

UDVIKLING OG DEMONSTRATION AT ENERGIBESPARENDE TEKNOLOGI TIL LANDBRUGET

Af Jørgen Pedersen, Philipp Trénel, Thomas Krogh Hansen og Mathias Andersen

Projektet blev gennemført med støtte fra EUDP

INDHOLD

INDHOLD.....	2
resumé.....	3
Energiforbruget i landbruget	4
Energiforbrug på gården.....	4
Mulige besparelser af energi i landbruget.....	5
EC-ventilation fra Skiold	6
Sammenfatning	7
Baggrund.....	7
Metode.....	8
Resultater.....	9
Online strømmålinger.....	10
Konklusion.....	11
Intelligent overdækning i to-klimastalde.....	12
Sammendrag	13
Baggrund.....	13
Materiale og metode	14
Resultater og diskussion	16
Klimaparametre.....	17
Varmeforbrug i to-klimastald på anden besætning	19
Overvågning af energiforbruget	20
Vurdering af funktionalitet og driftsstabilitet for intelligent overdækning	21
Konklusion.....	22
Elspot modul.....	23
Sammendrag	24
Beskrivelse af Elspot	24
Metode.....	25
Resultater af analysen.....	27
Resultat af nøgletalsberegninger.....	31
Konklusion.....	35
Webbaseret brugerinterface	36
Sammendrag	37
Detaljeret beskrivelse af PoC modellen	40
Tabel over sektionens/bygningens måleenheder	48
Graf over måleenhedens energiforbrug over de sidste tre dage	49

RESUMÉ

Landbrugets energiforbrug udgør ca. 10 % af erhvervslivets samlede energiforbrug i Danmark og er derfor en væsentlig kilde til den samlede CO₂-udledningen fra fossile brændsler. Projektets formål er at vist, at der er stort potentiale for at reducere energiforbruget i landbruget.

I projektet er der bl.a. blevet udviklet et webbaseret energiovervågningssystem, der giver landmanden overblik over, hvor, hvornår og hvor meget energi der bliver forbrugt. Denne viden giver de bedste forudsætninger for at reducere energiforbruget bl.a. ved hjælp af energibesparende teknologi, der kan målrettes de mest energiforbrugende systemer.

I projektet blev der fokuseret på energibesparelse i svineproduktionen, da dette er den største produktionsgren i landbruget og det også er på disse bedrifter det største energiforbrug findes. Vi har overvåget energiforbruget på udvalgte besætninger med et detaljeringsniveau, der gør det muligt at følge energiforbruget ned på systemniveau minut for minut. Vi har således fulgt energiforbruget fra eksempelvis lys, ventilations- og varmesystemer i forskellige sektioner og på forskellige bedrifter, hvorefter vi har sammenlignet energiforbruget.

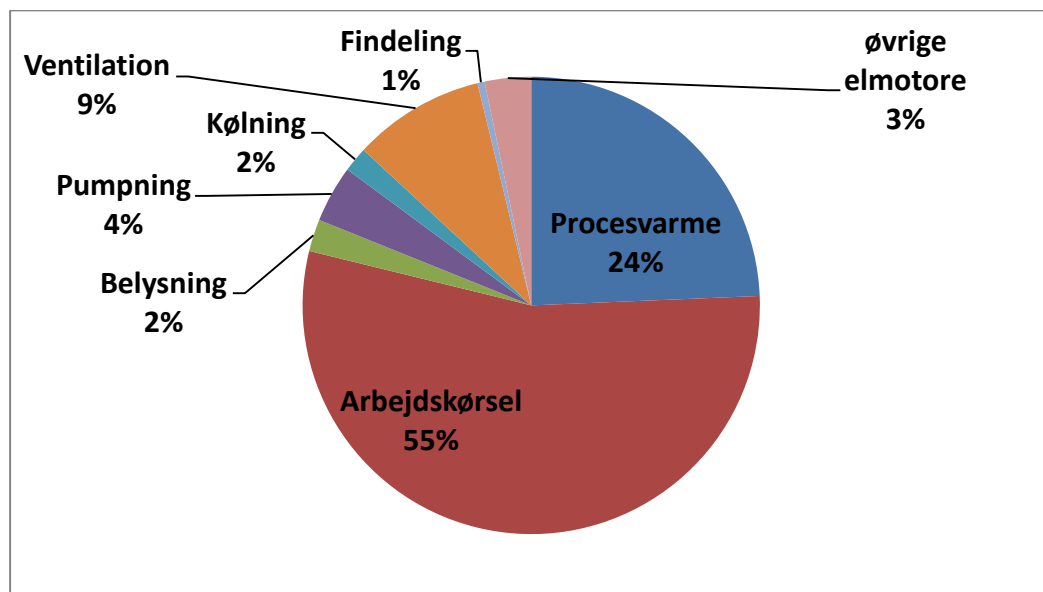
I projektet er 4 teknologier blevet udviklet, afprøvet og demonstreret. Resultatet er afprøvningerne vil følge i detaljer i denne rapport. Her en kort gennemgang af resultaterne:

1. To nye EC-ventilator til staldanlæg er blevet udviklet. Med disse ventilatorer er det muligt at reducere strømforbruget til ventilation med over 50 % i forhold til frekvensregulerede ventilatorer.
2. En intelligent overdækning til to-klimastalde er blevet udviklet. Det er et nyt koncept til at regulere varme i smågrisestalde der har vist sig at kunne reducere energiforbruget til varme med 43 % i forhold til identiske referancestalde.
3. Et timerbaseret energi managementsystem med navnet Elspot er blevet afprøvet i landbruget. Systemet kan automatisk aktivere og deaktivere energiforbrugende udstyr. I undersøgelsen blev det fundet, at der kan spares 25 % el ved anvendelse af elspot modulet på en fodermølle.
4. Et webbaseret brugerinterface til energiovervågning er udviklet og designet specielt til landmænd. Dette system kan gøre det nemmere for landmænd at følge med i deres energiforbrug ned på enhedsniveau og benchmarke forbruget med tidligere forbrug og ny teknologi.

Inden projektets start var ambitionen at udvikle og demonstrere løsninger der potentielt kunne reducere energiforbruget i landbruget med 20 %. Da vi kun har arbejdet med energibesparende teknologier inden for husdyrproduktion svare det til en reduktion af energiforbruget på gårdniveau på 44 %. Det har vist sig at være teoretisk muligt at opnå en reduktion på 19 % af landbrugets energiforbrug hvis de teknologier og reduktionspotentialer der er fundet i projektet bliver anvendt bredt til reduktion af varmeforbrug og strøm til elmotorer.

Energiforbruget i landbruget

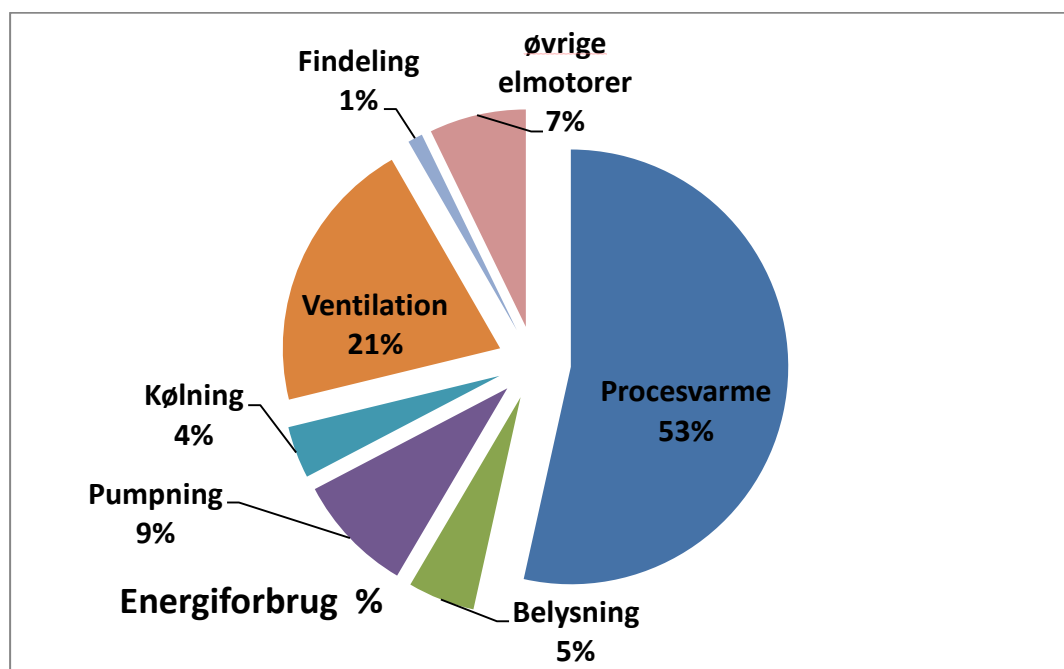
Det samlede energiforbrug i landbruget beløber sig til 23.144.977 GJ. Her af går 55 % til arbejdskørsel i marken, se figur1.



Figur 1 Energiforbruget til forskellige processer i landbruget i procent af det samlede energiforbrug. Værdierne er gennemsnitlige for det danske landbrug.

Energiforbrug på gården

Det energi der ikke bruges til arbejdskørsel på marken bruges på gården hovedsageligt til drift af staldanlæg.



Figur 2 energiforbruget til forskellige processer på gården i procent af det samlede forbrug. Værdierne er gennemsnitlige for det danske landbrug.

På figur 2 ses at over halvdelen af energiforbruget på gården bliver brugt til opvarmning, mens over en femte del bliver brugt til ventilation.

Mulige besparelser af energi i landbruget

Ud fra vores undersøgelse af energibesparende teknologi til landbruget kan vi give et groft estimat for perspektiverne ved implementering af energibesparende teknologi til hele landbruget. Vi tager i følgende regneeksempel udgangspunkt i EC-motorer og intelligent varmestyring og anvender teknologien og de opnåede resultater bredt.

Tabel 1 Danmarks samlede energiforbrug i landbruget fordelt på hovedområder samt mulig besparelse i TJ og procent.

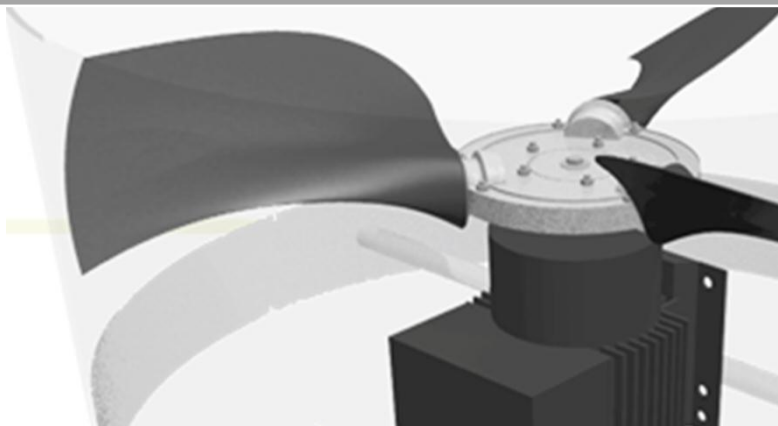
Hovedgrupper	Energiforbrug		Besparelse	
	TJ	%	TJ	%
Procesvarme varmestyring) (intelligent	5,6	53	2	43
Belysning	0,5	5	0	0
Pumpning (EC)	0,9	9	0	48
Kølning	0,4	4	0	0
Ventilation (EC)	2,2	20	1	48
Elmotorer (EC)	0,9	8	0	48
Samlet stald	10,5	44	4	41
Samlet landbrug	23,1	100	4	19

Ved udelukkende at reducere energiforbruget til opvarmning og til elmotorer kan det samlede energiforbrug i landbruget potentielt reduceres 19 %. Her til kommer at Timerstyret elforbrug til kunne flytte en del strømforbrug til nattetimerne, hvor en større del af strømmen kommer fra vindenergi. Desuden vil der være meget energi at spare ved at overvåge energiforbruget og synliggøre hvor der kan spares strøm og penge.

2011

EC-VENTILATION FRA SKIOLD

UDVIKLING OG DEMONSTRATION AF ENERGIBESPARENDE TEKNOLOGI TIL LANDBRUGET



Af Mathias Andersen

Projektet blev gennemført med støtte fra EUDP

Sammenfatning

SKIOLD A/S har udviklet to nye EC-ventilatorer, der kan reducere energiforbruget til ventilation med op til 50 % sammenlignet med en frekvensstyret ventilator. Et parallelt opsat forsøg i en slagtesvinestald med online målinger over ni måneder viser, at EC-ventilatorerne bruger henholdsvis 45 og 53 % mindre energi end en traditionel frekvensstyret ventilator. De to ventilatorer bærer navnet PM1 og PM2 og er specielt designet til at minimere strømforbruget under de krævende forhold i en svinestald. Dette er bl.a. gjort ved at sammensætte styring, motor og vinger til at arbejde optimalt sammen med EC-teknologien.

Baggrund

Ud af det samlede strømforbrug i landbruget udgør strømforbruget til ventilation den suverænt største post. Hele 21 % af det samlede energiforbrug til opstaldning af husdyr bruges til ventilation. Der er derfor god grund til at se på teknologier, der kan reducere dette forbrug.

Der er i princippet tre parametre, man kan skrue på for at optimere energiforbruget i en ventilator. Vingens udformning, motorens effektivitet og styringsstrategien. Det er vigtigt, at både vinder og styring er tilpasset motoren og de omdrejninger og trykbelastninger, den skal arbejde under.

EC står for elektronisk kommuteret og betyder kort fortalt, at magnetfeltet i motoren skifter frem og tilbage ved hjælp af indbygget elektronik. Det giver bedre effektivitet, mindre vægt, lavere støj og længere holdbarhed. EC-motoren har en bedre energiudnyttelse, blandt andet som følge af et lavt varmetab.

EC-teknologien har allerede eksisteret i en del år, men det er først nu, at prisen på EC-ventilatorer er nede i et leje, hvor det vil være rentabelt for landmanden at installere dem.

EC-ventilatorer udmærker sig særligt ved, at de ved lave omdrejninger bruger langt mindre energi end andre ventilatortyper. Dette har stor betydning i en svinestald, hvor ventilationsbehovet er meget varierende, og hvor ventilatoreernes fulde kapacitet kun udnyttes en lille del af året.

Metode

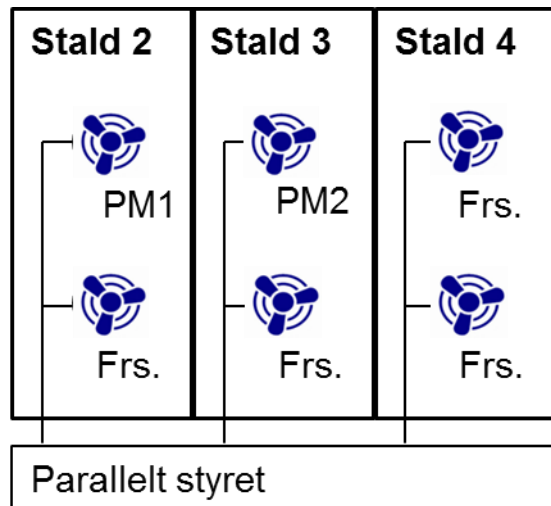


Figur 3. Testfacilitet på Bornholm. Svineproducent med produktion på 21.000 slagtesvin om året.

