



EnerVatiestal: energiebesparende en - opwekkende technieken

Bijdrage aan een energieneutrale stal voor de varkenshouderij

Gerrit Kasper, Hilko Ellen



WAGENINGENUR
For quality of life

EnerVatiestal: energiebesparende en -opwekkende technieken

Bijdrage aan een energieneutrale stal voor de varkenshouderij

Gerrit Kasper, Hilko Ellen

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van en gesubsidieerd door het Productschap voor Vee en Vlees (PVV)

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, oktober 2014

Livestock Research Rapport 775

G.J. Kasper, H. Ellen 2014. *EnerVatiestal: energiebesparende en -opwekkende technieken. Bijdrage aan een energieneutrale stal voor de varkenshouderij*. Lelystad, Livestock Research of Wageningen University & Research Center, Livestock Research Rapport 775. 36 blz.

Het kwantificeren van het effect van energiebesparende en duurzaam energie-opwekkende technieken op energieverbruik en -kosten in de zeugen- en vleesvarkenshouderij.

Quantifying the effect of energy saving and sustainable energy-generating techniques on energy use and energy cost in breeding and fattening pigs.

© 2014 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 480 10 77, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research Center).

Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
	Summary	9
1	Inleiding	11
	1.1 Aanleiding	11
	1.2 Doelstelling	11
	1.3 Leeswijzer	12
2	Methode	13
	2.1 Standaardbedrijven	13
	2.1.1 Ventilatie en klimaat	13
	2.1.2 Verwarming	13
	2.1.3 Verlichting	13
	2.2 Aanpak energiebehoefte standaardbedrijven	14
3	Literatuurstudie	15
	3.1 Elektriciteitsgebruik en gasverbruik	15
	3.2 Energieaandeel per bedrijfssysteem	16
	3.3 Effect van stalontwerp, technieken en management	16
4	Mogelijkheden energiebesparing standaardstallen	19
	4.1 Ventilatie	19
	4.1.1 Grondkanaalventilatie	19
	4.1.2 Centraal afzuigstelsel	19
	4.2 Verwarming	20
	4.2.1 HR-ketel of biomassaketel	20
	4.2.2 Rondpompsystemen	20
	4.2.3 Warmtepompen	20
	4.2.4 Biggenlampen	21
	4.3 Verlichting	21
	4.3.1 Uitgangspunten	21
	4.3.2 Jaarkosten	22
	4.4 Daglichtkokers	23
5	Duurzame energiebronnen	25
	5.1 Zonnecollectoren	25
	5.2 Zonnepanelen	25
	5.3 Kleine windturbines	26
	5.4 Monovergisting	26
	5.5 Biomassaketel	26
6	Fossiele energie voor resterende energiebehoefte	28
	6.1 Ventilatie	28
	6.2 Verwarming	28
	6.3 Verlichting	29
	6.4 Resterende fossiele energie op zeugenbedrijf	29

	6.5	Resterende fossiele energie op vleesvarkensbedrijf	29
7		Conclusies	31
8		Literatuur	32
	Bijlage 1	Kenmerken standaardzeugenstal met 597 dierplaatsen	33
	Bijlage 2	Kenmerken standaardvleesvarkensstal met 4.200 dierplaatsen	34
	Bijlage 3	Klimaatinstellingen voor varkensstallen	35

Woord vooraf

Energiebesparing wordt steeds belangrijker in de maatschappij, niet alleen vanuit milieukundig oogpunt door het besparen van CO₂, maar ook vanuit de economie. Dit geldt ook voor de varkenshouderij waarin de laatste 10-15 jaar veel aan energiebesparing is gedaan.

Demonstratieprojecten met energiebesparende en energie-opwekkende technieken hadden tot doel de veehouder meer bewust te maken van de toepassingsmogelijkheden van energiebesparing. Echter, de veehouder wilde graag meer informatie over de kosten-baten van de in te zetten technieken op zijn bedrijf. Dit project draagt bij aan deze behoefte.

Gerrit Kasper en Hilko Ellen

Samenvatting

Onderzoek naar energiebesparing in de varkenshouderij is mogelijk gemaakt met behulp van subsidie van het Productschap voor Vee en Vlees (PVV). In de varkenshouderij wordt veel energie verbruikt, meestal in de vorm van elektriciteit en gas. Bij de bedrijfsvoering is het van belang dat de varkenshouder rekening houdt met de Trias Energetica: de drie-stappen strategie bij het duurzaam ontwerpen van varkensstallen en een duurzame bedrijfsvoering. De drie stappen kunnen als volgt worden samengevat: het beperken van het energieverbruik, het maximaal gebruik maken van duurzame energiebronnen en het efficiënt gebruik maken van fossiele brandstoffen bij de resterende energiebehoefte.

Het project 'EnerVatiestal' heeft als brede doelstelling om innovatieve energiebesparende en energie-opwekkende technieken te demonstreren in de varkenshouderij, waarmee de bewustwording van de sector wordt vergroot. De sector heeft echter ook behoefte aan economische berekeningen van deze technieken. Het doel van dit onderzoek beperkt zich tot het kwantificeren van het effect van energiebesparende en energie-opwekkende technieken op de kosten voor fossiele energie.

In dit project is uitgegaan van nieuwbouw van een standaardstal met 550 gemiddeld aanwezige zeugen (g.a.z.) en een standaardvleesvarkens met 4200 dierplaatsen. De belangrijkste conclusies van dit onderzoek zijn:

Energiebesparing bij nieuwbouw

Ventilatie en luchtwassers

- Het centraal afzuigsysteem voor ventilatie in combinatie met grondkanaalventilatie, waarbij managementmaatregelen ook belangrijk zijn, geeft een besparing in de standaardstallen van ca. 50% aan elektriciteit ten opzichte van andere ventilatiesystemen.
- Het gebruik aan elektriciteit is vanaf 2003 zowel bij zeugen als bij vleesvarkens aanzienlijk toegenomen. Een aannemelijke verklaring is dat dit komt door het toenemend gebruik van luchtwassers. Het bouwen van een emissiearme stal zonder luchtwasser is daarom aan te bevelen.

Verwarming

- Toepassing van een warmtepomp is een duur systeem op zowel het standaardzeugen- als op het standaardvleesvarkensbedrijf. De jaarkosten wegen niet op tegen die van een HR-ketel of biomassaketel gevoed met houtsnippers.
- Biggenlampen met een halveringsschakelaar zijn nuttig. Ze besparen op elektriciteit. Bij goed gebruik is de besparing ruim € 1.600,-.

Verlichting

- Led-verlichting is zowel voor zeugen- als vleesvarkensbedrijven aanzienlijk goedkoper dan de TL-verlichting en goedkoper dan HF-TL-verlichting. Dit wordt met name veroorzaakt door de lagere elektriciteitskosten.
- Het inzetten van daglichtkokers in varkensstallen, waarmee daglicht in de stal gebracht kan worden, is een goede optie. Er zijn besparingen mogelijk tot ruim € 3.000 ten opzichte van HF-TL. Een combinatie met kunstverlichting is echter nodig.

Inzet duurzame energiebronnen

- Inzet van een biomassaketel met houtsnippers als duurzame energiebron geeft ten opzichte van het gebruik van een HR-ketel een besparing aan brandstofkosten van ca. 70% en een besparing aan jaarkosten van ruim 40% en 50% bij afschrijvingstermijnen van respectievelijk 10 en 15 jaar.
- Inzet van zonneboilers als vervanging van gas is niet interessant door de lange terugverdientijd.
- Zonnepanelen en kleine windturbines zijn vanwege het salderingssysteem op deze bedrijven niet interessant.

-
- Monovergisting op het eigen bedrijf waarbij via een WKK elektriciteit geleverd wordt, kan niet uit. De terugverdientijd is langer dan 30 jaar.

Fossiele energie als resterende energiebehoefte

- De resterende fossiele energie - na besparing en mogelijke (economisch rendabele) inzet van duurzame energie (biomassaketel) - voor het standaardzeugen- en het standaardvleesvarkensbedrijf is respectievelijk 47% en 63% van het huidige energieverbruik.

Summary

Commissioned and funded by het Productschap van Vee en Vlees research has been conducted into energy savings in piggeries. In piggeries a lot of energy is used, usually in the form of electricity and gas. In business, it is important that the farmer takes into account the Trias Energetica: the three-step strategy for the sustainable design of piggeries and a sustainable management. The three steps can be summarized as follows: reducing energy consumption, making the maximum use of renewable energy and the efficient use of fossil fuels in the remaining energy.

The broad objective of 'EnerVatiestal' is to provide innovative energy-saving and energy-generating techniques to demonstrate in the piggeries. This raises awareness of the sector. However, the sector also needs economic calculations of these techniques. The purpose of this study is limited to quantifying the effect of energy saving and energy-generating technologies on energy costs.

This project assumes construction of new buildings of a standard stable with an average of 550 sows present (breeding pigs) and a standard stable with 4200 fattening pigs. The main conclusions of this study are:

Energy conservation in new buildings

Ventilation and air scrubbers

- The central exhaust ventilation in combination with ground channel ventilation, which management measures are also important, gives a saving in standard stables of approximately 50 % on electricity compared to other ventilation.
- The use of electricity has increased significantly since 2003 in both sows and fattening pigs. A plausible explanation is that this is due to the increasing use of scrubbers. Building a low-emission stable without air scrubber is therefore recommended.

Heating

- Use of a heat pump is an expensive system on both the standard female and the standard finishers company. The annual costs do not outweigh those of a boiler.
- Piglets lamps with a half-switch are useful. They save on electricity. If well used there is a cost saving of € 1600.

Lighting

- LED lighting is both female and pig farms considerably cheaper than fluorescent lighting and cheaper than HF fluorescent lighting. This is mainly due to lower electricity costs.
- The use of daylight tubes in pig , which can be light housed in the barn is a good option. Cost savings can go up to more than € 3000. A combination with artificial lighting is necessary.

Use of sustainable energy sources

- Use of a biomass boiler with wood chips as a sustainable energy source gives respect to the use of a boiler savings on fuel costs of about 70% and a saving in annual costs of over 40% and 50% in depreciation periods of 10 and 15 years.
- Use of solar water heaters to replace gas is not interesting due to the long payback.
- Solar panels and small wind turbines are not profitable.
- Mono fermentation on the farm with electricity supplied from a CHP is not available. The payback period is longer than 30 years.

Fossil energy and remaining energy

- The remaining fossil energy - after saving and possible deployment of renewable energy (biomass boiler) - the standard for sows and fattening pigs now the default is 47% and 63%.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de varkenshouderij wordt veel energie verbruikt, meestal in de vorm van elektriciteit en gas. Bij de bedrijfsvoering is het van belang dat de varkenshouder rekening houdt met de Trias Energetica: de drie-stappen strategie bij het duurzaam ontwerpen van varkensstallen. De drie stappen kunnen als volgt worden samengevat:

1. beperken van het energieverbruik, door het goed isoleren van het gebouw (vloeren, daken en gevels), maar ook is te denken aan zo efficiënt mogelijk omgaan met ventilatoren, verwarming en verlichting.
2. maximaal gebruik maken van duurzame energiebronnen, zoals zon, wind, water, biovergisting.
3. efficiënt gebruik maken van fossiele brandstoffen om in resterende energiebehoefte te voorzien, b.v. door toepassing van vloerverwarming en warmtepompen.

