Energie & Landbouw: Modelbedrijven

M.P.J. van der Voort, M. Timmerman

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, maart 2019

Rapport WPR-784

Voort, M.P.J. van der, Timmerman, M., 2018. *Energie & Landbouw; Modelbedrijven.* Wageningen Research, Rapport WPR-784.

Dit rapport is gratis te downloaden op https://doi.org/10.18174/498921

Het doel van de PPS Energie & Landbouw is om invulling te geven aan de rol van de landbouw in de energietransitie. Dit door het maximaliseren van de bijdrage van de landbouw op een wijze dat hernieuwbare energieproductie en consumptie een integraal rendabel onderdeel van het agrarische bedrijf wordt. Voor een aantal representatieve bedrijfssystemen met veel grondgebruik (akkerbouw en melkveehouderij) wordt het energieverbruik in kaart gebracht. De modelgegevens bieden partijen inzicht in het energieverbruik in regionale energienetwerken. Door regionale spreiding van bedrijfstypen geeft dit project onderdeel input voor andere onderdelen van deze PPS Energie & Landbouw.

Trefwoorden: Energie & Landbouw, energiegebruik, akkerbouw, melkveehouderij

© 2019 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-784

Inhoud

1 Introductie 5

1.1 Achtergrond modelbedrijven energie 5
1.2 Modelbedrijven energie 5
1.3 Aanpak 5

2 Landbouw 7

3 Akkerbouw 9

3.1 Akkerbouw algemeen 9
3.2 Akkerbouw op gewasniveau 10
3.3 Akkerbouw modelbedrijf 11
3.3.1 Dieselverbruik 11
3.3.2 Elektriciteitsverbruik 13
3.4 Eerste analyse akkerbouw 14

4 Melkveehouderij 17

4.1 Melkveehouderij algemeen 17
4.2 Praktijkgegevens melkveehouderij 18
4.2.1 Dieselverbruik melkveehouderij 19
4.2.2 Elektriciteitsverbruik melkveehouderij 19
4.2.3 Aardgasverbruik melkveehouderij 19
4.3 Melkveehouderij modelbedrijf 20
4.3.1 Dieselverbruik 20
4.3.2 Elektriciteitsverbruik 20
4.4 Eerste analyse Melkveehouderij 22

Literatuur 23

Bijlage 1 Gemeten energieverbruik Melkveehouderij 25

Bijlage 2 Optimalisering opties energieprofiel melkveehouderij 26

1 Introductie

Het doel van deze PPS Energie & Landbouw is invulling te geven aan de rol van de landbouw in de energietransitie. Dit door het maximaliseren van de bijdrage van de landbouw op een wijze dat hernieuwbare energieproductie en consumptie een integraal rendabel onderdeel van het agrarische bedrijf wordt. De PPS Energie & Landbouw richt zich op de hiervoor benodigde technologische, economische en sociale innovaties.

1.1 Achtergrond modelbedrijven energie

Energieverbruik in het landbouw bedrijf kan nog geoptimaliseerd worden in de verschillende bedrijfstypes. Dit betreft bijvoorbeeld de besparing van energie door betere afstemming van installaties en mechanisatie of het voorkomen van onnodig laten draaien van installaties en mechanisatie. Het gaat dan om bijvoorbeeld de inzet van energie bij een lage prijs of als er een overschot in de productie is, het inzetten van hernieuwbare energie in bedrijfsprocessen zoals koeling, bewaring, opslag, inzet van machines, maar ook het verwerken van producten etc. Om dit goed te kunnen doen is inzicht in het huidige gebruik (door de dag en door het jaar) van belang. Op dit moment is dat nog nauwelijks in beeld (met uitzondering van de glastuinbouw en de veehouderij).

1.2 Modelbedrijven energie

Voor een aantal agrarische bedrijfssystemen met veel grondgebruik (akkerbouw en melkveehouderij) is het energieverbruik in kaart gebracht. De modelgegevens bieden partijen inzicht in het energieverbruik in regionale energienetwerken. Door regionale spreiding van bedrijfstypen geeft dit project onderdeel input voor andere onderdelen van deze PPS Energie & Landbouw.

1.3 Aanpak

Bepaling uitgangssituatie
In dit project is voor een aantal representatieve bedrijfssystemen met veel grondgebruik (akkerbouw en melkveehouderij) het energieverbruik in kaart gebracht. De bedrijfsopzetten die als startpunt zijn genomen sluiten aan bij de regionale verkenning (deelproject 1). De bedrijfstypes dienen representatief zijn voor de sector. Voor de akkerbouw bepalende factoren zijn o.a. regio, grondsoort en bouwplan. Voor melkveehouderij zijn bepalende factoren regio, bedrijfsgrootte en –opzet.

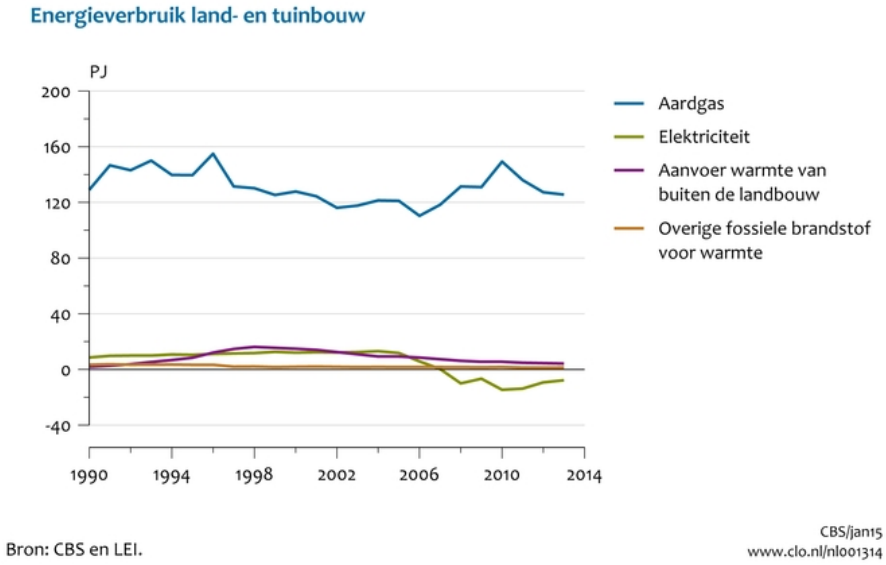
Energiegegevens verzameling en verwerken
Per bedrijfsopzet zijn de gegevens verzameld en vertaald tot een energieverbruik per bedrijf. De gegevens betreffen alle bronnen van energie op het bedrijfstype. De energieverbruiksgegevens moet aansluiten op de inzichten die gewenst zijn voor het energieverbruik. Vanuit de projectpartners is een dagprofiel op 5-15 minuten basis gewenst.

Uitwerking en eerste analyse van verbruiksgegevens
De gegevens uit dit project worden ook benut in deelproject 2,3. Dit dat deelproject zal een eerste analyse worden uitgevoerd van de energiegegevens. De eerste analyse moet inzicht geven in de karakteristiek van het energieverbruik. Hierbij wordt onder andere naar energiebron, flexibiliteit en gebruiksdoel gekeken. Een vraag is wat precies de definitie van flexibiliteit is, in het kader van dit project.

2 Landbouw

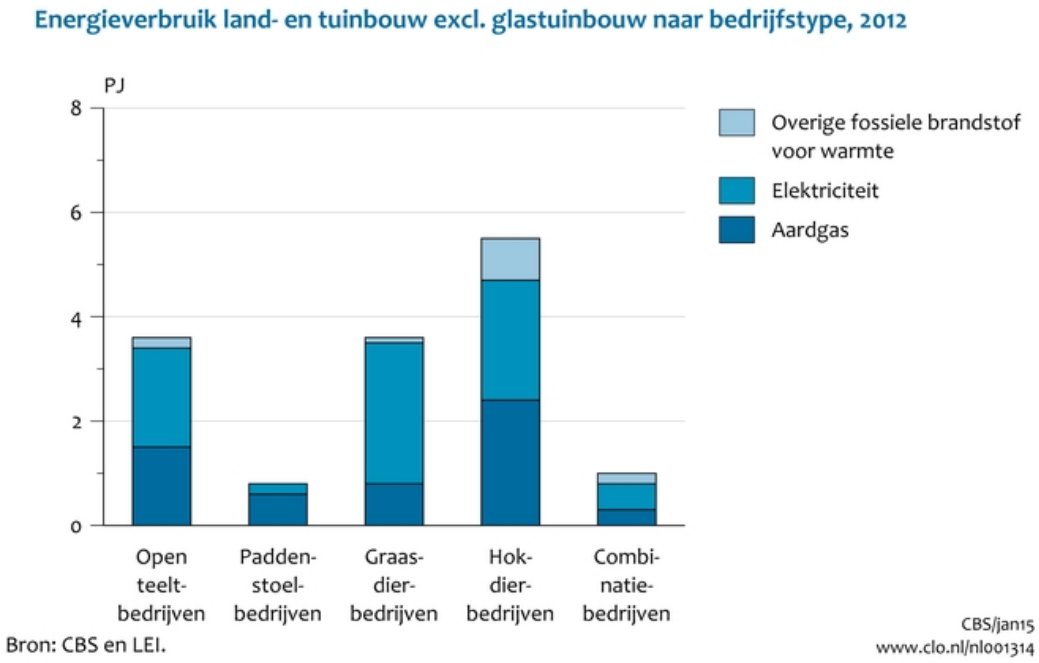
In dit project worden de agrarische sectoren melkveehouderij en akkerbouw behandeld. Het energieverbruik van de totale Nederlandse landbouw geeft vooral het beeld van de glastuinbouw. Het gasverbruik voor de Nederlandse landbouw lag in 2014 boven de 120 PJ aardgas.

Glastuinbouw
De glastuinbouw varieert de energievraag per jaar door variaties in de buitentemperatuur. Tussen 2007 en 2010 steeg het aardgas verbruik van de glastuinbouw door de opwerk van elektriciteit in WarmteKrachtKoppelingen (WKK's). Vanaf 2010 is het aardgasverbruik gedaald door daling van de elektriciteitsproductie en minder koude winters (Compendium voor de Leefomgeving, 2015).



Figuur 1: Energieverbruik land- en tuinbouwsectoren (CBS/CLO, 2015)

Overige landbouwsectoren
Voor de overige landbouwsectoren valt uit de gegevens af te leiden dat zowel het elektriciteitsverbruik als het motorbrandstoffen gebruik vrij stabiel zijn. Binnen de overige landbouwsectoren zijn aardgasverbruik voor verwarming van varkens- en pluimveestallen en elektriciteitsverbruik voor koelen van melk de belangrijkste gebruikers (Compendium voor de Leefomgeving, 2015).



Figuur 2: Energieverbruik land- en tuinbouwsectoren, excl. glastuinbouw (CBS/CLO, 2015)

Motorbrandstoffen
Motorbrandstoffen gebruik hangt direct samen met gebruik van trekkers en andere mobiele werktuigen. Het verbruik van motorbrandstoffen is al jaren stabiel rond de 10 PJ (PetaJoule) per jaar. Dit is exclusief het brandstofverbruik van loonwerkers, welke rond de 4,5 PJ ligt (Compendium voor de Leefomgeving, 2015).