Forsøget med EC-ventilatorerne blev gennemført i en slagtesvinestald på Bornholm. Her er 3 staldsektioner over en periode på 9 måneder blevet overvåget mht. energiforbruget til ventilation. Hver sektion har ca. 500 stipladser og har en ventilationskapacitet på 51.558 m^3 luft i timen. Ventilationsanlægget er undertryksventilation med luftindtag via 40 stk. loftventiler. Der er 2 ventilatorer i hver stald, der gennem et $\varnothing 820$ afkast, kan yde over $25.000 \text{ m}^3/\text{t}$ hver. I 2 af sektionerne er der i en af afkastene installeret en EC-ventilator fra SKIOLD. I det andet afkast sidder en frekvensreguleret ventilator fra Skiold af typen type CD 803. I den tredje sektion den måles på (stald 4), sidder der to CD 803 frekvensreguleret ventilatorer.

De to forskellige EC-ventilatorer der er blevet testet har fået navnen PM1 og PM2. Forud for opsætningen har de været igennem et omfattende udviklingsforløb og en række afprøvninger i SKIOLD's klimalaboratorie. Konstellation og sammensætning af komponenter er blevet nøje udvalgt på baggrund af deres effektivitet og trykstabilitet. Driftsstabilitet, belastning og effektivitet kan dog kun vurderes under staldforhold i en længere periode.

Ventilatorerne er sat op til forsøget således, at der er en frekvensstyret og en EC-ventilator i hver stald. Disse to forskellige ventilatorer er styret parallelt med samme styrestrøm. Det vil sige, at når stald 2 eksempelvis har brug for 20 % ventilation, så giver den frekvensstyrede og EC-ventilatoren hver 10 % luft. På diagrammet herunder ses en plantegning af de tre staldsektioner, hvor elforbruget blev logget. Stald 4 er en kontrol af forsøgsopstillingen. Energiforbruget skal derfor gerne være ens for de to frekvensstyrede ventilatorer i sektion 4.



Figur 4. De tre testsektioner set fra oven. Der er to ventilatorer i hver stald, henholdsvis en frekvensstyret og en EC-ventilatorer i stald 2 og 3 samt to frekvensstyrede i stald 4.

Elforbruget blev logget med MM Energistyring, der dels logger det aktuelle elforbrug hver femte minut og lægger data op på en server, hvorfra data kan hentes og præsenteres på en webplatform. Strømforbruget logges som kontrol også med en traditionel bimåler, der aflæses manuelt. MM Energistyring kan også logge klimaparametre som temperatur og luftfugtighed.

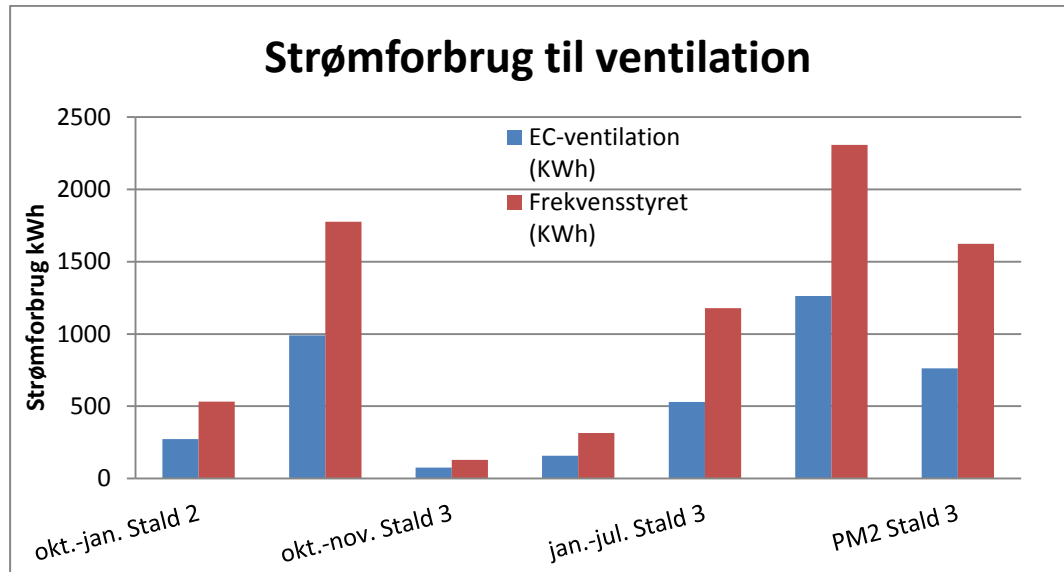
Resultater

Resultaterne fra afprøvningen ses i understående tabel. Data er manuelt aflæst fra bimålerer i de to teststalde. I stald 2 er PM1 installeret og i stald 3 er PM2 installeret. PM1 har over de ni måneder et elforbrug, der ligger 45 % under referencen, mens PM2 ligger hele 53 % under referenceforbruget.

Tabel 2. Elforbruget ved henholdsvis EC-ventilation og frekvensstyret ventilation. Målingerne strækker sig over ni måneder.

Dato	EC-ventilation (KWh)	Frekvensstyret (KWh)	Besparelse i %
okt.-jan. Stald 2	273,11	532,69	48,7
jan.-jul. Stald 2	989,87	1775,75	44,3
okt.-nov. Stald 3	75,8	128,3	40,9
nov.-jan. Stald 3	157,69	315,55	50,0
jan.-jul. Stald 3	528,87	1178,93	55,1
PM1 Stald 2	1262,98	2308,44	45,3
PM2 Stald 3	762,36	1622,78	53,0

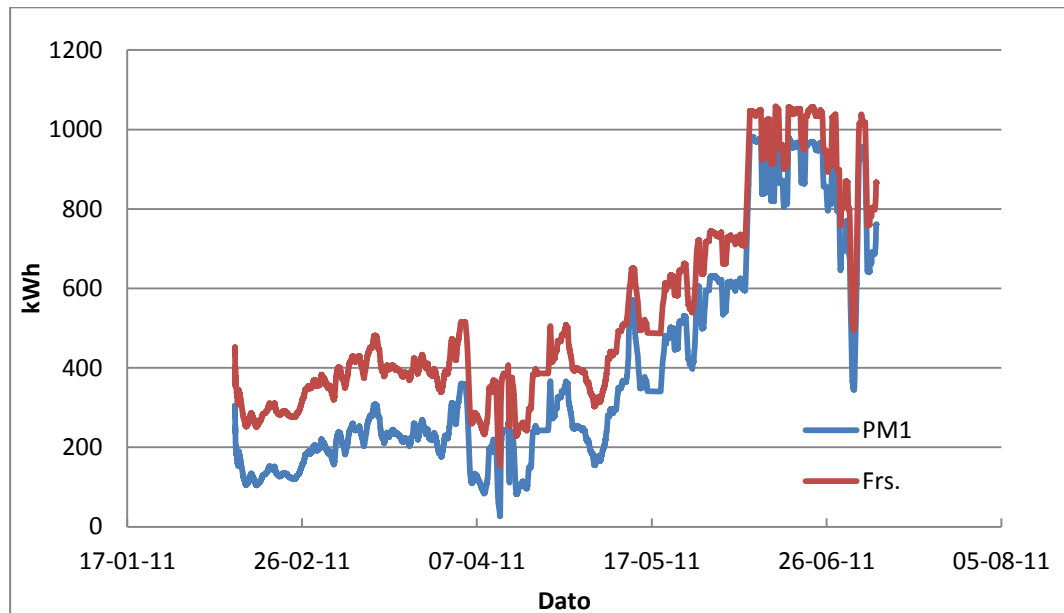
Data fra stald 4 er ikke vist her, men det kan oplyses, at elforbruget per ventilator i perioden gennemsnitlig var 1260 kWh og kun varierede 1,2 % mellem de to parallelt styrede frekvensmotorer. Dette ses som et udtryk for, at forskellen mellem de forskellige frekvensstyrede ventilatorer er meget lille. Strømforbruget i referencestalden ligger på 2,3 kWh per produceret svin fra oktober til juni. Dette er noget under normen på 4,1 kWh per produceret svin udregner via Staldvent ved en min. temperatur på 20 grader. En forklaring kan være at der ikke er målinger fra den varmeste periode.



Figur 5. Elforbruget ved henholdsvis EC-ventilation og frekvensstyret ventilation. Målingerne strækker sig over ni måneder.

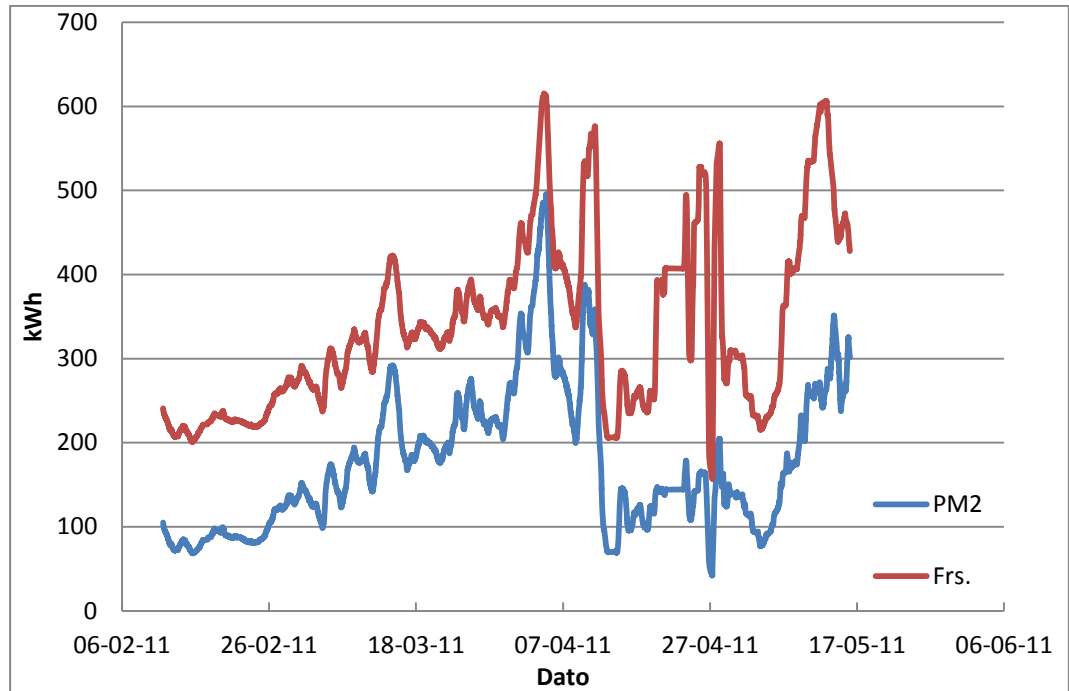
Den gennemsnitlig reduktion ved udskiftning af frekvensstyrede ventilatorer til EC-ventilatorer er udregnet til 48 % for PM1 og PM2 sammenlagt. Ventilatorerne har under hele forsøget kørt stabilt, og der har ikke været udført service på dem.

Online strømmålinger



Figur 6. Det aktuelle strømforbrug i kWh. Den blå graf er SKIOLDS EC-ventilator PM1, den røde graf er en frekvensstyret ventilator.

Her ses det aktuelle strømforbrug i kW per time. For overskuelighedens skyld er der midlet over et døgn. Den største besparelse ser man om vinteren, hvor ventilationen kører på minimum ventilation. I februar måned er forskellen i energiforbrug over 60 %, mens den juli er under 15 %, hvor ventilationen kommer op og kører maksimum.



Figur 7. Det aktuelle strømforbrug i kWh. Den blå graf er SKIOLDS EC-ventilator PM2, den røde graf er en frekvensstyret ventilator.

EC-motor teknologien kan være interessant i andre sammenhænge en ventilation. Pumpning og elmotorer i øvrigt tegner sig for henholdsvis ni og syv procent af energiforbruget til husdyrbrug. Det forventes, at begge dele også kan reduceres med tilsvarende procenter ved brug af EC-teknologi.

Konklusion

EC-ventilation kan halvere strømforbruget til ventilation sammenlignet med en traditionel frekvensstyret ventilator. Afprøvning af af SKIOLD's PM1 og PM2 ventilatorer viser en reduktion i energiforbruget til ventilation i slagtesvinestalde på mellem 45 og 53 procent sammenlignet med de bedste frekvensregulerede ventilatorer. Sammenligner man med en Triac-ventilator (spændingsstyret) vil besparelsen være langt større.

Målinger af strømforbruget viser, at besparelsen i strømforbruget ved brug af EC-ventilation er størst om vinteren, hvor ventilationen kører på minimum, mens besparelsen om sommeren ved fuld ventilation er begrænset. Reduktionen i strømforbrug, for PM1 og PM2 over de 9 måneder forsøget står på, er samlet på 48 % sammenlignet med SKIOLD's frekvensstyrede ventilator.

2011

INTELLIGENT OVERDÆKNING I TO-KLIMASTALDE

UDVIKLING OG DEMONSTRATION AF ENERGIBESPARENDE TEKNOLOGI TIL LANDBRUGET



Af Mathias Andersen

Projektet blev gennemført med
støtte fra EUDP

AgroTech A/S
Institut for Jordbrugs- og FødevareInnovation
Institute for Agri Technology and Food Innovation

Agro Food Park 15 . DK - 8200 Århus N
Tel. +45 8743 8400 . Fax +45 8743 8410
www.agrotech.dk . info@agrotech.dk

AgroTech 

esperandevareteknologi til landbruget 2. udgave 2012

Sammendrag

To-klimastalde med og uden intelligent overdækning fra VengSystem blev sammenlignet mht. energiforbrug over et halvt år.

Intelligent overdækning til to-klimastier fungerer ved, at overdækningen automatisk løftes i takt med grisenes temperaturbehov. I overdækningen sidder en infrarød sensor, der registrerer, når grisene er i aktivitet eller hviler og måler overfladetemperaturen på grisene. Intelligent styring kontrollerer dels varmetilførslen, der sker med varmelampe i overdækningen, og regulerer dels huleoverdækningens højde over gulvet. Jo lavere højde, jo mindre varme siver der ud af hulen.

I projektet blev effekten af intelligent overdækning afprøvet i smågrisestald. Systemet blev sammenlignet med identiske stalde, der til forskel fra varmelamper benyttede gulv- og rumvarme til opvarmning.

Varmeforbruget i kWh pr. produceret svin blev målt over et halvt år til 1,85 kWh i gennemsnit for gulv- og rumvarme. I stalden med intelligent overdækning var varmforsøbruget pr. produceret svin kun 1,1 kWh, hvilket giver en besparelse på 43 procent.

Baggrund

En to-klimastald er opdelt i to klimazoner; en overdækket hule, hvor der er forholdsvist varmt og et åbent område, hvor der er køligere. Smågrisene kan således selv vælge klima efter behov. Når smågrisene bliver indsat vejer de ca. 7 kg og har behov for en temperatur på omkring 27 grader. Når grisene bliver afsat, otte uger efter indsættelse, vejer de ca. 27 kg og har kun behov for 19 graders varme. Når smågrisene hviler eller er aktive, er der også forskel på deres varmebehov. Internationale studier viser, at smågrise afgiver fire gange så megen varme, når de er aktive, end når de sover. Derfor søger smågrisene typisk ind i hulen om natten, mens de søger ud om dagen. Ved at gøre varmetilførslen behovsafhængig er det derfor muligt at opnå den store varmebesparelse. Ud fra registreringer af grisene overfladetemperatur kan man måle om grisene er i hvile eller er aktive og herudfra regulere overdækningens højde og tilførselen af varme tilsvarende. Varmetilførslen kan individuelt tilføres under de forskellige overdækninger i klimastalden. Dette giver mulighed for at give individuel varme i stierne og potentiale for at sortering af grisene efter vægt. Til forskel fra rum og i særdeleshed gulvvarme kan varmelamper ved aktivering tilføre varme med det samme og tilsvarende deaktiveres uden forsinkelse.