In 2010 en 2011 zijn van het onderdeel EnerVatieststal - binnen het hoofdthema Energieneutrale stal - veel innovatieve technieken gedemonstreerd op VIC-Sterksel, die bijdragen aan de energieneutrale varkensstal. Al deze technieken vallen onder de eerste twee stappen van de Trias Energetica.

De technieken die de afgelopen jaren op VIC-Sterksel zijn ingezet voor demonstratie zijn:

- Het witkalken van het dak aan de buitenkant. Hierbij wordt het opwarmen door instraling van de zon tegengegaan.
- Led-verlichting. Deze vorm van verlichting is energiezuinig en heeft een lange levensduur.
- Daglichtkokers. Bij deze techniek komt het daglicht via een koker binnen in de afdeling.
- Zonnepanelen. Ze leveren elektriciteit.
- Zonwerende folie. Houdt direct zonlicht tegen.
- Nevelkoeling. Water wordt verdampt, waardoor temperatuur daalt en minder hoeft te worden geventileerd.
- Bewegingsschakelaars. Deze zijn bedoeld om het licht aan en uit te schakelen, meestal in ruimtes waarin men vaak is zoals centrale gang en kantoor.

Het demonstreren van deze technieken op VIC-Sterksel in combinatie met het grote aantal bezoekers (ongeveer 10.000 per jaar) heeft tot gevolg gehad dat veel varkenshouders op de hoogte zijn van de mogelijkheden van energiebesparing. Het ontbreekt de varkenshouders echter vaak nog aan het juiste kosten-baten plaatje per techniek. Daarom is er behoefte vanuit de sector om stallen met energiebesparende en energie-opwekkende technieken door te rekenen op kosten en besparingen. Die behoefte bestaat ook voor het efficiënt gebruik van fossiele brandstoffen als derde stap van de Trias Energetica. Hierdoor krijgt de varkenshouder ten eerste inzicht in de bijdrage van de techniek op het bereiken van de mate van energiebesparing als onderdeel van de energieneutrale bedrijfsvoering en ten tweede in de rentabiliteit per techniek.

1.2 Doelstelling

EnerVatieststal heeft als doel om innovatieve energiebesparende en energie-opwekkende technieken te demonstreren in de varkenshouderij. Hiermee wordt bewustwording van de sector vergroot voor nieuwe technieken en verder versterkt door economische berekeningen te maken van deze technieken, die additioneel zijn ten opzichte van een referentieststal. Deze studie beperkt zich tot het kwantificeren van het effect van energiebesparende en energie-opwekkende technieken op de kosten voor energie.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bespreekt de methodiek van deze studie, o.a. de keuze van standaardstallen en de aanpak met behulp van de Trias Energetica. In hoofdstuk 3 is een literatuuronderzoek naar energiebesparingstechnieken van de laatste 10-15 jaar beschreven. Hoofdstuk 4 geeft de mogelijkheden van energiebesparing weer voor de standaardstallen. In hoofdstuk 5 komt de inzet van duurzame energiebronnen aan de orde, waarbij elke duurzame energiebron getoetst wordt aan economische haalbaarheid binnen de gekozen methodiek. In hoofdstuk 6 is berekend hoeveel resterende fossiele energie per standaardbedrijf nog moet worden ingezet. De conclusies en aanbevelingen worden weergegeven in hoofdstuk 7.

Niet alle hiervoor genoemde en op VIC-Sterksel gedemonstreerde technieken zijn doorgerekend. Reden hiervan is dat mogelijke besparingen niet voldoende onderbouwd kunnen worden.

2 Methode

2.1 Standaardbedrijven

Als uitgangspunt voor de berekeningen zijn de standaardbedrijven voor fokzeugen en vleesvarkens genomen uit KWIN 2012-2013. Het fokzeugenbedrijf heeft 550 en het vleesvarkensbedrijf 4.200 dierplaatsen. Kenmerken van de bedrijven zijn weergegeven in respectievelijk de bijlagen 1 en 2.

Uit de beschrijving van het zeugenbedrijf blijkt dat de stal voldoet aan het Besluit huisvesting (AMvB-regelgeving). Dit is gerealiseerd door de mest per afdeling op te slaan in ondiepe kelders met schuine putwanden in de dek-, drachtige zeugen- en biggenafdeling. Vanaf 1 januari 2013 moet de stal ook voldoen aan de Nederlandse wetgeving voor dierenwelzijn. Dit betreft o.a. de spleetbreedte van de roostervloeren en het percentage dichte vloer per diercategorie en groepshuisvesting bij dragende zeugen.

2.1.1 Ventilatie en klimaat

Bij de kraamafdeling van de zeugenstal komt de lucht onder de mestpan binnen. Bij de andere afdelingen komt de lucht binnen via de kopgevel van de stal. Via de controlegang gaat de lucht de afdelingen binnen. De binnenkomende lucht wordt in de winter verwarmd met deltabuizen. De lucht van de afdelingen wordt per afdeling afgevoerd via een verlaagd plafond met bovenafzuiging. In de vleesvarkensstal komt de lucht via een ondergrondse luchtinlaat onder de bolle vloer binnen en gaat vervolgens door de roosters in de voergang de afdeling binnen.

Het klimaat wordt in beide stallen per afdeling geregeld door een luchtuitlaat met een waaier en smoorklep. De uitgaande lucht van elke afdeling komt in een centraal afzuigkanaal waar de lucht met een aantal ventilatoren wordt afgezogen. Een van de ventilatoren in het afzuigkanaal heeft een frequentie gestuurde regeling. De rest wordt aan/uit bijgeschakeld (zie par 4.1.2).

2.1.2 Verwarming

De zeugenstal heeft een aantal afdelingen waarbij de juiste instelling van de temperatuur belangrijk is. Dit geldt niet alleen voor het welzijn en gezondheid van de biggen/zeug, maar ook voor het in de hand houden van de verwarmingskosten.

In de kraamafdeling heerst een temperatuur, die bij het werpen van de zeug 23°C is en een paar uur daarna zakt naar 21°C en een week na werpen op 20°C gehouden wordt. Er is vloerverwarming en één biggenlamp (100-150 W) per kraamhok. De biggenlamp is gemiddeld 7-10 dagen in gebruik per toom. In de drachtige zeugenafdeling en de dekstal is de ideale temperatuur 20°C. Voor de biggenafdeling is bij het spenen van de biggen (7,5 kg) de temperatuur 26°C, drie weken daarna 24°C en 6 weken daarna 22°C (Handboek Varkenshouderij, 2004).

Bij de vleesvarkenshouderij hebben de dieren bij de start (23 kg) een omgevingstemperatuur van 25°C, op dag 5 is de temperatuur 23°C, op dag 50 22°C en op dag 100 21°C. Om deze temperaturen te realiseren is het belangrijk te weten wat de buitentemperaturen zijn maar ook welke voorzieningen aanwezig zijn in de stal om warmte te produceren (b.v. cv-ketel, biomassaketel, zonnecollector, mestvergister) of van plaats A naar plaats B te brengen (rondpompsysteem, warmtepomp).

2.1.3 Verlichting

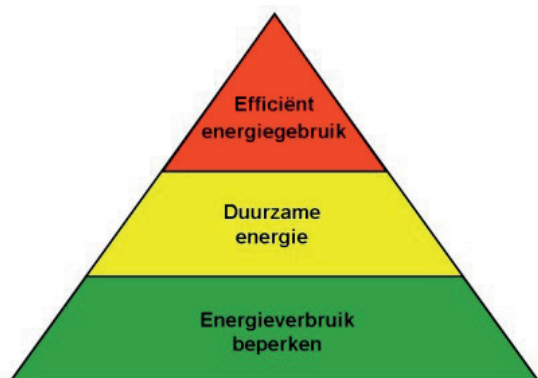
Voor de standaardstal is geen beschrijving gegeven van de verlichting. Om te weten hoe de verlichting in de stal aangebracht moet worden, zal een lichtplan bekend moeten zijn. Dit lichtplan is te maken als ook afmetingen van de stal (lengte, breedte, goothoogte en nokhoogte), de aard van de buitenmuren met de oppervlakte aan ramen, de aard en hoogte van de afscheidingen van de hokken, en de hoogte van het plafond. Voor beide stallen is op basis van deze gegevens een lichtplan

opgesteld door een externe firma. Op basis van dit lichtplan zijn de investeringen en de gebruikskosten berekend voor een verlichting met TL, Hoogfrequente TL en LED-TL. Daarnaast is een berekening gemaakt wat de kostenbesparing aan elektriciteit is bij het toepassen van verlichtingskokers.

2.2 Aanpak energiebehoefte standaardbedrijven

In dit project is voor de standaardbedrijven wat betreft energie gekozen voor de aanpak Trias Energetica. In de meest eenvoudige vorm ziet de Trias Energetica er als volgt uit (figuur 1):

- Stap 1: Beperk de energievraag;
- Stap 2: Gebruik energie uit duurzame bronnen;
- Stap 3: Gebruik fossiele energiebronnen efficiënt.



Figuur 1 Trias Energetica.

De genoemde stappen 1, 2 en 3 zijn terug te vinden in respectievelijk de hoofdstukken 4, 5 en 6. De standaardstallen die besproken zijn in paragraaf 2.1 zijn nieuw gebouwd, voldoen daarom aan de Nederlandse wetgeving voor dierenwelzijn van 1 januari 2013, maar zijn ook zodanig van opzet dat in het nieuwbouwconcept al zoveel mogelijk energiebesparende maatregelen zijn meegenomen voor ventilatie, verwarming en verlichting.

3 Literatuurstudie

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op energiebesparing in de varkenshouderij in het algemeen. Hierbij wordt achtereenvolgens ingegaan op het elektriciteitsgebruik en gasverbruik in de afgelopen 20 jaar (paragraaf 3.1), het energieaandeel per bedrijfssysteem (paragraaf 3.2) en het effect van stalontwerp, technieken en management (paragraaf 3.3).

3.1 Elektriciteitsgebruik en gasverbruik

Voor de zeugen- en vleesvarkensstal is aangegeven hoeveel elektriciteit en gas worden gebruikt per gemiddeld aanwezige zeug en per vleesvarkensplaats (tabel 1).

