

Energiforbruk i melkefjøs

Forbruksmønster og mulighet for energisparing

NORSØK RAPPORT | VOL. 6 | NR. 2 | 2021



TITTEL

Energiforbruk i melkefjøs – Forbruksmønster og mulighet for energisparing

FORFATTERE(E)

Lovise Johanne Sæter, Ingvar Kvande

DATO:	RAPPORT NR.		PROSJEKT NR.:
19.02.2021	6/2/2021	Åpen	6084 Energiteknologi
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER:	NO. OF APPENDICES:
978-82-8202-120-3	-	36	-

OPPDRAKSGIVER:

Egen

KONTAKTPERSON:Lovise Johanne Sæter
lovise.saeter@norsok.no**STIKKORD:**

Energi, effekt, energisparing, landbruksroboter

Energy, effect, energy saving, farmrobots

FAGOMRÅDE:

Energi

Energy

SAMMENDRAG:

Med mer automatisering og robotikk øker energibehovet i norske melkefjøs. Samtidig utvikles det stadig ny teknologi og smarte løsninger som reduserer og optimaliserer energiforbruket. Når det kommer varm melk inn i melketanken eller fôret til en hel besetning skal klargjøres og fordeles kreves det mye energi på kort tid. For bonden gir det lavest strømrøgning å spare energi og holde samlet effektforbruk lavest mulig. Flytting av laster/effekttopper hindrer stor belastning på strømmettet. Det forventes at det snart kommer effekttariffer som vil resultere i økte strømutgifter i de mest belastede tidsrommene. Flytting av laster gir i tillegg økt handlingsrom med tanke på å elektrifisere maskiner og kjøretøy på sikt uten å måtte oppgradere nettet. Det kan dermed bety at bonden også slipper å dekke anleggsbidrag til oppgradering av det lokale strømmettet ved økt belastning, for eksempel ved etablering av egenproduksjon eller ny elektrifisering.

Data fra tre ulike gårder med melkeproduksjon viser at det brukes mest energi om dagen og mindre om natten. Robotfjøs kan likevel ha enkelte operasjoner om natten. Det brukes mer energi i fjøsen om vinteren enn om sommeren. De fleste kyrne melker året rundt. Melketank, melking med tilhørende vasking og fôringsanlegg har størst effektforbruk. Det er besparende å unngå at disse går på full effekt samtidig. Energiproduksjon på gården kan bidra til å kutte de høyeste toppene. Med produksjon av biogass kan man i tillegg styre produksjonen etter når det er behov for energien.

Mange kraftselskaper tilbyr energioptimaliseringssystem og smart styring, der laster kan skrus av og på etter forventet vær og strømpris. Det finnes også teknologi der mindre viktige laster skrus av når prioriterte apparater jobber. Dersom man flytter mer forbruk til natten må man sørge for at sikkerheten er ivaretatt med jevnlig sjekk av det elektriske anlegget og gode rutiner for brannvarsling.

For å finne ut mer om energiforbruk i landbruket og hvordan man kan redusere det, må man foreta flere nøyaktige målinger og teste ut energioptimalisering og energistyring ute i en fjøs. I forlengelsen av dette arbeidet vil det være naturlig å se på andre husdyrproduksjoner som svin og kylling, som har et større varmebehov. Det er også aktuelt å se mer på forskjeller mellom økologisk og konvensjonell drift.

SUMMARY:

The Norwegian dairy farms has had a revolution regarding automation and robotics in the barn. This has led to an increase in the energy demand. At the same time, new technology and smart solutions are constantly being developed to cut and optimize power consumption. When hot milk enters the milk tank or the food is prepared and distributed, a lot of energy is required in a short time span. For the farmer, a low electricity bill is created by saving electricity and keeping the total power peak as low as possible. Low power consumption will also prevent heavy loads on the power grid. If the loads are high, the farmer may have to cover construction contributions for upgrading the local power grid. Moving loads/power peaks also prevents heavy loads on the mains. It is expected that there will soon be power tariffs that will result in increased electricity costs during the most congested periods. Moving loads also provides increased room for maneuver with a view to electrifying machines and vehicles in the long term without having to upgrade the network.

After studying three different farms with milk production, we have seen that most electricity is used during the day and less at night. Robots may still have some operations at night. Most electricity is used in the barn in the winter compared to the summer. Most farms milk all year round. Milk tank, the milking machines and the feeding system have the largest power consumption. It is economical to avoid all these running at full power at the same time. Biogas production of electricity can help to cut the highest peaks, if you program the power plant according to when electricity is needed.

At the same time, there are many power companies that offer energy optimization systems and smart control, where components can be turned on and off according to expected weather and electricity prices, or where other components are turned off when priority appliances work. If you move more of the power consumption to the night, you must ensure good routines for electrical check-ups and fire alarms.

To find out more about energy consumption in agriculture and how to reduce it, one must make more accurate measurements and test energy optimization and power management in a barn. It may also be important to look at other forms of production such as pork and chicken, which have a greater heat demand. An interesting study is also to look at differences between organic and conventional barn operation for other agricultural operations.

LAND: Norge
FYLKE: Møre og Romsdal
KOMMUNE: Tingvoll

GODKJENT

Turid Strøm

NAVN

PROSEKTLERER

Lovise Johanne Sæter

NAVN

Forord

I 2018 var det 8 000 melkebruk i Norge. Norske melkeproduksjonsgårder bruker mer energi enn noen gang, ved at melkeroboter, gjødselsroboter og effektive fôringsmaskiner har blitt tatt i bruk. I 2018 kom mer enn 47 prosent av norsk melk fra gårder med melkerobot. Investering i moderne maskiner er ifølge bøndene selv for å få en mer fleksibel arbeidsdag og for å begrense mengden tungt fysisk arbeid (Vik m.fl. 2019).

I denne rapporten er det beskrevet energisparende tiltak for melkefjøs og kartlagt energiforbruk på tre melkegårder, to økologiske og én konvensjonell. Målet er å finne ut hvordan forbruket av energi i melkefjøs varierer i løpet av året og gjennom døgnet. Det er også vist et praktisk eksempel for flytting av last. Det er kun fokusert på energiforbruk i fjøsen i form av strøm, varme og mekanisk energi. Drift på jordet, dieselbruk og energi lagret i bygg eller innkjøpte driftsmidler er derfor ikke medregnet.

Det er viktig for gårdbrukeren å holde kostnadene nede. For en stor gård kan strømkostnaden utgjøre en betydelig utgift i måneden. En måte å redusere energiforbruk fra nettet på er å bygge eget anlegg for energiproduksjon. Dette er ikke i fokus i rapporten, men vi viser kort til virkningen av et biogassanlegg som en del av en utredning på den ene gården. Det heter at den billigste strømmen er den man ikke bruker, hovedfokus er derfor sparing i denne rapporten. Det anslås ikke besparte kostnader i rapporten fordi energiforbruket i en fjøs varierer fra år til år etter antall dyr og hvordan været er. Samtidig svinger strømprisen mye fra år til år.

Det rettes en stor takk til bøndene som har tatt seg tid til å dele informasjon med oss. De er ikke navngitt i rapporten siden vi er pålagt å anonymisere data.

Takk til ansatte i kraftselskapene NEAS, NTE og Sodvin som har kommet med gode innspill for smart energistyring. Landbrukets brannvernforening har bidratt med innspill med tanke på endret forbruksprofil og brannsikkerhet i fjøsen.

Denne rapporten er en del av prosjektet «Energiteknologi» hvor vi har hatt fokus på elektrifisering i landbruket. Prosjektet er finansiert med støtte fra Landbruks- og matdepartementet gjennom den årlige tildelingen som NORSØK mottar.

Tingvoll, 19.02.21

Lovise Johanne Sæter

Innhold

1	Innledning.....	9
2	Tiltak for energisparing	11
2.1	Naturlig ventilasjon og naturlig lys	11
2.2	Varmegjenvinning	13
2.3	Andre tiltak.....	15
2.4	Smart styring og energiovervåking	16
3	Energiforbruk i melkefjøs	17
3.1	Gård 1: Større økologisk melkefjøs	17
3.1.1	Utstyr i fjøsen.....	19
3.1.2	Effektbruk på døgnnivå.....	20
3.2	Gård 2: Mindre, økologisk melkefjøs	22
3.2.1	Laster i fjøsen.....	23
3.2.2	Energiforbruk over året og over døgnet.....	24
3.3	Gård 3: Større konvensjonell gård med svin, storfe og biogassanlegg.....	25
3.3.1	Laster i fjøsen.....	26
3.3.2	Energiforbruk over året	27
3.4	Oppsummering/trender for alle gårdene	29
4	Flytting av effekt.....	30
4.1	Eksempel fra et teoretisk gårdsbruk	30
4.2	Fremtidens laster	33
4.3	Brannsikkerhet	33
5	Konklusjon.....	34
5.1	Videre arbeid.....	34

Tabeller

Tabell 1. Energimengde som kan nyttiggjøres med varmegjenvinning fra melketank.....	14
Tabell 2. Gård 1: Elektriske laster i fjøsen.....	19
Tabell 3. Gård 2: Elektriske laster i fjøsen.....	23
Tabell 4. Gård 3: Elektriske laster i fjøsen.....	26

Bilder

Bilde 1. Justerbare gardiner på gård 1	11
Bilde 2. Fryselagergardiner foran utgangen til luftteveranda på gård 2.. ..	12
Bilde 3. Tanteku med flere kalver på gård 1	17
Bilde 4. Fjøsen på gård 1 har naturlig lys fra mønet i taket og naturlig ventilasjon med justerbare gardiner i veggene.	18
Bilde 5 Ungdyravdelingen på gård 2. Fjøsen er bygd med innredning av tre.....	22
Bilde 6. Storfefjøs på gård 3. Gjødsla lagres i kum før den slippes ned til biogassanlegget.....	25