Når et nyt hold startes op, er det muligt at holde en rumtemperatur, der er lidt lavere end normalt, fordi smågrise pga. den lave overdækning er bedre beskyttede mod træk. Dette giver en betydelig bedre luft i sektionen, specielt om vinteren. Desuden vil

temperaturen i gyllekanalen også falde, hvilket teoretisk vil give en lavere ammoniakemission.

Den intelligente overdækning er resultatet af flere års udvikling, hvor styring efter grisens behov er blevet optimeret. Med dette forsøg ønskes det afklaret hvilken energibesparelse, der kan opnås, og hvordan anlægget fungerer i praksis. Desuden ønskes det at videreudvikle brugervenligheden af systemet.

Materiale og metode

Afprøvningen blev primært gennemført på en besætning med syv identiske klimastalde, hvoraf de tre blev overvåget. Der blev endvidere suppleret med registreringer i én anden besætning, hvor to tilsvarende klimastalde blev overvåget.

Referencesektionerne og forsøgssektionen er identiske med undtagelse af varmekilden. Den intelligente overdækning blev installeret i én sektion i en klimastald, der kun er tre år gammel og for nyligt efterisoleret. Der er diffust loft og undertryksventilation fra VengSystem. I hver sektion er der 520 stipladser opdelt i 2 x 8 stier. Klimaet styres af et VE 108 kontrolpanel fra VengSystem. Systemet kan styre minimumsventilationen efter CO₂-koncentration, men denne funktion var ikke aktiv under forsøget. I referencesektionerne er der gulvvarme og rumvarme med ribberør. I forsøgssektionen er gulvvarmen og cirkulationspumpen slukket. Hver overdækning er sænket og har fået to varmelamper med 150 Watt pærer. Lamperne styres af en VE122S infrarød styring. Overdækningerne er motorstyrede og kan sænkes fra 70 cm til en åbning på 40 cm over gulvet.

I kolde perioder bliver der anvendt mobil varmekanon til at udtørring af sektionerne før indsættelse. Der anvendes omkring 40 liter olie per sektion. Brænderen fyldes med 2 x 20 liter og får lov at brænde ud.

Anlægget er sat op til forsøget, således at det kan testes op mod en referencestald. Da staldene bliver tømt og fyldt ca. med en uges mellemrum vil der dog være en lille forskydning i målingerne.

Energiforbruget blev logget med MM Energistyring, der logger det aktuelle energiforbrug hver 5. min. og lægger data op på en server; herfra kan data overvåges og præsenteres via Webplatformen, som er udviklet i projektet. Som kontrol kan elforbruget også aflæses via en traditionel bimåler. Der er opsat to varmemålere i hver sektion: en til rumvarmen og en til gulvvarmen. Samtidig logges også klimaparametre som temperatur og luftfugtighed online samt strømforbrug til lys, ventilation og foderindføring. Parallelt logges også klimaparametre, elforbrug til varmelamper og grisenes alder mm. gennem adgang til VengSystems styring.

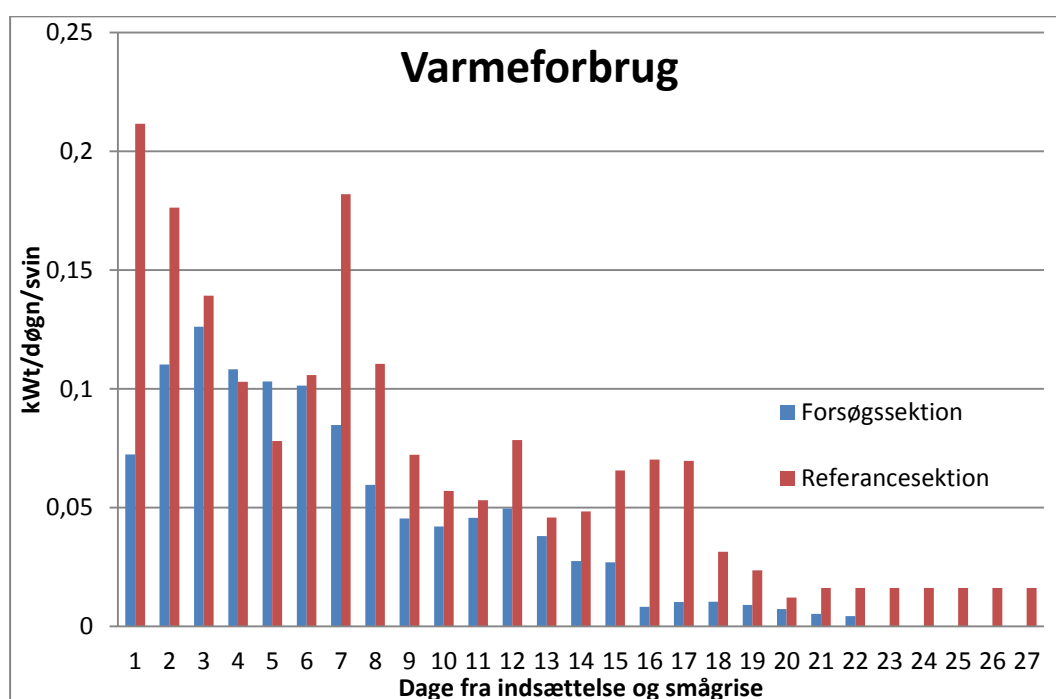
Tabel 3. Smågrisestaldenes indretning i to-klimastierne

Fakta om stald	Beskrivelse
Stier per sektion	16
Stipladser per sektion	523
Antal sektioner	7+1
Byggeår	2008
Gulvtype	delvist fast
Ventilation	undertryk
Min. ventilation	CO ₂ -styring
Varmeforsyning	gulvvarme/rumvarme

Resultater og diskussion

Tabel 4. Energiforbruget til opvarmning af to-klimastaldene for intelligent overdækning samt gulv og rumvarme

kWh/ producerede svin	online log	online log	online log	online log	Aflæst	Norm
	jan.-feb.	feb.-mar.	maj-jun.	middel	jan.-jun.	Delvist fast gulv
Gulvvarme	1,45	2,09	0,77	1,37		
Rumvarme	0,00	0,28	0,97	0,42		
Samlet	1,45	2,37	1,74	1,85	2,06	4,2
Varmelamper	0,88	0,99	1,31	1,06	1,06	1,06
Besparelse i %	31	58	25	43	49	75



Figur 8. Energiforbruget per døgn per produceret svin for intelligent overdækning med varmelamper (sektion 3) og traditionelt system med gulv- og rumvarme (sektion 2).

Det kumulerede energiforbrug i forsøgssektionen er i gennemsnit 0,79 kWh lavere end referencestaldenes energiforbrug. Der er signifikant forskel mellem energiforbruget i forsøgs- og referancesektionen ved en signifikansgrænse på 0,1.

Resultatet er en besparelse på 43 % af energiforbruget sammenlignet med referencestalden. Det gennemsnitlige energiforbrug for 1. halvår af 2010 for de syv klimastalde var 2,06 kWh per produceret svin aflæst via bimåler. Det samlede energiforbrug over hele året er 2,13 kWh per produceret svin, hvilket betyder, at det halve års intensive måleperiode er repræsentativ for hele året. Sammenligner vi data fra de tre forsøgshold med årsgennemsnittet for klimastalden, giver det en reduktion på 49 %. Ifølge Miljøministeriets teknologiudredning for "Andel fast gulv i smågrisestalde" er normen for energiforbruget i en smågrisestald med delvist fast gulv

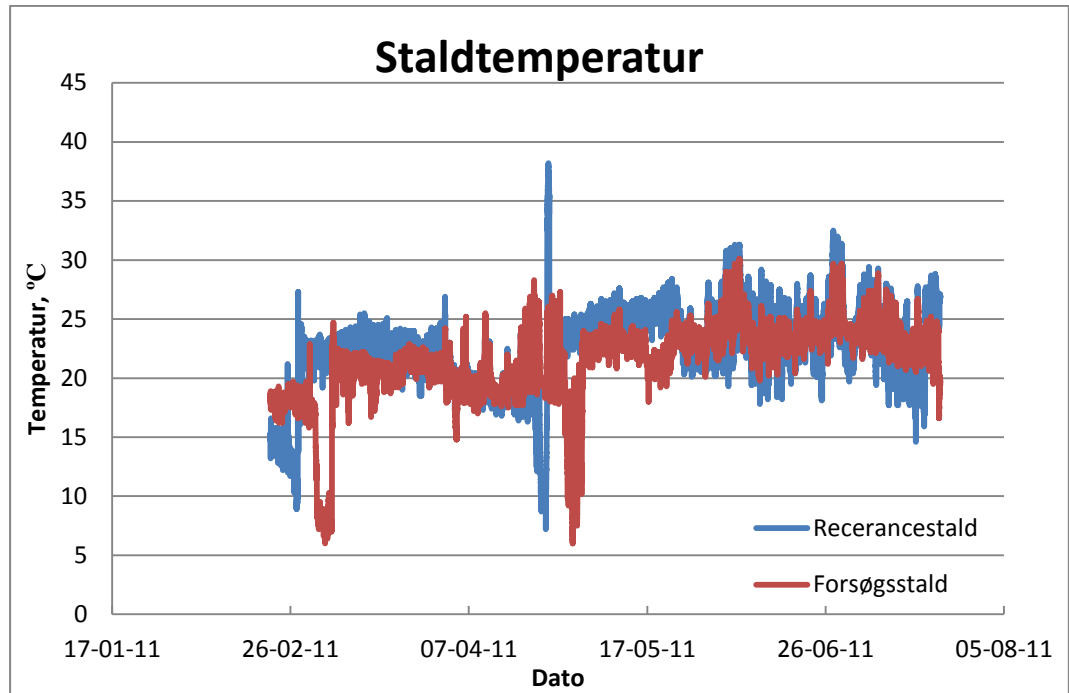
mellem 2-4 kWh per produceret svin. En beregning af varmekonsumet i StaldVent under forudsætning af en start- og sluttemperatur på hhv. 24 og 18° C, en udetemperatur på ned til - 7° C, max 3.000 ppm i CO₂ og fornuftige fugtforhold, giver et forbrug på 4,2 kWh pr. produceret gris. Sammenligner vi dette normalt for energiforbruget til varme i smågrisestalde med vores målte energiforbrug i en stald med intelligent overdækning får vi en reduktion i energiforbruget på 75 %. Her må man dog regne med, at vores forholdsvis nye forsøgsstalde er bedre isoleret end gennemsnittet. Besparselsen i Netto energiforbrug ved brug af varmelamper er større end det bruttoforbrug vi måler i stalden. Det skyldes, at der er tab ved at producere varmt vand og fremføre det til stalden. Et nyt oliefyr har en virkningsgrad på 90 %, hertil kommer varmetab i lager og ved fremføring. Smågrisestalde med fuldspaltegulv har et energiforbrug til varme pr. produceret gris mellem 8-10 kWh.

På figur 1 ses det, at energiforbruget gennem stort set hele perioden er højere i referencesektionen. Specielt ved indsættelse af smågrisene er der en stor besparelse, hvilket må tilskrives sænkning af overdækningen. Efter ca. en uge hæves ventilationen fra minimum, hvilket for referencesektionen resulterer i et større varmetab. Efter 27 dage lukkes for varmen til referencesektionen, mens den i forsøgssektionen falder til et minimum efter 15 dage. Der kunne spares yderligere energi, hvis systemet blev slukket helt efter 12 dage, hvor grisene burde kunne producere varme nok selv. Denne funktion skal dog aktiveres i systemet og kræver meget påpasselighed. I forsøgsstalden var der ikke behov for brug af hverken gulvvarme eller rumvarme i forsøgsperioden. Dette gælder også for vintermålingerne, hvor temperaturen uden for var under frysepunktet.

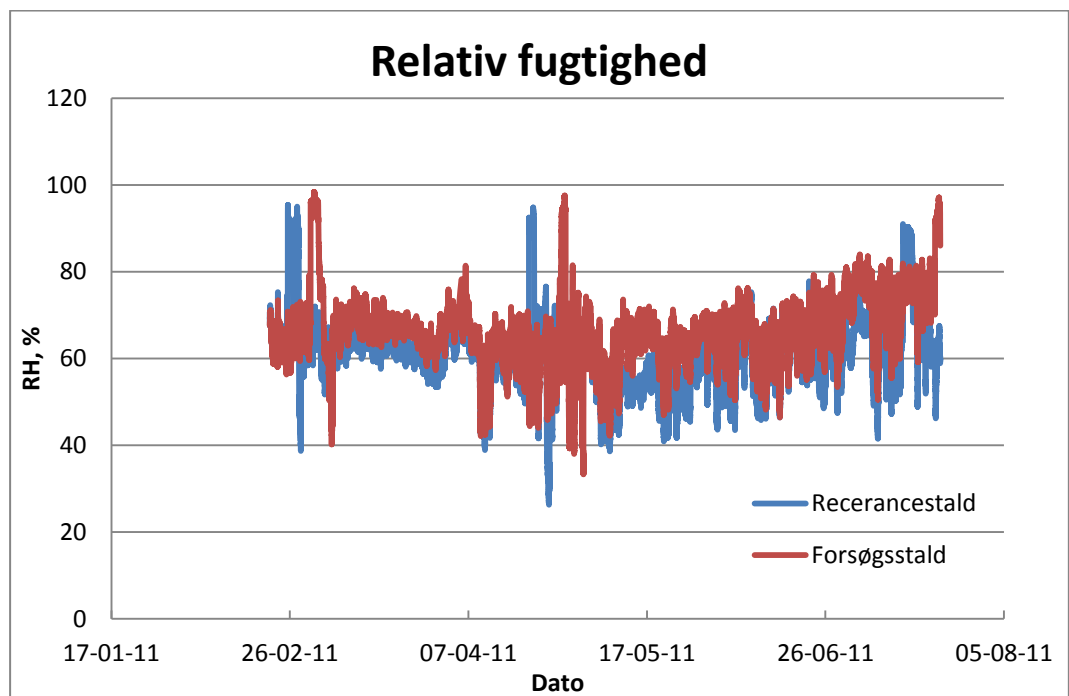
Energiforbruget til udtørring af stalden inden indsættelse af et nyt hold er også en stor post energimæssigt. Der kan sandsynligvis spares en del energi ved at tilpasse ventilationen, varmetilførsel samt udtørringstid efter fugtigheden i og uden for stalden. Hvis ventilationen kører for kraftigt under udtørringen, vil opvarmningen f.eks. ikke have den ønskede effekt. Det er derfor vigtigt, at der udvikles klimastyringer, der sørger for den mest energieffektive udtørring af stalden.