Tabel 1

Elektriciteits- en gasverbruik per gemiddeld aanwezige zeug en per vleesvarkensplaats in euro

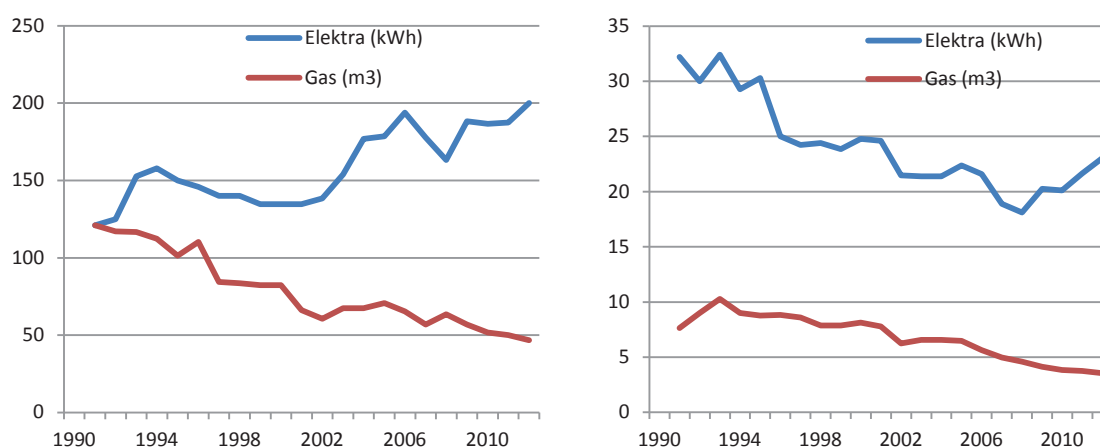
(Bron: KWIN-V, 2012-2013)

Diercategorie	Elektriciteit (euro)*	Gas (euro)**
Zeug (g.a.z.)	30	29
Vleesvarkensplaats	3,4	2,2

* 1 kWh kost € 0,145. ** 1 m³ aardgas kost € 0,62. Excl. BTW, incl. Ecotax

Uit tabel 1 is af te leiden dat per zeug (g.a.z.) er 207 kWh en 47 m³ aardgas wordt verbruikt. Per vleesvarkensplaats is dat respectievelijk 23,4 kWh en 3,5 m³ aardgas.

Het verloop van elektriciteitsgebruik en gasverbruik vanaf 1992 tot 2012 is voor zeugen- en vleesvarkensbedrijven weergegeven in de figuur 2.



Figuur 2 Elektriciteits- en gas verbruik op zeugen- (links) en vleesvarkensbedrijven (rechts). (Bron: Agrovision en KWIN-Veehouderij)

In de afgelopen 20 jaar is bij zeugenbedrijven het gasverbruik met 60% afgenomen, het elektriciteitsgebruik is echter met 60% toegenomen. Voor vleesvarkensbedrijven bleef het gasverbruik in de jaren '90 na een toename vrijwel gelijk, maar nam vanaf 2001 continu af; de afname is 59% voor het jaar 2012. Het elektriciteitsgebruik nam met 44% af tot het jaar 2008, om daarna weer toe

te nemen met 27% in het jaar 2012. Een mogelijke oorzaak van deze toename is de inzet van luchtwassers voor de reductie van emissies.

3.2 Energieaandeel per bedrijfssysteem

Varkensbedrijven laten nog steeds grote verschillen zien in energieverbruik. Dit komt door verschillen in management en bedrijfsuitrusting. Onderdelen van de bedrijfsvoering waarop veelal nog bespaard kan worden zijn verlichting, ventilatie en verwarming. Bij deze onderdelen wordt elektriciteit en/of gas verbruikt. Bij verlichting speelt ook de vervanging van de lampen een rol bij de jaarkosten, naast de investering en de verbruikte elektriciteit. Ventilatie kan een hoge kostenpost zijn doordat er veel m³ lucht per dier verplaatst wordt. Dit gebeurt vooral bij hoge temperaturen in de stal tijdens de zomerperiode. Bij nieuwbouw moet er daarom op gelet worden dat de isolatie van het gebouw goed is. Verder moet in het gebouw en de bedrijfsuitrusting al rekening worden gehouden met inpassing van onderdelen die energie besparen. Te denken is aan het toepassen grondventilatie, vloerverwarming, warmtepompen, rondpompsystemen of warmte aan mest onttrekken.

Op zeugen- en vleesvarkensbedrijven is een aantal bedrijfssystemen verantwoordelijk voor het totale elektriciteitsverbruik (tabel 2). Bij zeugenbedrijven is opvallend dat mechanische ventilatie hiervan 50% inneemt. De systemen die 90% voor hun rekening nemen zijn mechanische ventilatie, biggenlampen, motoren en pompen, en verlichting. Op vleesvarkensbedrijven neemt mechanische ventilatie 75% van de totale elektriciteitskosten voor haar rekening.

Tabel 2

Elektriciteitsgebruik zeugen- en vleesvarkensbedrijven in procenten van totaal
(Bron: Enerpedia)

Onderdeel	Zeugenbedrijf	Vleesvarkensbedrijf
Mechanische ventilatie	50	75
Biggenlampen	17	
Motoren en pompen	14	16
Verlichting	9	5
Circulatiepompen verwarming	6	
Andere bronnen	4	4
Totaal	100	100

Tabel 2 laat zien dat er mogelijk op ventilatiegebied nog veel te winnen is. In mindere mate geldt dit voor biggenlampen, motoren en pompen, en verlichting. Belangrijk is wel dat het klimaat in de stallen goed blijft.

3.3 Effect van stalontwerp, technieken en management

Vanaf ongeveer 2000 wordt al aandacht besteed aan energiebesparende technieken in de varkenshouderij. Onderzoek van Van Wagenberg en De Leeuw (2002) geeft een aantal aspecten aan waarop gelet moet worden ten behoeve van energiebesparing. Deze zijn:

1. regeling van de minimumventilatie
2. ventilatieregeling en stalontwerp
3. stalontwerp en beheer bij licht
4. regelmatig onderhoud plegen en controle van apparatuur
5. niet te hoog afstellen van temperatuur in centrale gang
6. niet onnodig laten branden van biggenlampen

De drie eerstgenoemde punten zijn besparingen die gerealiseerd worden door stalaanpassingen. De punten 4 t/m 6 zijn te rangschikken onder managementmaatregelen.

Ad 1

Een nauwkeurige instelling en regeling van de minimumventilatie heeft een grote invloed op de stookkosten. Een verhoging van deze instelling met 20 m³ per uur per kraamhok leidt tot een verhoging van de stookkosten met bijna 300%. Bij een minimumventilatie die gedurende de ronde 1 m³/uur per big hoger is dan de norm, zijn de kosten voor verwarming ruim € 4,50 per zeug per jaar hoger. Voor de regeling van het klimaat is daarom een nauwkeurige regeling van de minimumventilatie met behulp van automatische regelklep en meetwaaier sterk aan te bevelen.

Ad 2

Wat betreft het type ventilator hebben frequentiegeregelde ventilatoren de voorkeur boven triac-geregelde ventilatoren. De besparingen kunnen liggen tussen de 30 en 70%. De keuze van de juiste ventilatordiameter hangt af van de soort regeling. Frequentiegeregelde ventilatoren hebben over het algemeen een ruimere diameter dan triac-geregelde ventilatoren. Kies bovendien een ventilator die in overeenstemming is met het gebruik. Voor stallen waar grote drukverschillen overwonnen moeten worden, speciaal bij centrale afzuiging en luchtwassers, is het aan te raden te werken met hogedrukventilatoren die een stabiel debiet kunnen leveren bij alle tegendrukken. Een luchtwasser zal na verloop van tijd stof verzamelen waardoor de stromingsweerstand oploopt. Hierdoor stijgt de tegendruk en gaat de energie-efficiëntie achteruit: de ventilator kan steeds minder lucht verplaatsen met dezelfde hoeveelheid energie (Van Linden e.a., 2011). Verder moet gelet worden op het specifieke verbruik van de ventilator, dat is het opgenomen vermogen per 1000 m³ verplaatste lucht, bij de drukverschillen in de stal. Het is aan te raden goede vragen te stellen over de technische gegevens van de ventilator i.v.m. de opgegeven energie-efficiëntie ($W/(1000m^3/u)$). Het is belangrijk te weten of deze energie-efficiëntie betrekking heeft op het asvermogen van de motor of het effectief opgenomen totale vermogen, inclusief het vermogen dat door bv. de frequentieomvormer wordt opgenomen.

Voor een besparing op verwarmingskosten wordt bij de huidige nieuwbouw veel aandacht besteed aan een optimaal gebouwontwerp, door bijvoorbeeld ondergrondse luchtinlaatkanalen in combinatie met een verlaagde luchtinlaat in de afdeling toe te passen. In de kanalen warmt de lucht op door onttrekking van warmte uit de grond, waardoor op stookkosten bespaard wordt. Door de verlaagde luchtinlaat is de ventilatie bovendien effectief, waardoor de ventilatienormen verlaagd kunnen worden. Dit leidt tot een extra besparing van ongeveer 25% op verwarmings- en ventilatiekosten.

Ad 3

Voldoende daglicht in de dierruimtes en de centrale gang zijn erg belangrijk. Dit is te realiseren door voldoende ramen in de zijmuren van de stal. Dit bespaart energie voor verlichting. Geadviseerd wordt om minimaal 3% aan raamoppervlakte te hebben in de zijmuren van de totale oppervlakte van de stal. Lichtdoorlatende platen in het dak plaatsen zou uiteraard ook mogelijk zijn, maar geeft veel warmte door naar binnen in de stal waardoor de temperatuur in de zomer bij mooi weer te hoog kan oplopen. Daglichtkokers die daglicht geven in de stallen kunnen interessant zijn bij diepe afdelingen en voorkomen dat er directe zonlichtinstraling is. De lichtopbrengst in lumen is te berekenen in een afdeling. Deze hoeveelheid lumen kan bespaard worden op de lichtopbrengst en dus op elektriciteit van de aanwezige lichtapparatuur in de afdeling (Van Balen, 2013).

Voor emissiearme stallen, zoals de standaardstallen genoemd in dit rapport, is het gebruik van armaturen met elektronische voorschakelapparatuur gewenst. Dit bespaart 25% op het elektriciteitsgebruik. Een aanwezigheidsdetectiesysteem in de centrale gang en in kantoor en bewegingssensoren voor de buitenverlichting zijn belangrijk om het licht niet onnodig te laten branden. Verder is aan te bevelen centrale schakelaars per afdeling of per stal te installeren, waardoor met één knop alle lampen per afdeling/stal uitgeschakeld worden. Wat betreft het beheer is het aan te bevelen om de lampen goed schoon te houden en lampen bij conventionele TL-buizen tijdig te vervangen. Het vervangen is noodzakelijk omdat de TL-buizen na enkele jaren al behoorlijk in lichtsterkte achteruit gaan. Bovendien geeft eerdere vervanging van de TL-buis een langere levensduur van de armatuur. Voor het moment van vervanging is een regelmatige meting van de lichtsterkte met een luxmeter aan te bevelen. Tenslotte is het plaatsen van de lampen volgens een opgesteld lichtplan door de installateur of groothandel gewenst. Op deze wijzen worden de lampen zo effectief mogelijk gebruikt.

Ad 4

Het is zaak regelmatig onderhoud/schoonmaak te plegen aan ventilatoren, meetwaaiers en kleppen. Dit voorkomt dat de het ventilatiesysteem teveel druk ondervindt en daardoor teveel energie opneemt.

Een regelmatige schoonmaak van een CV-ketel (bijvoorbeeld jaarlijks) houdt het rendement hoog. Een verhoging van de efficiency van 10% bespaart € 4,- per zeug (Van Wagenberg en De Leeuw, 2002).

