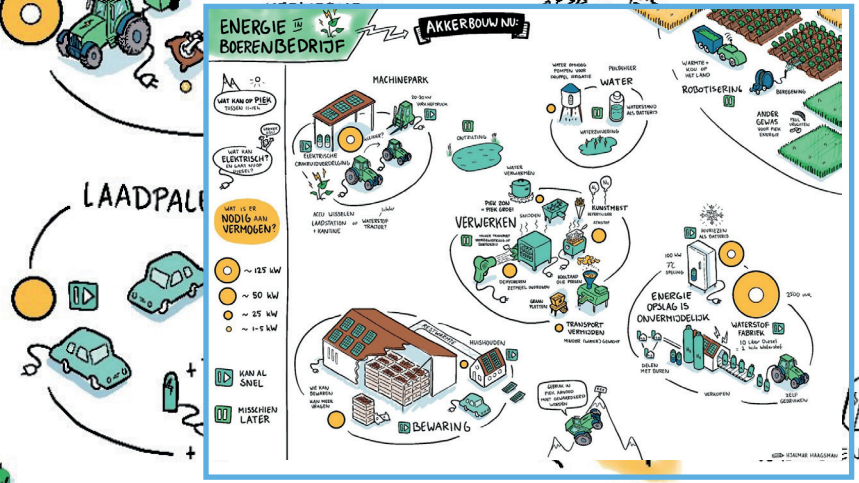
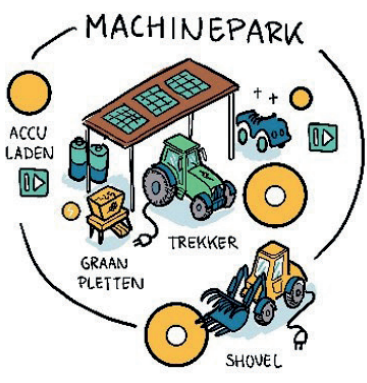
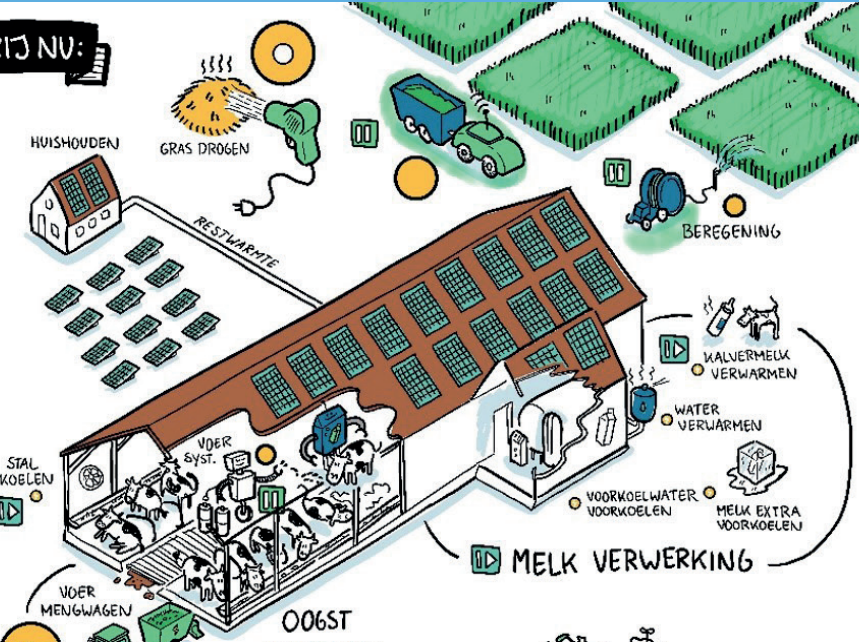


# ENERGIE IN BOERENBEDRIJF

## VEEHOUDERIJ NU:



WAT KAN OP PIEK TUSSEN 11-15u

LEKKER STIL  
WAT KAN ELEKTRISCH? EN GAAT NU OP DIESEL?

WAT IS ER NODIG AAN VERMOGEN?

- ~ 125 kW
- ~ 50 kW
- ~ 25 kW
- ~ 1-5 kW

- KAN AL SNEL
- MISSCHIEEN LATER

# Zonder netverzwaring maximaal hernieuwbare energie produceren

Ontwerpen voor melkveehouderij en akkerbouw om meer hernieuwbare energie te produceren door energieproductie op het eigen bedrijf flexibel te benutten

Auteurs | Andries Visser, Bram Bos, Luuk Gollenbeek, Gerard Migchels, Johan Stortelder, Wouter Veeffind & Marcel van der Voort.