Figurer

Figur 1. Varmegjenvinning fra melketanken kan benyttes til vannbåren varme, varmt vann eller oppvarming av drikkevann	13
Figur 2. Maks og minimum forbruk per tilfeldig valgt døgn i februar og mai for gård 1.	20
Figur 3. Energiforbruk over året for gård 2. Samlet energiforbruk per måned fra september 2018 til oktober 2020, i kWh.....	24
Figur 4. Energiforbruk gjennom døgnet for gård 2 en tilfeldig valgt dato i februar og i juli samme år.	24
Figur 5. Totalt strømforbruk for hele gård 3 og i storfefjøsen angitt per time i løpet av 30.10.2019. .	27
Figur 6. Måling av effekt i løpet av to tilfeldig valgte døgn i hhv. januar og juli i 2019 i storfefjøsen. På gård 3.....	28
Figur 7. Energiforbruk for hele gård 3 i løpet av et døgn før og et døgn etter igangsetting av biogassanlegget på gården.	28
Figur 8. Total effektbruk per time før flytting av strømbruken i løpet av et døgn. Effekt per time for hver last angitt i tabellen.	31

Begrep og forkortelser

Begrep	Forklaring
Energi	<p>Total energi brukt over en viss tidsperiode. Kan omfatte både elektrisk energi, varme, mekanisk energi osv.</p> <p>Måles i watt per tidsenhet. 1000 Watt i en time = 1 kWh.</p>
Strøm	<p>Strøm er elektrisk energi.</p> <p>Energiforbruk for en måned er oppsummert hver time i måneden.</p>
Effekt	<p>Hvor fort energi omformes. Måles i Watt.</p> <p>1000 Watt = 1 kiloWatt = 1 kW</p> <p>Maskiner med høy ytelse har høyere effekt enn de med lav ytelse.</p>
Effekttopp	<p>Samlet momentan energibruk.</p>
AMS-måler	<p>Avanserte måle- og styringssystem.</p> <p>Begrepet brukes om nye digitale strømmålere som kan gi informasjon om energiforbruk på timesbasis.</p>
Elektrisk last	<p>Delen av en elektrisk krets der nytteeffekten utvikles, som et apparat, en maskin eller et lysrør.</p>
A (Ampere)	<p>Kursstørrelse måles i ampere.</p> <p>Maks watt på en kurs kan beregnes med $\text{Volt} * \text{Ampere} = \text{Watt}$.</p>

1 Innledning

Det er stadig mer populært å investere i klimavennlige løsninger i landbruket. Det kan dreie seg om alt fra solceller til trekonstruksjoner i bygg og presisjonskjøring på jordet. Denne rapporten tar kun for seg energiforbruk og energibesparende tiltak knyttet til fjøs på melkebruk.

Melkeproduksjon er den vanligste husdyrproduksjonen i Midt-Norge. I 2018 kom 47 % av norsk melk fra gårder med melkeroboter, andelen er økende (Vik m.fl. 2019). Når mer arbeid foregår med maskiner går energiforbruket også opp. Basert på et doktorgradsarbeid (Koesling 2017), og driftsgransking for 2016 gjort av NIBIO for melkegårder i Trøndelag, har Trøndelag Forskning og Utvikling estimert antall kWh per kg melk. Der fant de ut at energibruken varierte mellom 0,2 til 0,3 kWh per kg melk (Andersson & Sand 2018).

Strømregningen bestemmes av energiforbruket, men også av effekt for store næringsaktører. Man betaler nettleie etter hvor stor nettkapasitet man har bruk for basert på effekt. Dersom mange apparater står på samtidig, vil man bruke mye effekt og må betale for tilsvarende. Det vil dermed lønne seg å spre energiforbruket utover døgnet og sørge for at spesielt de store, krevende maskinene ikke brukes på samme tid.

Ved at bonden får bedre kontroll på eget forbruk vil han også kunne være bedre forberedt til elektrifisering i fremtiden. Ved å kontrollere samlet last vil man også unngå å måtte oppgradere nettet til å tåle større belastninger, selv om maskinene blir flere. Dette er lønnsomt for både bonde og netteier. Når elektriske traktorer ankommer markedet vil de ha behov for kapasitet i nett og infrastruktur for lading. Da er det en fordel å kunne lade når det er lite energiforbruk ellers, i stedet for å belaste strømmettet mens andre store maskiner bruker energi.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) skal endre prising for strømkunder for å skape insentiv til å fordele energiforbruk, slik at ikke alle belaster nettet samtidig. Dette skal gjøres både i energiledet ved å øke strømprisen på vinteren og gjøre det billigere om natten. Det var også foreslått å innføre effektledd for alle strømkunder (Barstad 2020). Anbefalingen fra NVE ble etter høring endret til å til å gjelde store næringslivskunder med energiforbruk på over 100 000 kWh i året. Ny prisstruktur er tenkt innført fra 1. juli 2021 (NVE 2020). I dag er det store kunder med mer enn 100 Ampere som betaler effektledd basert på maks timesforbruk mellom 08-16 på hverdager (Pers. med. André Gjørven, NEAS Nett).

Kapittel to i rapporten omhandler energisparende tiltak i fjøsen. På bakgrunn av eget og andres arbeid blir det foreslått flere tiltak som kan gjennomføres på melkebruk.

Kapittel tre baserer seg på kontakt med bønder og deres AMS-målerdata. Gårdene omtales som gård 1, gård 2 og gård 3. Her er energiforbruket i hvert fjøs kartlagt og analysert i forhold til energiforbruk per år og dag. Tall vi har kommet frem til er basert på befarings og samtale med bonden, flere tall er derfor omtrentlige. De minste maskinene er også utelatt. På grunn av covid-19 ble gård 1 ikke besøkt. Gård 3 består av flere bygg og er tilknyttet egenproduksjon av varme og strøm og er omfattende å analysere. Det er derfor kun fokusert på energiforbruk i storfefjøsen.

Kapittel fire illustrerer flytting av effekt over døgnet i en teoretisk fjøs for å forsøke å kutte effekttopper.

2 Tiltak for energisparing

2.1 Naturlig ventilasjon og naturlig lys

Kaldfjøs ble mer vanlig i Norge etter at bønder bygde nye fjøs for å gå fra båsfjøs til løsdrift. Forsøk i Nord-Norge viser at man kan spare 10-20 % i bygningskostnader ved å bygge kaldfjøs. Kyr tåler kulde godt, mens fuktighet er et større problem. God ventilasjon uten at snø og regn kommer inn er derfor viktig (Thiis 2007).

Gardiner eller paneler er designet som et alternativ til vegg med vindu, ventilasjonsluker og vifter. Ved å unngå vifter unngår man også støy. Man kan åpne og lukke ventilasjonen manuelt eller automatisk basert på vindstyrke (DeLaval 2013). Dersom man samtidig har automatisk justerte gardiner i veggene, vil man kunne holde en god temperatur inne i fjøsen (Bilde 1). Bonden Knut Johan Singstad i Trøndelag forteller til Klimasmart landbruk at med isolert tak og vindstyrkejusterte gardiner i fjøsen ligger temperaturen mellom null og femten plussgrader. (Klimasmart landbruk udatert a).



Bilde 1. Justerbare gardiner på gård 1. Foto: Sissel Hansen

På gård 2, et mindre, økologisk melkebruk, ble det forsøkt med fryselagergardiner foran utgangen til kuas veranda (Bilde 2). Bonden mener at det ikke bidrar til at det blir varmere i fjøsen, fordi vinden blåste igjennom og løftet gardinene opp.

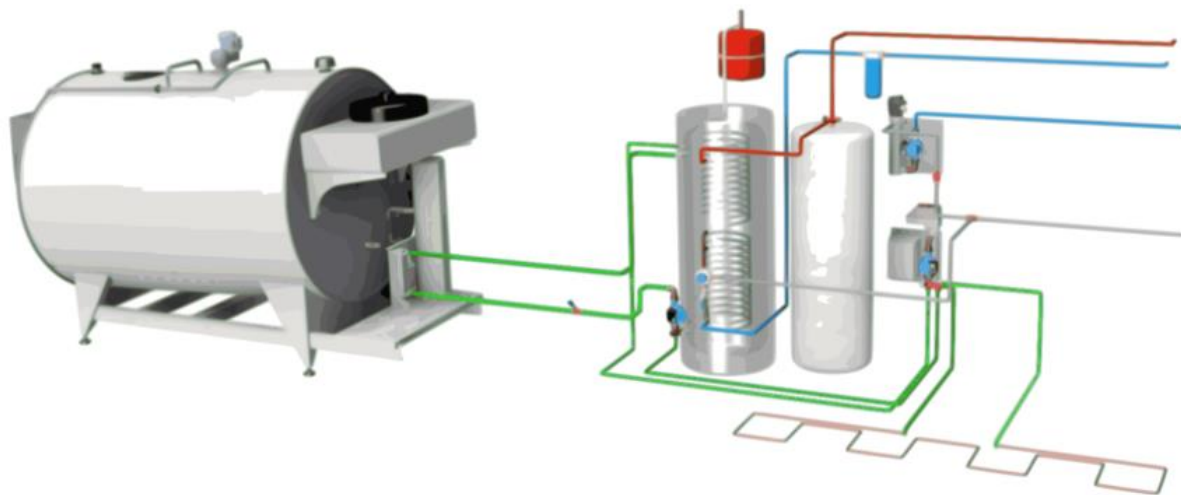


Bilde 2. Fryselagergardiner foran utgangen til lufteveranda på gård 2. Foto: Martha Ebbesvik.