Ad 5

De verwarming in de centrale gang moet niet hoger ingesteld worden dan de norm (meestal 5°C). Wanneer de centrale gang gebruikt wordt voor opwarming van de binnenkomende lucht, o.a. bij klepventilatie, dan moet de temperatuur hoger ingesteld worden (8°C). Dit type ventilatie is om deze reden duur. Bij een temperatuur van 10°C in de centrale gang zijn de verwarmingskosten per zeug al gauw € 2,- per zeug hoger dan normaal.

Ad 6

Biggenlampen worden gebruikt om biggen tot ca. 7 dagen na de geboorte bij te verwarmen en ook om ze onder de lamp te trekken, wat het doodliggen door de zeug kan voorkomen. Vaak is in het kraamhok ook vloerverwarming aangebracht. Probleem is dat de lampen steeds op vol vermogen branden (vaak 150 W) tijdens deze periode. Een eenvoudige halveringsschakelaar van ongeveer € 3 kan het vermogen van de lamp halveren vanaf bijvoorbeeld de 4e dag na de geboorte. Een andere mogelijkheid is het plaatsen van een dimmer in het kraamhok, waarop een curve ingesteld kan worden voor de lichtintensiteit. De dimmer kan twee kraamhokken bedienen en dat is vanwege de kosten - € 90,- per stuk - wel interessant. Een derde mogelijkheid is een biggenlamp met een temperatuurschakelaar via een elektronische dimmer, die met behulp van een thermometer de temperatuur bepaalt. Is de temperatuur te hoog dan dimt de lamp.

4 Mogelijkheden energiebesparing standaardstallen

In hoofdstuk 3 is besproken wat het aandeel per bedrijfssystemen is in het totale energiegebruik (paragraaf 3.1) en hoe de ontwikkeling is geweest van gasverbruik en elektriciteitsgebruik voor zeugen- en vleesvarkensbedrijven in de afgelopen 20 jaar (paragraaf 3.2). Verder is in dit hoofdstuk in het algemeen aandacht besteed aan ventilatieontwerp, ventilatieregeling en hieraan regelmatig onderhoud plegen, stalontwerp en lichtbeheer (paragraaf 3.3).

In hoofdstuk 4 wordt aandacht besteed aan mogelijke besparingen aan ventilatie-ontwerpen (paragraaf 4.1), verwarmingssystemen (paragraaf 4.2) en verlichtingssystemen (paragraaf 4.3) specifiek bedoeld voor de standaardstallen zoals besproken in hoofdstuk 2. Indien mogelijk worden de besparingen aangegeven.

4.1 Ventilatie

4.1.1 Grondkanaalventilatie

De zeugenstal is voorzien van grondkanaalventilatie met deltabuizen. Dit betekent dat de binnenkomende lucht al enkele graden wordt opgewarmd in de winter en enkele graden koeler in de zomer via de controlegang de afdeling ingaat. Hierdoor mag volgens de adviezen van het Klimaatplatform Varkenshouder de maximale ventilatie lager zijn dan in stallen met andere typen ventilatie (zie bijlage 3).

Bij grondkanaalventilatie kan worden uitgegaan van de laagste (cursieve) getallen bij minimumventilatie en bij maximumventilatie. Dit is mogelijk omdat de verse binnenkomende lucht meteen bij de dieren komt en zich niet eerst met de afdelingslucht vermengd zoals bij de meeste andere typen ventilatie. Door de binnenkomst van minder warme lucht in de zomerperiode via het systeem van grondventilatie t.o.v. klep- en plafondventilatie zal de begintemperatuur voor ventilatie later ontstaan, waardoor de ventilator later aanslaat en ook om deze reden minder geventileerd hoeft te worden. Hierdoor zijn de ventilatienormen 30% lager in te stellen (Handboek Varkens, 2012). Dit geeft een aanzienlijke energiebesparing.

4.1.2 Centraal afzuigsysteem

Verder hebben beide standaardstallen een centraal afzuigsysteem. Hierbij wordt de lucht via een centraal afvoerkanaal uit de afdelingen – voorzien van afzuigunits – gezogen met het aantal ventilatoren die naast elkaar in het afvoerkanaal geplaatst zijn. Eén van die ventilatoren heeft een frequentieregelaar, die bij lage ventilatievraag op een laag toerental draait en bij een hogere ventilatievraag het toerental kan verhogen. Wanneer het maximale toerental is bereikt, gaat een tweede ventilator aan en wordt tegelijkertijd het toerental van de ventilator met frequentieregelaar teruggebracht tot het minimum. Bij een nog grotere ventilatievraag kan ook een derde (en eventueel volgende) ventilator gestart worden. De vereiste ventilatievraag wordt bepaald door de totale vraag vanuit de afdelingen. De afdeling met de grootste ventilatievraag bepaalt het toerental van de ventilator met frequentieregelaar en daarbij of ook andere ventilatoren worden gestart (en dan op maximum toerental gaan draaien). Omdat niet elke afdeling dezelfde ventilatievraag heeft zijn afzuigunits voorzien van een meetwaaier en regelklep. De meetwaaier kan de ventilatiebehoefte met 5% onnauwkeurigheid bepalen. Bij minder ventilatievraag van een afdeling dan de hoogst vragende afdeling kan de regelklep van de minder vragende afdeling verder gesloten worden (smoorunit). Dit ventilatiesysteem met centrale afzuiging geeft 60% energiebesparing (elektriciteit) ten opzichte van afzuigen per afdeling met een ventilator in combinatie met een triac regelaar. Ventilatoren met triac regelaar zijn vaak geïnstalleerd in oude stallen. De investeringskosten van deze twee systemen zijn ongeveer gelijk (Handboek Varkens, 2012).

Hoewel betere ventilatiesystemen al beschikbaar zijn vanaf ongeveer 1990, is het elektriciteitsgebruik op de zeugenbedrijven tot 2003 blijven variëren tussen 125 en 150 kWh per gemiddeld aanwezige zeug (figuur 2). Vanaf 2003 tot 2012 nam het gebruik toe 200 kWh per gemiddeld aanwezige zeug. Een verklaring voor de toename in de periode vanaf 2003-2010 zou kunnen zijn dat er luchtwassers zijn geïnstalleerd op oude ventilatiesystemen, waardoor het energiegebruik behoorlijk steeg. Blijft echter de vraag over waarom in de periode 2003-2010 niet hetzelfde patroon is te zien bij vleesvarkensbedrijven. In de periode 2010-2012 blijkt het aandeel van alle typen varkens gehuisvest in oude stallen met ruim 20% te zijn afgenomen (CBS, 2012). Deze dieren zijn gehuisvest in emissie-arme nieuwe stallen. De uitbreiding van het aantal emissiearme plaatsen blijkt echter gerealiseerd te zijn door de installatie van luchtwassers, waardoor het elektriciteitsgebruik zelfs is gestegen. Dit is opvallend, want hoewel een toename van luchtwassers meer elektriciteit vraagt, zou combinatie met een ventilatiesysteem dat 60% minder elektriciteit vraagt (centrale afzuiging met meetwaaiers en regelkleppen per afdeling) toch een daling van de elektriciteit moeten geven. Een verklaring zou kunnen zijn dat bij de keuze over aankoop van ventilatiesystemen nog weinig rekening is gehouden met dit energiezuinige ventilatiesysteem.

4.2 Verwarming

4.2.1 HR-ketel of biomassaketel

In de standaardzeugenstal is verwarming geregeld met vloerverwarming bij de kraamafdeling en ruimteverwarming met deltabuizen bij de andere afdelingen (bijlage 1). Deze verwarming kan worden geregeld met aardgas. Aardgas heeft momenteel (2012/2013) een kostprijs van € 0,62 per m³ (KWIN-Veehouderij, 2012-2013) en is daardoor een dure verwarmingsbron in combinatie met een HR-ketel. Een biomassaketel met houtpellets of houtsnippers is een alternatief voor een HR-ketel die 50% tot 75% bespaart op stookkosten (zie paragraaf 5.5).

4.2.2 Rondpompsystemen

Rondpompsystemen komen overwegend voor in vleesvarkensstallen en zijn bedoeld om warmte van zwaardere dieren naar lichtere (jongere) dieren te vervoeren m.b.v. water. Deze vloerverwarming kan tot 50% op de stookkosten besparen. De afdelingen worden na het afleveren van de varkens schoongemaakt. Daarna worden ze voorverwarmd met een gasheater en vervolgens kan met het rondpompsysteem de warmte verkregen worden van de zwaardere dieren (Sleuwen, 2013). Het standaardvleesvarkensbedrijf kan volstaan met het rondpompen van de warmte van de zwaardere dieren naar de lichtere (jonge) biggen. Zoals eerder vermeld is een (heater op gas b.v.) een prima apparaat om vooraf de schoongemaakte en vochtige afdeling(en) droog te maken en op te warmen.

4.2.3 Warmtepompen

Warmtepompen zijn systemen die aan de ene zijde warmte onttrekken aan water of lucht en aan de andere zijde de warmte weer afgeven aan water of lucht. Het systeem gebruikt minder energie dan dat het oplevert. Hoe kleiner het temperatuurverschil tussen de mediums aan beide zijden, des te efficiënter de pomp werkt. Bij het gebruik van een warmtepomp is het belangrijk dat de vraag naar warmte en koude met elkaar in evenwicht is. Wanneer dat niet het geval is moet warmte of koude (tijdelijk) opgeslagen worden in de zogenaamde warmte- en koude opslagsystemen. Eén van die systemen kan bijvoorbeeld het grondwater (op 1,5 m diepte) onder een weiland van 1 ha zijn of bij koude- en warmte-opslagen op ca. 10 m of 50 m diepte.

Warmtepompen kunnen de stookkosten met 50% reduceren ten opzichte van een HR-ketel op gas. Voorwaarde hierbij is dat het gehele verwarmingssysteem geschikt is voor het stoken met lage temperaturen. Hoe lager de temperatuur, des te hoger het COP (=rendement) van de warmtepomp. De investering van deze pomp met bijbehorende warmtebron is zodanig hoog ten opzichte van een standaard HR-ketel dat de jaarkosten hoger uitpakken (Sleuwen, 2013).

Voor zowel het zeugen- als het vleesvarkensbedrijf is een warmtepomp een duur systeem. De investering met toebehoren is hoog, door b.v. een aankoop van een horizontale bron (weiland van

1 ha) waarin buizen op 1,5 m onder het oppervlak moeten worden aangelegd. De jaarkosten voor de warmtepomp wegen niet op tegen de jaarkosten van een HR-ketel of biomassaketel (Sleuwen, 2013).