---

# Zonder netverzwaring maximaal hernieuwbare energie produceren

Ontwerpen voor melkveehouderij en akkerbouw om meer hernieuwbare energie te produceren door energieproductie op het eigen bedrijf flexibel te benutten

Andries Visser<sup>1</sup>, Bram Bos<sup>1</sup>, Luuk Gollenbeek<sup>1</sup>, Gerard Migchels<sup>1</sup>, Johan Stortelder<sup>2</sup>, Wouter Veefkind<sup>3</sup> & Marcel van der Voort<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Wageningen University & Research

<sup>2</sup> Liander

<sup>3</sup> LTO Noord

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR) en is een product van de PPS landbouw als vliegwiel voor de energietransitie (AF 17013), een samenwerking tussen LTO Noord, Alliander, Stedin, Windunie, Petawatts, Wageningen University & Research en ECN-TNO. Deze PPS ontvangt financiële steun van de Topsector Agri & food.

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

Wageningen, juni 2020

---

Rapport WPR-842

---

Visser, A.J., Bos, A.P., Gollenbeek. L., Migchels, G., Stortelder, J., Veefkind, W., Voort, M.P.J. van der, 2020. *Zonder netverzwaring maximaal hernieuwbare energie produceren; Ontwerpen voor melkveehouderij en akkerbouw om meer hernieuwbare energie te produceren door energieproductie op het eigen bedrijf flexibel te benutten*. Wageningen Research, Rapport WPR-842.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/525167>

Met dank aan de deelnemers van de 2 ontwerpworkshops: Maarten van Blijderveen (Liander), Jan Borgman (melkveehouder), Marijn van Dongen (akkerbouwer), Jan Reinier de Jong (akkerbouwer), Henk Kroeze (stagiaire LTO projecten), Jan Pieter van Tilburg (melkveehouder), Kees van Zelder (melkveehouder & portefeuillehouder klimaat & energie LTO Nederland).

De illustraties zijn gemaakt door Hjalmar Haagsman

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AA Wageningen; T 0320 29 11 11; [www.wur.nl/plant-research](http://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-842

---

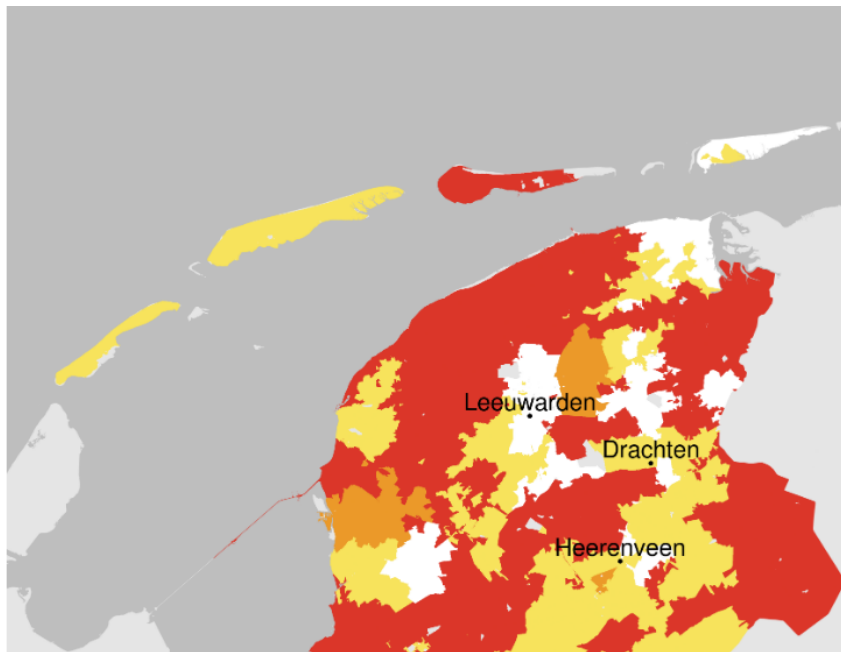
# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Aanpak</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Achtergrond energienet</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Ontwerpresultaat</b>	<b>11</b>
	4.1 Mogelijkheden op het (melk)veehouderijbedrijf	11
	4.2 Mogelijkheden op het akkerbouwbedrijf	13
<b>5</b>	<b>Onderbouwing ontwerp opties</b>	<b>15</b>
	5.1 Veehouderij opties	15
	5.1.1 Elektrische voermengwagen	15
	5.1.2 Laadstation en elektrificatie wagenpark	17
	5.1.3 Oplossing < 5 kW	20
	5.1.4 Elektrisch beregenen Melkveehouderij	21
	5.1.5 Mest mixen	23
	5.1.6 Mest drogen	24
	5.1.7 Mestkoelen	26
	5.1.8 Grasdrogen	28
	5.1.9 Autonoom grasmaaien	30
	5.1.10 Melk indikken	32
	5.2 Akkerbouw opties	33
	5.2.1 Elektrische mechanisatie	33
	5.2.2 Elektrisch beregenen	36
	5.2.3 Hergebruik restwarmte koeling	38
	5.2.4 Verwerking granen en koolzaad	39
	5.2.5 Condensdrogen	40
	5.2.6 Waterstofproductie	42
	5.2.7 Verwerken van chips op het bedrijf	43
	5.2.8 Thermische accu	44
<b>6</b>	<b>Conclusies</b>	<b>45</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>46</b>