3 Akkerbouw

3.1 Akkerbouw algemeen

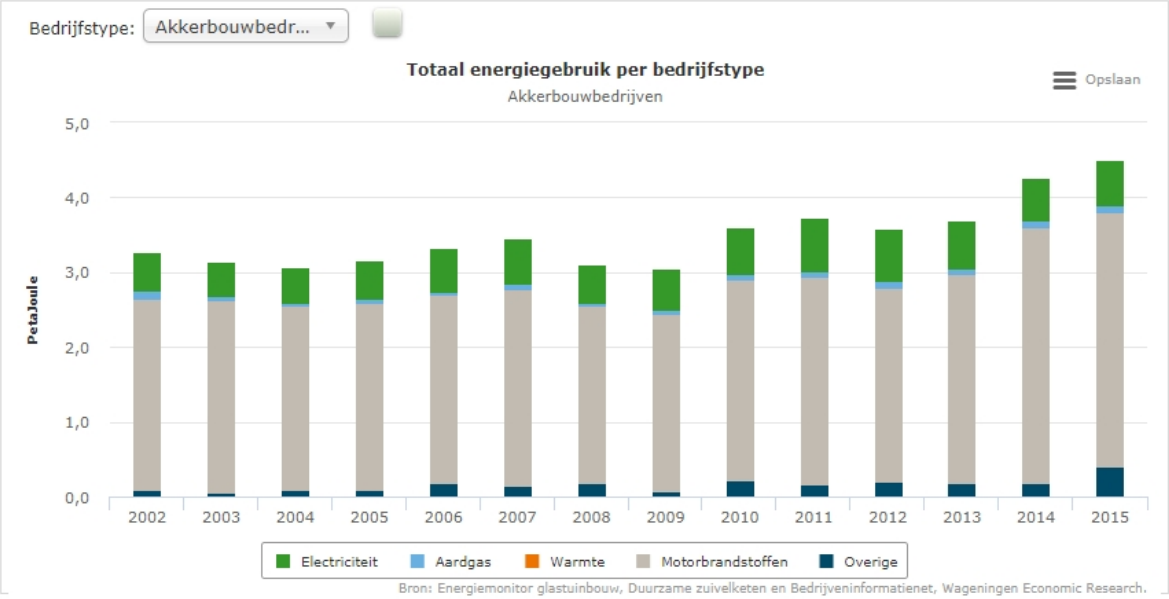
In de akkerbouw draait het om de teelt van (akkerbouw)gewassen. Het energieverbruik hangt daardoor nauw samen met de geteelde gewassen op het bedrijf. Elk akkerbouwbedrijf heeft diverse gewassen in het bouwplan. Het aantal gewassen varieert per bedrijf. Het gemiddelde energieverbruik op een akkerbouwbedrijf wordt jaarlijks vastgesteld door Wageningen Economic Research.

Tabel 1: Direct energieverbruik op een gemiddeld akkerbouwbedrijf in 2016

Direct energieverbruik (gemiddeld per bedrijf)					
Totaal	**550**	**GJ**			
Aardgas	10	GJ	2%	200	m^3
Elektriciteit	90	GJ	16%	25200	kWh
Diesel	420	GJ	76%	11800	liter
Overige	30	GJ	5%		

Bron: Wageningen Economic Research (Agrimatie.nl, 2018)

Het grootste deel van het directe energieverbruik is diesel. Het dieselverbruik hangt bijna 1-op-1 samen met de veldwerkzaamheden voor de geteelde gewassen. Uit informatie van Wageningen Economic Research blijkt tevens dat de energiekosten ongeveer 6% tot 7% van de totale kosten op het bedrijf vormen (Agrimatie.nl, 2018).

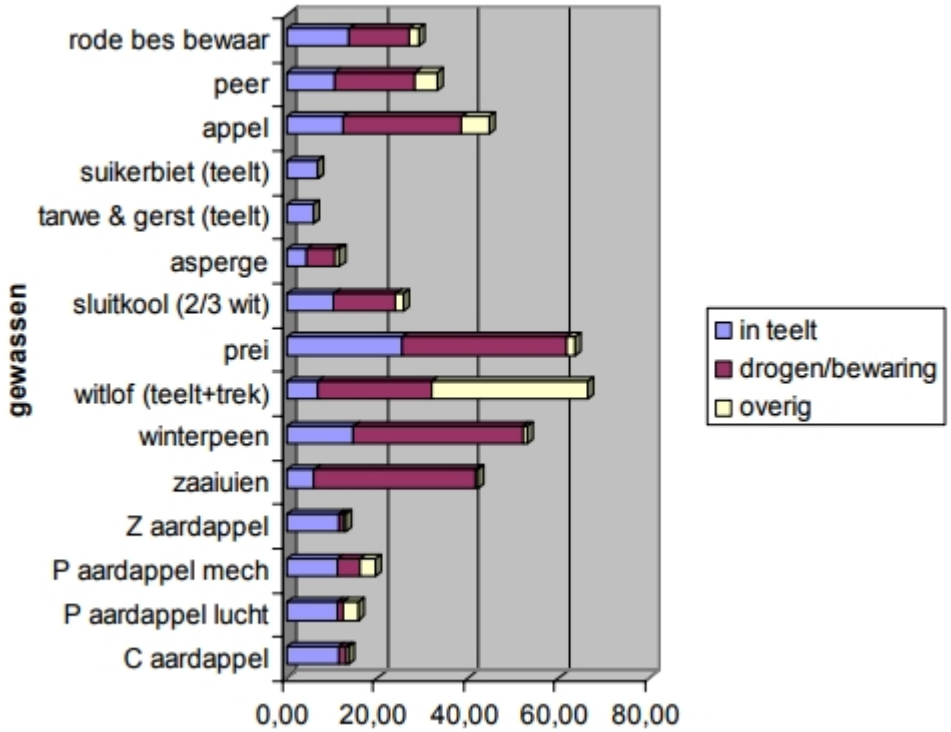


Figuur 3: Totaal energieverbruik voor de akkerbouwsector in PJ per energiebron (Agrimatie.nl, 2018)

Het totale directe energieverbruik op akkerbouwbedrijven geeft een licht stijgende tendens. De variatie per groep is aanzienlijk. De licht stijgende tendens is voornamelijk de motorbrandstoffen. In het begin van de range varieerde deze rond de 2,5 PetaJoule en aan het eind rond de 3 PetaJoule.

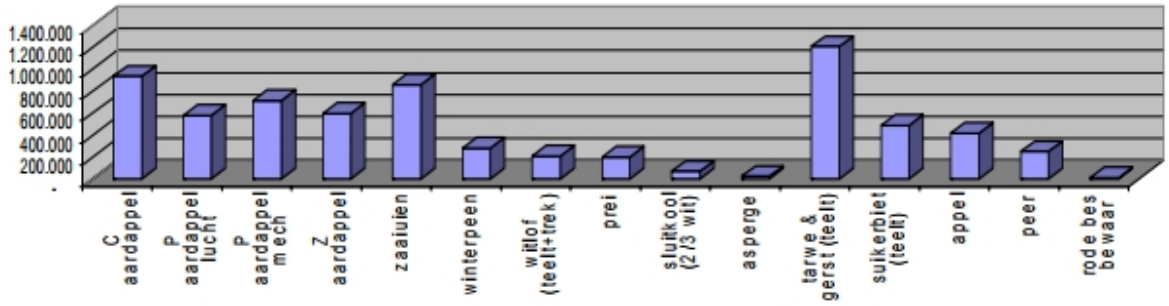
3.2 Akkerbouw op gewasniveau

Het directe energieverbruik op een akkerbouw hangt nauw samen met de teelt van gewassen. Het energieverbruik per gewas verschil sterk. Een studie naar energiebesparingsopties op akkerbouwbedrijven geeft het volgende beeld (Kamp et al., 2010).



Figuur 4: Energieverbruik in de teelt- en naoogstfase (in GJ/ha)(Kamp et al., 2010)

Het energieverbruik per gewas laat een grote variatie zien. In de studie Kamp et al., 2010 is tevens onderscheid gemaakt naar, teelt, drogen/bewaren en overige. Bij overige betreft dit voornamelijk de verwerking van het product op het bedrijf. Bij bijvoorbeeld pootaardappels betreft dit het sorteren op het bedrijf.
De studie Kamp et al., 2010 geeft tevens weer dat het energieverbruik per gewas de eerste stap is. Wanneer het geteelde areaal per gewas wordt meegenomen geeft dit een volgend beeld.



Figuur 5: Energieverbruik totaal per gewas (voor het geteelde areaal in Nederland) in GJ per gewas (Kamp et al., 2010)

In het bovenstaande figuur vallen de bijvoorbeeld prei en witlof weg. Terwijl tarwe en gerst een hele de grootste kolom vormen. Graan gewassen kennen een groot areaal. De combinatie van een groot areaal en een toch beperkt energieverbruik geeft nog steeds een hoog totaal energieverbruik per gewas.

3.3 Akkerbouw modelbedrijf

Binnen het project Landbouw & Energie is de Hoeksche Waard als regio voor de akkerbouw geselecteerd. Op basis van CBS kengetallen en reeds beschikbare gegevens binnen Wageningen Open Teelten is een volgend bouwplan uitgewerkt voor een modelbedrijf in de Hoekse Waard.
In de Hoekse Waard was van alle cultuurgrond (100%) in 2017 het overgrote deel in gebruik voor akkerbouw 74%. 6% van de cultuurgrond was in gebruik voor tuinbouw in de open grond. 19% van de cultuurgrond was in gebruik voor grasland en groenvoedergewassen. Van deze 19% is het overgrote deel grasland 83% en 17% groenvoedergewassen.

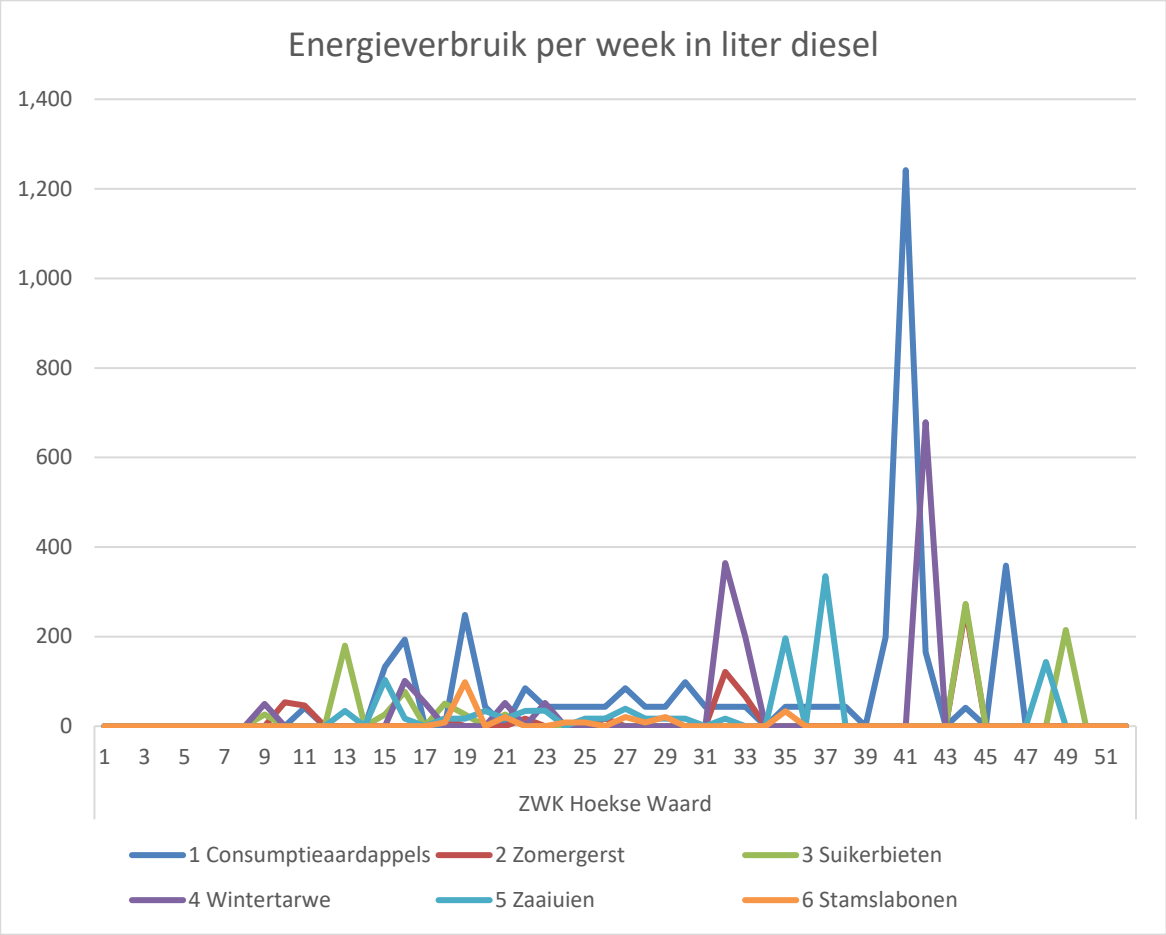
Tabel 2: Bedrijfsopzet model akkerbouwbedrijf Hoekse Waard