Klimaparametre

På de to grafer herunder ses henholdsvis staldtemperaturen og den relative fugtighed i både forsøgssektionen og referencesektionen. Holdskiftet i de 2 sektioner er forskudt én uge. Dette ses ved udtørring af stalden hvor temperaturen falder drastisk om vinteren. Ved udtørring af referencesektionen omkring den 26. februar ses ligeledes på figur 3 at der trækkes en masse fugt ind i stalden via. Ventilationsanlægget, hvilket ikke er hensigtsmæssigt for udtørringen.



Figur 9 Temperatur i stald for forsøgssektion og for referencesektionen.



Figur 10 Den relative fugtighed i stalden for forsøgssektionen og referencesektionen.

Temperaturen var for forsøgssektionen i gennemsnit 21,9 °C mens den for referencesektionen var 23,4 °C i det halve års måleperiode stod på. Det er en forskel på 1,5 grader. Dette kan forklares ud fra den mindre varmetilførsel til forsøgsstalden og mere ventilation. Luftfugtigheden er i gennemsnit 66 % i forsøgssektionen mens den er 61 % i referencesektionen. Dette skyldes at fugtigheden udenfor det meste af året er over 60 %, hvorfor fugtigheden stiger med stigende ventilation. Dette gælder dog ikke tørre sommerdage og i frostvejr, hvor forholdet er omvendt.

I det halve år, hvor vi har målt intensivt på energiforbruget med og uden brug af intelligent overdækning, blev temperaturen ved indsættelse indstillet til omkring 25 grader for både forsøgs- og referencestalden. Det var landmandens erfaring, at grisene trives bedst ved denne temperatur. Indsættelsestemperaturen kan ifølge VengSystem indstilles et par grader under normal temperatur, hvilket ville have øget temperaturforskellen. Det var ikke muligt at observere signifikant forskel i gylletemperatur mellem forsøgs og referencestalden pga. for dårligt datagrundlag. Det vurderes dog at temperaturen af gylleoverfladen vil følge staldtemperaturen. Ammoniakemissionen fra stalde med Intelligent overdækning bør derfor være mindre og luftkvaliteten bedre. Dette mangler dog endeligt at blive bekræftet.

Varmeforbrug i to-klimastald på anden besætning

Tabel 5. Energiforbruget til opvarmning af to-klimastalden i sektion 1 og 8 fremgår af tabellen

kWh/ produceret svin	Stald 8	Stald 1	Stald 8	Stald 1	Stald 1	Stald 8	
	Jun.-jul.	aug.-sep.	sep.-okt.	okt.-nov.	dec.-jan.	dec.-jan.	middel
Gulvvarme	1,1	4,3	2,4	5,6	5,3	12,4	5,2

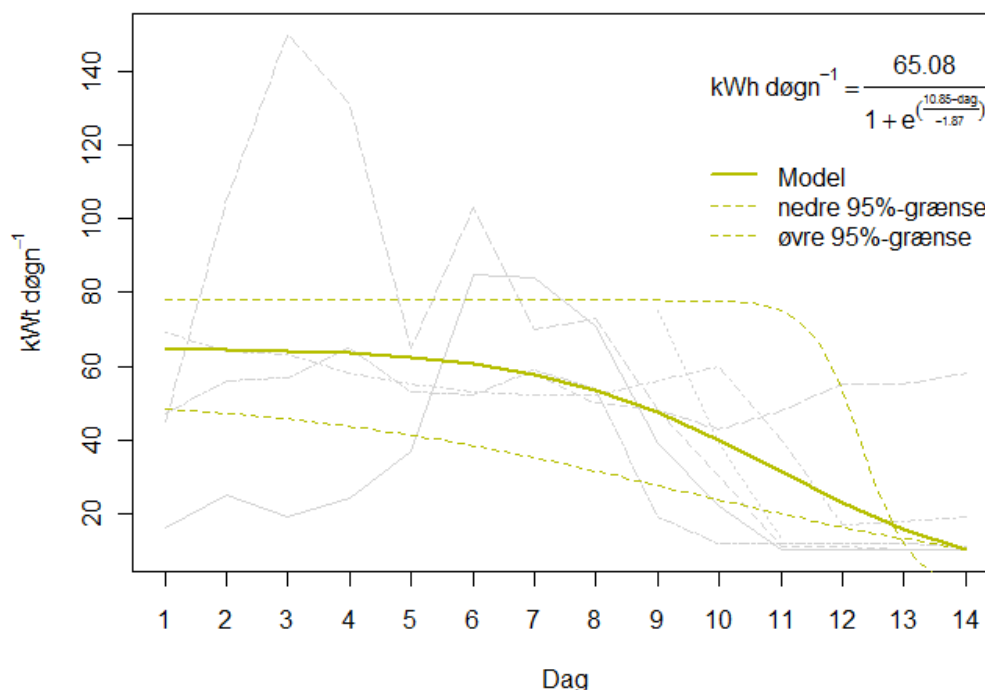
For at få en ide om niveauet for energiforbruget i to-klimastalde har vi også målet energiforbruget på én anden besætning i 2 klimastalde med gulvvarme. Stalden er tilsvarende opbygget med delvist fast gulv og har undertryksventilation med luftindtag via. loftsventiler. Data er blevet opsamlet via et logningssystem fra GridManager. Tallene i tabel 3 viser, at der er meget større spredning mellem sommer og vintermålinger, og at det gennemsnitlige niveau ligger over dobbelt så højt som besætning 1 og også højere end normen på 3 kWh per produceret svin. Det højere energiforbrug til opvarmning skyldes sandsynligvis, at stalden er dårligere isoleret, dette forklarer også den store årstidsvariation. Det ekstraordinære høje forbrug i december og januar for stald 8 tyder dog på en regulerings fejl. Samlet set ligger energiforbruget per produceret svin dog tæt på det beregnede norm.

Overvågning af energiforbruget

Med online overvågning af varmekonsumet i alle sektioner er det muligt at reagere på en reguleringsfejl og få rettet op fejlen i tide. Vha. webplatformen, som er udviklet i projektet, er det muligt at sætte et budget per varmekonsumerende enhed. Overtræder landmanden denne grænse, vil han blive gjort opmærksom på uoverensstemmelsen via. et blinkende symbol eller en sms.

På figur 4 er energiforbruget til varme fordelt på dage over flere hold samlet. Ved at modellere disse data kan man forudsige hvordan energiforbruget med størst sandsynlighed vil komme til at se ud. Jo flere data modellen får fra forskellige sketione og tidspunkter på året, desto mere præcist kan den forudsige energiforbruget. Modellen kan herefter bruges til at fastsætte grænser for hvad der kan accepteres på forskellige dage efter indsætning og på forskellige tidspunkter på året. Man kunne f.eks. vælge at acceptere et udsving på 95 % af konfidensintervallet.

Det er meningen at en lignende model skal indbygges i webplatformen, således at den kan bruges til at lægge budgetter og sætte grænser for energiforbruget. Teknologien vil f.eks. også være nyttig til overvåge energiforbruget fra ventilationen, da et defekt spjæld eller kugleleje hurtigt vil blive opdaget.



Figur 11 Model for energiforbrug i traditionel klimastald som funktion af holddag. Modelusikkerheden er vist som modelprædiktioner med parameterestimaterne sat til deres hhv. nedre og øvre 95%-konfidensintervalsgrænse.

Vurdering af funktionalitet og driftsstabilitet for intelligent overdækning

Under forsøget blev der løbende holdt opsyn med anlægget og produktionen. Der er ikke observeret nogen større dødelighed i forsøgssektionen eller en lavere tilvækst.

Det blev observeret, at grisene i forsøgssektionen en uge efter indsættelse generelt var pæne. Ifølge landmanden er udtørring endnu vigtigere ved brug af intelligent overdækning, da man normalt ikke starter gulvvarmen op dagen før indsættelse, som tilfældet er i referencesektionen.

En uge inden levering så grisene i forsøgssektionen generelt pæne ud, men var dog lidt uens. Det vurderes, at smågrisene generelt trives med det nye system.

En smågrisestald med intelligent overdækning kræver lidt mere service end en normal to-klimastald. For det første er det vigtigt at kontrollere, at alle varmelamper er velfungerende. Dernæst er det vigtigt at kontrollere wiren, der løfter overdækningerne, da den kan springe. Da overdækningen fungerer som isolerende barriere ud mod stalden, er det vigtigt, at frontpladen er helt tæt, så der ikke slipper varme ud den vej. Endeligt er det essentielt, at anlægget startes korrekt, således at alderen på både overdækning, IR-styringen og ventilationsanlæg nulstilles inden indsætning. Hvis anlægget ved en fejl derimod genstartes midt i en periode, vil det føre til et overforbrug af varme.

Pga. de automatiske overdækninger er der normalt mindre arbejde i klimastalden. Overdækningen løftes nemlig automatisk i alle stier, hvorved der spares arbejdet med at indstille dem. Hvis overdækningen ikke bliver løftet op i tide kan det føre til øget svineri.

VengSystem har fornyligt lavet en softwareudvidelse, så IR styringerne bliver nulstillet automatisk, når overdækningsstyringen bliver nulstillet, hvilket gør systemet mere brugervenligt.

Ud af det samlede energiforbrug i landbruget udgør energiforbruget til opvarmning den suverænt største post. Hele 53 % af det samlede energiforbrug til opstaldning af husdyr bruges til opvarmning. Der er derfor god grund til at gå varmesystemet grundigt efter. Meget kan hentes ved bedre isolering af staldene og regulering af varmen. Intelligent varmestyring, som vi har set et eksempel på til brug i to-klimastalde, vil også kunne bruges i en farestald, hvor det forventes, at lige så meget energi kan spares.

Konklusion

Energibesparelsen af intelligent overdækning er nu afprøvet i en to-klimastald.

Varmeforbruget i kWh pr. produceret svin blev beregnet til 1,06 kWh per produceret svin ved brug af intelligent overdækning. Til sammenligning var varmfeforbruget pr. produceret svin 1,85 kWh i en identisk stald med gulv- og rumvarme. Dette giver en samlet besparelse på 43 procent. Der var ikke yderligere behov for gulv- eller rumvarme i forsøgsstalden, og det vurderes, at smågrisene trives med systemet. Ved udskiftning eller ombygning af ældre staldsystemer er der potentiale for endnu større besparelser. Temperaturen i forsøgssektionen var i gennemsnit 1,5 grader køligere end i referencestalden, hvilket indikerer lavere ammoniakemission og bedre luftkvalitet.

2011

ELSPOT MODUL

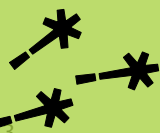
-FLEKSIBILITET I ELFORBRUGET

UDVIKLING OG DEMONSTRATION AF ENERGIBESPARENDE TEKNOLOGI TIL LANDBRUGET



Af Jørgen Pedersen

Projektet blev gennemført med støtte fra EUDP



Sammendrag

Rapporten indeholder resultaterne fra en undersøgelse af en nyudviklet teknologi, det såkaldte Elspot modul, til styring af elforbruget. Undersøgelsen er gennemført i perioden 15. december 2010 – 15. januar 2011. Undersøgelsen er udført for IKT agro, der har videreudviklet teknologien. Der er gennemført analyser at udbyttet ved anvendelse af elspot-modulet på en fodermølle. Fodermøllens elforbrug svingede fra ca. 60 – 150 kWh/døgn med et gennemsnitligt forbrug på ca. 100 kWh/døgn.

I undersøgelsen blev det fundet at landmanden kan spare 25 %, i udgifter til el, ved anvendelse af elspot modulet sammenlignet med et gennemsnitligt forbrug og afregning ud fra den aktuelle strømpris. Sammenlignet med fastpris afregning er besparelsen dog kun på 15 %. Ved at øge fodermøllens størrelse kan antallet af driftstimer reduceres. Eksempelvis vil en fordobling af kapaciteten halvere antallet af driftstimer. Det giver en besparelse i omkostningen til el på ca. 55 %, ved brug af elspot modulet.

Elspot vil uden videre kunne anvendes på andre typer af driftsinstallationer, hvor driften kan flyttes vilkårligt inden for et døgn.

Beskrivelse af Elspot

Elspot-modulet er et timerbaseret system til styring af elforbrug. Systemet modtager på et fast tidspunkt hvert døgn de næste 24 timers elpriser fra Nordpools elspotmarked (www.nordpool.com). Strømprisen kan variere betydeligt fra time til time.

På grundlag af strømpriserne og en forud fastsat tærskelværdi kan systemet styre driften af en elforbrugende enhed, eksempelvis en elmotor, et varmelegeme, en lysgiver mv. Princippet er, at hvis strømprisen i en given time er under tærskelværdien, bruges der strøm og processen kører, ellers ikke. Der kan dog være andre forhold, som har højere prioritet end strømmen, og som derfor alligevel igangsætter en given proces, selv om tærskelværdien ikke er overskredet.

Ved at benytte den billigere strøm, kan man udnytte den overskudsenergi, der typisk bliver produceret om natten fra f.eks. vindmøller. Herved opnås ikke alene en besparelse for brugeren og en mindre CO₂-udledning, men også en samfundsmæssig optimering af elforbruget.

Foruden styring efter elpris-niveauet kan systemet indsamle driftsdata (effektoptag, energiforbrug og driftstidspunkter) samt udføre overvågning og afgive alarm. Systemet kommunikerer med en web-server, så brugeren via internettet kan overvåge driften og konfigurere håndteringen af data fra Nordpool.

Elspot-modulet eller en tilsvarende teknologi vil være hensigtsmæssig at anvende alle de steder, hvor det er muligt at praktisere fleksibilitet i elforbruget. Eksempelvis vil driften af en fodermølle, der formaler korn til foder, lige så vel finde sted om natten som midt på dagen, hvor elprisen i reglen er relativ høj.

Elspot modulet er udviklet af Gridmanager i samarbejde med IKT Agro.

Metode

Udbyttet ved anvendelse af prisoptimeret styring af elforbrug er analyseret på basis af elmålinger foretaget på en fodermølle. Fodermøllen er opstillet på en landbrugsejendom, og den formaler dagligt korn til foder til en større svineproduktion på ejendommen. El-målingerne er foretaget i perioden 15. december 2010 til 15. januar 2011.

Analysen giver svar på følgende spørgsmål:

- Hvor stor er gevinsten ved frit at styre driften af fodermøllen efter de billigste timer i døgnet?
- Hvor stor er gevinsten ved at styre driften af fodermøllen med en timer?
- Hvor stor er gevinsten ved at investere i en større fodermølle, for derved at få færre driftstimer?