Ved å velge åpent møne eller vindu i taket vil man kunne slippe inn naturlig lys og også få naturlig ventilasjon. Bønder som har naturlig lys, forteller at man kan skru av lyset i sommermånedene og dermed spare energi (Klimasmart landbruk, udatert a). Gård 1 og gård 3 i denne rapporten har taklys som slukker automatisk når det blir lyst nok ute.

2.2 Varmegjenvinning

I Norge kjøles 1,5 milliarder liter melk ned i melketanker til 4° C. Ved bruk av varmeveksler på melketanken kan man gjenvinne varmen til for eksempel å varme opp vannet til melkeroboten eller drikkevannet til kyrne (Figur 1) (Klimasmart landbruk, udatert b).



Figur 1. Varmegjenvinning fra melketanken kan benyttes til vannbåren varme, varmt vann eller oppvarming av drikkevann. Illustrasjon av Skala (udatert).

Vann sirkulerer i en lukket krets, gjennom en varmeveksler i melketanken og inn på en akkumulatortank. Derfra kan varmen hentes ut og brukes til vannbåren varme, oppvarming av vann i varmtvannsbereider eller til oppvarming av kuas drikkevann. Skala spesifiserer at vannrørene må isoleres. Varmegjenvinning i forbindelse med kjøling av melk er ifølge produsenten egnet for gårdstanker på 3 500 liter og oppover. Mengde varme som kan brukes avhenger av mengden melk. 1 500 liter melk i døgnet vil gi omtrent 1 500 liter vann med temperatur på 35-40 °C (Skala udatert).

Skala forteller at en typisk akkumulatortank med varmeveksler uten montering koster rundt 30 000 kr. Anlegg for oppvarming av drikkevann eller anlegg for gulvvarme kommer i tillegg dersom det ønskes. Rør og utstyr for å realisere dette koster 4 000-6 000 kr for oppvarming av drikkevann avhengig av hvor mange liter/min den skal varme, mens gulvvarme kan koste typisk 20 000 kr. Det finnes også system for varmegjenvinning fra gjødselkum, men dette er foreløpig ikke så utbredt hos melkebruk og kan ikke kombineres med varmegjenvinning i melketank på grunn av varme- og trykkforskjeller (Pers. med. Jan Ivar Asklund, Skala).

Gjenvunnet varme kan også brukes til å forvarme vannet i melkeroboten. Ifølge Lely bruker en melkerobot gjennomsnittlig 1,9 liter vann per melking (Lely udatert).

Ved å installere varmegjenvinning fra melketank kan man ifølge Skala spare nesten 19 000 kr i året ved en melkemengde på 600 tonn i året (Tabell 1).

Tabell 1. Energimengde som kan nyttiggjøres med varmegjenvinning fra melketank.

Melkemengde i liter		Innsparing	
Pr år	Pr dag	kWh/døgn	Kr/år
200 000	550	19	6 200
400 000	1 100	38	12 500
600 000	1 650	57	18 700

Beregningen i tabellen baserer seg på 365 dager/år og en strømkostnad på 0,9 kr/kWh.

2.3 Andre tiltak

Andre norske forskere har også sett på energisparende tiltak i melkeproduksjon.

I et prosjekt ble seks melkeproduksjonsgårder på Vestlandet og i Midt-Norge sammenlignet ut fra energi brukt i produksjonen sammenlignet med energi tilgjengelig i spiselig vare. Energi er beregnet ut fra hele livsløpet til varene og tjenestene og inkluderer alle former for energi.

I rapporten fra prosjektet er flere tiltak til redusert energibruk nevnt. Noen av dem går på innebygd energi i byggets materialer og dieselforbruk. Her gjengis bare de som er relevante for redusert energiforbruk til drift av fjøsen.

- Gjødselkum lavere plassert i terrenget enn fjøsen, så man reduserer behov for pumper.
- Konsentrert kalving for å få en periode i løpet av året helt uten melking. Melkeanlegget brukes da kun ca. ni måneder i året. De sparer energi på melkeanlegg, kjøling av melk og vasking i denne perioden. Konsentrert kalving krever at man har nok føde- og kalvebinger.
- Isolert fjøs med maks antall dyr i forhold til kapasitet i fjøsen.
- Melking med maskin i stedet for robot.
- Takplater som slipper lys gjennom.

(Hansen m.fl. 2018)

Utdypende informasjon om faktorer for energiforbruk er gitt personlig av en av forfatterne i rapporten. Han nevner behov for oppvarming i fjøsen, lufting med vifter, belysning og behov for pumpe i gjødsle som viktige faktorer. Bruk av melkerobot gir også større energibehov fordi roboten behøver mer varmt vann enn melkemaske. Måten man blander og mater ut fôret har også noe å si, bruk av traktor for å blande fôr vil gi mindre energiforbruk, men mer dieselforbruk. Gammeldags silotalje bruker mindre energi. Han påpeker samtidig at strømkostnaden utgjør en liten del av bondens variable kostnader i forhold til hvor mye melk og kjøtt som produseres. Her har grovfôr og kraftfôr mye mer å si (Pers. med. Koesling 2021).

Om man velger konsentrert kalving, melkerobot eller ombygging av fjøsens tak, vegger eller gjødselkum bestemmes i hovedsak av andre faktorer på gården enn mulighet for energisparing. De vil likevel påvirke summen av brukt energi dersom de gjennomføres.

2.4 Smart styring og energiovervåking

De siste årene har det kommet mange nye løsninger og styringssystemer for at forbrukeren kan ha kontroll på eget energiforbruk i boligen. Man kan koble boligens laster på en slik måte at de slår seg på når strømprisen er lav, ved en viss temperatur eller på et bestemt tidspunkt. For å kunne styre elektrisk utstyr må det være tilkoblet internett via Wi-Fi eller kabel. Dette er også overførbart til fjøs. Moderne fjøsroboter har innebygd Wi-Fi og kan styres via bondens PC.

Det finnes to detaljgrader av lastkontrollering, energioptimalisering og driftsstyring. Nord-Trøndelag Energiverk (NTE) forteller at mange av deres landbrukskunder har energioptimaliseringssystem (EOS). EOS er kun et overvåkningssystem og kan ikke brukes til å skru de elektriske lastene av og på, men ved å ha EOS kan man følge med på energiforbruket og man kan også få alarm dersom effektbruken nærmer seg en innstilt grense (Pers. med. Jakob Krogsrud).

Med et driftsstyringssystem kan man styre de elektriske lastene som er på hver kurs og ha en oversikt over energiforbruket i sanntid. Dette vil si at man måler faktisk energi- og effektbruk. EOS gir til sammenligning snittverdier for en lengre tidsperiode. Et styringssystem trenger en egen strømmåler i sikringsskapet for hver kurs. Slike energistyringsprogram kan også optimalisere bruk av egenprodusert energi. Kåre Bye i Sodvin forteller at det skal være fullt mulig å installere smart styring på enkeltstående utstyr som f.eks. melkerobot og gjødselskrape i en fjøs. Man kan styre hver kurs og underkurs i forhold til temperatur, strømpris eller gjøre slik at man minimerer effekttopper (Pers. med. Kåre Bye). Aktørene vi har snakket med mener at det kan lønne seg med detaljert smart styring for større gårder med energibehov på minst 200 000 kWh i året.

I en bacheloroppgave gjennomført for NORSØK belyses en alternativ måte å styre effektbruken på (Wagner m.fl. 2020). Det er med tilpasset utstyr, som Rogowskispoler, mulig å måle effektflyten i hver enkelt krets og på bakgrunn av det gi prioritet til å skru av og på ulike kretselementer etter hvilke kretser som trenger mest effekt. Man kan med andre ord legge opp til og stenge av kretser som forsyner utstyr som ikke er kritisk.

3 Energiforbruk i melkefjøs

3.1 Gård 1: Større økologisk melkefjøs

Denne gården har økologisk melkeproduksjon med 74 årskyr, og omtrent hundre kalver, kviger og tantekyr. Kukulver avles opp av «tantekyr» (Bilde 3), mens oksekalvene selges. Ungdyra er på beite fra juni til september/oktober, mens melkekyrne går på beite på dagtid fra mai til september og føres inne om natta.



Bilde 3. Tanteku med flere kalver på gård 1. Kalvene har eget rom med varmelampe. Foto: Sissel Hansen.

Fjøsen er en kaldfjøs fra 2009 på 1 560 m². Fjøsen har melkerobot, gjødselskraper og omtrent 4 700 m³ gjødsel i året som spres med slangespredning (Hansen m.fl. 2018). I fjøsen får man naturlig lys inn fra tak og vegger når gardinene er åpne (Bilde 4). Gardiner i veggene sikrer naturlig ventilasjon og god lufting, men stenges ved vind og kulde.