# 1 Inleiding

De komende tien jaar verwachten we een enorme groei in de productie van groene stroom op het platteland. De landbouw heeft immers voldoende geschikte beschikbare ruimte en dakoppervlak. Ook in het klimaatakkoord zijn ambities beschreven om het platteland voor 30% van de groene stroom te laten zorgen. Deze ambitie is belangrijk en is ook een aanjager voor deze ontwikkeling, maar stuit op de beperkingen van de bestaande netinfrastructuur aangezien deze op het platteland niet is aangelegd en ingericht om grote hoeveelheden stroom terug te voeren naar het net. Als alle ambitieuze plannen doorgaan, zullen de netbeheerders voor zeer forse investeringen komen te staan om kabels te verzwaren en transformatorhuisjes te vervangen. Afgezien van die hoge (collectieve) kosten is het ook praktisch onmogelijk om in korte tijd op veel plekken tegelijkertijd zulke ingrepen te doen. Daarvoor ontbreekt de menskracht, en zelfs soms de benodigde onderdelen. Het is onrealistisch om te veronderstellen dat de noodzakelijke massieve aanpassing van de net-infrastructuur in voldoende tempo kan worden gerealiseerd. Dat het landelijke laagspanning (LS) net op sommige plaatsen al onvoldoende is toegerust om hernieuwbare opwek te verwerken blijkt bijvoorbeeld in Noord Nederland waar zonneparken niet kunnen worden aangesloten op het net (Middel 2019, [artikel NRC](#)). Figuur 1.1. geeft een overzicht van locaties in het werkgebied Friesland van Liander waar geen (rood) of zeer beperkt (oranje) teruglever capaciteit beschikbaar is.



**Figuur 1.1** Beschikbare capaciteit voor het terug leveren van energie in Friesland.

In het kader van de regiopilots in de PPS Energie & Landbouw is in de Noordelijke Friese Wouden samen met ondernemers, netbeheerder Alliander, Wageningen Research, LTO Noord en diverse gebiedspartijen in een aantal workshops gekeken naar de mogelijkheden om op het niveau van het gebied de energievraag zo te balanceren dat het LS-net ter plekke niet overbelast wordt bij pieken zodat er meer groene energie opgewekt én nuttig gebruikt kan worden (zie: [gebiedsbijeenkomsten NFW](#)).

Het voorliggende rapport is gebaseerd op de resultaten van ontwerpworkshops gericht op het maximaal produceren en benutten van hernieuwbare energie binnen het individuele agrarische bedrijf (melkveehouderij & akkerbouw), dus achter de meter.

---

Hierbij stond de volgende ontwerp vraag centraal: Hoe kan een agrarisch bedrijf de productie en benutting van groene stroom maximaliseren en daarmee bijdragen aan het voorkomen van overbelasting van het bestaande MS en LS-net?