4.2.4 Biggenlampen

Biggenlampen hebben op zeugenbedrijven na de mechanische ventilatie de hoogste elektriciteitsvraag. In paragraaf 3.3 is besproken waarom ze veel energie vragen. Met onderstaande berekening wordt aangegeven hoeveel elektriciteit kan worden bespaard wanneer een biggenlamp van 150 W is voorzien van een halveringsschakelaar. De berekening is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Aantal kraamhokken volgens standaardstal: 130
- Duur kraamronde is 25 dagen inclusief 1 schoonmaakdag
- Lamp van 150 W per biggennest die 24 uur per dag brandt
- Duur bijverwarmen met lamp per ronde: 7 dagen met 3 dagen op 150 W en 4 dagen op 75 W.
- Aantal rondes per jaar: $365/25 = 14,6$
- Elektriciteitsprijs: € 0,145 per kWh

Wanneer de lamp 7 dagen op vol vermogen (150 W) brandt, dan is berekend dat de kosten per jaar aan alleen elektriciteit € 6.696,- zijn. Bij 3 dagen branden op vol vermogen en 4 dagen op 50% vermogen zijn de elektriciteitskosten per jaar: € 4.961,-. De besparing met een halveringsschakelaar bedraagt dus € 1.735,-. De kosten per halveringsschakelaar zijn € 3,- per stuk. Totale investeringskosten zijn dus € 390,-. Bij een rente van 5% en afschrijving van 5 jaar (er worden geen onderhoudskosten begroot) zijn de jaarkosten € 88,-. De totale besparing voor een standaardzeugenstal met 597 dierplaatsen wordt dan € 1.647,-.

4.3 Verlichting

4.3.1 Uitgangspunten

Het type verlichting dat op dit moment gangbaar is zijn: TL, hoogfrequente TL (HF-TL, de zogenaamde T5- en T8-buizen) en LED-TL. Het zijn alle TL-buizen die op elke plaats in de stal een zo egaal mogelijke verlichting kunnen geven. Ze hebben een bolvormige lichtbundel, waardoor er ook schaduw ontstaat.

Inductielampen zijn ook interessante lichtbronnen. Ze hebben een lange levensduur (100.000 branduren) te danken aan de techniek: het zijn gasontladingslampen die geen gebruik maken van elektroden of filamenten. Ze stralen door middel van inductie van magnetische spoelen. Nadeel van deze lampen in varkensstallen is dat ze op minimaal 3 meter hoogte moeten hangen. Voor de verdeling van het licht is het beter dat ze vanaf 4 meter hoogte geplaatst worden. Ze worden daarom al toegepast in melkveestallen, waar de lampen hoger geplaatst kunnen worden.

Bij nieuwbouw, maar ook bij totale vernieuwing van de verlichting, spreekt men over het lichtplan. Dit wordt vooraf gemaakt door een adviseur, groothandel of installateur. In een lichtplan zijn de volgende aspecten van de lampen in de stal van belang:

- ophanghoogte en ophanghoek van de lampen;
- merkverschil (Osram of Philips);
- kleurverschil (kleurcode 830 (creme) of 840 (wit));
- reflectiewaarde van materialen in armatuur en stal,
- ligpositie van de dieren (b.v. zeugen in een dekstal of kraamhok) waarbij de lamp altijd aan de kopzijde gehangen dient te worden.

Hagro Agri BV heeft voor de standaardstallen de lichtplannen aangeleverd voor HF-TL en Led-TL. De lichtplannen zijn gemaakt op basis van de afmetingen van de standaardstallen en vormen de basis voor berekening van de kosten voor verlichting. In de lichtplannen is er rekening mee gehouden dat in de kraamafdeling en de dekstal lampen met een hogere lichtintensiteit nodig zijn. Voor een veehouder is het in de kraamafdeling makkelijk om ook 's nachts licht aan te hebben voor eventuele werkzaamheden, b.v. bij het werpen van een zeug. Het is dan te overwegen om LED-TL verlichting aan te brengen. LED-TL is duurder in aanschaf, maar het elektriciteitsverbruik is ongeveer de helft van

de benodigde elektriciteit in vergelijking met HF-TL. De investeringskosten van de drie typen lampen zijn weergegeven, waarbij de kosten opgedeeld zijn in kosten voor armaturen en voor de lichtbuis. Verder is het maximaal aantal verlichtingsuren weergegeven en de economische levensduur van de verlichting (tabel 3).

Tabel 3

Investering (armatuur + lichtbuis), opgenomen vermogen en maximale uren verlichting en levensduur van enkele buisverlichtingssystemen

(Bron: Agrotechniek - Hoogeveen en Hagro Agri - Albergen)

Type lamp (36W)	Investering armatuur (€)	Investering lichtbuis (€)	Opgenomen vermogen (W)*	Uren verlichting (max)**	Economische levensduur (jaar)
TL	25	2	48	7.300	10
HF-TL	35	2	36 en 58	10.950	10
Led-TL	15	40	20 en 25	36.500	10

* De hoogste opgenomen vermogens bij HF-TL en Led-TL worden toegepast bij de dek- en kraamafdelingen.

** Gebaseerd op gemiddeld 2, 3 en 10 jaar levensduur van de lichtbuis bij TL, HF-TL en Led-TL en gemiddeld 10 branduren per etmaal van de lichtbuis. De armaturen hebben bij de drie lamptypes een levensduur van 10 jaar.

In de lichtplannen is verder aangegeven welk type lamp en hoeveel lampen per afdeling en centrale gang nodig zijn (tabel 4).

Tabel 4

Type lamp, aantal lampen, lichtduur en lichtsterkte voor de standaardstallen

(Bron: Agrotechniek - Hoogeveen en Hagro Agri - Albergen)

Afdeling/ ruimte	Opgenomen vermogen (W)		Aantal lampen		Lichtduur per etmaal (uur) HF-TL en LED-TL	Lichtsterkte (lux)	
	HF-TL	Led-TL	HF-TL	Led-TL		HF-TL	Led-TL
Zeugen							
Biggen	36 W	20 W	64	56	10	53	82
Dragend	36 W	20 W	35	35	10	53	83
Opfok	36 W	20 W	9	8	10	53	73
Kraam	58 W	25 W	60	60	15	150	128
Dek	58 W	25 W	16	14	15	150	128
Centrale gang	58 W	20 W	11	11	8		
Vleesvarkens							
Afdelingen	36 W	20 W	213	197	10	51	56
Centrale gang	36 W	20 W	28	22	4		

4.3.2 Jaarkosten

Berekeningen van verlichtingskosten zijn uitgevoerd bij de zeugenstal en de vleesvarkensstal. Uitgaande van informatie van HAGRO-Agri BV en Agrotechniek zijn de jaarkosten voor de investeringen van TL, HF-TL en LED-TL voor de zeugenstal en vleesvarkensstal weergegeven (tabellen 5 en 6). Het betreft de kosten voor de investering, de arbeidskosten voor bevestiging en vervangen van TL-buizen van TL (elke 2 jaar) en HF-TL (elke 3 jaar) en de benodigde elektriciteit voor verlichting. De armaturen van de drie lamptypes hebben een levensduur van 10 jaar. Daarbij zijn de prijzen van tabel 3 gebruikt. De jaarkosten voor de investeringen zijn berekend op 15%, afgeleid uit afschrijving van 10%, rentekosten van 5% over het gemiddeld geïnvesteerd vermogen, en 2,5% kosten voor onderhoud. De elektriciteitskosten per kWh zijn gesteld op € 0,15, en de arbeidskosten

zijn berekend op € 60,- per uur, waarbij aangenomen is dat montage van een lamp 15 minuten vraagt. De arbeidskosten voor vervanging TL-buizen zijn berekend op € 30,- per uur waarbij vervanging van één TL-buis 10 minuten vraagt. Tenslotte is bij de lampen uitgegaan van gemiddeld 3.650 branduren per jaar en een economische levensduur van 10 jaar.

Tabel 5

Jaarkosten verlichting van TL, HF-TL en LED-TL voor een zeugenstal met 597 dierplaatsen

(Bron: Agrotechniek - Hoogeveen en Hagro Agri - Albergen)

Kostenaspect	TL		HF-TL		LED-TL	
	€	% van totaal	€	% van totaal	€	% van totaal
Investering	1.024	12,8	1.219	15,2	1.518	33,6
Arbeid	682	8,6	520	6,5	276	6,1
Elektriciteit	6.268	78,6	6.273	78,3	2.724	60,3
Totaal	7.974	100,0	8.011	100,0	4.518	100,0

In tabel 5 blijken de investerings- en elektriciteitskosten als percentage van de totale jaarkosten nogal te verschillen tussen de lampen onderling. Hoewel de LED-TL het duurst in aanschaf is, is het toch de goedkoopste verlichtingsbron. Dit wordt veroorzaakt door het lagere opgenomen vermogen resulterend in lagere elektriciteitskosten voor verlichting.

Tabel 6

Jaarkosten verlichting van TL, HF-TL en LED-TL voor een vleesvarkensstal met 4.200 dierplaatsen

(Bron: Agrotechniek - Hoogeveen en Hagro Agri - Albergen)

Kostenaspect	TL		HF-TL		LED-TL	
	€	% van totaal	€	% van totaal	€	% van totaal
Investering	1.265	15,8	1.506	22,1	1.939	42,7
Arbeid	844	10,5	643	9,4	352	7,7
Elektriciteit	5.892	73,6	4.664	68,5	2.254	49,6
Totaal	8.001	100,0	6.813	100,0	4.545	100,0

Tabel 6 geeft voor de vleesvarkensstal eenzelfde beeld voor de drie verschillende TL-verlichtingen als bij de zeugenstal. De goedkoopste lichtbron is de Led-TL met een opvallend lager elektriciteitsverbruik dan de andere TL-lampen.

4.4 Daglichtkokers

Daglichtkokers zijn te verkrijgen in verschillende diameters en uitvoeringen. Ze kosten ongeveer € 500,- tot € 1.500,- inclusief montagekosten per stuk. Berekening van de jaarkosten en terugverdientijd is mogelijk door de hoeveelheid lumen die de geïnstalleerde kokers leveren uit te zetten tegen de besparingen aan het niet branden van de lampen in de afdeling (Van Balen, 2013). Berekening van de jaarkosten staan in tabel 7. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Afschrijving: 20 jaar
- Rentepercentage: 5% per jaar over het gemiddeld geïnvesteerd vermogen
- Onderhoudskosten: geen.

Tabel 7

Jaarkosten daglichtkokers (€) bij diverse investeringen per koker (incl. motage)

Investering /koker	€ 500	€ 1.000	€ 1.500
Afschrijving	25,-	50,-	75,-
Rentekosten	12,50	25,-	37,50
Jaarkosten totaal	37,50	75,-	112,50

Bij varkenshouders kan uitgegaan worden van een investering per daglichtkoker van € 1.000,- per stuk. De jaarkosten zijn dan € 75,-. Deze kosten zullen bespaard moeten worden op elektriciteitskosten door het minder branden van de verlichting in de stal. Tabel 8 geeft de besparing weer aan elektriciteitskosten wanneer lampen gemiddeld 4, 6 of 8 uur per dag minder branden. Uitgangspunt hierbij is dat dit alleen geldt voor de lampen in de afdelingen. Voor de berekening van het stroomverbruik zijn de gegevens uit tabel 4 gebruikt wat betreft het aantal lampen en het opgenomen vermogen. Er is gerekend met een prijs per kWh van € 0,15.