Regio	Bouwplan	Areaal	Grondsoort
Hoekse Waard	30% wintertarwe	60 ha	Klei
	10% zomergerst		
	25% consumptieaardappelen		
	15% suikerbieten		
	10% zaaiuien		
	5% stamslabonen		
	5% graszaad		
Bouwplansaldo	€ 118.500,-	Saldo LW	
Elektriciteitsverbruik	22.465	kWh	
Dieselverbruik	8.130	liter	

In de berekeningen van het energieverbruik is de privéwoning niet meegenomen in de berekeningen.

3.3.1 Dieselverbruik

Op basis van het opgenomen bouwplan is een analyse gemaakt van het dieselverbruik voor een model akkerbouwbedrijf in de Hoekse Waard. Op basis van dit bouwplan en KWIN-kengetallen (KWIN, 2018) is de onderstaande verdeling van het dieselverbruik over het jaar te maken. De verdeling laat een vooral in het najaar twee grote pieken zien. Namelijk voor onder andere de oogst- en grondbewerkingsmomenten.



Figuur 6: Dieselverbruik per week voor akkerbouw modelbedrijf (liters per week)

Het dieselverbruik is afhankelijk van de activiteiten/bewerkingen, welke nodig zijn per gewas. Niet alle gewassen kennen dezelfde bewerkingen. Het tijdstip van de bewerking is tevens afhankelijk van het gewas. Het tijdstip van de bewerking kan tevens veranderen door invloed van veld- en weersomstandigheden. De verdeling van het dieselverbruik over de weken, is daarom indicatief. Afhankelijk van de bewerking kan een bewerking eerder of later plaatsvinden. Afhankelijk van de bewerking kan deze in een ergens in een periode van twee tot vier weken plaatsvinden. De gekozen datum per bewerking betreft het gemiddelde tijdstip van de bewerking.

Tabel 3: Verdeling dieselverbruik naar gewas modelbedrijf akkerbouw Hoekse Waard

Gewassen	Diesel (bedrijf/gewas)	Eenheid	Aandeel
wintertarwe	1.548	liter	19%
zomergerst	654	liter	8%
consumptieaardappelen	3.491	liter	43%
suikerbieten	899	liter	11%
zaaiuien	1.126	liter	14%
stamslabonen	227	liter	3%
graszaad	238	liter	3%
Totaal	**8.183**	**liter**	

Het dieselverbruik van 8.183 liter betreft enkel de teelthandelingen. Veel bedrijven hebben bijvoorbeeld een dieselheftruck, pompen met dieselaandrijving, enzovoort. Deze mechanisatie is nu niet opgenomen. In de praktijk ligt het verbruik aan diesel licht hoger.
Daarnaast zijn er een aantal bewerkingen die in loonwerk worden uitgevoerd. Het dieselverbruik van deze bewerkingen is niet opgenomen. Dit dieselverbruik wordt altijd aan de loonwerker toegekend.

Tabel 4: Verdeling dieselverbruik naar activiteit modelbedrijf akkerbouw Hoekse Waard

Bewerking	Diesel (bedrijf/gewas)	Eenheid	Aandeel
Grondbewerking	3,097	liter	38%
Bemesten	406	liter	5%
Zaaien/poten/planten	327	liter	4%
Beregening	113	liter	1%
Gewasbescherming	1,833	liter	22%
Handwieden	n.v.t.		
Overige gewasverzorging	77	liter	1%
Oogsten	2,330	liter	28%
Verwerken	n.v.t.		
Totaal	**8,183**	**liter**	

De grondbewerking vergt naar verhouding een zwaarder vermogen dan andere bewerkingen. Ditzelfde geldt voor oogstwerkzaamheden. De gewasbescherming vraagt niet veel vermogen, maar is wel een bewerking die vaak wordt uitgevoerd.

Voor al het dieselverbruik geldt dat deze geen rekening houdt met percelen die verder van het bedrijf verwijderd liggen. Het betreft het dieselverbruik direct gerelateerd aan de bewerkingen per gewas. Algemene activiteiten op het bedrijf zijn derhalve ook niet opgenomen.

3.3.2 Elektriciteitsverbruik

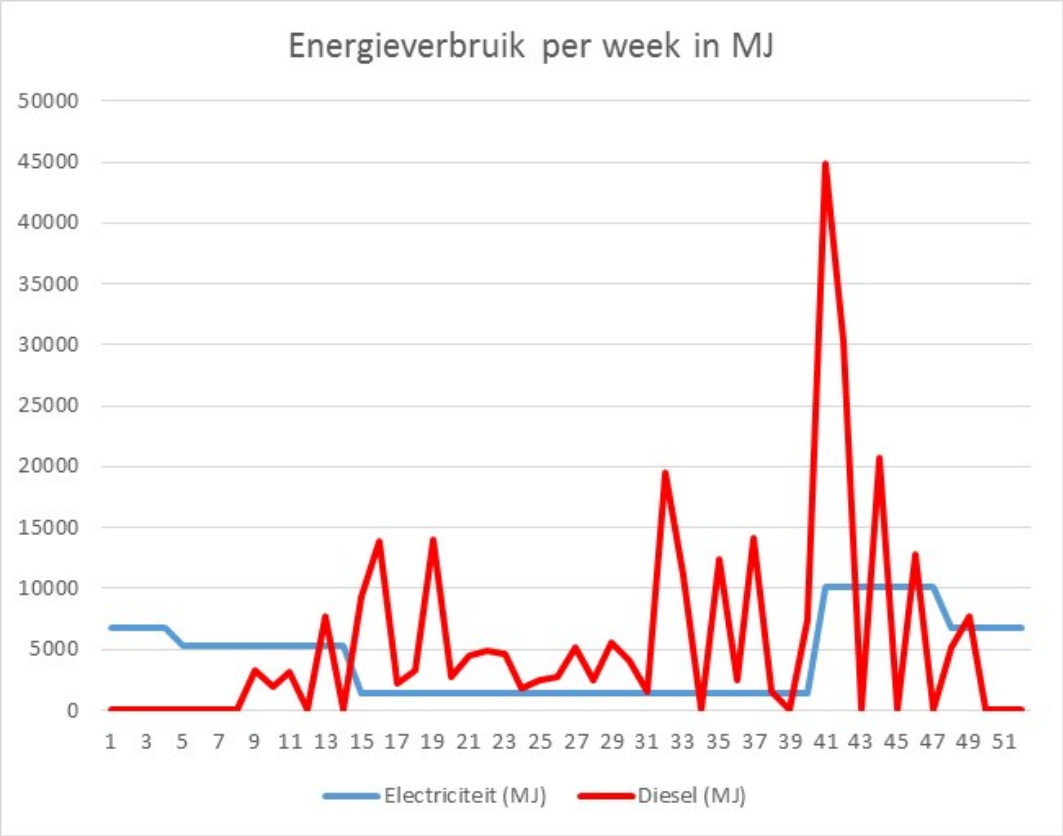
Het elektriciteitsverbruik wordt grotendeels bepaald door de opslag van producten op het bedrijf. Voor het modelbedrijf is gekozen de opslag van aardappels op het bedrijf te laten plaatsvinden. Voor zaaiuien zou dit mogelijk kunnen, maar dat varieert sterk per bedrijf. Voor het modelbedrijf zijn uit onderzoek (Kamp et al., 2013) de volgende gemiddelden genomen voor bewaring van aardappels.
In dit onderzoek naar energieverbruik van aardappelbewaring is gemeten in de praktijk bij een groep van ongeveer 40 ondernemers. Uit deze groep is gekozen is voor de groep ondernemers uit Zuidwest Nederland. Van deze groep heeft 75% een bulkopslag en 25% een kistenbewaring.
De bewaarduur is gemiddeld 172 dagen, waarvan 82 dagen voor de jaarwisseling en 90 dagen daarna.
Het energieverbruik van de bewaring start hoog en daalt gedurende de opslagperiode.
Hiervoor is de onderstaande verdeling gehanteerd.

Tabel 5: Energieverbruik aardappelbewaring verdeeld naar opslagduur (in kWh/ton/dag)

Periode (dagen)	1-47 dagen	48-115	116-172
Energieverbruik (in kWh/ton/dag)	0,18	0,11	0,08

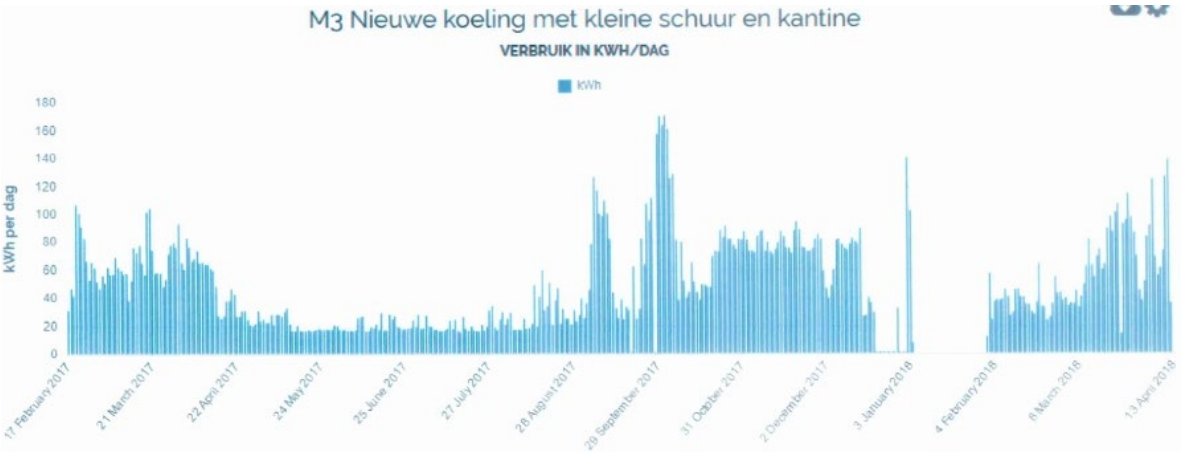
Een totale opbrengst van 700 ton aardappel en volle weken bewaring resulteert in ongeveer 14.965 kWh op jaarbasis.

De uitwerking van het energieverbruik op het modelbedrijf laat een volgend beeld zien. De elektriciteit en diesel is beide uitgedrukt in MJ. Hiervoor zijn de BioGrace kengetallen (BioGrace, 2011) gehanteerd, namelijk 9.819 MJ/kWh en 35,8592 MJ/liter. De BioGrace kengetallen betreffen de energie-inhoud inclusief de energie die bij productie en transport nodig is.



