak forsøg

Ved et forsøg i en ensilagestak på Den Økologiske Forsøgsstation Rugballegård blev sensorernes anvendelighed undersøgt for at belyse sammenhæng mellem iltindtrængning og temperaturudvikling. Stakken blev lavet af frisk græs. Sensorer blev placeret i stakken i en dybde af 25 cm.



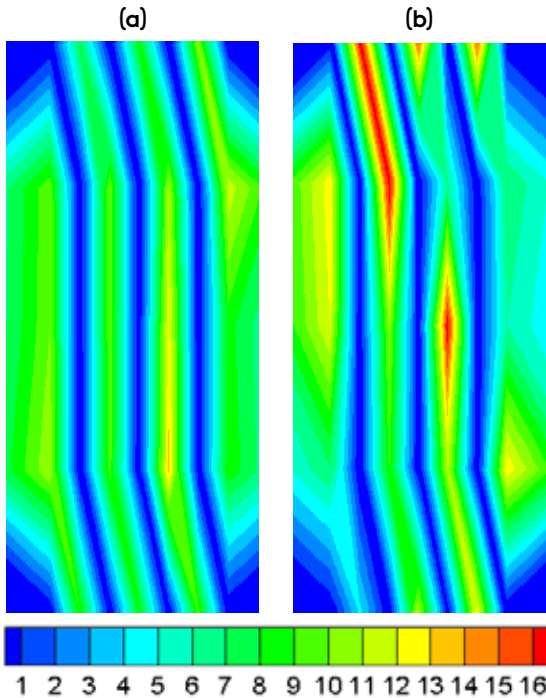
Figur 4 viser sammenhængen mellem temperaturen i ensilagen samt iltindholdet i samme område. Ved tidspunktet (A) overdækkes stakken og i perioden frem til tidspunkt (B) bliver tilgængeligt ilt forbrugt. Mens der er ilt til rådighed forbruges energi fra ensilage (hvilket resulterer i færre foderenheder per kilo) og der produceres varme, hvilket ses som en temperaturstigning i ensilagen. Fra tidspunkt (B) til (C) er der ingen ilt til rådighed for de mikrobielle processer, og der produceres ikke mere varme. Derved falder temperaturen igen. Ved tidspunkt (C) punkteres overdækningen, og det ses at iltindholdet stiger lidt og samtidig bliver mere ustabil, idet ilten forbruges løbende til omsætning af ensilagens energi, hvorved der igen sker en temperaturstigning.

Ved et forsøg på Kvægbrugets ForsøgsCenter – Foulum med 2 ensilagestakke i hvert forsøg blev benyttet et stort antal sensorer. I hvert forsøg blev overdækningen på den ene af stakkene punkteret, mens den anden blev anvendt som kontrol. De præsenterede resultater er fra et forsøg, hvor der blev anvendt majsensilage, som blev genpakket i små stakke (4 x 8 m) sammen med 18 sensorer i hver stak. Forsøgene blev gennemført i 2008 og 2009.



Figur 5. Fordelingen af de trådløse sensorer i stak (a) og (b), hvor stak (b) blev punkteret i centrum af stakken

Figur 4. Sammenhæng mellem temperatur og iltindhold i en stak græsensilage. (A) er tidspunktet, hvor stakken overdækkes; (B) på dette tidspunkt er alt tilgængeligt ilt forbrugt; (C) her punkteres overdækningen i nærheden af sensoren.



Figur 6. Iltindholdet i de to ensilagestakke, stak (a) er referencestakken, mens stak (b) er punkteret i centrum. De tre blå linier, som gennemskærer den grafiske illustration af iltindholdet i stakken, fremkommer af den statistiske metode som er benyttet til at sammenkæde data fra flere sensorer.

Konklusion

- Med de udviklede sensorer har det været muligt at dokumentere uønsket nedbrydning i ensilagestakke og -baller, meget hurtigt efter nedbrydningen startede
- Der er set en tydelig sammenhæng mellem tilstedeværelsen af ilt og udviklingen af varme i friskpakket ensilage
- I ensilagestakke, fremstillet af genkomprimeret ensilage, har der ikke været samme tydelige sammenhæng mellem tilstedeværelsen af ilt og varmeudviklingen
- De anvendte kabinetter var i stand til at beskytte elektronikken mod de fysiske påvirkninger fra fuldfoederblanderne, og samtidig sikre, at dyrene ikke åd hele eller dele af sensorerne.

Det interessante ved netop dette forsøg var, at sensorerne var med til at belyse en ikke tilstrækkelig overdækning af stakkerne. I den punkterede stak, figur 6 b, var der ilttilgang fra både centrum af stakken og i øverste venstre hjørne.

Ensilageballe forsøg

I et andet forsøg blev sensorerne brugt til at undersøge sammenhæng mellem tid og temperaturudvikling. Forsøget blev gennemført i en grøsensilageballe med målene 80 x 90 x 120 cm. Forsøget blev gennemført over 90 dage, fra september til november, hvor temperaturen blev registreret de første 60 dage, uden at ballen var påvirket. Derefter blev ballen punkteret og temperaturudviklingen blev fortsat registreret. Efter punkteringen steg temperaturen i ballen kraftigt efter dag 15, først nærmest hullet og efterfølgende bredte varmeudviklingen sig til resten af ballen.

Foto 2. Endestykket af den beskadigede ensilageballe efter udpakning, ved dag 90.



RESUME

Kvaliteten af ensilage har hidtil ikke kunnet testes uden at bryde forseglingen om ensilagen. Trådløse sensorer er blevet afprøvet til kvalitetsovervågning i ensilagestakke, idet udviklingen i temperatur og ilt i ensilage er i forsøg blevet overvåget af sensorer. Hver sensor er beskyttet af et kabinet, som sikrer den mod at blive ødelagt af fuldfoederblandere eller ædt af dyrene. Forsøgene har vist, at sensorerne kan dokumentere nedbrydning i ensilage, uden forseglingen om ensilagen beskadiges.

FORFATTERE

Ole Green

Ole Juul Jørgensen

Henrik Mortensen

Johanne Lindstrøm

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet
Institut for Biosystemteknologi, Århus Universitet

Projektet er finansieret af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og gennemført i samarbejde med Teknologisk Institut, Videncenter for Landbrug og Kvægbrugs Forsøgscenter.

REFERENCER:

Green, O., Nadimi, E.S., Blanes-Vidal, V., Jørgensen, R.N., Storm, I.M.L.D., and Sørensen, C.G. (2009). Monitoring and modeling temperature variations inside silage stacks using novel wireless sensor networks. *Computers and Electronics in Agriculture*.

Green, O. & Pranov, H. (2008). Embedded Silage Sensor. PCT/DK2008/050118. International publication number WO2008/151635.

Grøn Viden indeholder informationer fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet.

Grøn Viden udkommer i en mark-, en husdyr- og en havebrugsserie, der alle henvender sig til konsulenter og interesserede jordbrugere.

Grøn Viden kan downloades som pdf-fil fra www.agrsci.au.dk/publikationer

Claus Bo Andreasen (ansv. red.)
Jette Ilkjær (red.)

LAYOUT OG TRYK

DigiSource Danmark A/S

ISSN 1397-985X