I analysen anvendes der fire forskellige modeller for beregning af omkostningen til el:

1. Fast pris (forbruget ganget med en fast elpris i perioden)
2. Aktuel pris (det aktuelle og tidsægte forbrug ganget med de relevante elspot-priser fra Nordpool)
3. Elspot (elforbruget fordelt ud på de billigste timer i døgnet og ganget med de pågældende timers elspot-priser)
4. Timer (timerstyret forbrug lagt fra kl. 23 hver aften og fremad – time for time er forbruget ganget med elspot-priserne)

Vedrørende el-priserne:

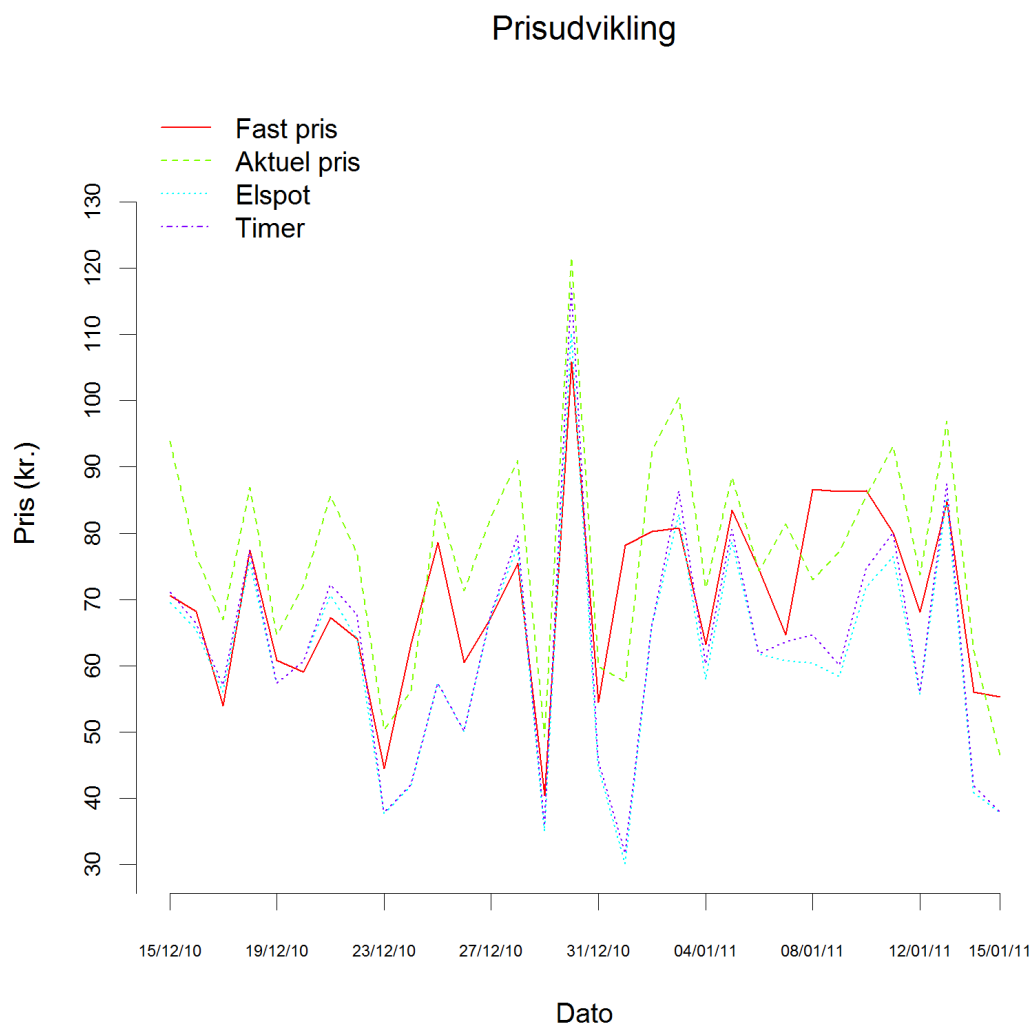
- De anvendte elspot-priser fra Nordpools elspotmarked er oplyst i Euro/MWh af det elselskab, som landmanden benytter. For omregning til kr./kWh er der anvendt en Euro kurs på 745,33 (Nationalbankens hjemmeside den 21. januar 2011). Landmanden køber en del af strømmen til elspot-priser.
- Oven i elspot-priserne er lagt en transmissionsafgift på 0,30 kr./kWh, som landmanden skal betale for al den strøm, der anvendes på ejendommen.
- Med fast elpris menes en fast el-pris på 0,70 kr./kWh (denne el-pris er inklusiv transmissionsafgift). Landmanden køber en del af strømmen til den nævnte faste elpris.

Der er desuden beregnet følgende nøgletal:

- Hvilket effektoptag defineres ud fra data som fodermøllens fuld last?
- Hvor meget strøm er der brugt i den betragtede periode, og hvad har det kostet?
- Hvad er den gennemsnitlige driftstid pr. døgn?
- Hvad har været den billigste dag? Hvad har været den dyreste dag?
- Hvad har været den billigste time? Hvad har været den dyreste time?

Resultater af analysen

Figur 1 nedenfor viser omkostningen til strøm til fodermøllen pr. døgn for der fire forskellige modeller for elprisen (fast pris, aktuel pris, elspot og timer).



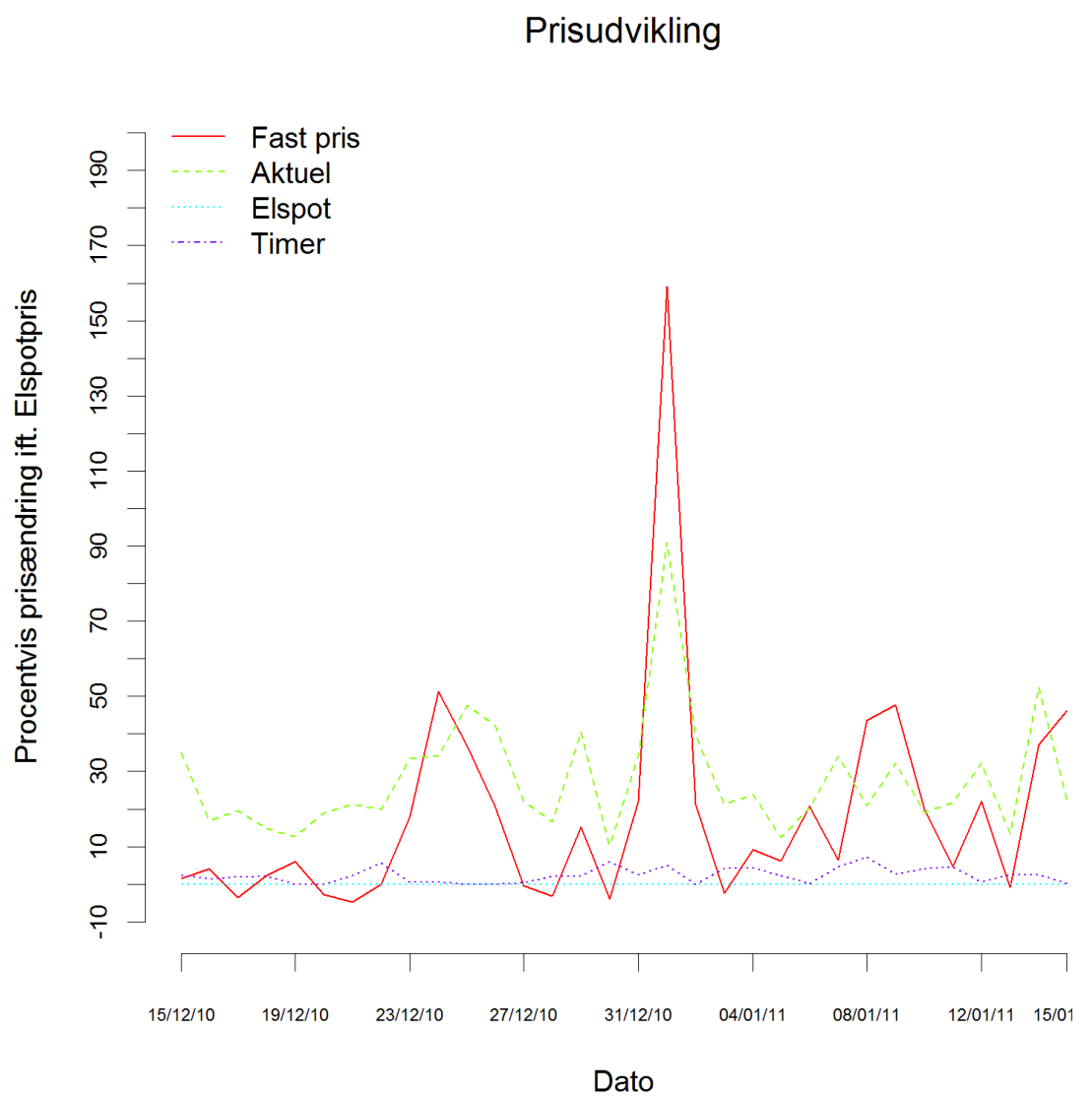
Figur 12 Omkostninger til el til fodermølle pr. døgn for hhv. fast pris, aktuel pris, elspot pris og timer pris.

Af figur 1 ses det, at:

- Der er en betydelig døgnvariation i el-forbruget og dermed el-omkostningen til fodermøllen
- Der er en tydelig tendens til at dyreste model (i.e. højeste omkostning til strøm) er aktuel pris, altså hvor el-forbruget hen over døgnet er ganget med elspot-priserne på de pågældende forbrugstidspunkter.

- Der er en næsten lige så tydelig tendens til at billigste model er timer pris, altså hvor fodermøllen styres af en timer og fast kører fra kl. 23 og det nødvendige antal timer frem.

Figur 2 nedenfor viser den procentuelle forskel mellem de fire prismetoder. Modellen elspot er valgt som reference, dvs. linjen ved 0.



Figur 13. Den procentvise forskel mellem de fire forskellige prismetoder, elspot modellen er baseline.

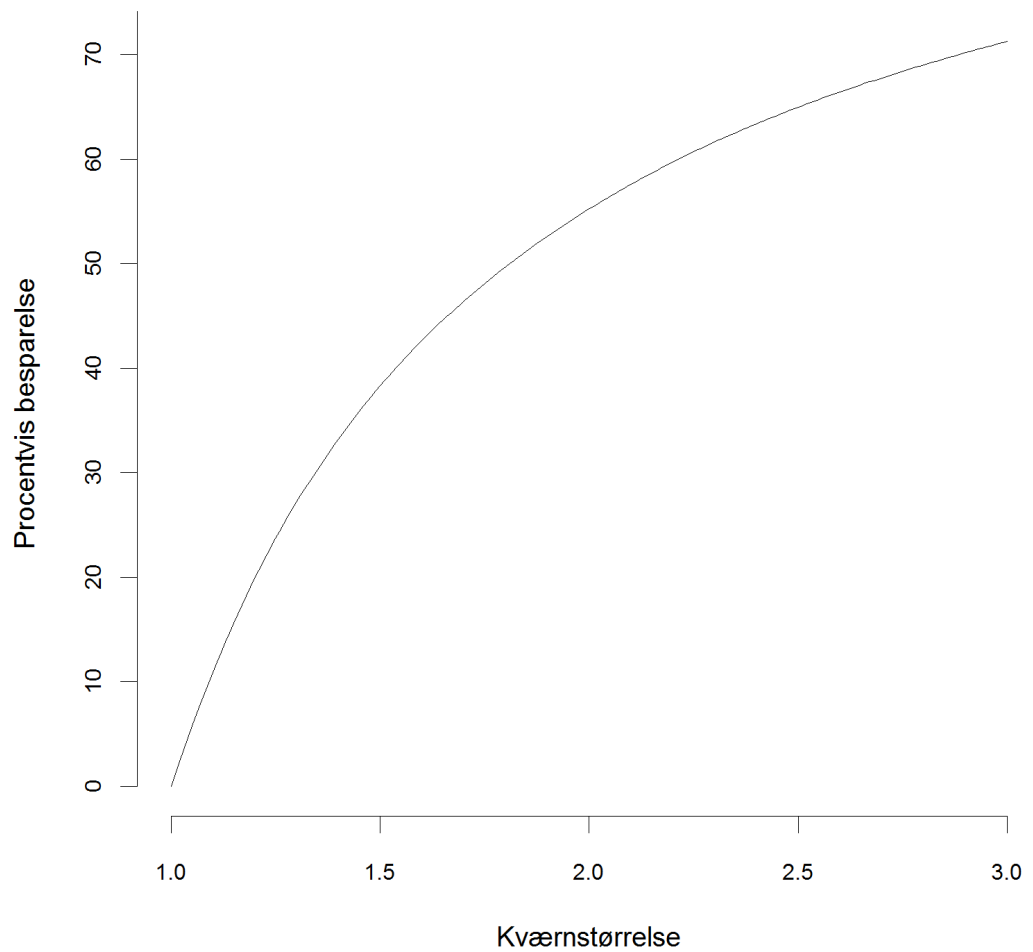
Af figur 2 ses det, at:

- Der er enkelte døgn, hvor fast pris modellen giver en (lidt) lavere omkostning sammenlignet med elspot (kurven gå under 0-linjen)
- Timer modellen er kun lidt dyrere end elspot modellen – fra 0 til 5 %.
- De to modeller, fast pris og aktuel pris, giver procentuelt set markant større omkostning til el end elspot (og i øvrigt også i forhold til timer modellen).
- Modellen aktuel pris giver i størstedelen af perioden en større el-omkostning end fast pris modellen

Figur 3 viser den procentvise besparelse ved at fodermøllens kapacitet (størrelse). Den aktuelle fodermølles størrelse er angivet ved kværnstørrelse 1. Landmanden har under forsøget investeret en større kværn, hvor at kunne udnytte de billige strømpriser om natten.

Besparelse ved større kværn

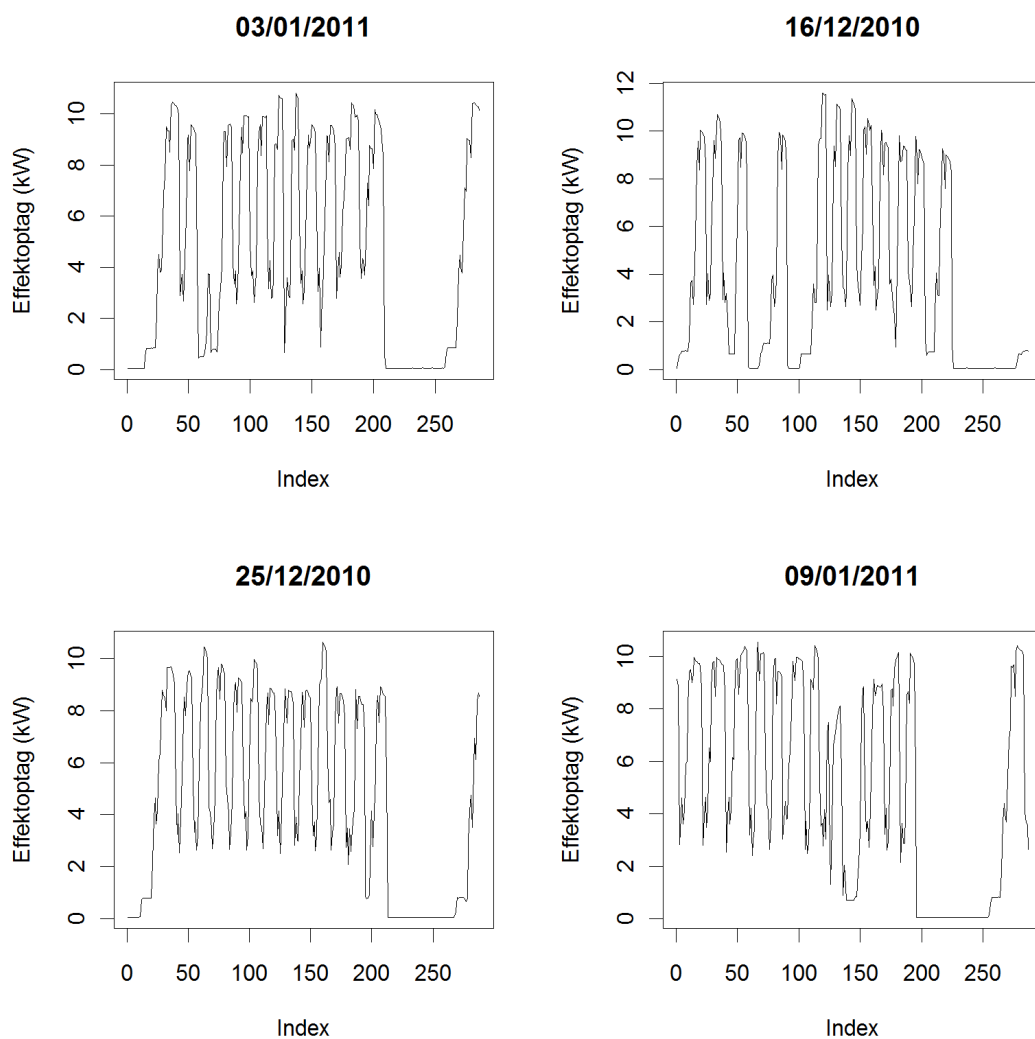
Størrelse 1 svarer til den anvendte kværn



Figur 14 Den procentvise besparelse ved at øge fodermillens (kværn) størrelse. Ved en kværnstørrelse på 2, dvs. dobbelt kapacitet i.f.t. aktuel kværnstørrelse, halveres antallet af driftstimer. Det giver en besparelse i omkostningen til el på ca. 55% (el-omkostninger regnet efter model elspot).