Tabel 8

Besparing op energiekosten (€/jr) standaardstallen zeugen en vleesvarkens bij minder branduren kunstlicht

Lamp type	Diercategorie	Aantal lampen	Vermogen (W)	Lampen uit per dag (uur)		
				4	6	8
HF-TL	Zeugen	108	36	1.817	2.725	3.634
		76	58			
	Vleesvarkens	213	36	1.679	2.519	3.359
LED-TL	Zeugen	99	20	839	1.258	1.678
		74	25			
	Vleesvarkens	197	20	863	1.294	1.726

5 Duurzame energiebronnen

In dit hoofdstuk komt een aantal duurzame energiebronnen aan de orde. De volgende duurzame energiebronnen kunnen worden gebruikt: zonnecollectoren, zonnepanelen, mestvergisting en biomassakachel en zullen nader worden besproken.

5.1 Zonnecollectoren

Zonnecollectoren zetten zonlicht om in warmte. Het rendement hangt af van het gebruik van het opgewarmde water. Bij gebruik voor vloerverwarming is per m² collectoroppervlakte ongeveer 86 m³ te besparen aan aardgas bij levering van zonne-energie met 33% van de totale energiebehoefte. Dit betekent voor het standaardzeugenbedrijf het volgende. Totaal gasverbruik is voor een bedrijf met 550 gemiddeld aanwezige dieren gelijk aan $550 \times 47 = 25.850$ m³ gas. Bij levering van zonne-energie met 33% van de totale warmtebehoefte met gas, zal 8.617 m³ aardgas bespaard worden ofwel € 5.600,- (bij gasprijs van € 0,65, augustus 2013). Bij 86 m³ besparing per m² collectoroppervlakte betekent dit dat 100 m² zonnecollectoren nodig zijn (bron: www.energiesref.nl). Bij een prijs van € 580,- per m² zonnecollector inclusief boiler plus kosten voor aanleg (bron: www.energiesref.nl), geeft dit een investering van € 58.000,-. De jaarkosten van deze investering zijn bij een levensduur van 20 jaar en een rentepercentage van 5% per jaar berekend op € 4.350,-. Het totale positieve saldo per jaar is dus $5.600 - 4.350 = € 1.250,-$. De terugverdientijd is dan 46 jaar. Fiscale regelingen of subsidies kunnen een lagere terugverdientijd geven.

5.2 Zonnepanelen

Zonnepanelen - ook wel zonnecellen of zon PV genoemd - zetten zonlicht om in elektriciteit. Bij inzet van zonnepanelen moet rekening gehouden worden met de elektriciteitsvraag van het bedrijf, de netaansluiting, de ligging van de bedrijfsgebouwen en de dakhelling en -constructie en met de mogelijkheid of het eigen elektriciteitsverbruik kan worden gesaldeerd. Wanneer niet onbeperkt gesaldeerd kan worden dan zal gekeken moeten worden wat het verbruikspatroon van het bedrijf is op enig moment op de dag en/of in het jaar.

Wanneer aan bovenstaande voorwaarden wordt voldaan, kan inzet van zonnepanelen interessant zijn. Bij varkensbedrijven is de vraag naar stroom meestal groot in de zomer bij hoge temperaturen. De ventilatoren zullen dan op mechanisch geventileerde bedrijven met een hoger toerental draaien en daardoor meer stroom vragen.

Het standaardzeugenbedrijf produceert - uitgaand van een elektriciteitsbehoefte van 50 kWh per gemiddeld aanwezige zeug - 110.000 kWh op jaarbasis. Om te bepalen of het economisch rendabel is, zal gekeken moeten worden naar het salderen (Buiter, 2013). Dit betekent dat bij het plaatsen van 50.000 kWh aan zonnepanelen, eerst van de overige 60.000 kWh de eerste 50.000 kWh tegen de staffels in energiebelasting van 11,4 €cent (tot 10.000 kWh) en 4,15 €cent (10.000 tot 50.000 kWh) moeten worden ingekocht. Dit betekent dat de eigen geproduceerde 50.000 kWh in de 3^e staffel van energiebelasting valt (1,11 €cent) valt. Er wordt dan geproduceerd voor het energietarief (gemiddeld € 0,06 per kWh) plus het tarief van de energiebelasting van € 0,011. Dit is: € 0,071 per kWh. Uit deze berekening blijkt dat als het eigen energieverbruik niet volledig kan worden gesaldeerd, het investeren in zon-PV economisch niet interessant is.

Meer informatie over investeringen en terugverdientijden is te vinden op de website van AgroEnergiek (www.agroenergiek.nl).

5.3 Kleine windturbines

Een studie naar kleine windmolens (Kasper en Ellen, 2014) gaf aan dat de 'investerings-baten ratio' en de 'efficiency' nogal lager zijn in vergelijking met grote windmolens. Ook bleek bij een verbruik van 100.000 en 200.000 kWh per jaar op een zeugenbedrijf het economisch rendement van kleine windturbines te laag om tot aanschaf over te gaan. De fiscale regelingen (MIA en VAMIL) kunnen het economisch rendement wel enigszins verbeteren door het realiseren van een investeringsaftrek van 12 tot 14%, maar deze regelingen zijn echter alleen maar van toepassing wanneer er voldoende winst op het bedrijf wordt gemaakt en daardoor ook belasting wordt betaald (Kasper en Ellen, 2014).

5.4 Monovergisting

Elektriciteit produceren met een monovergister op het eigen bedrijf, waarbij in totaal 110.000 kWh per jaar nodig is, is eveneens niet interessant. Van de geproduceerde warmte zal ongeveer 73% voor de vergister nodig zijn zodat nog 27% overblijft voor andere doeleinden, bijvoorbeeld voor stalverwarming (Kasper en Peters, 2012). Omdat de warmte nog getransporteerd moet worden naar de stal, zal 60% van deze warmte beschikbaar zijn, ofwel 16% van de totaal geproduceerde warmte (Kasper en Peters, 2012). Het is dan economisch niet interessant om de eigen warmte te benutten voor stalverwarming. De kosten voor aanleg van leidingen en pompen die het warme water van de vergister naar een stal transporteren wegen niet op tegen eigen warmtebenutting.

Onderzoek van Aarnink et al. (2013) komt tot dezelfde conclusie: elektriciteit produceren uit mest van eigen dieren kan niet uit; de terugverdientijd is langer dan 30 jaar.

5.5 Biomassaketel

Biomassaketels zijn een goed alternatief voor hoogrendement CV-ketels (=HR-ketels), zeker met de relatief hoge gasprijs op dit moment (jaar 2013: € 0,62 per m³ gas). Als brandstof worden houtpellets of houtsnippers gebruikt. Bij houtpellets kan ongeveer 50% en bij houtsnippers 75% op verwarmingskosten worden bespaard. De investering in een biomassaketel met toebehoren - vijzel voor aanvoer, automatische systeem voor asverwijdering en het gehele besturingssysteem inclusief on-lineverbinding met de leverancier - is veel hoger dan in een HR-ketel. Door de veel lagere stookkosten bedraagt de terugverdientijd 5 tot 7 jaar. Wel moet worden opgemerkt dat de veehouder meer werk heeft met het schoonmaken van de ketel en het vullen van de voorraadruimte of voorraadbak.

Een berekening wordt gemaakt om te laten zien dat een biomassaketel gestookt op houtsnippers goedkoper is dan HR-ketel op gas. De volgende uitgangspunten zijn gebruikt bij de berekening:

- Investering HR: € 10.000,-; investering biomassaketel: € 60.000,-
- Onderhoud: 1,25% van de investering;
- Rente: 5% van gemiddeld geïnvesteerd vermogen;
- Afschrijving: 10 jaar en 15 jaar
- Rendement van beide installaties: 90%;
- Prijs gas: € 0,62 per m³, prijs houtsnippers: € 0,05 per kg droog (ca. 25% vocht).
- Energie-inhoud gas: 32 MJ/m³; houtsnippers: 13 MJ/kg
- Gasverbruik per gemiddeld aanwezige zeug per jaar: 50 m³.

In tabel 9 staan de jaarkosten aan rente, afschrijving, onderhoud en ook de kosten voor de brandstof.

Tabel 9

Jaarkosten (€) bij verwarming met een HR-ketel of een biomassaketel

	Afschrijving 10 jaar		Afschrijving 15 jaar	
	HR-ketel	Biomassaketel	HR-ketel	Biomassaketel
Afschrijving	1.000	6.000	667	4.000
Rente	250	1.500	250	1.500
Onderhoud	125	750	125	750
Aardgas	18.944		18.944	
Houtsnippers		3.756		3.756
Totaal jaarkosten	20.319	12.006	19.986	10.006

Tabel 9 laat zien dat voor een standaardzeugenbedrijf met 550 gemiddeld aanwezige zeugen per jaar bij gebruik van een biomassaketel met een afschrijving van 10 jaar € 8.313,- bespaard kan worden ten opzichte van een HR-ketel. Bij een afschrijving in 15 jaar is de besparing bijna € 10.000,-. De terugverdientijd van de biomassaketel is bij 10 jaar afschrijving 7,6 jaar en bij 15 jaar afschrijving 6 jaar.

6 Fossiele energie voor resterende energiebehoefte

In paragraaf 2.2 is aangegeven dat bij de keuze van de nieuwbouwstallen voor zeugen en vleesvarkens eerst gekeken wordt naar energiebesparing, daarna naar inzet van mogelijk duurzame energiebronnen en tenslotte naar de inzet van fossiele energie volgens het principe van de Trias Energetica. In hoofdstuk 3 is met behulp van een literatuurstudie aangegeven welke energiebesparende maatregelen op het gebied van ventilatie, verwarming en verlichting al bekend zijn in bestaande en nieuwe stallen. In hoofdstuk 4 zijn energiebesparende systemen voor ventilatie, verwarming en verlichting aan de orde geweest, en in hoofdstuk 5 zijn de technische en economische aspecten van potentiële duurzame energiebronnen besproken.

In dit hoofdstuk (hoofdstuk 6) zal, deels kwantitatief maar vooral kwalitatief, worden aangegeven of fossiele energie nog noodzakelijk is. Dit gebeurt voor de onderdelen ventilatie, verwarming en verlichting na afweging van mogelijke energiebesparing en inzet van duurzame energiebronnen.

6.1 Ventilatie

In de standaardstallen van zeugen en vleesvarkens wordt grondkanaalventilatie toegepast. Dat geeft een 30% lagere ventilatienorm dan b.v. klep- en plafondventilatie. Onbekend is of dit ook 30% minder elektriciteit vraagt. Het centraal afzuigstelsel in de standaardstallen geeft 60% energiebesparing aan elektriciteit ten opzichte van afzuigen met een ventilator in combinatie met een triac-regelaar per afdeling. Doordat de stallen schuine wanden hebben in de mestputten, wordt dit staltype aangemerkt als emissiearm voor ammoniak. Hierdoor is geen luchtwater nodig, wat een aanzienlijke besparing geeft op elektriciteit. Hierdoor zal de tendens van oplopend elektriciteitsgebruik bij zeugenbedrijven in de periode 2003 tot 2012 en voor vleesvarkens voor de periode na 2008 doorbroken kunnen worden.

Omdat duurzame energieopwekking met zonnepanelen en kleine windmolens niet interessant is (hoofdstuk 5), zal na energiebesparing het resterende elektriciteitsgebruik van fossiele oorsprong zijn.