Figuur 7: Energieverbruik per week in MegaJoule uitgesplitst voor elektriciteit en diesel voor een akkerbouw modelbedrijf

Aanvullend is een profiel per dag gemeten door L'Orel Consultancy opgenomen. Het verbruik per dag in kWh voor het akkerbouwbedrijf de fluctuaties over de seizoenen zien. Dit voor een akkerbouwbedrijf met schuur en kantine. Het berekende verbruik van het modelbedrijf (figuur 7) komt redelijk overeen met het profiel van een gemeten bedrijf (figuur 8). In het gemeten bedrijf zijn ten tijden van twee oogst momenten ook aanzienlijke pieken te zien. Uit de beschikbare data kan niet worden afgeleid waar dit uit bestaand. In een eerste analyse geeft mogelijk de inschuurlijn als oorzaak. In het modelbedrijf is door gebrek aan data deze niet in de berekening opgenomen.



Figuur 8: Verbruik per dag in kWh voor akkerbouw met schuur en kantine (bron: L'orèl Consultancy)

3.4 Eerste analyse akkerbouw

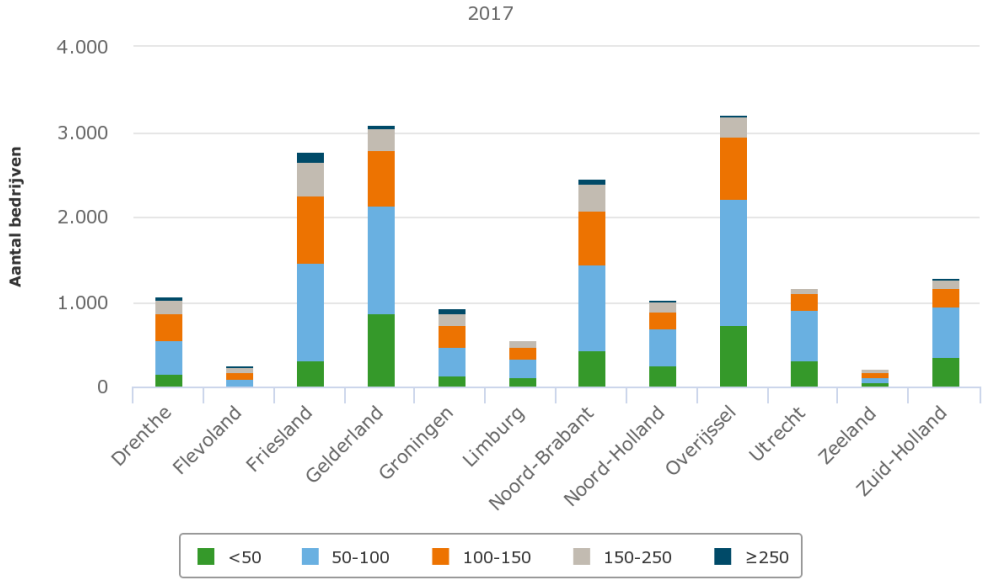
In paragraaf 3.2 is uitgewerkt hoe sterk het energieverbruik afhangt van het gewas en het areaal. Voor het Zuidwestelijk modelbedrijf betekent dit dat aardappels (43%) het grootste energieverbruik opleveren. Op afstand gevolgd door wintertarwe (19%) en zaaiuien (14%). Wintertarwe heeft een laag energieverbruik per hectare, maar komt op bedrijfsniveau hoger uit als zaaiuien. Voor de zaaiuien geldt het tegenovergestelde. Een hoog energieverbruik per hectare, maar een beperkter aandeel in

het bouwplan. Daarnaast geldt dat bewerkingen zeer afhankelijk zijn van het weer en de omstandigheden op het veld. Een aantal pieken in het grillige patroon van het dieselverbruik zou zo één of twee weken kunnen verschuiven. Voor de bewerkingen op het veld geldt tevens dat het grootste dieselverbruik samenhangt met grondbewerking (38%), oogst (28%) en gewasbescherming (22%). De grondbewerking en oogst vergen grote vermogens en zijn derhalve waarschijnlijk niet of zeer lastig te elektrificeren. Ditzelfde geldt in mindere mate voor de overige bewerkingen. Een potentiele optie voor elektrificatie op korte termijn is beregening. Voor beregening is al mechanisatie beschikbaar om dit te elektrificeren en valt tevens samen met zonnig en droog weer. Een andere optie is te streven naar zo weinig mogelijk grondbewerking, bijvoorbeeld niet-kerende grondbewerking (NKG) systeem. Hiermee wordt ploegen en andere diepere grondbewerking vermeden.
Meest voorkomende vorm van opslag is de opslag van aardappels. Bewaring van producten, ongeacht of dit aardappels, zaaiuien of graan is, hangt sterk samen met het oogstmoment. De opslag kent veelal een piekmoment bij inschuren van het product. Hierna daalt de energiebehoefte. Dit wordt tevens versterk bij verschillende aflevermomenten van het product.
De weken waarin de energievraag voor opslag van product speelt komen slecht overeen met een zonne-energie productiecurve. In de (aardappel)opslag liggen kansen voor energiebesparing en voor energieverbruik op bijvoorbeeld piekmomenten. In hoeverre dit speelt is sterk bedrijfsafhankelijk. Uit onderzoek blijkt dat nieuwere bewaarplaatsen al energiezuinig zijn, maar dat de klimaatregeling van nieuwe installaties veelal minder ruimte voor flexibiliteit in energieverbruik geeft. Het behoud van de kwaliteit van het bewaarde product staat centraal. Het praktijknetwerk “Slim en kostenbesparend bewaren” heeft geconcludeerd dat bewaarverliezen in het financieel resultaat harder doorwerken dan energieverbruik.

4 Melkveehouderij

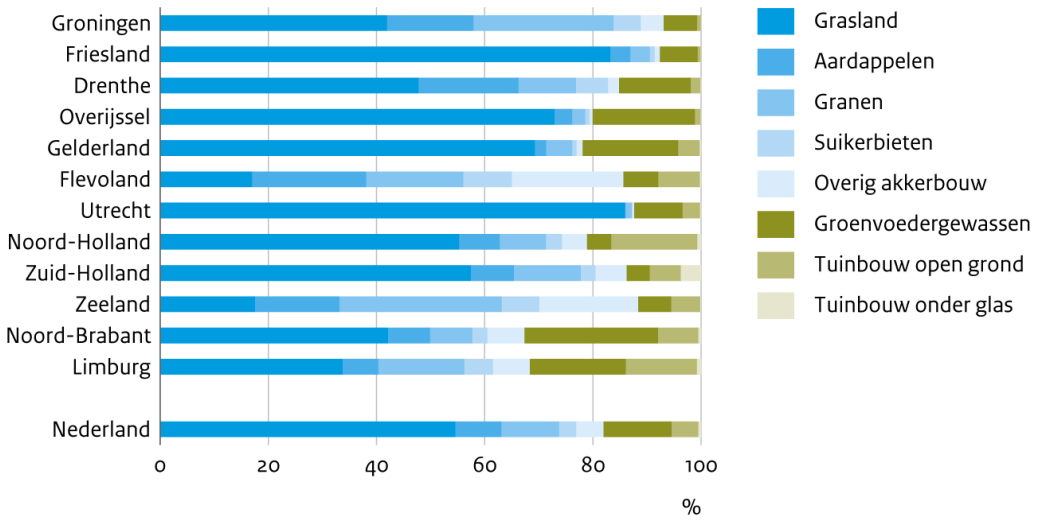
4.1 Melkveehouderij algemeen

In de melkveehouderij draait het om het produceren van melk. Het energiegebruik hangt daardoor met name samen met het aantal aanwezige dieren. Elk melkveebedrijf varieert qua aard en opzet. In 2017 waren er 18.062 bedrijven met melkkoeien met gemiddeld 94 melkkoeien per bedrijf. Het overgrote deel van de melkveebedrijven bestaat uit gespecialiseerde melkveebedrijven. De overige bedrijfstypen met melkvee zijn veelal klein in omvang (<50 melkkoeien). In 2017 had 12% van de melkveebedrijven meer dan 150 melkkoeien. Deze groep melkveebedrijven huisvestte 30% van de 1,7 miljoen melkkoeien in Nederland. De provincie Overijssel telt in 2017 de meeste bedrijven met melkvee, gevolgd door Gelderland en Friesland. Bijna 3 op 10 bedrijven in Gelderland heeft minder dan 50 melkkoeien. Flevoland en Friesland herbergen relatief veel grotere bedrijven (Agrimatie, 2019).



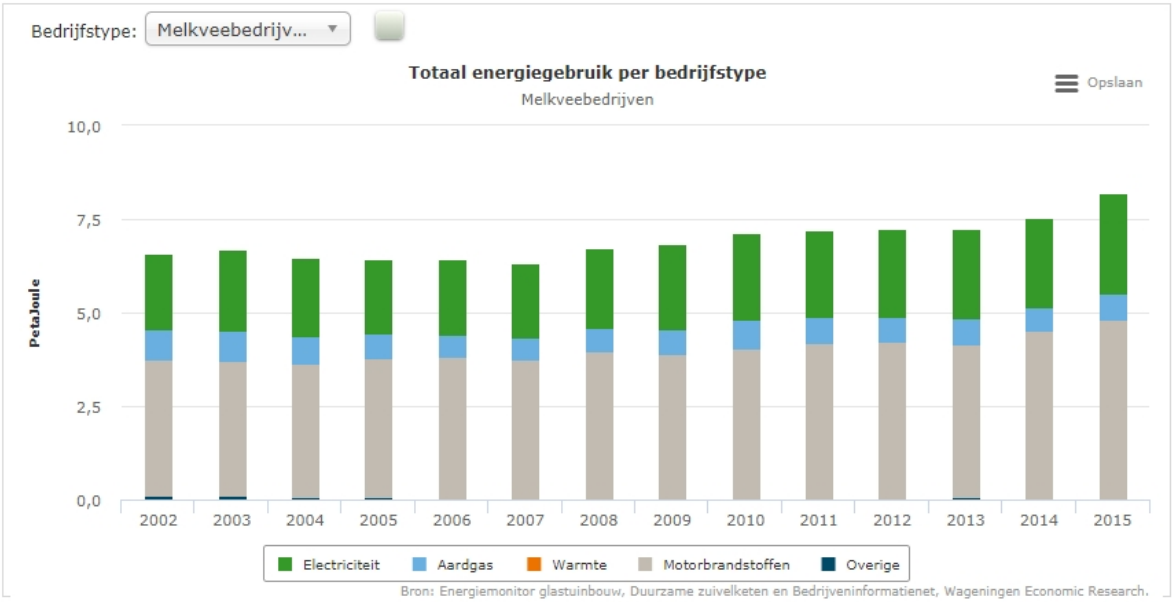
Figuur 9: Verdeling van bedrijven met melkvee naar grootteklasse o.b.v. aantal melkkoeien per provincie (CSB-Lanbouwtelling, bewerking Wageningen Economic Research 2019)

Het aandeel grasland neemt vanaf 1980 af, maar blijft met 55% veruit de grootste van de acht categorieën gewassen: grasland, aardappelen, granen, suikerbieten, overige akkerbouwgewassen, groenvoedergewassen, tuinbouw open grond en tuinbouw onder glas. In 2015 was er 1.008.000 hectare grasland (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2016).



Figuur 10: Agrarisch ruimtegebruik in 2015 (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2016).