Resultat af nøgletalsberegninger

For fire tilfældigt udvalgte datoer er effektoptaget analyseres. Resultatet ses af figur 4. På grundlag heraf vurderes det, at "fuld last" på fodermøllen medfører et effektoptag på 9,5 kW.



Figur 15. Fodermøllens effektoptag for fire tilfældigt udvalgte datoer. Index angiver

Hvor meget strøm er der brugt i den betragtede periode, og hvad har det kostet? Se tabel 1.

Tabel 1. Gennemsnit, minimum og maksimum for el-forbrug, driftstimer og el-omkostning til fodermølle. Tallene er døgnværdier.

	Døgnforbrug (kWh)	Driftstimer	Aktuel pris (DKK)	Fast pris (DKK)	Elspot pris (DKK)	Timer pris (DKK)
gennemsnit	100	10,5	77	70	61	63
min	58	6,1	46	40	30	32
max	151	15,9	122	106	110	117

I gennemsnit forbruger fodermøllen ca. 100 kWh pr. døgn med en variation gående fra ca. 58 kWh til 151 kWh pr. døgn. Driftstiden er i gennemsnit godt 10 timer pr. døgn med en variation fra minimum 6 timer til næsten 16 timer pr. døgn.

Tabel 1 viser at prismodellen "aktuel pris" er den dyreste afregningsmodel, uanset døgnforbrug. Ved et gennemsnitligt og minimumforbrug er elspot pris og timer pris væsentlig billigere end hhv. aktuel pris og fast pris. Ved maksimum er fast pris den billigste afregningsmodel.

Hvad er den gennemsnitlige driftstid pr. døgn – er det forskel på hverdag og weekend? Se tabel 2.

Tabel 2. Middel antal driftstimer pr. døgn for hhv. hverdag (mandag-fredag) og weekend (lørdag-søndag).

	Middel antal driftstimer pr. døgn	Nedre 95 % konfidensgrænse	Øvre 95 % konfidensgrænse
weekend	11,1	10,7	11,5
Hverdag	10,3	10,1	10,5

Hvad har været den billigste dag med elspot priser?

Den billigste dag i perioden var 1. januar 2011. Her var den billigste time fra kl. 07-08 med en pris på 0,05 kr. pr. kWh (fratrullet transmissionsafgiften på 0,30 kr. pr. kWh har strømprisen været – (minus) 0,25 kr. pr. kWh, hvilket betyder, at landmanden har fået en betaling på 0,25 kr. pr. kWh i den pågældende time). Denne time var i øvrigt den billigste time i hele perioden. Den dyreste time på den 1. januar var fra kl. 18-19 med en pris på 0,82 kr. pr. kWh.

Hvad har været den dyreste dag med elspot priser?

Den dyreste dag var den 21. december 2010. her var den billigste time fra kl. 03-04 med en pris på 0,64 kr. pr kWh. Den dyreste time denne dag var fra kl. 17-18 med en pris på 1,02 kr. pr. kWh.

Hvad har været den billigste time med elspot priser?

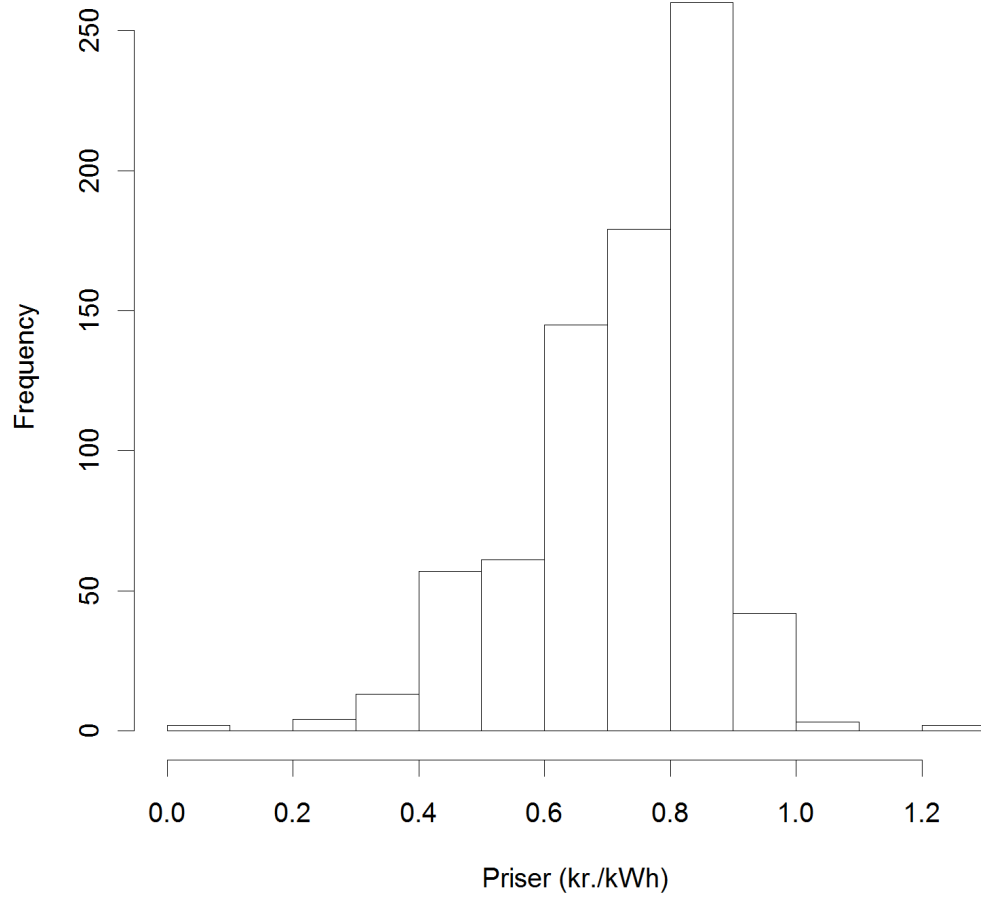
Se ovenfor.

Hvad har været den dyreste time med elspot priser?

Den dyreste time var den 15. december 2010 fra kl. 17-18 med en pris på 1,28 kr./kWh.

På figur 5 vises et histogram med en frekvensfordeling for alle timepriserne på Nordpools elspot marked (tillagt en transmissionsafgift på 0,30 kr. pr. kWh) i perioden 15. december 2010 til 15. januar 2011.

Histogram



Figur 16 Frekvensfordeling for elspot timepriserne i perioden 15/12/2010 til 15/01/2011. priserne er angivet i kr./kWh inklusiv transmissionsafgift på 0,30 kr./kWh.

Konklusion

- Fodermøllens el-forbrug svinger fra ca. 60 – 150 kWh/døgn med et gennemsnitligt forbrug på ca. 100 kWh/døgn
- Med et fuldlast effektoptag på ca. 10 kW svarer elforbruget til en daglig driftstid på minimum 6 – 16 timer, i gennemsnit 10,5 timer.
- Modellen "aktuel pris" er dyreste afregningsmodel - den er 25 % dyrere end billigste model (Elspot). "Aktuel pris" er tillige 10 % dyrere end "Fast pris".
- Modellen elspot er generelt billigste afregningsmodel (dog er der enkelte døgn, hvor fast pris var billigst)
- Modellen timer er kun lidt dyrere (0-5 %) end elspot.
- Ved at øge fodermøllens størrelse kan antallet af driftstimer reduceres. Eksempelvis vil en fordobling af kapaciteten halvere antallet af driftstimer. Det giver en besparelse i omkostningen til el på ca. 55 % (el-omkostninger regnet efter model elspot).

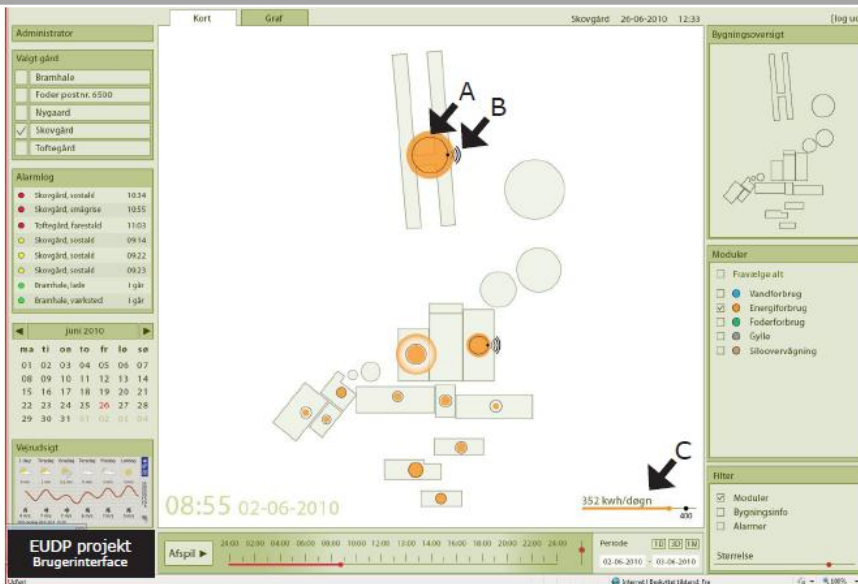
Undersøgelsen har vist, at der er væsentlige besparelsemuligheder ved at flytte strømmen til de timer på døgnet, hvor elprisen er relativ lav. Analysen vist at forskellen mellem timer og elspot er begrænset. Det skyldes naturligvis, at de billigste elpriser generelt set ligger i nattetimerne. Ved anvendelse af timer, der styrer driften til nattetimerne, kan der opnås samme effekt som ved anvendelse af elspot-modul; elspotmodul vil typisk også lægge driften til nattetimerne, men har desuden mulighed for fleksibelt at udnytte billige timer på andre tidspunkter af døgnet.

Elspot og timer vil kunne anvendes på andre typer af driftsinstallationer, hvor driften kan flyttes vilkårligt inden for et døgn.

2011

WEBBASERET BRUGERINTERFACE TIL MONITERING AF ENERGIFORBRUG

UDVIKLING OG DEMONSTRATION AF ENERGIBESPARENDE TEKNOLOGI TIL LANDBRUGET



Af Thomas Krogh Hansen
& Philipp Trénel

Projektet blev gennemført med
støtte fra EUDP

Sammendrag

I projektet er der udarbejdet en Proof of Concept model (herefter PoC) og en prototype af et webbaseret brugerinterface. PoC løsningen er et design-forslag, hvor ideer til interaktionen bliver afprøvet. PoC modellen ligger til grund for prototypen, hvor de rigtige energidata opsamlet fra bedrifterne, behandles.

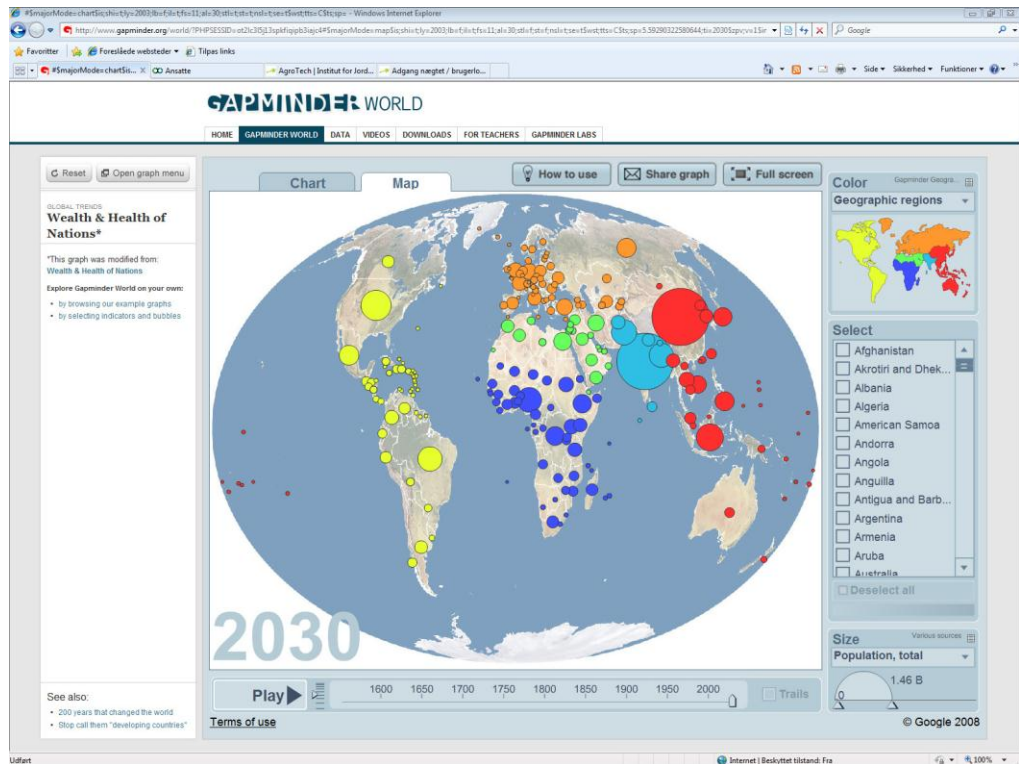
PoC modellen

Krav specifikation:

1. Grafisk visning af energimålinger. Hvordan vises store mængder data?
2. Let overskueligt interface
3. Mulighed for at få vist energimålinger fra flere gårde samtidig.
4. Mulighed for at integrere energimålingerne med andre data så som vand, foderforbrug, alarmsystemer osv. Energimodulet skal kunne fungere som selvstændig applikation, men også kunne integreres i andre Management systemer i landbruget.
5. Mulighed for benchmarking eller indtastning af budgettal (Hvad er det forventede forbrug).

Energi data bliver typisk vist som grafer og kurver. Ulempen er, at det er svært at danne sig et overblik ved hjælp af grafer og kurver. I EUDP projektet skal brugeren (landmanden) have mulighed for at overvåge flere bedrifter på engang, med samtidig også have mulighed for at få vist mere detaljerede informationer omkring energiforbruget.