6.2 Verwarming

Verwarming gebeurt overwegend met aardgas. Uitzondering zijn de biggenlampen, die elektriciteit vragen. Het gebruik van warmtepompen kan de stookkosten met 50% reduceren ten opzichte van een HR-ketel op gas. Toch is voor zowel het zeugen- als het vleesvarkensbedrijf een warmtepomp een duur systeem. De investering van deze pomp met bijbehorende warmtebron is zodanig hoog ten opzichte van een standaard HR-ketel dat de jaarkosten hoger uitpakken (paragraaf 2.4.1).

In vleesvarkensstallen is het gasverbruik zodanig laag - 3,5 m³ per vleesvarken per jaar - dat in de standaardstal 14.000 m³ gas wordt verbruikt. Dat kost € 8.680,- bij een gasprijs van € 0,62 per m³. Worden daarbij opgeteld de jaarkosten van de CV-ketel, dan kost het gasverbruik € 10.055,-. Om op dezelfde jaarkosten uit te komen kan bij een afschrijvingstermijn van 10 jaar een biomassaketel van € 40.000,- worden aangeschaft (tabel 9). Dat zal de varkenshouder niet doen omdat de arbeidskosten voor het vullen van de biomassaketel nog niet in de berekening verwerkt zijn. Bovendien wordt op vleesvarkensbedrijven al bespaard op het gasverbruik door de veel gebruikte rondpompsystemen.

Voor het zeugenbedrijf is aanschaf van een biomassaketel, als duurzame energiebron, wel interessant door het hogere verbruik per gemiddeld aanwezige zeug (figuur 2: 47 m³/g.a.z. in 2012). Er kan met houtsnippers - bij de aangenomen uitgangspunten - 80% op brandstofkosten bespaard worden, hetgeen de extra jaarkosten van de biomassaketel ruimschoots overtreft. De overige duurzame energiebronnen (zonneboilers, zonnepanelen, kleine windmolens en monovergisting) blijken economisch niet interessant (hoofdstuk 5).

6.3 Verlichting

Hoewel verlichting maar een klein aandeel heeft in de totale elektriciteitskosten voor zowel vleesvarkens als zeugen, resp. 5% en 9% (tabel 1), kan toch op elektriciteit voor verlichting in stallen bespaard worden. Dit is bijvoorbeeld te realiseren door HF-TL of LED-TL verlichting. Mogelijk is met inductieverlichting nog meer besparing te verwachten gezien de lange levensduur (100.000 branduren). Daglichtkokers zijn interessant om varkens in stallen bij daglicht te houden. Toch zullen daglichtkokers kunstverlichting nooit volledig kunnen vervangen. Dit i.v.m. werkzaamheden 's nachts van de veehouder in kraamstallen, extra lichtintensiteit en bepaalde golflengtes voor berige zeugen en bovendien is kunstverlichting nodig bij bewolkt weer en korte dagen (winter). De elektriciteit die nodig is voor verlichting moeten komen van fossiele oorsprong, omdat duurzame energieopwekking ten behoeve van elektriciteit niet rendabel is (hoofdstuk 5).

6.4 Resterende fossiele energie op zeugenbedrijf

In de figuur 2 worden de gerealiseerde waarden voor gebruik van elektriciteit en verbruik van gas weergegeven. Daarin is al een percentage bedrijven verwerkt die energiebesparing toepassen. Stel dat momenteel in Nederland 20% van de zeugenbedrijven nu al een besparing heeft aan elektriciteit van 50% door toepassing van grondventilatie en een centraal afzuigstelsel, dan wordt het elektriciteitsgebruik in tabel 1 hierdoor verlaagd met 5% ($0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,5$) in vergelijking met dat geen enkel zeugenbedrijf grondventilatie en centraal afzuigen toepast. Hierbij wordt aangenomen dat 50% van het elektriciteitsgebruik wordt gevraagd door ventilatie. Wordt verder uitgegaan dat 25% van de zeugenbedrijven geen luchtwasser toepast - waarbij een luchtwasser 20% van de elektriciteitskosten uitmaakt - dan wordt het elektriciteitsgebruik met 5% verlaagd ($0,2 \cdot 0,25$). Wanneer dus geen enkel bedrijf energiebesparing zou toepassen dan zou het elektriciteitsgebruik voor zeugenbedrijven in figuur 2 niet 200 kWh/g.a.z. zijn, maar 220 kWh/g.a.z.

Dezelfde rekenmethodiek kan worden toegepast op het gasverbruik. Stel dat op 20% van de zeugenbedrijven een biomassaketel wordt toegepast, waarbij 50% van het gasverbruik kan worden bespaard (paragraaf 5.5) in vergelijking bij geen toepassing van een biomassaketel, dan betekent dit dat het gasverbruik van figuur 2 met 10% moet verhoogd worden tot 53 m³ gas/g.a.z.

Uitgaande van 220 kWh/g.a.z. en 53 m³ gas/g.a.z. bij het standaardbedrijf zeugen kan nu berekend worden wat de besparing is aan fossiele energie door toepassing van grondventilatie in combinatie met een centraal afzuigstelsel (25% besparing elektriciteit), geen luchtwasser (20% besparing elektriciteit), verlichting met LED-TL (10% besparing elektriciteit) en verwarming met een biomassaketel (50% besparing gas).

Voor een zeugenbedrijf zonder besparing zijn de jaarkosten aan fossiele energie als volgt. Het elektriciteitsgebruik is $550 \cdot 220 \cdot \text{€ } 0,15 = \text{€ } 18.150,-$. Het gasverbruik is $550 \cdot 53 \cdot \text{€ } 0,62 = \text{€ } 18.073,-$. De totale kosten voor het zeugenbedrijf zonder besparingen zijn dan $\text{€ } 36.223,-$ ofwel $\text{€ } 65,90$ per g.a.z. Voor het standaardbedrijf met de genoemde besparingen zijn de berekeningen voor het elektriciteitsgebruik $550 \cdot (220 - 0,55 \cdot 220) \cdot \text{€ } 0,15 = \text{€ } 8.168,-$. Het gasverbruik is $550 \cdot (53 - 0,5 \cdot 53) \cdot \text{€ } 0,62 = \text{€ } 9.036,-$. De totale kosten voor gebruik van fossiele energie zijn dus $\text{€ } 17.203,-$. De totale besparingen op fossiele energie voor een standaardbedrijf met 550 gemiddeld aanwezige zeugen met de genoemde besparingen en inzet van een biomassaketel zijn dan $\text{€ } 19.020,-$ ofwel $\text{€ } 34,60$ per g.a.z. De resterende fossiele energie is $\text{€ } 31,30$ per g.a.z.

6.5 Resterende fossiele energie op vleesvarkensbedrijf

Voor een vleesvarkensbedrijf zal vooral bespaard kunnen worden op elektriciteitskosten van ventilatie (25% besparing), luchtwasser (20% besparing) en verlichting (10% besparing). Wanneer evenals bij de berekening van de huidige elektriciteitskosten bij zeugen uitgegaan wordt van een stijging van het elektriciteitsgebruik van 10% dan is het elektriciteitsgebruik $\text{€ } 25,-$ per dierplaats en het gasverbruik $\text{€ } 4,-$ per dierplaats (vergelijk figuur 2).

Voor een vleesvarkensbedrijf zonder besparing zijn de jaarkosten aan fossiele energie dan als volgt te berekenen. Het elektriciteitsgebruik is $4200 * 25 * € 0,15 = € 15.750,-$. Het gasverbruik is $4.200 * 4 * € 0,62 = € 10.416,-$. De totale kosten voor het vleesvarkensbedrijf zonder besparingen zijn dan € 26.166,- ofwel € 6,20 per dierplaats.

Voor het standaardbedrijf met de genoemde besparingen zijn de berekeningen voor het elektriciteitsgebruik $4.200 * (25 - 0,55 * 25) * € 0,15 = € 7.088,-$. Het gasverbruik is $4.200 * (4 - 0,1 * 4) * € 0,62 = € 9.374,-$. De totale kosten voor gebruik van fossiele energie is dus € 16.462,-.

De totale besparingen op fossiele energie voor een standaardbedrijf met 4.200 dierplaatsen met de genoemde besparingen zijn dan € 9.704,- ofwel € 2,30 per dierplaats. De resterende fossiele energie is € 3,90 per dierplaats.

7 Conclusies

In deze studie naar energiebesparing in de varkenshouderij waarbij de Trias Energetica als uitgangspunt is genomen is gekeken naar energiebesparing bij nieuwbouw van standaardstallen voor zeugen (550 g.a.z.) en vleesvarkens (4.200 dierplaatsen), vervolgens naar inzet van duurzame energie en tenslotte hoeveel energie van fossiele oorsprong nog ingezet moet worden.

Energiebesparing bij nieuwbouw

Ventilatie en luchtwassers

1. Het centraal afzuigsysteem voor ventilatie, waarbij managementmaatregelen ook belangrijk zijn, geeft een besparing in de standaardstallen van ca. 50% aan elektriciteit ten opzichte van andere ventilatiesystemen.
2. Het gebruik aan elektriciteit is vanaf 2003 zowel bij zeugen als bij vleesvarkens aanzienlijk toegenomen. Een aannemelijke verklaring is dat dit komt door het toenemend gebruik van luchtwassers.

Verlichting

- LED-verlichting is zowel voor zeugen- als vleesvarkensbedrijven aanzienlijk goedkoper dan de TL-verlichting en goedkoper dan HF-TL-verlichting. Dit wordt met name veroorzaakt door de lagere elektriciteitskosten.
- Het inzetten van daglichtkokers in varkensstallen, waarmee daglicht in de stal gebracht kan worden, is een goede optie. Een combinatie met kunstverlichting is noodzakelijk.

Verwarming

- Toepassing van een warmtepomp is een duur systeem op zowel het standaardzeugen- als op het standaardvleesvarkensbedrijf. De jaarkosten wegen niet op tegen die van een HR-ketel, laat staan die van een biomassaketel gevoed met houtsnippers.
- Biggenlampen met een halveringsschakelaar zijn nuttig. Ze besparen op elektriciteit.

Inzet duurzame energiebronnen

- Inzet van een biomassaketel met houtsnippers als duurzame energiebron geeft ten opzichte van het gebruik van een HR-ketel een besparing aan brandstofkosten van ca. 70% en een besparing aan jaarkosten van ruim 40% en 50% bij afschrijvingstermijnen van respectievelijk 10 en 15 jaar.
- Inzet van zonneboilers als vervanging van gas is niet interessant door de hoge terugverdientijd.
- Zonnepanelen en kleine windturbines zijn vanwege het salderingssysteem op deze bedrijven niet interessant.
- Monovergisting op het eigen bedrijf waarbij via een WKK elektriciteit geleverd wordt, kan niet uit. De terugverdientijd is langer dan 30 jaar.

Fossiele energie als resterende energiebehoefte

- De resterende fossiele energie - na besparing en mogelijke inzet van duurzame energie - voor het standaardzeugen- en het standaardvleesvarkensbedrijf is respectievelijk 47% en 63%.