*Bilde 4. Fjøsene på gård 1 har naturlig lys fra mønet i taket og naturlig ventilasjon med justerbare gardiner i veggene.
Foto: Sissel Hansen.*

3.1.1 Utstyr i fjøsen

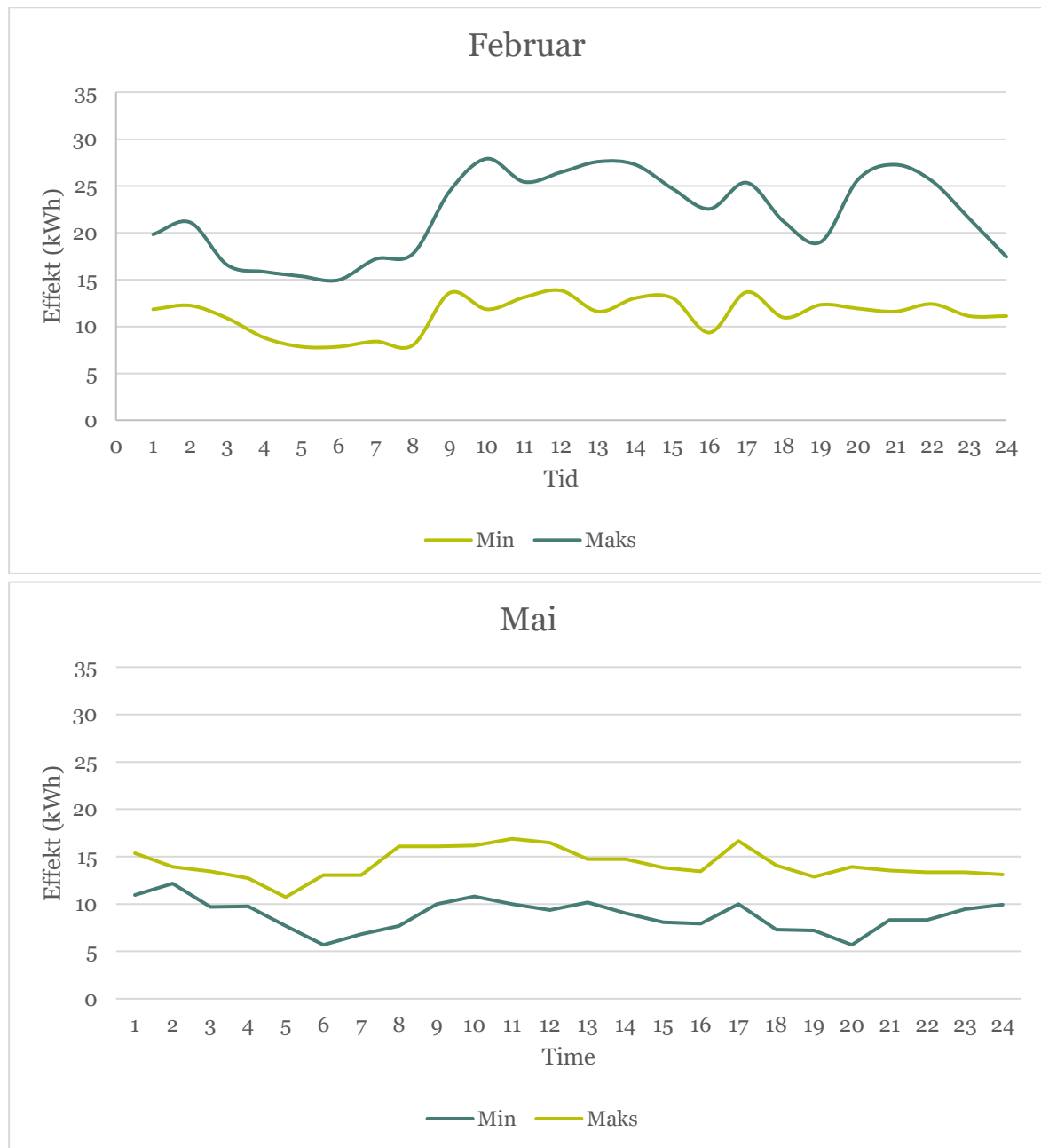
Gården har årlig energiforbruk på 100 000 - 125 000 kWh/år. Utstyr i fjøsen vises i Tabell 2.

Tabell 2. Gård 1: Elektriske laster i fjøsen.

Laster i fjøsen	Min	Maks		Timer i bruk pr døgn	Kommentar
Fôringssystem	0	22	kW	1-2 timer hver 3. time.	Mindre bruk i beitesesong. Fôrblanding én gang om dagen krever maks effekt.
Gjødselskraper, 2 stk.	0,55	0,55	kW	10 min hvert 15 min.	To skraper går hver 30 min, dvs. en av skrapene går hvert 15. min.
Varmelamper kalv	0	3	kW	24 timer i kalde perioder	12-15 lamper på 250 W. 150 døgn per år.
Varmekolbe drikkevann 10 l.	0	3	kW	24 timer i kalde perioder	90 døgn per år. Slås på når vanntemp er under 6 grader.
Melkerobot Lely A3.	2	7	kW	24 timer	Melker på 4-5 kW. Vasking av robot 3*15 min på 7 kW.
Melketank med varmegjenvinning	2	11	kW	24 timer	Kjøler hele døgnet, kjøles til 4 grader. Vannet som går ut er 17-22 grader.
Lys 10 armaturer á 250 W.	0	2,5	kW	14 timer	Gjennomsnittlig, varierer med lys ute.
Møterom, PC, verktøy + div.	0,5	2	kW		Variere med type arbeid.

Forbruket varierer mellom 5 kW og 30 kW i gjennomsnitt hver time. Maks effektforbruk for elektriske laster inne i fjøsen er 50 kW.

3.1.2 Effektbruk på døggnivå



Figur 2. Maks og minimum forbruk per tilfeldig valgt døgn i februar og mai for gård 1.

Vi ser i Figur 2 at forbruket på gård 1 er generelt høyere på dagen enn på natten. Vi ser også at forbruket er høyere om vinteren enn om sommeren. Det er stor spredning mellom det minste og største forbruket innenfor hver time. Vasking av melkerobot, vasking og fôrblending forklarer toppene i maksverdien. Vasking av melkerobot foregår tre ganger i døgnet, ca. klokken 2, 9 og 17. Minimumsverdien forklares med at melketank, melkerobot, ett minimum av lys og sirkulasjonspumpe alltid står på.

Kraftfôr gis fra samme system som melkeroboten. Kraftfôrautomat og melkerobot drives av en kompressor. Kveldsstellet med fôrblending foregår rundt klokken 19. I mai senkes energiforbruket noe i forhold til fôring, da er kyrne på beite på dagtid. De som ikke melker går på beite et stykke unna fjøsen, mens omtrent seksti kyr går i umiddelbar nærhet og melkes hele tiden. Fôrforbruket går da ned i fjøsen fra åtte rundballer til ca. to til fire per døgn avhengig av kvaliteten på beitet. Fôrblanderens går da kortere tid per døgn og bruker derfor mindre energi.

3.2 Gård 2: Mindre, økologisk melkefjøs

Gårdbrukeren driver med økologisk melkeproduksjon i et uisolert løsdriftsfjøs (Bilde 5). Fjøsen er bygd i tre og ble tatt i bruk i 2011. Gården har 20 årskyr. Kvigekalvene føres opp til eget bruk, mens oksene selges ca. 3 måneder gamle. Totalt energiforbruk er ca. 80 000 kWh/år. Gården er tilknyttet et FoU-biogassanlegg, men dette var ikke i drift når datainnsamlingen ble gjort.



Bilde 5 Ungdyravdelingen på gård 2. Fjøsen er bygd med innredning av tre. Foto: Martha Ebbesvik.

3.2.1 Laster i fjøsen

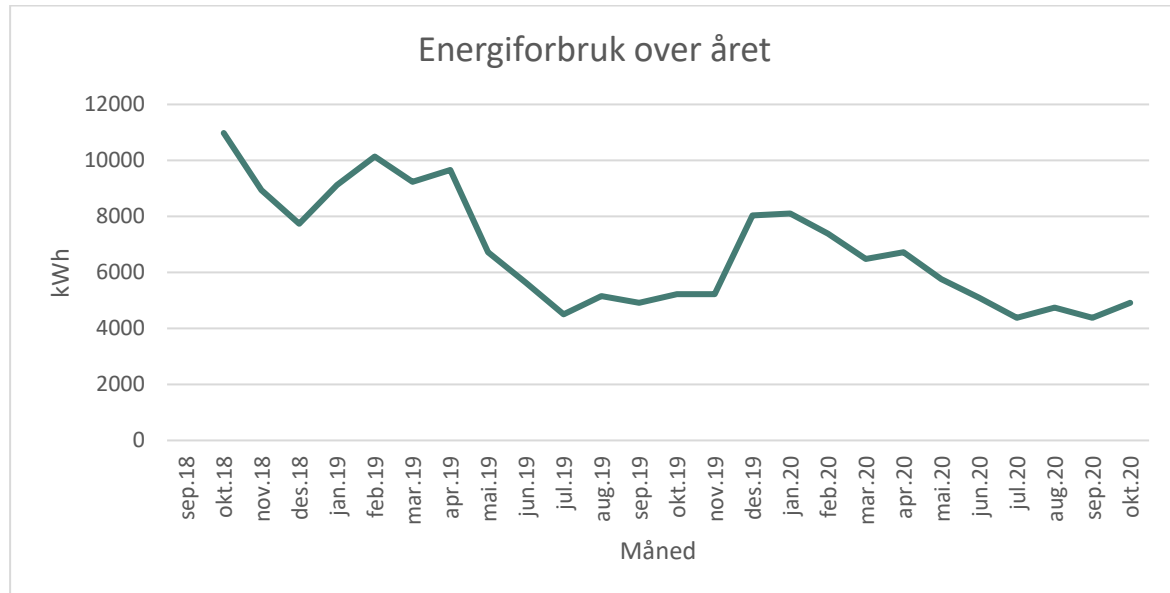
Tabell 3. Gård 2: Elektriske laster i fjøsen.