Om deze vraag specifiek en met voldoende focus te kunnen beantwoorden werden bij de ontwerp vraag de volgende randvoorwaarden meegegeven:

- Het bestaande MS/LS-net zoals typerend voor dunner bevolkte plattelandsgebieden is het uitgangspunt, inclusief de beperkingen daarvan.
- Schaalniveau van het ontwerp: het individuele agrarische bedrijf (inclusief grond), inclusief de individuele aansluiting op elektriciteits- en (eventueel) gasnetwerk.
- Het primaire probleem is het lokale overschot aan hernieuwbare energie geproduceerd op het bedrijf (op bepaalde momenten en in bepaalde jaargetijden) dat het net niet op kan.
- Vanwege de urgentie mikken we op een ontwerp dat perspectief biedt op de korte en middellange termijn (max tien jaar).
- Nieuwe verdienmodellen en institutionele vernieuwingen die nodig zijn om het ontwerp te realiseren volgen op de evaluatie van het ontwerp, en waren niet de primaire focus in het ontwerp proces.

In het project Smart Farmer Grid (SGF) I (LTO-Noord & Enexis 2018) werd gekeken naar optimalisatie van de energievraag op het boerenbedrijf. Dit ontwerp project bouwt daarop verder en voegt de volgende zaken toe:

- Identificatie van functies van het agrarisch bedrijf voor het MS/LS-netwerk als geheel (wat kan er achter de meter op het bedrijf aan energie op piekmomenten gebruikt worden zodat het net niet belast wordt)
- Identificatie van functies uit de keten die op het agrarisch bedrijf geïntegreerd kunnen worden. (Welke processen die nu buiten het bedrijf plaatsvinden (b.v. ver- en bewerken van product) kunnen op het bedrijf plaatsvinden zodat er een extra energievraag ontstaat in te zetten op piekmomenten)

Dit rapport is een weergave van de resultaten van dit ontwerptraject en de uitwerking van de verschillende opties die daarin naar voren zijn gekomen. Het rapport is bedoeld als inspiratiebron voor ondernemers en of adviseurs die geïnteresseerd zijn in het zoveel mogelijk benutten van zelf geproduceerde energie in de eigen bedrijfsvoering. En in het ontwikkelen van diensten voor de netbeheerder om het lokale net te stabiliseren.