Het directe energiegebruik door de melkveehouderij laat, net als de akkerbouw, een licht stijgende trend zien, zie figuur 3. Motorbrandstoffen zijn de grootste energiegebruiker in de melkveehouderij, gevolgd door elektriciteit en aardgas. Uit informatie van Wageningen Economic Research blijkt tevens dat de energiekosten ongeveer 4% tot 5% van de totale kosten op het bedrijf vormen (Agrimatie.nl, 2018).



Figuur 11: Totaal direct energieverbruik Melkveebedrijven (Agrimatie.nl, 2018)

Het directe energieverbruik voor het melkveehouderijbedrijf laat, net als de akkerbouw, een licht stijgende trend zien.

4.2 Praktijkgegevens melkveehouderij

Binnen de melkveehouderij hebben meerdere projecten inmiddels gelopen, waarbij in de praktijk het energieverbruik is gemeten. Het Smart Farmer Grid is daar een voorbeeld van. Uit deze studies zijn gegevens overgenomen.

4.2.1 Dieselverbruik melkveehouderij

Het dieselverbruik op een melkveebedrijf wordt voornamelijk ingezet voor de volgende activiteiten:

1. Voeren
2. Voederwinning
3. Bemesting (incl. mestmixen en mestscheiden)
4. Graslandverzorging

Het dieselverbruik kent een grote mate spreiding tussen bedrijven als gevolg van o.a. inzet van loonwerk, mate van mechanisatie, afstand tot percelen, voersysteem, wel/niet beweiden en gebruik van beregeningsapparatuur voor mesttoediening. Het beregenen en het mest mixen kan ook elektrisch worden uitgevoerd, maar dat gebeurt nog op minder dan 10% van de bedrijven (Ruitenberg en Jacobs, 2014).

4.2.2 Elektriciteitsverbruik melkveehouderij

Het elektriciteitsverbruik op een melkveebedrijf is afhankelijk van een aantal factoren (Ruitenberg en Jacobs, 2014):

1. De kwaliteit van de apparatuur.
2. De wijze waarop de apparatuur geplaatst en aangelegd is en de verschillende apparaten op elkaar zijn afgestemd en gedimensioneerd.
3. De wijze waarop de apparatuur is afgesteld.
4. De wijze waarop de apparatuur wordt onderhouden en gebruikt.

Een database met energiescans van bijna 3.000 melkveebedrijven (excl. bedrijven met neventakken en/of energieproductie) liet de volgende elektriciteitsverbruik cijfers zien (Ruitenberg en Jacobs, 2014):

- Gemiddeld verbruik — 51 kWh per ton melk
  - Bedrijven met een melkstal — 48 kWh per ton melk
  - Bedrijven met een AMS — 66 kWh per ton melk
- 10% bedrijven met laagste verbruik — 27 kWh per ton melk
- 10% bedrijven met hoogste verbruik — 88 kWh per ton melk

(AMS: Automatisch MelkSysteem)

Het grootste deel van het elektriciteitsverbruik (circa 85%) wordt gebruikt door de volgende vijf activiteiten:

1. Melkwinning
2. Melkkoeling
3. Warmwatervoorziening (kan zowel m.b.v. elektriciteit als aardgas)
4. Drinkwatervoorziening
5. Verlichting

Door de verdergaande automatisering neemt het aantal elektrische apparaten op een melkveebedrijf toe. Hierbij valt te denken aan kalverdrinkautomaten, krachtvoerboxen, mestschuiven/robots, sensoren en koeborstels (Ruitenberg en Jacobs, 2014).

4.2.3 Aardgasverbruik melkveehouderij

Aardgas wordt op een melkveebedrijf gebruikt voor de volgende activiteiten:

1. Verwarming woonhuis.
2. Warmwatervoorziening (woonhuis en bedrijf).

Op circa 6% van de bedrijven wordt propaangas of stookolie gebruikt (Ruitenberg en Jacobs, 2014). De warmwatervoorziening op het bedrijf wordt voornamelijk ingezet voor het spoelen en reinigen van de melkinstallatie en melktank met warm water. Op circa 45% van de bedrijven gebeurt dit op basis van aardgas en op circa 55% van de bedrijven gebeurt dit met behulp van elektriciteit.

4.3 Melkveehouderij modelbedrijf

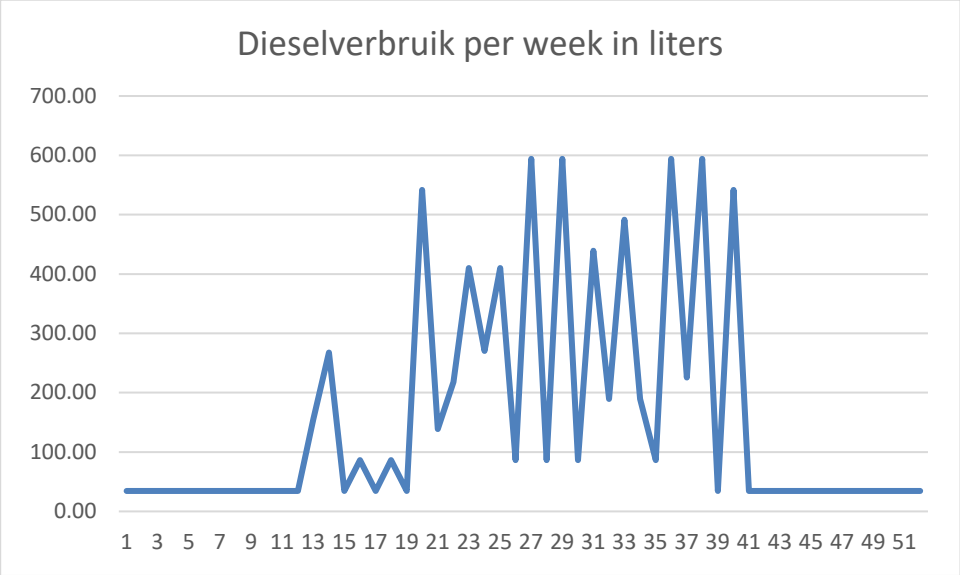
Binnen het project Landbouw & Energie is De Friese wouden als regio voor de melkveehouderij geselecteerd. Op basis van CBS kengetallen en reeds beschikbare gegevens binnen Wageningen Livestock Research is een volgende bedrijfsopzet uitgewerkt voor een modelbedrijf in de Friese Wouden.
In de Friese Wouden was van alle cultuurgrond (100%) in 2017 het overgrote deel in gebruik voor de melkveehouderij 97%. 3% van de cultuurgrond was in gebruik voor akkerbouw. Van deze 97% is het overgrote deel grasland 90% en 10% groenvoedergewassen.

Tabel 6: Bedrijfsopzet model melkveebedrijf Friese Wouden

Regio	Bedrijfsgegevens	Areaal	Grondsoort
Friese Wouden	107 stuks melkvee	55 ha	Zand
	37 stuks pinken		
	39 stuks kalveren		
Melkproductie	909.500	liter	
	4.26 %	vetgehalte	
	3.48 %	eiwitgehalte	
Elektriciteitsverbruik	48.573	kWh	
Dieselverbruik	8.351	liter	

4.3.1 Dieselverbruik

Het energieverbruik op het land bestaat uit dieselverbruik in trekker en mechanisatie. Het gras en de teelt van groenvoedergewassen zijn hierbij de belangrijkste gewassen. De teelt van groenvoedergewasssen wordt veelal uitbesteed aan loonwerkers. In het onderstaande overzicht van dieselverbruik zijn de werkzaamheden voor grasteelt opgenomen, exclusief het inkuilen. Naast werkzaamheden op het veld is het dagelijkse voeren van kuilvoer opgenomen.



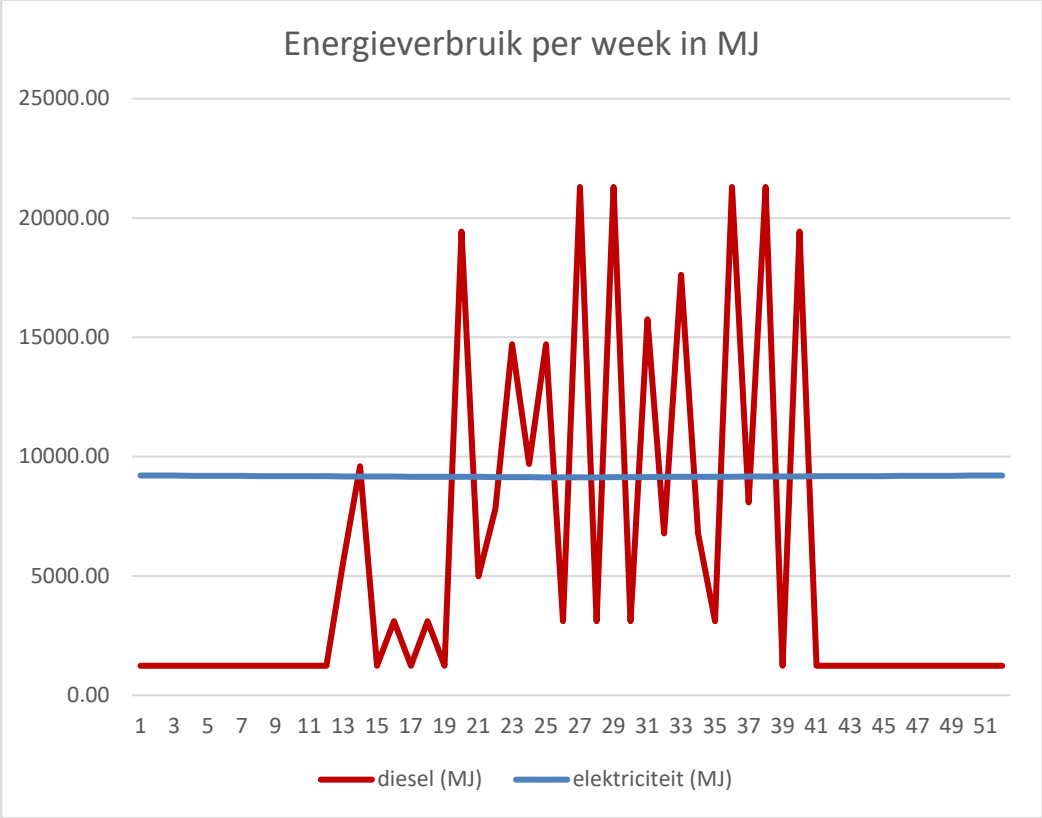
Figuur 12: Dieselverbruik per week voor melkvee modelbedrijf (liter per week)

Het energieverbruik aan diesel komt op 8.351 liter per jaar. Hiervan is 1.792 liter per jaar het dagelijks voeren van kuilvoer. Het overige verbruik aan diesel betreft veldwerkzaamheden.