Laster i fjøsen	Maks effekt	Timer i bruk per døgn	Kommentar
Lys i melkerom	0,2 kW	5	Ikke LED
Lys natt	0,06 kW	8	Kombinasjon LED og ikke LED
Lys dag	1 kW	16	Nye LED-lysarmaturer
Melkemaskin	3 kW	3	2 ganger om dagen
Melketank	10 kW	2	
Gjødselomrører	5,5 kW	0,5	Propellomrører i fjøset i flytkanalen på 5,5 kW.
Høytrykkspyler	6,5 kW		60 timer i året
Oppvarming rom	1 kW		Vintermånedene
Vaskemaskin	2,2 kW	3	Annenhver dag
Rundballetining	1 kW		På kalde dager
Motorvarmer traktor	1 kW		På kalde dager

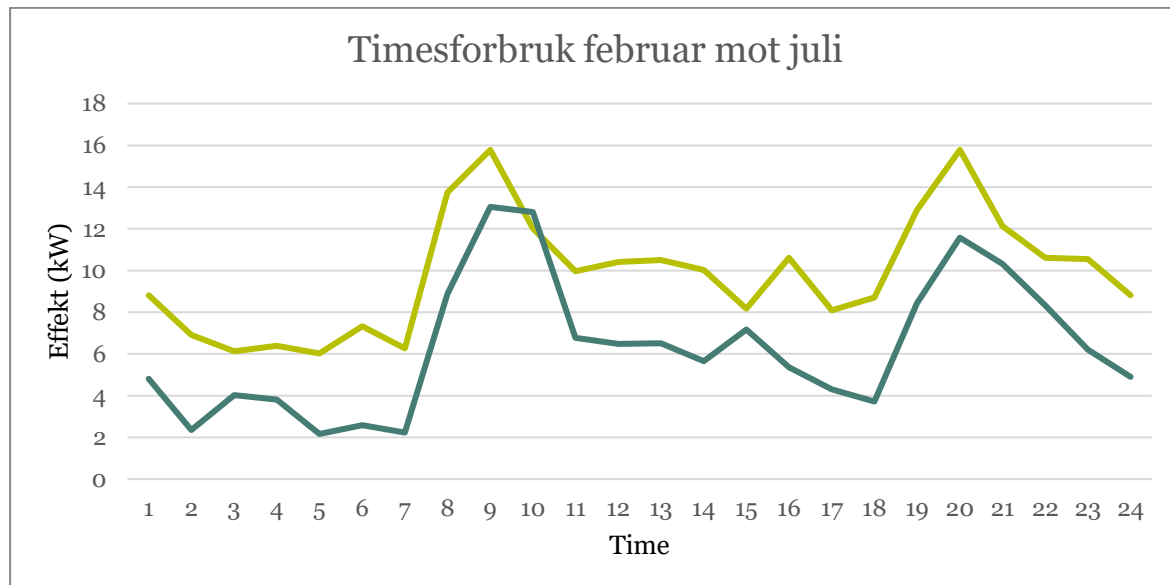
- Bonden melker to ganger om dagen, om morgenen ca. kl 09.00 og om kvelden ca. kl 19.00.
- Vaskemaskinen, for jurkluter, går annenhver dag rett etter fjøsstell morgen eller kveld.
- Melketanken bruker energi til kjøling rett etter melking og kjøler mer om sommeren enn om vinteren.
- Om vinteren brukes det ekstra energi til tining av rundball, varme i oppholdsrom, samt oppvarming av drikkevann.
- Bonden fordeler fôret på forbrettet med en minilaster Kraftfôr gis med automat.
- Spesielle apparater om sommeren er fluefanger og gjerdeapparat.

3.2.2 Energiforbruk over året og over døgnet

Figur 3 viser at fjøsen har større energiforbruk om vinteren enn om sommeren. Dette skyldes både at dyra er på beite og at kulde krever oppvarming av drikkevann, oppholdsrom og tining av rundballer.



Figur 3. Energiforbruk over året for gård 2. Samlet energiforbruk per måned fra september 2018 til oktober 2020, i kWh.



Figur 4. Energiforbruk gjennom døgnet for gård 2 en tilfeldig valgt dato i februar og i juli samme år.

I februar (lys grønn) brukes ekstra energi til oppvarming gjennom hele døgnet. I juli (mørk grønn) går kyrne ute på beite om dagen, men tas inn for melking, dette fører til lavere forbruk mellom melkingene. Man ser tydelig toppene for når kyrne melkes og en tid etterpå i Figur 4. Toppene om vinteren er ikke så mye høyere enn om sommeren. Det er tydelig at melkemaskin og melketanken er de største energiforbrukene. Basisforbruket er det som alltid står på som noe lys, grunnvarme på oppholdsrom, varmtvannstank og kjøling på melketanken. Om vinteren er det i tillegg frostsikring for vannet.

3.3 Gård 3: Større konvensjonell gård med svin, storfe og biogassanlegg

Denne gården har både grisefjøs og storfefjøs (Bilde 6). Den har også eget biogassanlegg som gir varme og strøm til eget bruk. Det ble gjort beregninger av energiforbruk for dimensjonering av biogassanlegget. Tall fra denne utredningen viste at storfefjøsen vil bruke ca. 57 800 kWh i året etter at biogassanlegget og varme- og strømproduksjon derfra tas i bruk. 15 500 kWh av dette vil kunne gå til oppvarming av vann, 27 000 kWh til oppvarming av drikkevann til kyr og resten til elektrisitet. I grisefjøsen går hoveddelen av forbruket til ventilasjon, lys, varme og fôring. Det er forventet et forbruk av omtrent 90 000 kWh til elektrisitet i grisehuset (Gustafsson 2018). Faktisk energibehov og energiutnyttelse kartlegges i 2020 og 2021 og det vil foreligge egen rapport for dette arbeidet i løpet av 2021.



Bilde 6. Storfefjøs på gård 3. Gjødsla lagres i kum før den slippes ned til biogassanlegget. Foto: Lovise Sæter

3.3.1 Laster i fjøsen

- Melkeroboten går døgnet rundt for 50 kyr. Den vaskes tre ganger om dagen i 10 min, klokken 04.00, 10.00 og 18.00.
- Fôrutdeling foregår ca. klokken 07.00, 12.00, 16.30 og 22.00. Bonden blander fôr til neste dag om kvelden.
- Omrøring i møkka skjer når bonden er i fjøsen, én gang i døgnet, ofte om kvelden. Gjødelseskrapeerobot lader kontinuerlig og går på batteri hver andre time.
- Vann varmes av varme produsert av biogassanlegget. Varmt vann brukes til oppvarming av drikkevann til ku, varme i gulv til smågris. Vasking av melkeroboten krever mindre energi når den bruker forvarmet vann.
- Det er ikke montert LED-lys, men lysene skrur seg av når det blir lyst nok, og om natten er det nattlys.
- Fjøsen har naturlig ventilasjon, men har gardiner som går opp og ned etter vindstyrke. Disse bruker ca. 10 kW.
- Det er et oppvarmet kontor i fjøsen.
- Melketank på 7,5 kW.

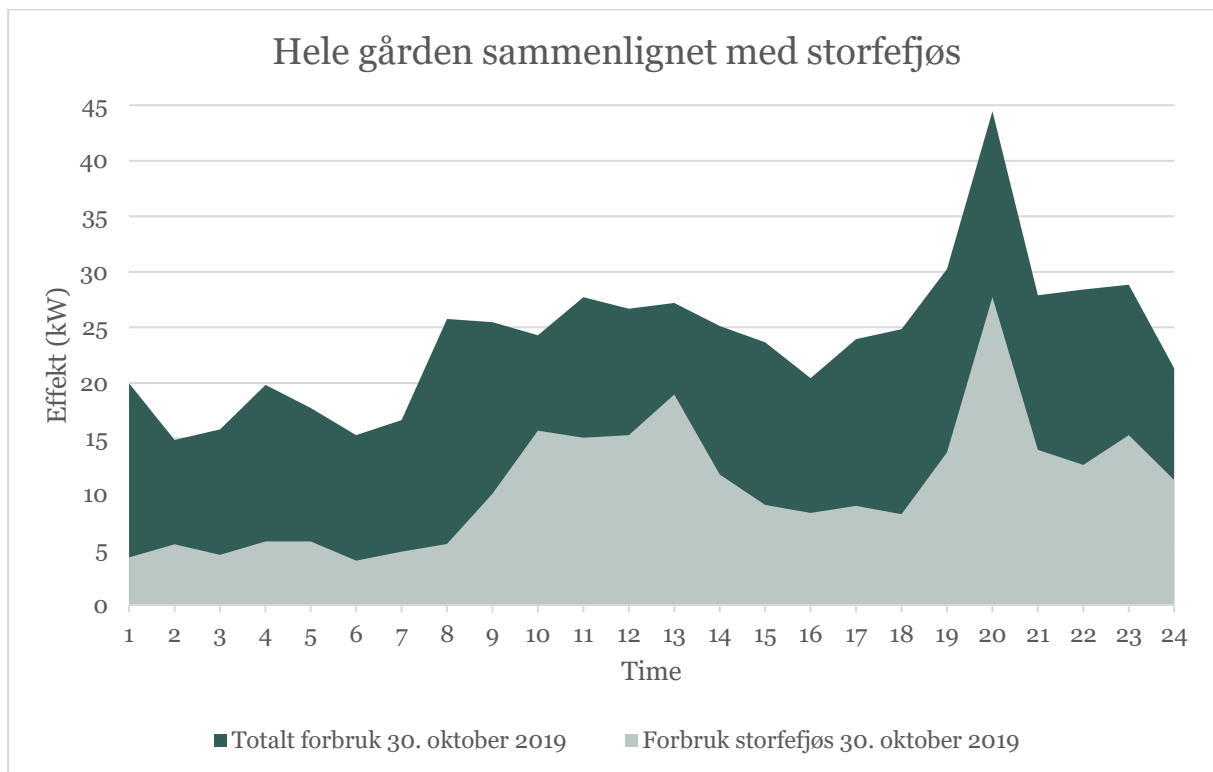
Bachelorstudenter fra NTNU Elkraft foretok beregninger på gård 3 våren 2020. De kartla effektforbruk på ulike forbrukere i grise- og storfefjøsen. Tall i tabell 4 er basert på deres kartlegging (Wagner m.fl. 2020).