Via research fandt vi frem til en ny måde at vise store mængder data. Gapminder er et grafisk webinterface, hvor det er muligt at danne et overblik over fx befolknings-tilvæksten på verdensplan. Gapminder viser et verdenskort, hvor der er placeret en cirkel ved hvert enkelt land. Vha. en tidslinje, som kan afspilles over en bestemt periode, bliver cirklene større eller mindre alt efter, hvordan befolknings-tilvæksten har været i de enkelte lande i perioden.



Figur 1.

Gapminders måde at præsentere data på blev afprøvet og testet i PoC modellen og viste sig at være særdeles effektiv til at danne overblik i større mængder data.

Da der samtidig skulle være mulighed for at få vist mere detaljerede informationer omkring energiforbruget, blev interfacet opbygget i niveauer (se figur 2).

1) Fler-gårds niveau

Giver brugeren et samlet overblik over flere gårde på én gang. Over hver gård er der placeret en cirkel (Energi indikator), der viser det samlede energiforbrug for hver gård. Hvis der klikkes på en af gårdene ledes brugeren til niveau 2.

2) Gård niveau

På gård niveau vises nu energiforbruget i hver enkel bygning vha. cirkel Energi indikatorerne. Ved at klikke på en bygning ledes brugeren til niveau 3.

3) Stald niveau

På stald niveau vises de enheder, der forbruger energi i denne bygning fx ventilator, foderanlæg og lys. Hvis der klikkes på en enhed, ledes brugeren til enhedsniveau.

4) Enheds niveau

Energiforbruget for de enkelte enheder vises som kurve eller graf.



Figur 2.

Detaljeret beskrivelse af PoC modellen

Kort, Bygningsoversigt, Moduler (A) (se figur 3).

Hovednavigationen foregår ud fra en simpel plantegning over bedriften.

Interaktionen sker som i Google Maps. Scroll, zoom ind og ud på kortet og ved at holde venstre musetast nede, bevæges kortet, når musen flyttes.

De farvede cirkler på kortet (a1) varierer i størrelse alt efter hvor stort et forbrug, der har været. De orange cirkler viser det samlede energiforbrug i de pågældende bygninger.

I bunden er det muligt at afspille en animation over tid (a2), og perioden kan varieres nederst til højre (a3).

Filtre (B)

Moduler:

Cirklerne på kort vises/vises ikke.

Fx aktiveres de orange cirkler, hvis Energiforbrug er valgt.

Bygningsinfo:

Navn og anden info om de enkelte huse vises/vises ikke.

Alarmer:

Alarmer i kategori gul og grøn vises/vises ikke.

Størrelse:

Tilpasser cirklerne på kortet i bedst viste størrelse.

Valgt gård (C)

Al info på siden refererer til den valgte gård. I "Graf" er det muligt at sammenligne fx energiforbrug for flere gårde.

Alarmlog (D)

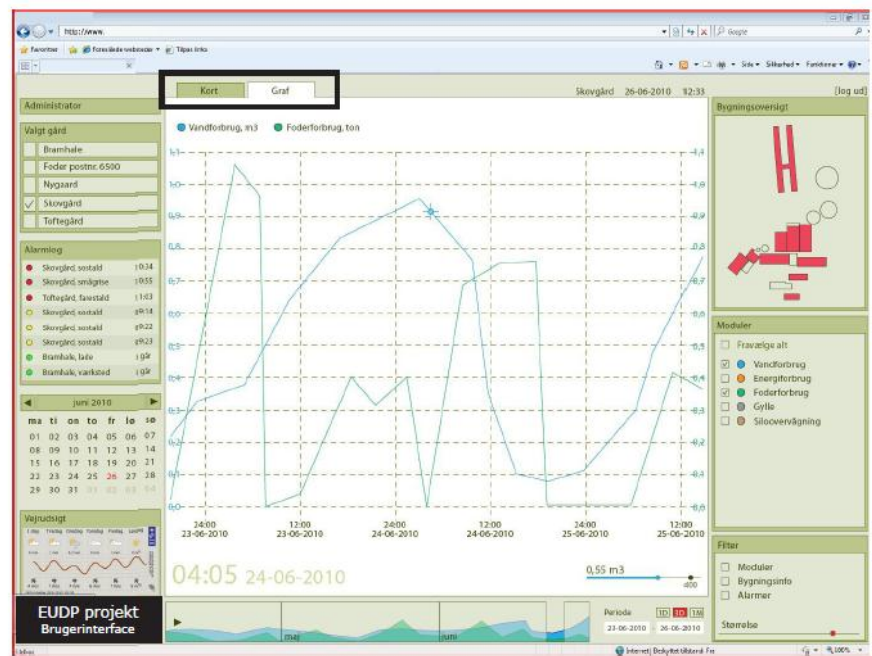
Sidst aktiverede alarmer vises først. Ved klik på vinduet fremkommer hele alarmloggen.



Figur 3.

Graf

For detaljeret visning af data skiftes fra "Kort" til "Graf" øverst til venstre. Det forslås at bruge AM-Charts til graf visning (se figur 4).



Figur 4.

Aflæsning af samlet energiforbrug for de enkelte bygninger (se figur 5)

Kort

I "Moduler" vælges kun energiforbrug. På kortet vises det samlede energiforbrug for hver bygning pr. døgn.

Benchmark

Brugeren har mulighed for at lægge et budgettal ind for hver enkel energikilde i stalden. Den sorte cirkel (A) angiver grænsen for dette budgettal. Hvis budgettallet overskrides, fremkommer en alarm (B).

Det nøjagtige forbrug for denne stald vises nederst til højre (C) ved hjælp af en linje. I dette eksempel bruges der 352 kWh pr. døgn i denne bygning og budgettallet er sat til 400 kWh pr. døgn.



Figur 5.

Aflæsning og budgettal-setup af energiforbrug for de enkelte strømkilder i bygningerne (se figur 6).

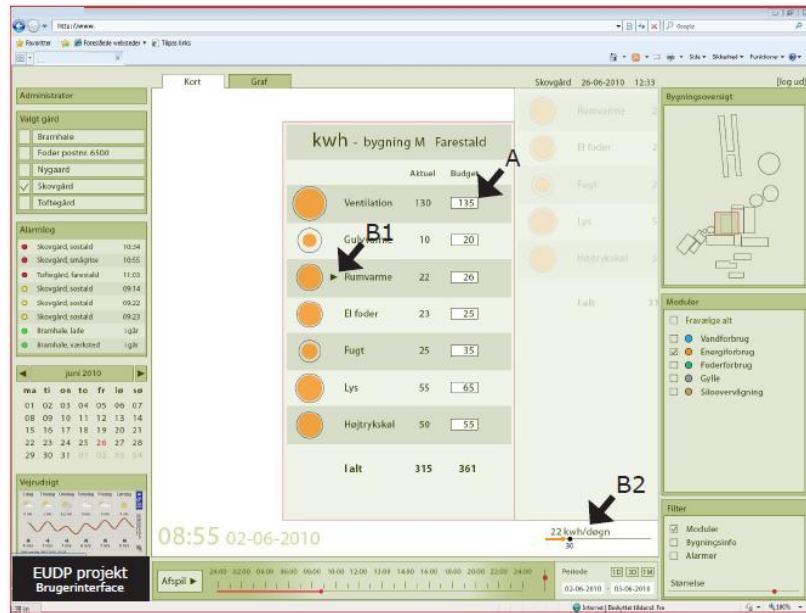
Kort

Når der zoomes ind på en bygning (Scroll), bliver der vist en liste over enkelte strømkilder i en enkelt bygning. Det er til enhver tid muligt at afspille en valgt periode via tidslinjen i bunden. De orange cirkler og tallene til tabellen vil i så fald ændres i takt med tiden og forbruget.

Ved at klikke på en strømkilde markeres den med en pil (B1), og det præcise forbrug vises nederst til højre (B2)

Budget

For hver enkel strømkilde er det muligt at indtaste budgettet i tekstfelterne (A), og budgetgrænsen vil herved også ændre størrelse på cirklerne.



Figur 6.

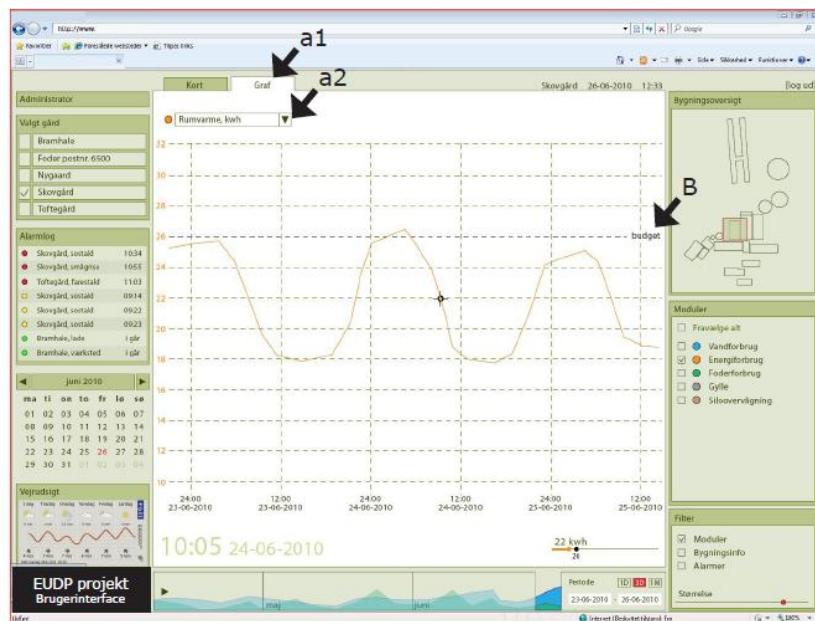
Mulighed for at bruge graf visning (se figur 7).

Graf

Hvis brugeren ønsker at se energiforbruget som grafer, vælges Graf (a1) øverst til venstre. Det er også muligt at skifte visning af de andre strømkilder i rullegardinsmenuen (a2).

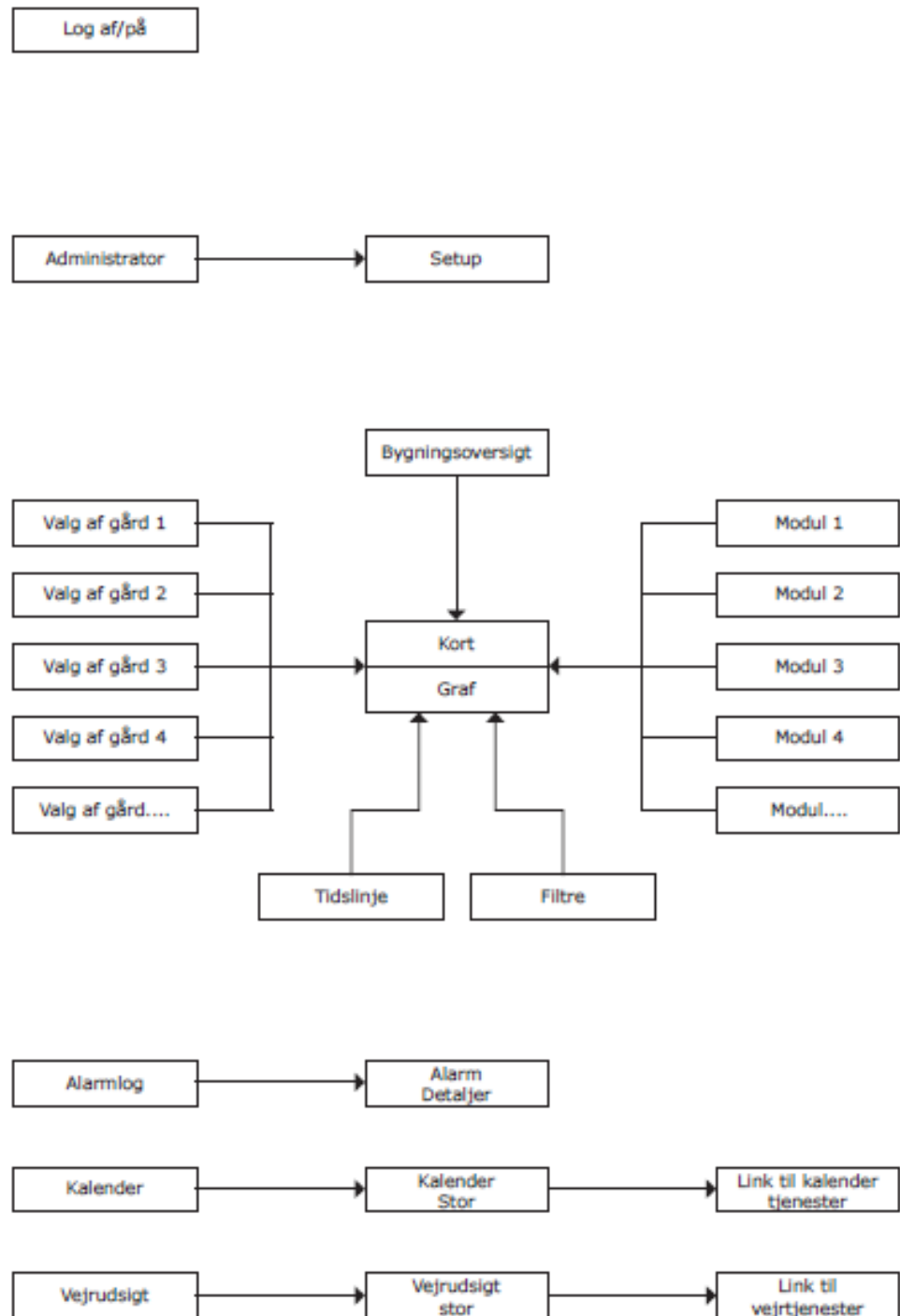
Budgettallet

Budgetgrænsen vises med en kraftigere stiplede linje på grafen (B).



Figur 7.

Flow Chart



Figur 8.

Prototype til et Webbaseret Brugerinterface

Ud fra PoC blev der udviklet en prototype til et webbaseret brugerinterface.

Prototypen er tilgængelig via Analyseplatformen (<http://analyseplatformen.dk/>), som er AgroTechs webbaserede platform til accelereret udvikling af prototyper vha. fokuseret datavisualisering og datahåndtering.

Prototypens workflow er følgende: Data hentes en gang hver halve time fra database serveren med energimålingerne via en ODBC forbindelse. Data processeres i R (<http://www.r-project.org/index.html>), visualiseres i R-grafik og integreres som interaktive html-sider i Analyseplatformen.

Prototypen i Analyseplatformen er brugernavn og adgangskode beskyttet. Efter login er prototypen til at finde under projektet "Energibesparelse i landbruget" i venstre panel.