4.3.2 Elektriciteitsverbruik

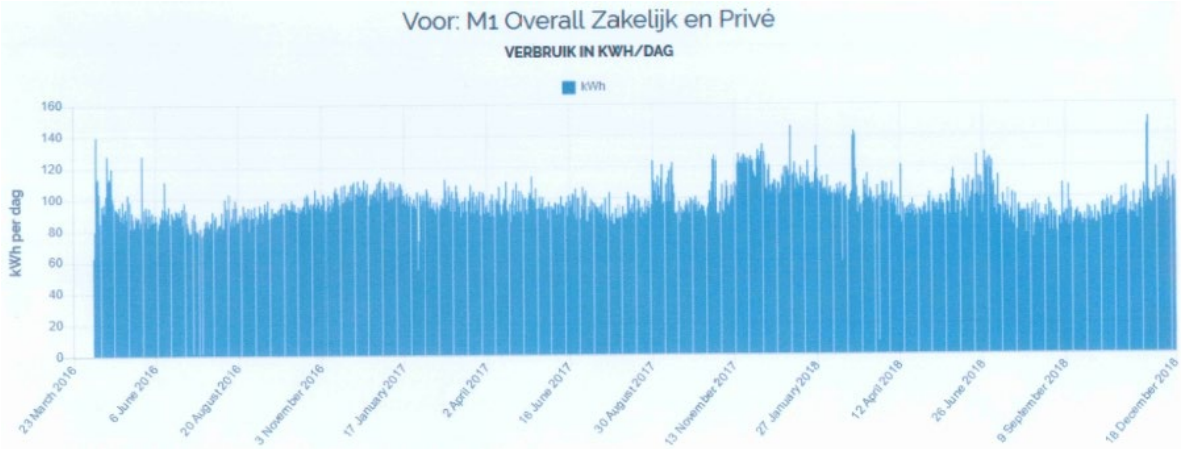
Het elektriciteitsverbruik is voornamelijk gerelateerd aan het melken en de stal en afkomstig van het BBPR (BedrijfsBegrotingsProgramma), een computer model van Wageningen Livestock Research. Uit het BBPR-model komt een elektriciteitsverbruik per week van afgerond 935 kWh. Dit verschilt slechts

zeer beperkt per dag. Uitzondering is het reinigen van de melktank, hiervoor is 1 maal per 3 dagen gehanteerd. Over de dag heen kent het verbruiksprofiel wel verschillende pieken. Hieronder is, vergelijkbaar als met akkerbouw het energieverbruik per week opgenomen. Hierdoor is het elektriciteitsverbruik constant.
De elektriciteit en diesel is beide uitgedrukt in MJ. Hiervoor zijn de BioGrace kengetallen (BioGrace, 2011) gehanteerd, namelijk 9,819 MJ/kWh en 35,8592 MJ/liter. De BioGrace kengetallen houden rekening met de energie-inhoud en de energie die bij productie en transport nodig is.



Figuur 13: Energieverbruik per week in MegaJoule uitgesplitst voor elektriciteit en diesel voor een melkvee modelbedrijf

Aanvullend is een profiel per dag gemeten door L'Orel Consultancy opgenomen. Het verbruik per dag in kWh laat beperkte fluctuaties zien. Het redelijk vlakke profiel van het praktijkbedrijf (figuur 14) komt redelijk goed overeen met die van het modelbedrijf (figuur 13).



Figuur 14: Verbruik per dag in kWh voor melkveebedrijf van 1 miljoen liter (bron: L'Orèl Consultancy)

4.4 Eerste analyse Melkveehouderij

Het energieverbruik binnen de melkveehouder, met name voor elektriciteit, is constant. Het dieselverbuik voor veehouderij laat wel een fluctuatie zien. Doordat het vooral bewerkingen voor gras betreft is het beter voorspelbaar dan voor de akkerbouw. Na het maaien van het gras is voor de bedrijfsopzet 2 maal schudden en éénmaal wiersen gehanteerd. Dit komt per jaar neer op met 10 maal maaien, gecombineerd met 20 maal schudden en 10 maal wiersen. De bewerkingen zijn wel vergelijkbaar als in de akkerbouw weersafhankelijk. In de toekomst liggen er mogelijk wel kansen voor elektrificatie van deze werkzaamheden. De werkzaamheden worden vooral in het voorjaar en zomer uitgevoerd, dit bij droog en veelal zonnig weer. Een andere optie is de koeien jaarrond (of bijna) buiten te laten lopen. Dit vraagt een minder grote kuilvoer-voorraad en daarmee minder bewerkingen.
Een eerste beeld is dat vooral het dieselverbruik op het erf, ten behoeve van het voeren, kan worden geëlektrificeerd. Dit betreft vooral de basis van de figuur 13 in paragraaf 4.3.2.
Het elektriciteitsverbruik varieert nauwelijks per week, maar wel per dag. Dit blijkt ook uit data van het Smart Farmer Grid project. Tevens is in het Smart Farmer Grid project gebleken dat een deel van de variatie over de dag kan worden ondervangen. Een potentiele kans is bijvoorbeeld om met energie-opslag de pieken van het melken op te vangen.

Literatuur

Agrimatie, 2017. Melkveehouderij. Wageningen Universiteit en Research https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2232&sectorID=2245

BioGrace, 2011, Standard values – version 4 (public), www.BioGrace.net; Neeft, J., Gagnepain, B., Bacovsky, D., Lauranson, R., Georgakopoulos, K., Fehrenback, H., et al., Harmonised calculations of biofuel greenhouse gas emissions in Europe, Netherlands.

Blanken, K., F. de Buisonje, A. Evers, W. Ouweltjes, J. Verkaik, I. Vermeij, H. Wemmenhove, 2017. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2017-2018. Wageningen Livestock Research, Wageningen. Handboek 33.

CBS, PBL, RIVM, WUR, 2016. Land- en tuinbouw: ruimtelijke spreiding, grondgebruik en aantal bedrijven, 1980-2015 (indicator 2119, versie 07 , 16 december 2016). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

CBS Statline, 2018a, Landbouwgegevens per gemeente.

CBS Statline, 2018b, Landbouwgegevens nationaal.

DZK, 2018. Klimaatneutraal ontwikkelen. Duurzame Zuivelketen, Den Haag. https://www.duurzamezuivelketen.nl/themas/klimaatneutraal-ontwikkelen/

Infomil, 2018. Energiebesparing en het Activiteitenbesluit. https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/activiteitenbesluit/sectoren/veehouderij/energievoorschriften-0/

Kamp, J.A.L.M., Reeuwijk, P. van, Schoorl, F., Montsma, M., 2010. Energiebesparing op het agrarisch bedrijf, Kansen voor verhogen van de energie-efficiency in de akkerbouw, vollegrondsgroenten en fruitteelt, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO-nr. 3250166809, 26 maart 2010, Lelystad.

Kamp, J.A.L.M., Montsma, M., 2013, Bewaring aardappelen met koeling en ventileren, In opdracht van Convenant Schoon & Zuinig – werkgroep Open Teelten, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, business unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten, PPO-nr. 3250279200, november 2013.

KWIN, 2018, KWIN-AGV 2018, Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt, Wageningen University & Research, Business unit Open Teelten, PPO-publicatienummer 776, ISSN: 1571-3059

L'orèl Consultancy, 2018, presentatie werkzaamheden L'orèl Consultancy in de melkveehouderij, bij Wageningen University & Research te Lelystad

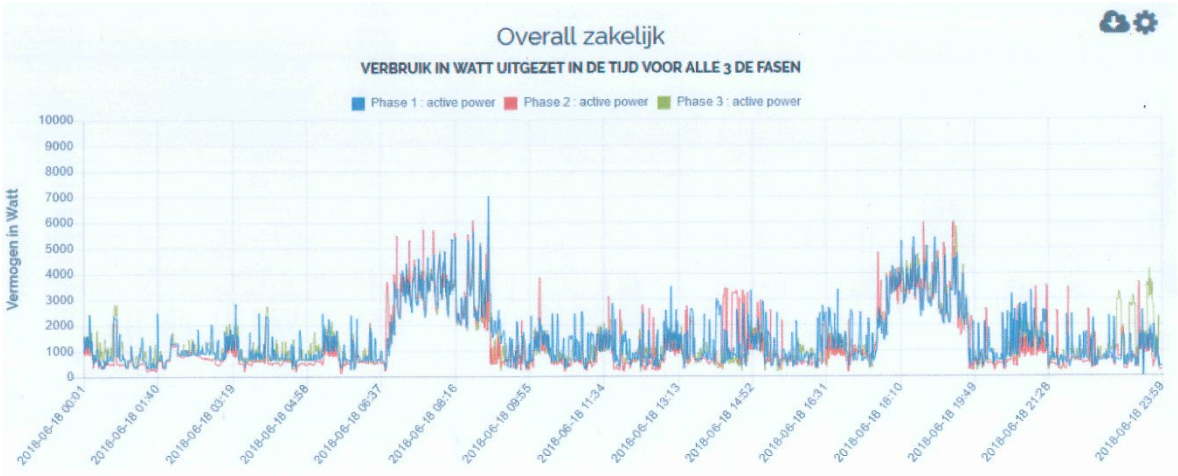
Netwerk GRONDig, 2018, Definitie grondgebondenheid, Comite GRAS, Wehl/Den Haag

Ruitenberg, Greet, Jacobs, Rob, 2014. Verkenning mogelijkheden voor verlagen van het energiegebruik in de melkveehouderij, L'orèl Consultancy & Ruitenberg Advies in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).

WLR, 2019. Bedrijfs Begrotings Programma Rundvee – BBPR. Wageningen Livestock Research, Wageningen. https://www.wur.nl/en/show/Bedrijfs-Begrotings-Programma-Rundvee-BBPR.htm

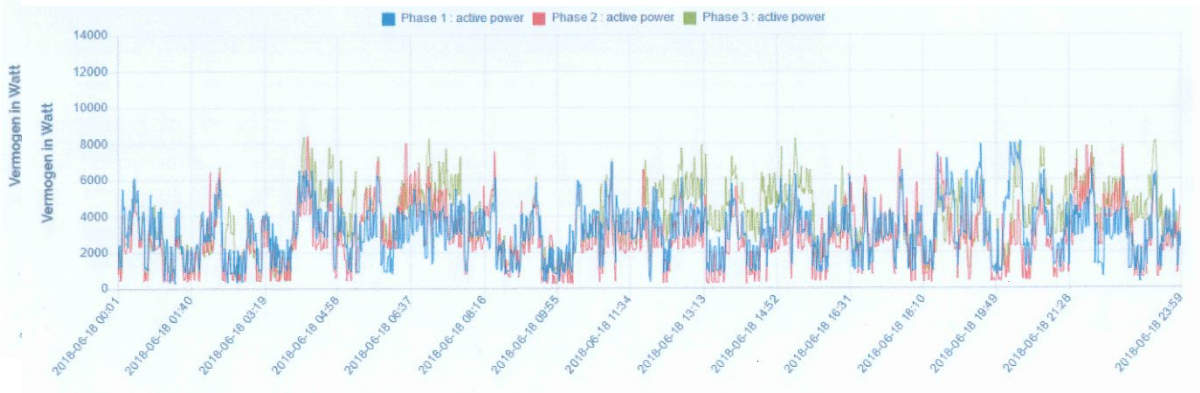
Bijlage 1 Gemeten energieverbruik Melkveehouderij

In de melkveehouderij is binnen het Smart Farmer Grid project gemeten op bedrijven. Hieronder staan ter illustratie van drie melkveebedrijven het gemeten energieprofiel op 18 juni 2018 weergegeven. Het eerste bedrijf betreft een melkveebedrijf met een melkproductie van 1,1 miljoen kg waar 2x daags in een 2x 10-stands melkstal wordt gemolken. Het tweede bedrijf is een vergelijkbaar bedrijf met iets lagere melkproductie van 1,0 miljoen kg maar waarbij een gebruikt wordt gemaakt van het Eco200-systeem om warmte terug te winnen uit de geproduceerde melk om daarmee te besparen op het energiegebruik voor het verwarmen van water. Het derde bedrijf is ook een vergelijkbaar bedrijf met een melkproductie van 1,0 miljoen kg met ook warmteterugwinning uit de melk, maar met twee melkrobots i.p.v. een melkstal.



Figuur 15: Gemeten energieprofiel van een melkveebedrijf met 1,1 miljoen kg melkproductie met een 2x 10-stands melkstal waar 2x daags wordt gemolken (Bron: L'Orèl consultancy).