Tabell 4. Gård 3: Elektriske laster i fjøsen.

	Laster i fjøsen	Min effekttrekk	Maks effekttrekk	Timer i bruk per dag
Kufjøs	Fôrsystem	0	30 kW	6
	Lys	-	6,4 kW	12
	Melkerobot	2	7 kW	24
	Melketank	2	7,5 kW	
Grisefjøs	Fôrsystem	0	5 kW	6
	Ventilasjon med varmegjenvinning	-	1,4 kW	24
	Lys	-	4 kW	15

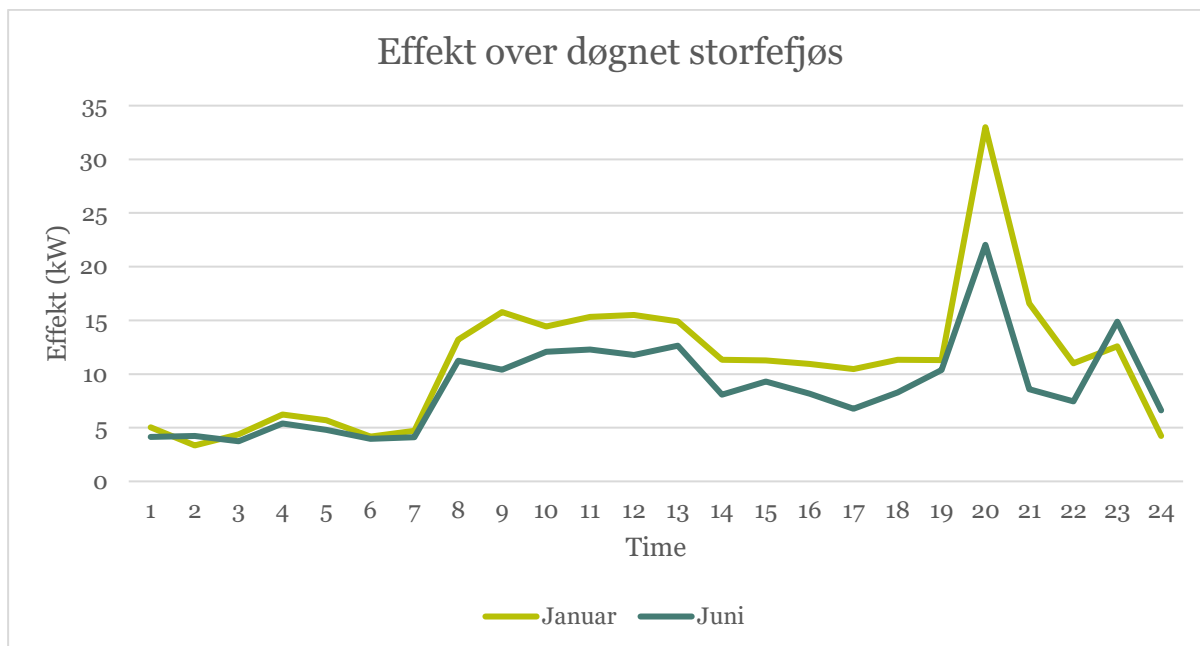
3.3.2 Energiforbruk over året

Dersom man sammenligner effektbruk i storfe fjøsen med totalt energiforbruk for hele gården (grisehus, hovedhus, verksted og storfe fjøs) vil man se at det var størst effektbehov i storfe fjøsen og at det er en tydelig topp på kvelden som henger sammen med økt forbruk i forbindelse med kveldsstellet, omrøring i gjødsle og spesielt fôrblending (Figur 5).



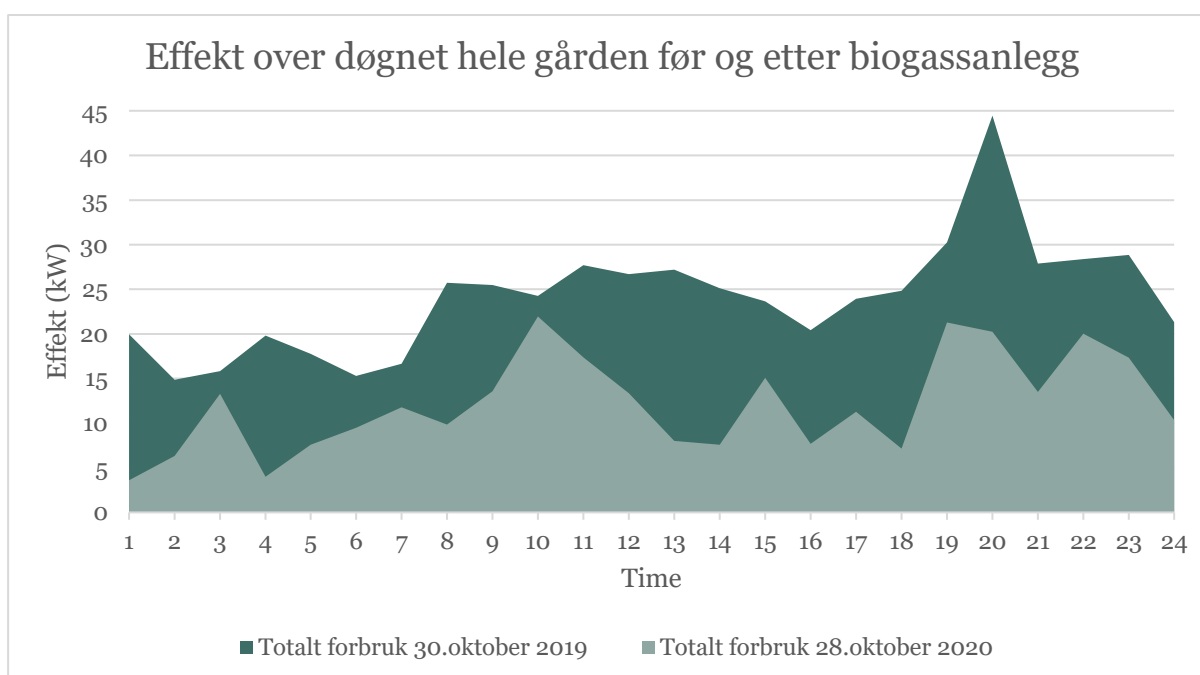
Figur 5. Totalt strømforbruk for hele gård 3 og i storfe fjøsen på gården angitt per time i løpet av 30.10.2019.

Dersom man sammenligner total effektbruk for hele gården henholdsvis en vinterdag og en sommerdag ser man tydelig forskjell (Figur 6). Forbruket er jevnt over høyere på vinteren, grunnet ekstra behov for oppvarming av deler av bygningen og drikkevann til kyrne og at alle dyra står inne hele døgnet. Om natten er det lite variasjon i forbruket både samlet og i storfe fjøsen, med en liten topp rundt kl 04.00, når melkeroboten vaskes.



Figur 6. Måling av effekt i løpet av to tilfeldig valgte døgn i hhv. januar og juli i 2019 i storfe fjøsen på gård 3.

De store effekttoppene er knyttet til storfe fjøsen, spesielt på kvelden når fôrblending foregår. Etter at biogassanlegget ble satt i gang nov-des 2019 ser man at effekttoppene har blitt sterkt redusert, fra omtrent 45 kW til 23 kW dersom man sammenligner en dag i oktober 2019 og oktober 2020 (Figur 7). Kuttete effekttopper gir tydelig utslag på strømregningen til bonden, ettersom det fører til mindre energiforbruk totalt. Fordi effekttoppen skjer etter klokken 16 vil det ikke gi stort utslag for effektleddet.



Figur 7. Energiforbruk for hele gård 3 i løpet av et døgn før og et døgn etter igangsetting av biogassanlegget på gården.

Generatoren tilknyttet biogassanlegget produserer med en effekt på 30 kW omtrent 13 timer i døgnet. Generatoren kan startes manuelt ved bruk av fôrblander slik at gårdbrukeren i så stor grad som mulig slipper effekttoppen. Det er planer om å justere denne løsningen slik at den blir automatisk ettersom produksjon ved anlegget økes. Biogassanlegget produserte i 2020 omtrent 140 000 kWh elektrisitet totalt. Det produseres også varme, men tallet for dette er vanskelig å anslå. Reaktoren og generatoren, som er dimensjonert for 50 kW, har mer kapasitet, og det planlegges en tilpasning av råstoffmiks og økt mengde råstoff som vil gi økt produksjon. Sammen med gårdbrukeren skal NORSØK videreutvikle og optimalisere driften av biogassanlegget. Rapport fra dette arbeidet vil bli publisert i 2021.

3.4 Oppsummering/trender for alle gårdene

- Fôrblander har høyest effekttrekk som enkeltmaskin.
- Melkerobot har høyere energiforbruk enn melking med melkemaskin.
- Melketanken trekker kontinuerlig energi.
- Det brukes mest energi på dagen. Det brukes mest energi når bonden er til stede i fjøsen.
- Det brukes mindre energi om sommeren enn om vinteren.
- Egenproduksjon av energi på gården kan bidra til å kutte effekttopper.

4 Flytting av effekt

I tillegg til å spare penger på å bruke mindre energi kan det både på kort og lang sikt være mye å spare på å endre på forbruksmønsteret og unngå store effekttopper.