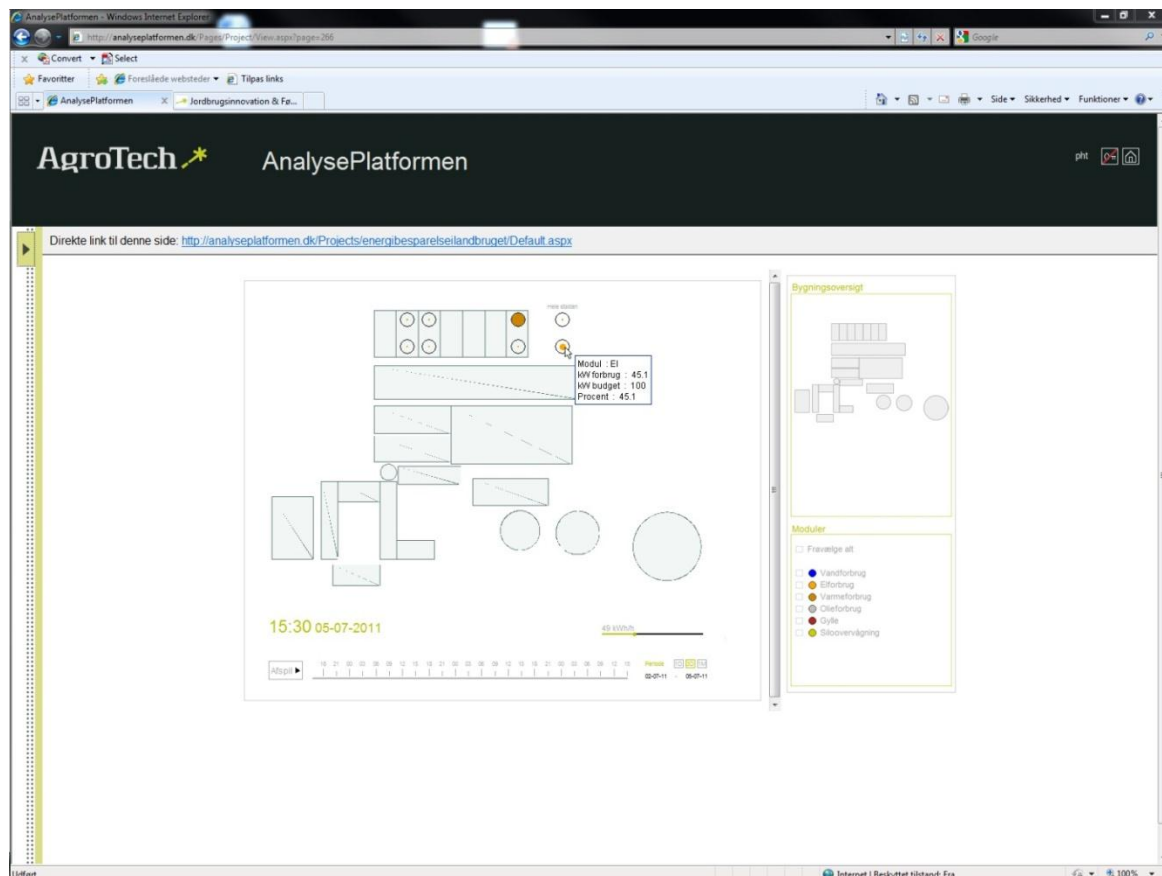
Indgangssiden: det aktuelle energiforbrug

Indgangssiden (se figur 9) præsenterer et skematisk kort over gårdens bygninger i hovedvinduet og det aktuelle energiforbrug for hver sektion og bygning i form af cirkler.

Panelet til højre viser et statisk oversigtskort og en forklaringsnøgle over de målte variabler. Prototypen i sin nuværende version råder kun over data vedr. energiforbruget i form af el og varme.

Bygninger og sektioner, hvor der foretages målinger, er forsynede med sortrandede cirkler, én for varmemeforbruget (øverste række) og én for elforbruget (nederste række).

Under bygningskortet er der vist dato og tidspunkt for den på siden visualiserede aktuelle måling. Til højre for datoer er der vist det budgetterede (sort bjælke) og faktiske (grøn bjælke) samlede energiforbrug på tværs af alle måleenheder.



Figur 9.

Ved at føre musen hen over en cirklen (mouse-over) fremkommer der information vedr. de underliggende målinger: målingens type som varme- eller elmåling, det faktiske forbrug i kW, det budgetterede forbrug i kW og forbruget i procent af det budgetterede forbrug.

Den farvede cirkels radius indikerer forbruget i procent af det budgetterede forbrug.

Et forbrug større end det budgetterede er vist ved, at 1) cirkelns farve skifter til rød og 2) radiusen af den farvede cirkel er større end den sorte cirkel.

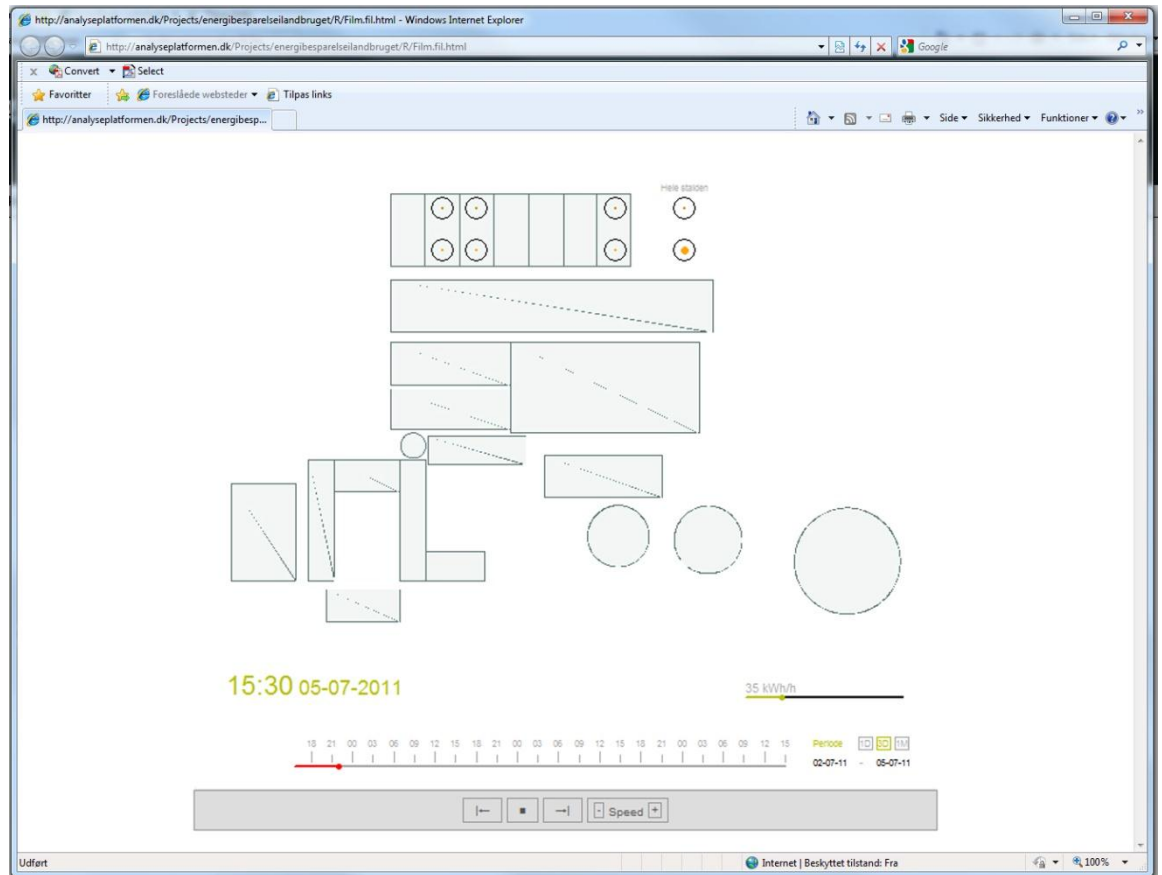
Prototypen benytter sig i sin nuværende version af statiske forbrugsbudgetter. Fremtidige versioner kunne med fordel implementere dynamiske budgetter og kunne udnytte målingernes periodicitet, dvs. det forventede forbrug stiger og falder med tidspunktet på døgnet og med tidspunktet på året (se figur 12).

Holdes musen hen over sektionen, fremkommer sektionens navn.

Ved klik på afspil-knappen nederst til venstre ved siden af afspilningslinjen vises en FLASH-filmsekvens af bygningskortet over de sidste tre dages målinger (Figur 10). Filmen giver et hurtigt overblik over, hvornår der blev overskredet en budgetgrænseværdi.

Ved at klikke på en sektion vises en tabel over det faktiske og budgetterede forbrug for alle måleenheder inden for denne sektion (se figur 11).

Filmsekvensen over de sidste tre dages energiforbrug

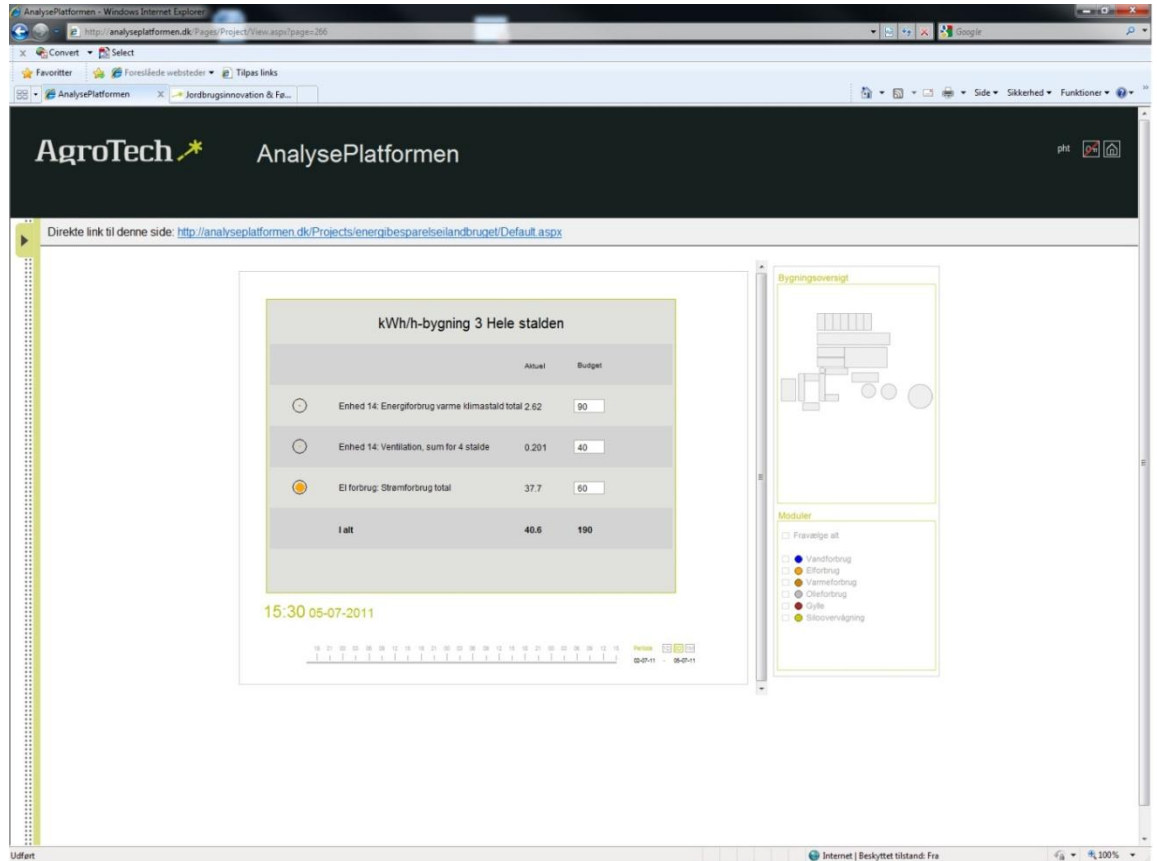


Figur 10.

Tabel over sektionens/bygningens måleenheder

Tabellen viser det faktiske og budgetterede aktuelle forbrug for alle måleenheder inden for den valgte sektion/bygning (se figur 11).

Ved at klikke på en måleenheds række fremkommer en graf over de sidste tre dages energiforbrug (se figur 12).



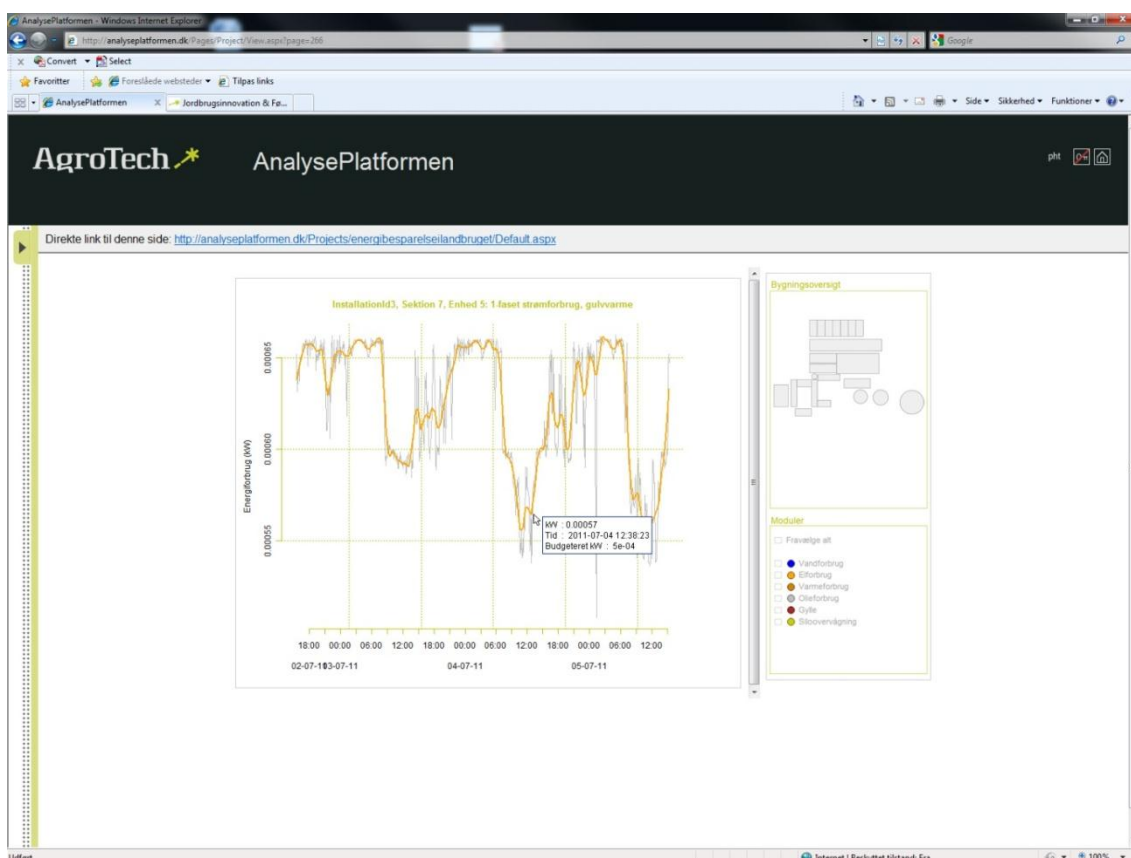
Figur 11.

Graf over måleenhedens energiforbrug over de sidste tre dage

Grafen viser det faktiske energiforbrug (i grå) for den valgte måleenhed over de sidste tre døgn (se figur 12). Den farvede kurve er en udglattet model af de faktisk målte værdier (generalized additive model of b-splines)

Mouse-over funktionen viser det målte og den budgetterede værdi samt måletidspunkt.

Grafen illustrerer målingernes periodicitet, som kunne udnyttes til opsætning af dynamiske grænseværdier (se overfor).



Figur 12.