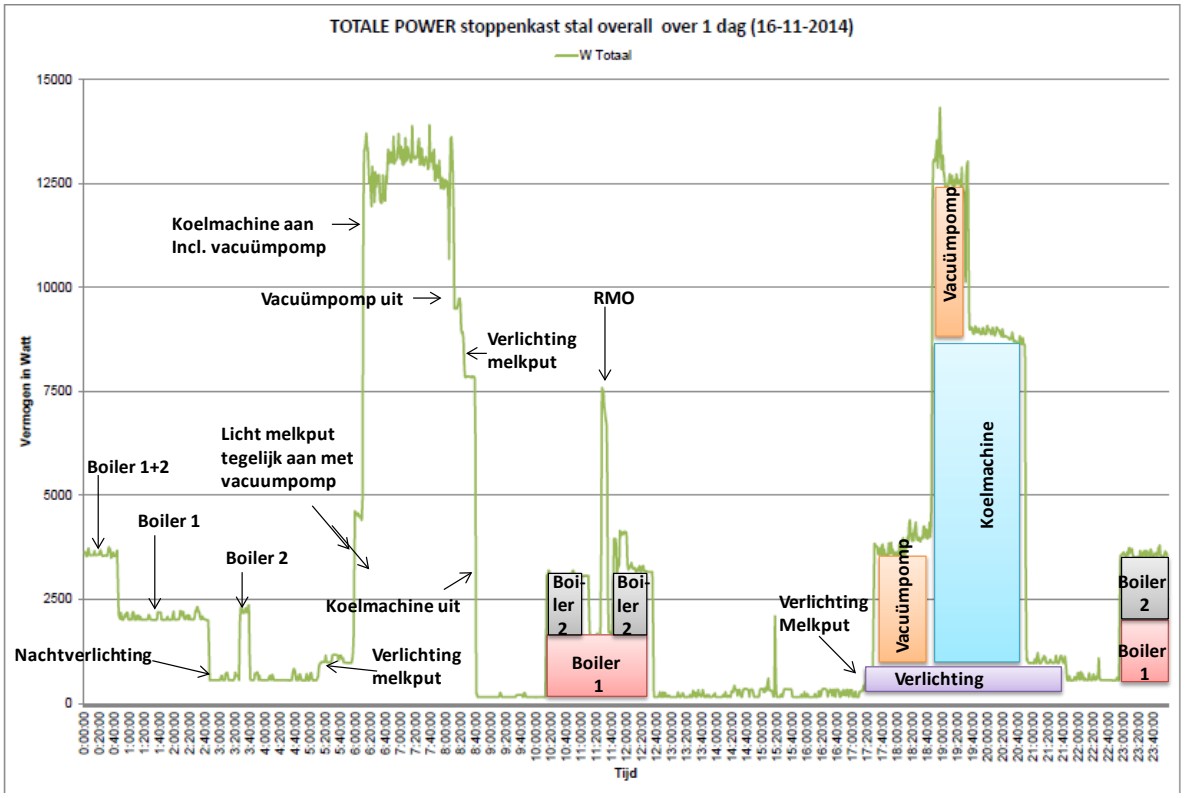
Figuur 16: Gemeten energieprofiel van een melkveebedrijf met 1,0 miljoen kg melkproductie met een 2x 10-stands melkstal waar 2x daags wordt gemolken, met warmteterugwinning uit melk (Bron: L'Orèl consultancy).



Figuur 17: Gemeten energieprofiel van een melkveebedrijf met 1,0 miljoen kg melkproductie met twee melkrobots, met warmteterugwinning uit melk (Bron: L'Orèl consultancy).

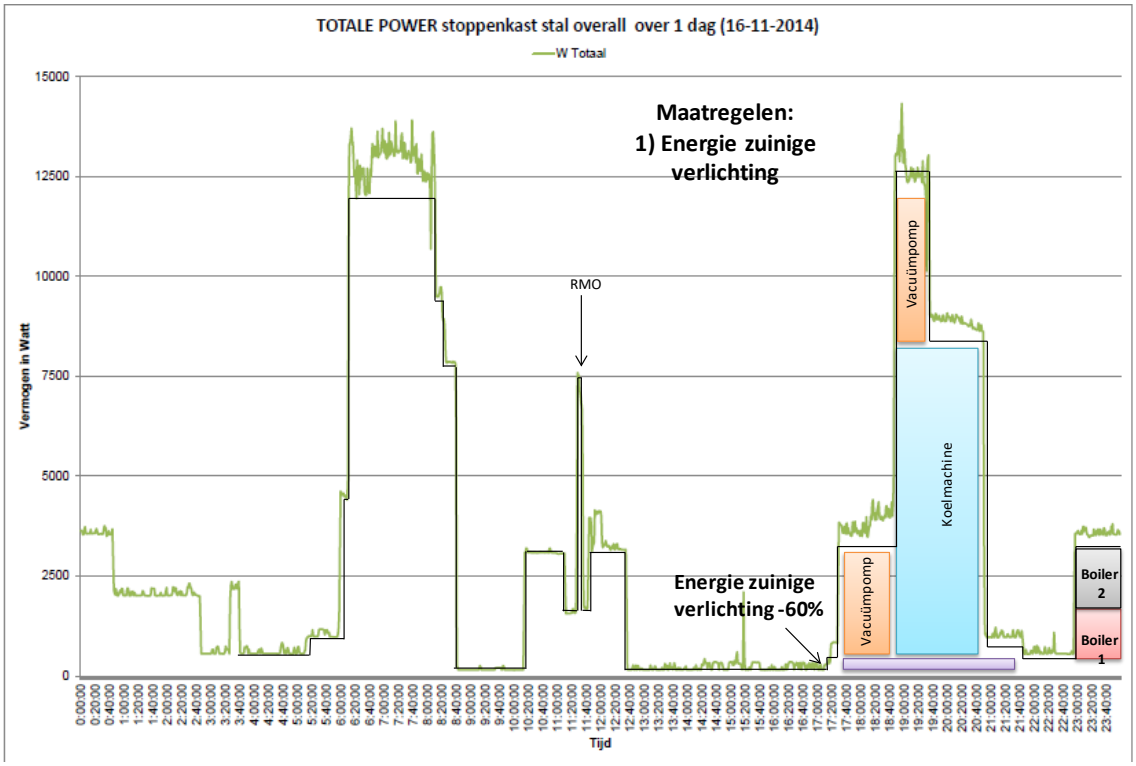
Bijlage 2 Optimalisering opties energieprofiel melkveehouderij

Een melkveehouder heeft een aantal opties om zijn energieprofiel aan te passen en te optimaliseren om zo energie te besparen, het afnamepatroon meer over de dag te spreiden, en betere afstemming kan plaatsvinden met opwekkingspartronen. In figuur 18 staan een typisch energieprofiel weergeven van een melkveebedrijf waar tweemaal daags wordt gemolken in een melkstal. Er zijn twee verbruikspieken in de ochtend en avond voor het twee melken. 's Nachts en overdag staan de boilers aan warm water te produceren voor het reinigen van de melkstal en reinigen van de melktank zodra de RMO de melk heeft opgehaald.



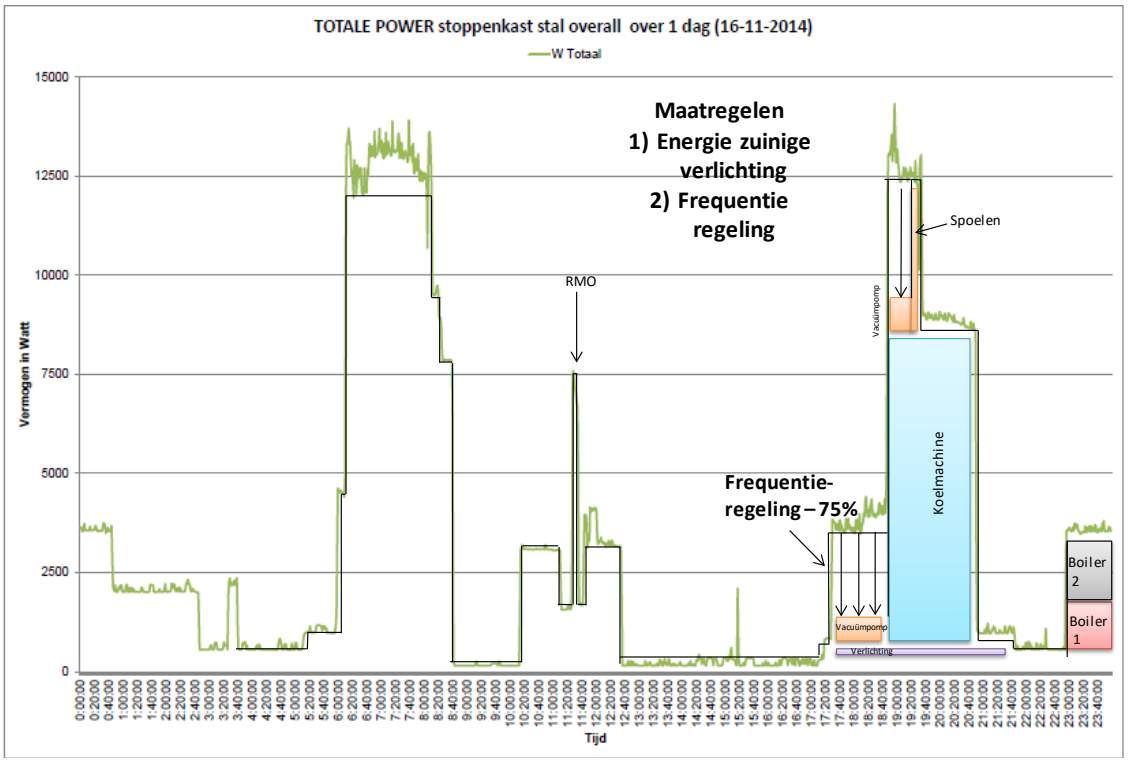
Figuur 18: Energieprofiel van een melkveeprofiel met daarin elektriciteitsgebruikers weergegeven (Bron: L'Orèl consultancy).

Een eerste maatregel die toegepast kan worden is gebruik maken van energiezuinige verlichting. Hierdoor daalt de energievraag ten tijde dat de verlichting brandt, zie figuur 19.