8 Literatuur

- Aarnink, A., R. Verhoijssen, S. Bokma, 2014. Naar energieneutrale varkensstallen met luchtcirculatie: de Enerlatiestal, Livestock Research Wageningen UR, in druk.
- Buiter, W., 2013. Persoonlijke mededeling.
- CBS, 2012. Huisvesting van landbouwhuisdieren.
- Handboek Varkens, 2012. Wageningen UR-Livestock Research
- Kasper, G.J. en B. Peters, 2012. Monovergisting varkensmest op boerderijschaal. Livestock Research Wageningen UR, Rapport 632, 29 pp.
- Kasper, G.J., H. Ellen, 2014. Kleine windmolens. Inpasbaar en rendabel op een varkensbedrijf?, Livestock Research Wageningen UR, Factsheet, 2 pp.
- Klimaatplatform varkenshouderij, 2012.
- KWIN-Veehouderij, 2012-2013. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2012-2013, Handboek 23, Livestock Research Wageningen UR.
- Sleuwen, C. van, 2013. Persoonlijke mededeling.
- Van Balen, 2013. Persoonlijke mededeling.
- Van Linden, V., D. dekeyser, P. van Overbeke, B. Baets, J. Löffel, T. degroote. 2011. Code van goede praktijk voor het energie-efficiënt gebruik van mechanische ventilatie in de intensieve veehouderij, Ilvo, Merelbeke, 74 pp.
- Van Wagenberg, V., M. de Leeuw, 2002. Energiebesparing en duurzame energie op het varkensbedrijf, Rapport Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Bijlage 1 Kenmerken standaardzeugenstal met 597 dierplaatsen

Grootte:	550 gemiddeld aanwezige zeugen en 2 zoekberen.
Productiesysteem:	wekelijks, de zeugen worden gehouden in stabiele groepen, opfokzeugen worden aangevoerd op 6 weken leeftijd.
Voersysteem:	droogvoer, volumeverstreking.
Mestopslag:	ondiepe onderkeldering (0,8 m) met schuine putwanden en riolering; totale opslag van 6 maanden in een mestilo buiten de stal.
Luchtinlaat:	kraamafdelingen: door zijgevel onder mestpan door. Overige afdelingen: via kopgevel. Via controlegang of luchtverdeelroosters komt de lucht de afdeling binnen.
Klimaat:	verlaagd plafond met centraal afzuigkanaal en bovenafzuiging. Verwarming door deltabuizen in luchtinlaat.
Dekafdeling:	één afdeling met 32 voerligboxen, twee berenhokken, acht hokken voor elk zes dekrijpe gelten. Afmetingen box: 0,65 m x 2.00 m dichte voer + roosters erachter. Leefoppervlakte/gelt: 2 m ² . Voeding door voerdosators. Schuine putwanden als emissie-arm systeem.
Drachtige zeugen:	één afdeling met 444 dr. zeugen verdeeld over 12 hokken in stabiele groepen. Hokoppervlakte per zeug: 1,30 m ² dichte vloer zonder strobed en 0,95 m ² betonnen rooster. Voeding door voerstation, hokafscheiding: spijlen. Schuine putwanden als emissie-arm systeem.
Kraamafdeling:	Vijf afdelingen met elk 26 kraamhokken (totaal: 130 plaatsen). Hokafmetingen: 2,5 m lang x 1,8 m breed. Inrichting: geplastificeerde vloeren met gietijzer onder zeug. Hokafscheiding: kunststof. Dichte vloerplaat bevat verwarming en voorzieningen voor biggenlampen zijn aanwezig.
Biggenafdeling:	Acht afdelingen met ieder 12 hokken met 25 biggen (totaal 2400 plaatsen). 0,3 m ² per big. Inrichting: driekantroosters met bolle vloer, kunststof afscheidingen en schuine putwanden als emissie-arm systeem.
Opfokzeugen:	Drie afdelingen met ieder 30 opfokgelten in vijf hokken. Leefopp.: 1,0 m ² .
Aanvoergew. opfokgelt:	25 kg. Verblijf is bedoeld voor quarantaine en adaptatie.
Overig inbegrepen:	Vijf silo's voor droogvoer. Zeugendouche, hogedrukreiniger, kantoor, computer, koelcontainer, scheiding schone en vuile weg, toegangspoort, hygiënesluis, noodstroomaggregaat, vergunningen, leges, architect en advisering.
Norm:	De investering voor nieuwbouw van een zeugenstal met 597 plaatsen (550 gem. aanwezige zeugen) bij 1-weeks productiesysteem bedraagt € 2.600,- per zeugenplaats. Hiervan is € 1.700 voor bouwkosten stal (incl. grondkosten) en € 900 voor inrichting en algemene voorzieningen.
Meerkosten heien:	Wanneer heien vereist is, zijn de kosten 20% meer per zeugenplaats.
Overige kenmerken:	17 worpen/leven; 2,2 worpen/jaar; 115 dagen dracht; 25 dagen met biggen in kraamhok; 3 tot 6 weken na werpen weer drachtig (zeg 28 dagen).
Locatie (nieuw):	Bij een nieuwe locatie dient rekening gehouden te worden met mogelijke extra kosten van aanleg nutsvoorziening, erfverharding en overige infrastructuur.

De stal voldoet aan AMvB-regelgeving (= Besluit ammoniak huisvesting veehouderij ofwel Besluit huisvesting).

Bijlage 2 Kenmerken standaardvleesvarkensstal met 4.200 dierplaatsen

Grootte:	4200 vleesvarkensplaatsen (inclusief ziekenafdeling).
Indeling:	17 afdelingen met twintig hokken à twaalf varkens per hok. Plus één afdeling is ingericht als berging, kantoor, hygiënesluis en ziekenafdeling.
Hokuitvoering:	Bolle vloeruitvoering met betonroosters, hokoppervlakte is netto 0,8 m ² per varken plus 0,5 m ² per hok voor de brijbak. 40% dichte vloer
Emissie-arm systeem:	Schuine putwanden met betonnen roosters.
Voerverstrekking:	Brijbakken met een automatische droogvoerinstallatie, per ventiel gestuurd.
Mestopslag:	0,8 m diepe mestkanalen met schuine putwanden en riolering onder de gehele stal, mestopslag buiten de stal in mestsilo voor circa 6 maanden.
Luchtinlaat:	Ondergrondse luchtinlaat waarbij de lucht onder de bolle vloer en vervolgens door de roosters in de voergang de afdeling binnen komt.
Ventilatie:	Centrale afzuiging, met per afdeling een meet-smoorunit.
Vloerverwarming:	Vloerverwarming in de bolle vloer.
Overig inbegrepen:	Voeropslag in drie voersilo's voor 67 ton, centrale verwarming, berging, kantoor, computer, centrale hoge druk installatie, koelcontainer, scheiding schone en vuile weg, toegangspoort, hygiënesluis, noodstroomaggregaat, vergunningen, leges, architect en advisering.
Norm:	De investering voor nieuwbouw van de beschreven vleesvarkensstal met 4.200 vleesvarkensplaatsen bedraagt € 425,- per vleesvarkensplaats. Hiervan is € 285,- voor bouwkosten stal (incl. grondwerk) en € 140,- voor inrichting en algemene voorzieningen.
Heien:	Bouwen met heien kost circa 20% meer per vleesvarkensplaats.
Locatie (nieuw):	Bij een nieuwe locatie dient rekening gehouden te worden met mogelijke extra kosten van aanleg nutsvoorziening, erfverharding en overige infrastructuur.

Bijlage 3 Klimaatinstellingen voor varkensstallen

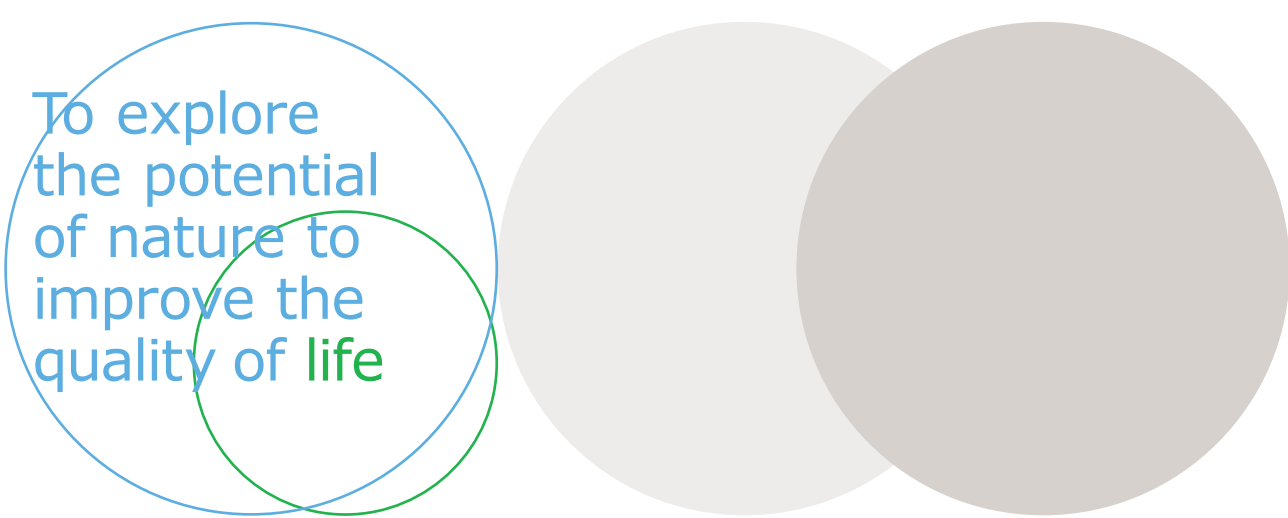
(Klimaatplatform Varkenshouderij, versie juni 2008)

	Min.vent. per dier (m ³ /uur)***	Max.vent. per dier (m ³ /uur)***	Begin.temp.vent. (°C)
Guste zeugen	14 – 20	120 - 150	22
Dragende zeugen	18 – 25	120 - 150	20
Kraamzeugen voor werpen	18 – 25	160 - 200	20
Kraamzeugen tijdens werpen*	18 – 25	160-200	23
Kraamzeugen 1 week na laatste worp*	35 – 50	200 - 250	20
Kraamzeugen eind kraamperiode	35 – 50	200 - 250	20
Gespeende biggen opleg (7,5 kg)*	2 – 3	10 - 12	26
Gespeende biggen dag 21	4 – 6	15 - 18	24
Gespeende biggen dag 42	6 - 9 (evt. 6)**	20 - 25	22
Vleesvarkens dag 1 (23 kg)*	6 – 8	20 - 30	25
Vleesvarkens dag 5*	6 – 8	20 - 30	23
Vleesvarkens dag 50	11 – 15	40 - 55	22
Vleesvarkens dag 100	14 - 20 (evt. 15)**	60 - 80	21

* Vloerverwarming op 30°C oppervlakte temperatuur, uitschakelen op basis van liggedrag biggen.

** Eventueel lager instellen, dit geeft lager risico bij afleveren van deel van de varkens uit de afdeling.

*** De ventilatienormen zijn afhankelijk van het luchtinlaatsysteem. Bij systemen waarbij de lucht direct bij de dieren komt moet het laagste (*cursieve*) getal in de tabel aangehouden worden. Voorbeelden van deze systemen zijn o.a. grondkanaal ventilatie en voergangventilatie. Bij plafondventilatie moet de hoogste norm aangehouden worden.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 480 10 77
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 775



Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