For det første sparer man penger direkte i form av redusert strømrregning ved å holde effektbelastningen nede. For det andre har det norske strømnettet tradisjonelt en spenning på 230 V og mange gårdsbruk er tilknyttet gamle distribusjonsnett. Dersom en bonde gjør energikrevende investeringer som krever ny nettilknytning eller nettforsterkning må kunden være med på å betale for dette via et anleggsbidrag (NVE 2015). Overbelastning av nettet vil også øke faren for at hovedsikringen går eller at spenningen blir for lav.

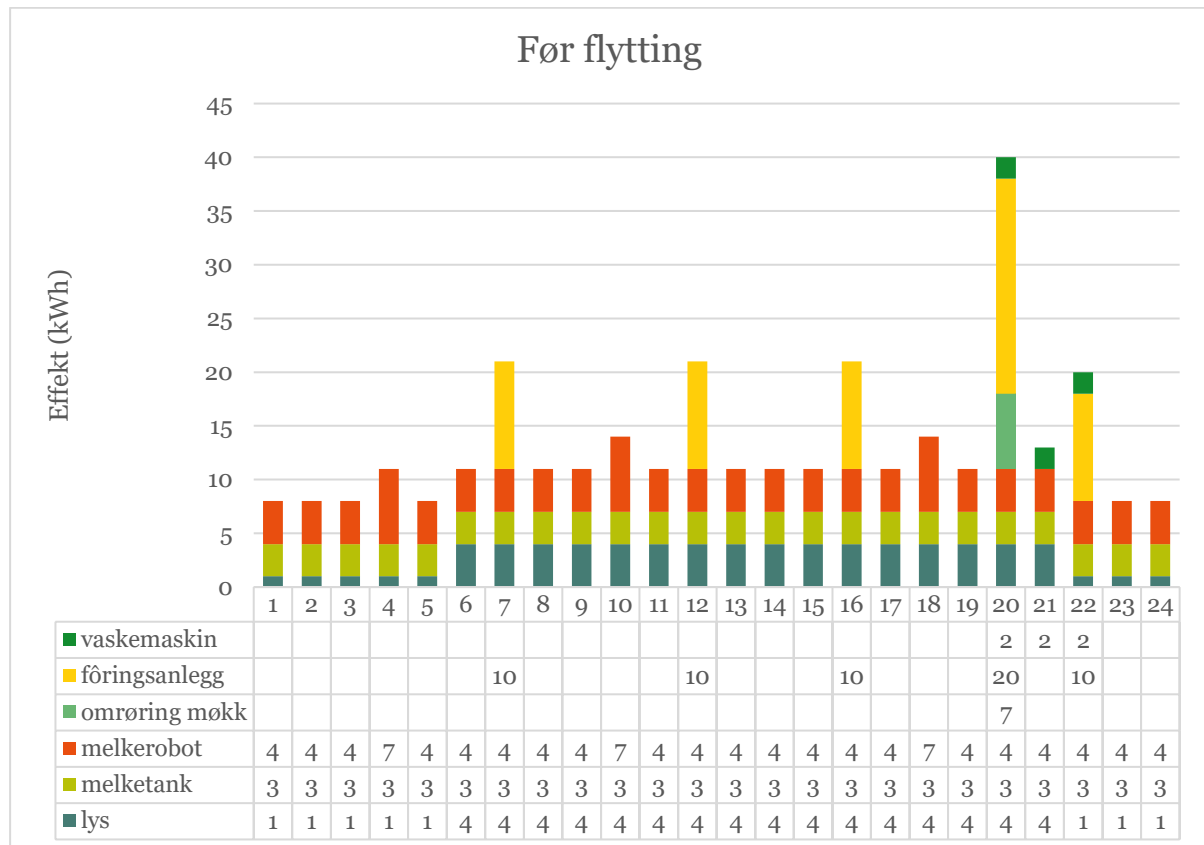
Effekttopper reduseres best ved å kontrollere at krevende maskiner ikke står på samtidig. I kapittelet under er det forsøkt flyttet på lastene over døgnet for å forsøke å minimere belastning per time.

4.1 Eksempel fra et teoretisk gårdsbruk

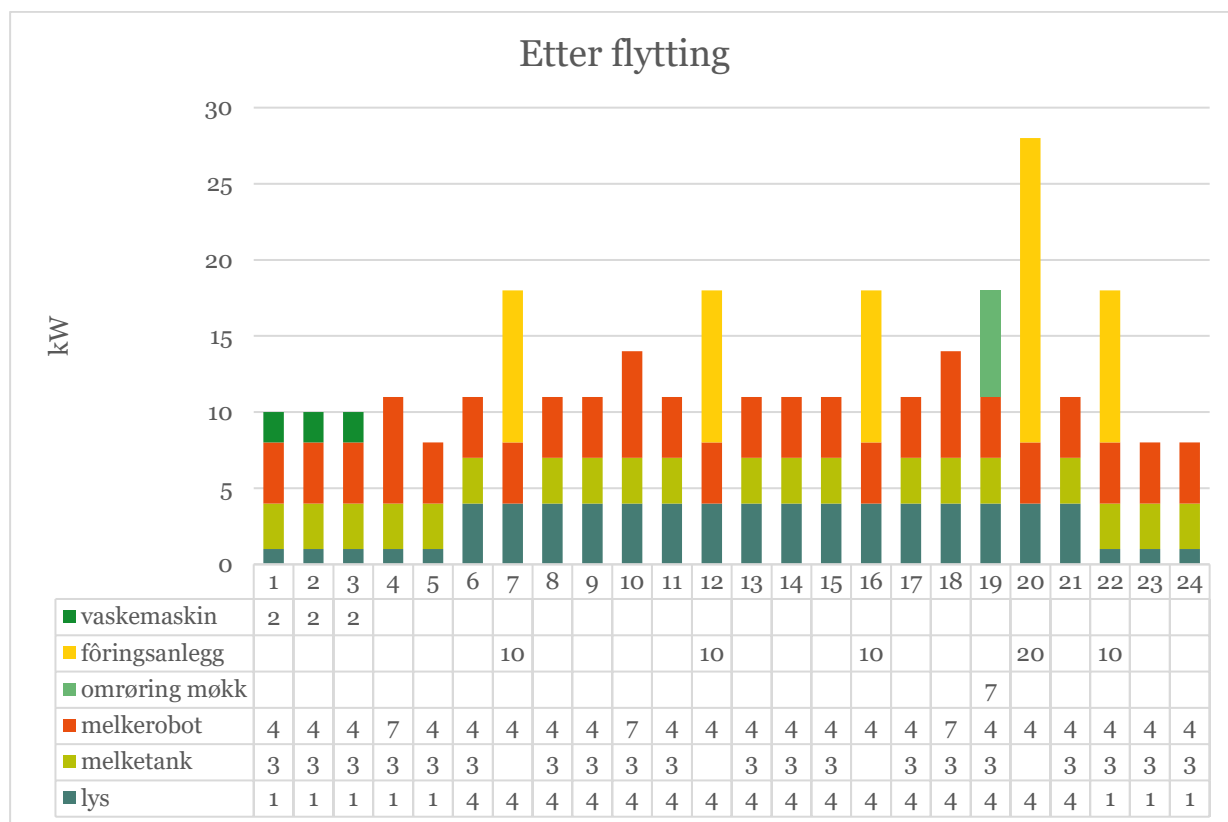
Illustrasjon av laster på et teoretisk gårdsbruk, før og etter endring i tidspunkt. Effektbruk er basert på faktiske tall i kartlegging av gårder. Figurene illustrerer en gjennomsnittlig dag, og det er ikke tatt hensyn til spesielle hensyn ved en årstid.

- Fôrblanderer går én gang om dagen og bruker 20 kW, mens fôrutlegger går kl 07.00, 10.00, 16.00 og 22.00 og bruker 10 kW per gang-
- Dagslys trekker 4 kW. Det er nattlys på 1 kW mellom kl 22.00 og 05.00.
- Vaskemaskin går én gang om dagen og trekker 2 kW.
- Omrøring av møkk én gang om dagen, som trekker 7 kW. Gjødselpumpe er utelatt i denne beregningen.
- Melketanken kjøler konstant på 3 kW.
- Melkeroboten har jevnt forbruk på 4 kW, men det øker til 7 kW når den vasker systemet.

Figur 8 viser effekt per time før flytting av strømbruken. Bonden rører i møkka når han er i fjøsen om kvelden. Samtidig blander han fôr til neste dag. Vaskemaskinen settes også på i dette tidsrommet. Det at disse tre står på samtidig gir en topp på 40 kW.



Figur 8. Total effektbruk per time før flytting av strømbruken i løpet av et døgn. Effekt per time for hver last angitt i tabellen.



Figur 9. Total effektbruk per time etter flytting av strømbruken i løpet av et døgn. Effekt per time for hver last angitt i tabellen.

Figur 9 viser effektbruk etter effektflytting. Ved å sørge for at man ikke rører i møkka og blander fôr samtidig, kan man redusere den største effekttoppen. Dersom man også flytter vaskemaskinen til å gå om natten og skrur av melketanken akkurat når fôringen foregår vil effekttoppen reduseres fra 40 kW til 28 kW. Dersom effektleddet utgjør 50 kr/kWh for uttak mellom 0-50 kW (NEAS Nett 2020) vil reduksjon i effekttopp på 12 kW kunne utgjøre 600 kr/måned for storfe fjøsen sett separat.