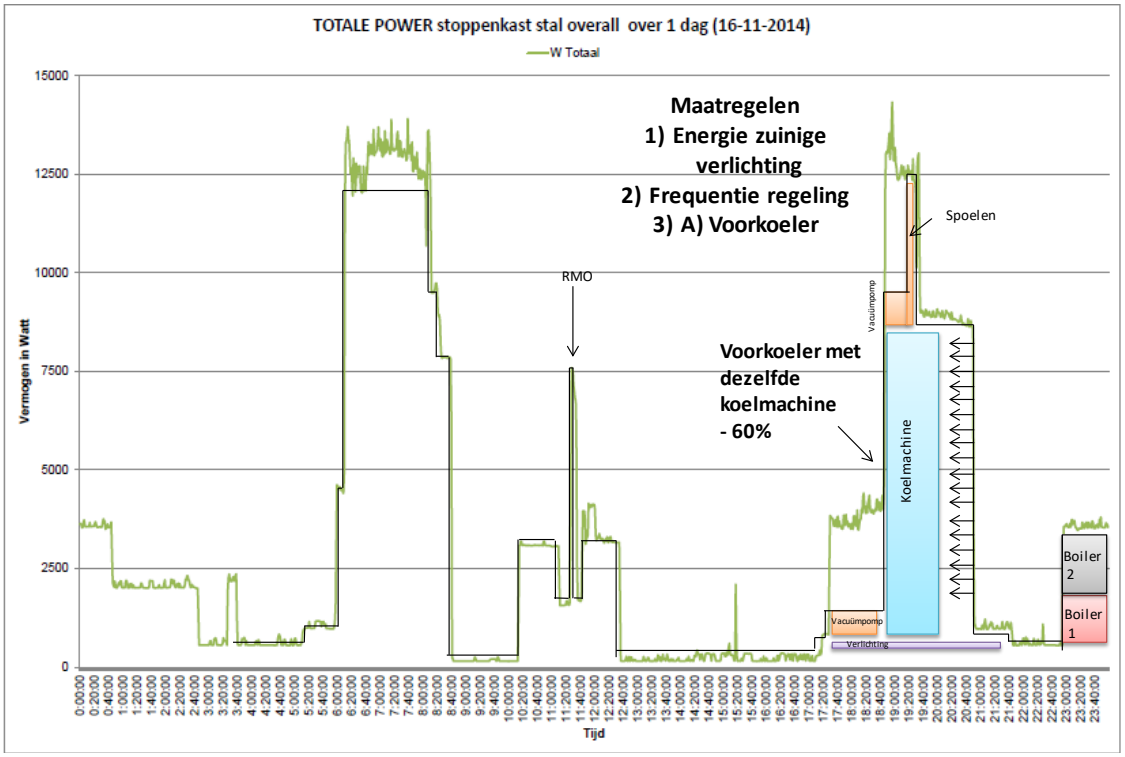
Figuur 19: Verandering van het energieprofiel van een melkveebedrijf door toepassing van energiezuinige verlichting (Bron: L'Orèl consultancy).

Een volgende maatregelen die toegepast kan worden is het gebruik maken van een frequentieregeling op de vacuümpomp waardoor de vacuümpomp een groot deel van de tijd een lagere energievraag heeft, zie figuur 20.



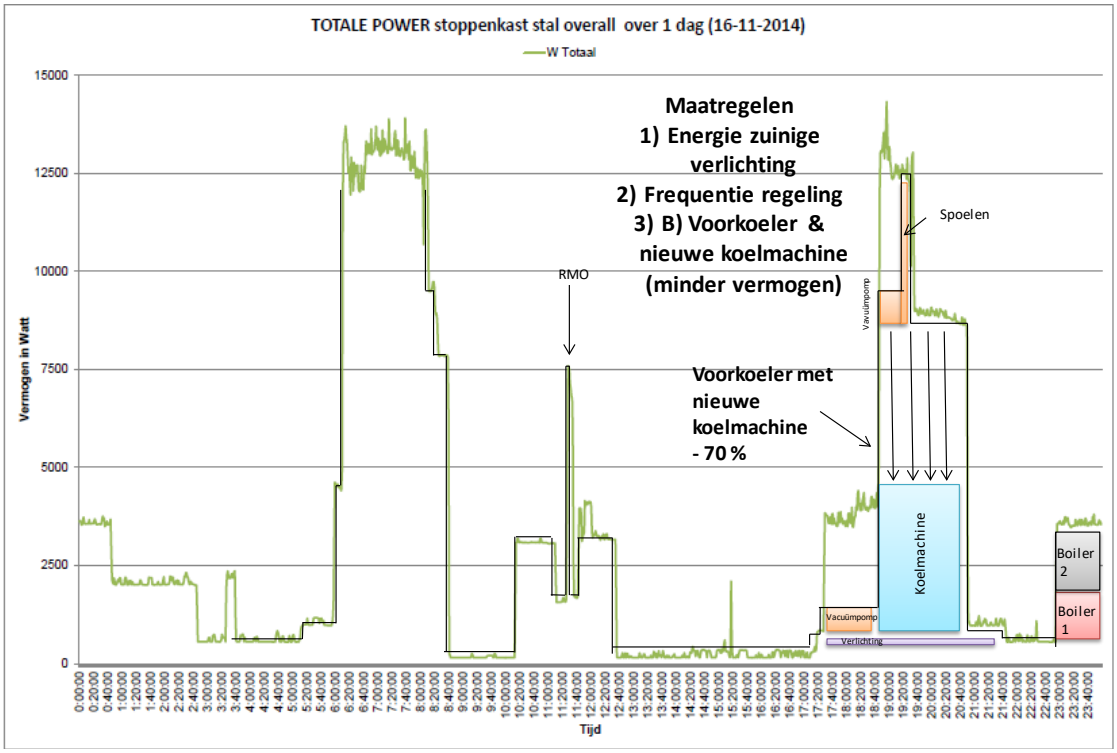
Figuur 20: Verandering van het energieprofiel van een melkveebedrijf door toepassing van energiezuinige verlichting en frequentieregeling op de vacuümpomp (Bron: L'Orèl consultancy).

Een volgende maatregel die toegepast kan is gebruik maken van een voorkoeler waardoor de koelmachine minder langer hoeft te draaien, zie figuur 21.



Figuur 21: Verandering van het energieprofiel van een melkveebedrijf door toepassing van energiezuinige verlichting, frequentieregeling op de vacuümpomp en voorkoeler op bestaande koelmachine (Bron: L'Orèl consultancy).

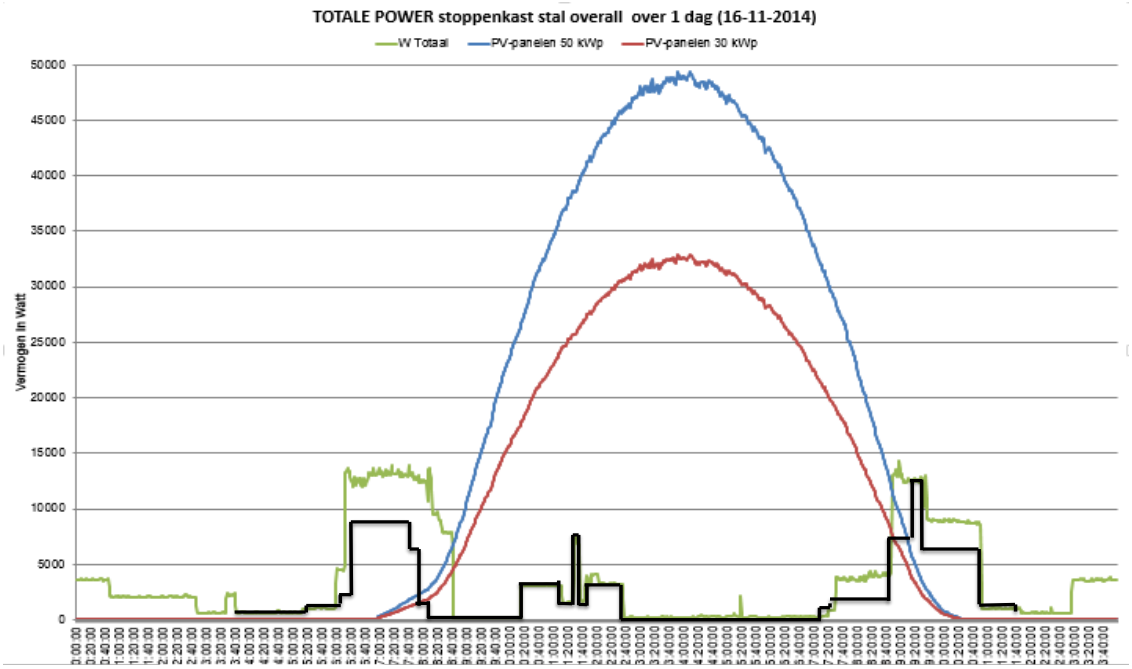
Het is ook mogelijk om de koelmachine te vervangen door een voorkoeler en nieuwe koelmachine met minder vermogen waardoor de elektriciteitsvraag afneemt ten tijde dat de melk wordt gekoeld, zie figuur 22.



Figuur 22: Verandering van het energieprofiel van een melkveebedrijf door toepassing van energiezuinige verlichting, frequentieregeling op de vacuümpomp en voorkoeler met nieuwe koelmachine (Bron: L'Orèl consultancy).

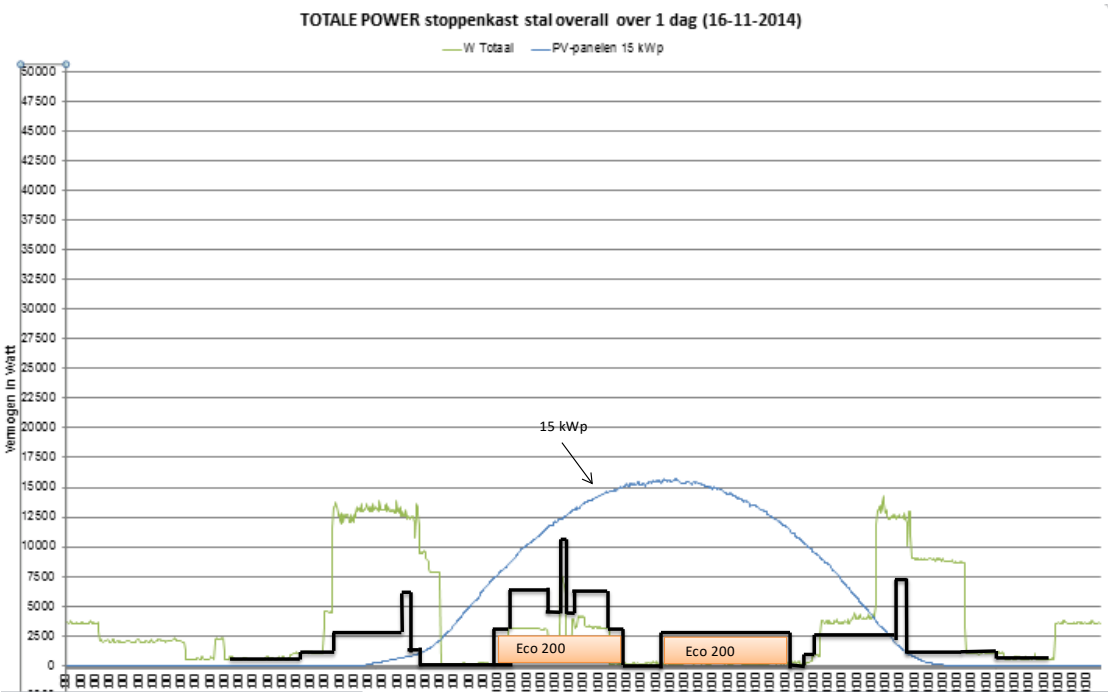
Door de afgenomen elektriciteitsvraag hoeft er ook minder zonnepanelen te worden geïnstalleerd om evenveel elektriciteit op te wekken als wordt gebruikt. In dit voorbeeld is het geillustreerd aan de

hand van een daling in benodigde zonnepaneel van 50 kiloWattpiek naar 30 kiloWattpiek, zie figuur 23.



Figuur 23: Daling van benodigde zonnepanelen voor elektriciteitsneutraal melkveebedrijf door toepassing energiebesparingsmaatregelen (Bron: L'Orèl consultancy).

Door toepassing van warmterugwinning uit de melk (Eco200-systeem) kan het elektriciteitsvraag verder omlaag en kan tevens het afnamepatroon beter op de productie van de zonnepanelen worden afgestemd, zie figuur 24.



Figuur 24: Daling van benodigde zonnepanelen voor elektriciteitsneutraal melkveebedrijf door toepassing van warmteterugwinningssysteem Eco200 uit melk (Bron: L'Orèl consultancy).

Correspondentie adres voor dit rapport:
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T 0320 29 11 11
www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-784

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research 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.