Dette eksempelet er teoretisk, og det vil kunne være hindringer for å flytte på forbruk over døgnet. Flere maskiner kan måtte gå på faste tidspunkt av praktiske eller hygieniske hensyn. Det er for eksempel helt nødvendig med jevnlig fôring, melking, vasking og kjøling av melk. Effektleddet regnes ut per time, så fôring eller andre prosesser som ikke tar en hel time, vil ikke gi et såpass stort utslag for timen i helhet. Samtidig gjelder ikke effektledd utenom kl 08.00-16.00 på hverdager. Likevel vil det bidra til lavere belastning på nettet å spre lasten utover på denne måten. Dersom gården er tilknyttet en svak nettløse med mange bolighus kan det være problemer med spenningen på ettermiddagen når boligeierne typisk kommer hjem fra jobb og lager middag. Dersom dette er et problem, kan det være mer aktuelt å flytte flere oppgaver til formiddagen.

4.2 Fremtidens laster

Selv om maskinene blir flere i moderne melkebruk, fokuserer maskinprodusentene på å utvikle mer energieffektivt utstyr. Varmegjenvinning er som nevnt tidligere en god løsning for å redusere energibruk i maskiner.

Det ventes at elektriske traktorer kan bli en del av fremtiden på norske gårder. De første traktorene kan komme allerede i 2023. De vil dermed kreve at man lader når de ikke er i bruk. Traktorer brukes typisk på dagtid, så natlading med korte ladeopphold i løpet av dagen kan være et alternativ. Det vil ta mellom 6-8 timer å lade et el-traktorbatteri helt opp. Hurtiglading vil gå raskere, men vil kreve mellom 20-50 kW og et anlegg 50 kW vil i de fleste tilfeller kreve oppgradering av nettet på gården. Dette vil også påvirke effektbruken betydelig. En mulighet er utskiftbare batterier som lades konstant på lav effekt (Sæter & Kvande 2020).

4.3 Brannsikkerhet

Lavere strømpriser når strømmettet er mindre belastet og mål om utjevning av effekt over døgnet gjør at man ønsker å programmere elektriske apparater til å starte om natten. En generell regel for å sikre seg mot brann er at man skal unngå å sette på apparater når man ikke er hjemme eller om natten. Brannvernforeningen har derfor advart mot et prissystem for nettleie som oppfordrer til å bruke vaskemaskiner og tørketromler om natten (Norsk brannvernforening 2019).

Norsk brannvernforening gjorde en undersøkelse om branner i landbruket i 2019. Hele 12 495 (hovedsakelig bønder) responderte. 80 respondenter bekreftet at de hadde hatt brann i driftsbygning siste to år. To tredjedeler av disse brannene var knyttet til fastmontert eller ikke fastmontert el-utstyr. Det er altså feil på elektrisk utstyr som er hovedårsaken til branner i landbruket i Norge (Pers. med. Rolf Sørtorp, Norsk brannvernforening). Det kan derfor være risikofylt å sette på apparater om natten når man ikke er til stede. For landbruket er det viktig med jevnlig kontroll av elektrisk anlegg. Det er også viktig å være obs på støvete og gamle anlegg og at rotter, mus eller husdyr kan gnage på ledninger (Landbrukets brannvernkomité, udatert).

5 Konklusjon

Med mer automatisering og robotikk øker energibehovet i melkefjøsene. For bonden gir det lavest strømregning å spare energi og holde samlet effektforbruk lavest mulig. Lavt effektforbruk vil også hindre stor belastning på strømmettet. Ved stor belastning kan bonden måtte bidra til oppgradering av det lokale strømmettet.

Av energisparende tiltak i kaldfjøs er naturlig lys og naturlig ventilasjon å foretrekke. Justerbare isolasjonsgardiner hindrer vind og regn i kaldfjøsene. Helling mot gjødselkum fremfor pumpe sparer energi, men krever ombygging dersom man ikke har det fra før. Konsentrert kalving og mer beiting vil redusere behovet for melkemaskin og fôringsanlegget i perioder, men er avhengig av at gården har plass til det. Varmegjenvinning fra melketanken til å varme opp drikkevann eller lignende er et annet effektivt tiltak.

Kartlegging av tre ulike melkefjøs viser at de bruker fortsatt mest energi om dagen og når bonden er til stede. Melkemaskin, melketank og fôringsanlegg er de mest kraftkrevende maskinene. Selv i kaldfjøs brukes det mest energi om vinteren i forhold til om sommeren. Oppvarming av drikkevann, varmelamper og tining av rundballer bidrar til dette. Om sommeren er dyra mer ute på beite og fôres mindre. Det er også mye lys utenfra som bidrar til redusert behov for belysning.

Det utvikles stadig ny teknologi og smarte løsninger som kutter og optimaliserer energiforbruket. Det å flytte forbruket for å fordele det ut over døgnet vil lønne seg i form av å kutte effekttopper. Dersom man flytter mer forbruk til natten må man sørge for gode rutiner for brannvarsling.

5.1 Videre arbeid

- For å finne ut mer om tiltak er det nødvendig med nøyaktige målinger over tid og bidra til å teste ut smart styring ute hos en eller flere bønder.
- Det kunne vært gjort analyser for å finne ut om energiforbruket i fjøsene er over eller under gjennomsnittet nasjonalt og regionalt.
- Energiforbruket varierer mye med type utstyr, merke og kapasitet. En mulighet er å gjøre en kartlegging på hvilke maskiner det lønner seg å velge.
- Produksjoner med kylling, høns og gris har større varmebehov enn produksjoner med storfe, det er derfor trolig mer å hente på energisparing i slike produksjoner. Et slikt prosjekt kan også utvides til å se spesielt på forskjellen på energibruk i økologisk og konvensjonell drift for de varmekrevende dyreslagene.
- Man bør også gjøre en større studie på hvordan egenproduksjon av strøm på gården spiller inn fordi egenproduksjon blir mer vanlig. I fremtiden ventes også en større elektrifisering av landbruket og det vil være viktig å kartlegge hvordan for eksempel elektriske traktorer bør lades i fremtiden.

Litteraturreferanser

- Andersson, A. & Sand, R. 2018. *Landbruket i Trøndelag som energiproducent- og konsument*. TfoU-rapport: 2018:15 ISBN: 978-82-7732-279-7 ISSN: 0809-9642
- Barstad, H. 2020. *NVE skroter forslaget om effekttariff*. <https://www.ge.no/geavisa/nve-skroter-forslaget-om-effektariff>. 02.09.2020. Europower Energi. Gudbrandsdal Energi.
- DeLaval 2013. *DeLaval system med gardiner, paneler og piper*. 19150 N-1/05-2013
- Gustafsson, M. 2018. *Biogasanleggning Ribi Eiendom AS*. MMG konsult AS.
- Hansen, S., Haavik, T., Bergslid, I., Elvatun H., van Gool, B., Lunnan T., Røthe G. & Walland F. 2018. *Miljø- og klimavennlig melkeproduksjon – Inspirasjon fra seks melkeproduksjonsbruk*. NIBIO Rapport Vol 4, nr 96 ISBN: 978-82-17-02150-6
- Klimasmart landbruk udatert a. *Klimasmart ventilasjon i fjøset*. <https://klimasmartlandbruk.no/klimalosninger-husdyrhold/klimasmart-ventilasjon-i-fjoset-article228-871.html> Lest: 25.11.2020.
- Klimasmart landbruk utdatert b. *Gjenbruk av melkevarme*. <https://www.klimasmartlandbruk.no/klimalosninger-energi-og-teknologi/gjenbruk-av-melkevarme-article225-859.html>. Lest 25.11.2020.
- Landbrukets brannvernkomité udatert. *Forebygging*. <https://www.lbk.no/forebygging/>. Lest: 05.11.2020.
- Lely udatert. *Frequently asked questions*. <https://www.lely.com/nz/solutions/milking/grazing/faq/>
- NEAS Nett 2020. *Nettleieprisen 2020*. Stor næring. <https://www.neasnett.no/nettleie/nettleiepriser/>
- NLR Vest 2013. Oppdatert 2018. *Drikkevann*. <https://vest.nlr.no/fagartikler/20037/>.
- Norsk brannvernforening 2019. *Ikke forlat huset med vaskemaskinen på*. <https://brannvernforeningen.no/nyheter/2019/06/ikke-forlat-huset-med-oppvaskmaskinen-pa/> Lest: 01.11.2020.
- NVE 2015. *Anleggsbidrag*. Sist oppdatert: 30.11.2020
<https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nettjenester/nettilknytning/anleggsbidrag/>. 22.10.15
- NVE 2020. *Spørsmål og svar om forslag til ny modell for nettleie*. <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nytt-frar-me/saker-pa-horing-reguleringsmyndigheten-for-energi-rme/horing-forslag-til-endringer-i-utformingen-av-nettleien/sporsmal-og-svar-om-forslag-til-ny-modell-for-nettleie/>. 02.09.20
- Skala udatert. *Varmegjenvinning*. <https://www.skalafabrikk.no/gaardstanker/til-melkerommet/varmegjenvinning>. Lest 26.11.2020.
- Sæter L. & Kvande, I. 2020. *Er elektrisk traktor fremtiden?* NORSØK Faginfo nr. 3, 2020.
- Thiis, T. 2007. *Kaldfjøs for fremtida*. Forskning.no. 10.12.07. <https://forskning.no/universitetet-for-miljo--og-biovitenskap-partner-landbruk/kaldfjos-for-framtida/999826>.
- Vik, J., Stræte E. P., Hansen B. G. & Nærland T. 2019. *The political robot – The structural consequences of automated milking systems (AMS) in Norway*. NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences, <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100305>
- Wagner P., Rangul O., Willoch H. & Sandvik O. 2020. *Elektrifisering av landbruket - Drift av gård med fornybar energi*. Bacheloroppgave i Elkraft NTNU.



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.

Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir bærekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Besøks- /postadresse

Gunnars veg 6
6630 Tingvoll

Kontakt

Tlf. +47 930 09 884
E-post: post@norsok.no
www.norsok.no