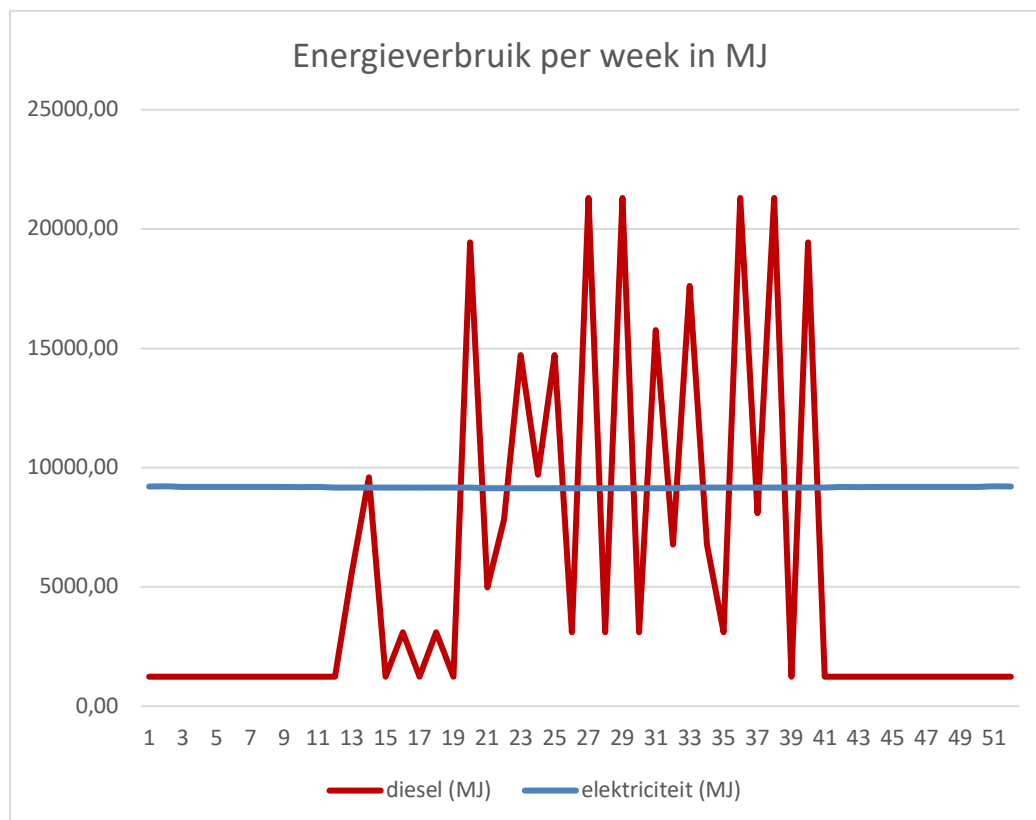
## 2 Aanpak

Om de mogelijkheden van het gebruik van eigen geproduceerde hernieuwbare energie binnen het akkerbouwbedrijf of veehouderijbedrijf te verkennen werden twee ontwerp workshops georganiseerd. Voor de veehouderijworkshop werd als uitgangspunt een representatief veehouderijbedrijf in de Noordelijke Friese Wouden gekozen (Tabel 2.1).

**Tabel 2.1** Bedrijfsopzet model melkveebedrijf Noordelijke Friese Wouden (Van der voort & Timmerman 2019).

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

Het energiegebruik door het jaar dat hoort bij dit veehouderij modelbedrijf is afgebeeld in Figuur 2.1.



**Figuur 2.1** Energieverbruik per week in MegaJoule uitgesplitst voor elektriciteit en diesel voor een veehouderij modelbedrijf ( Van der Voort & Timmerman 2019).

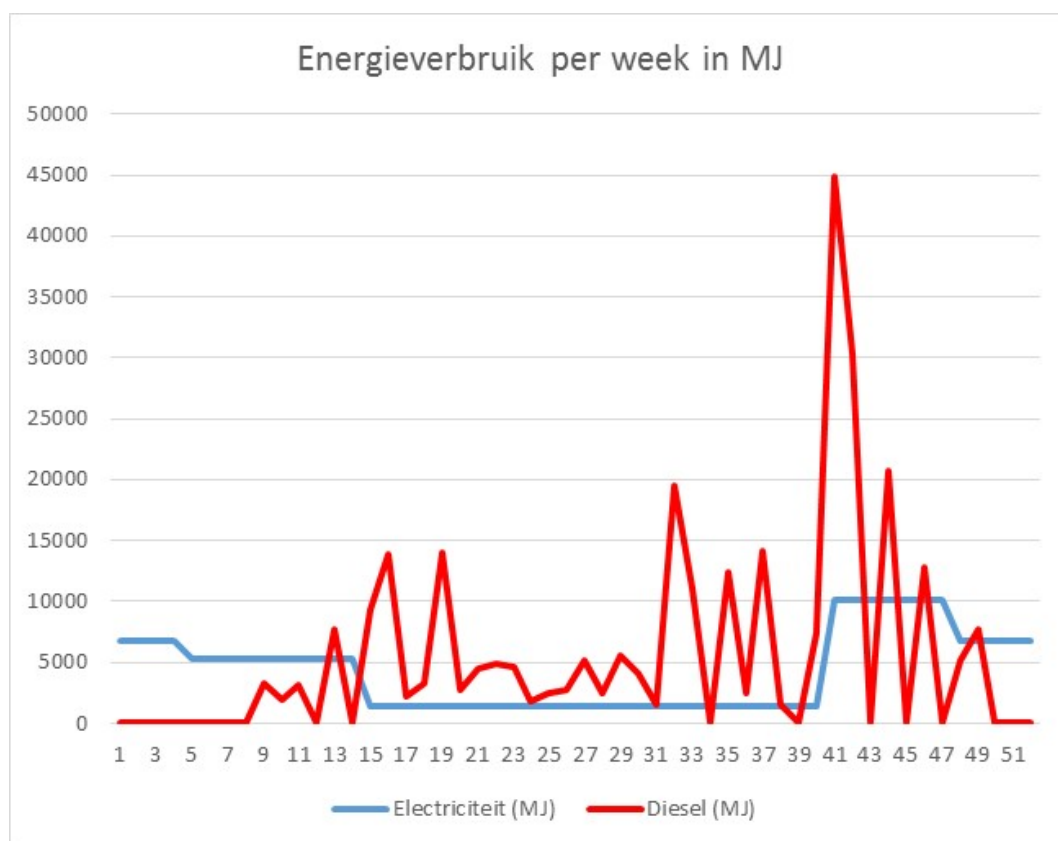
Voor de akkerbouwworkshop werd als uitgangspunt een representatief akkerbouwbedrijf in de Hoeksche Waard gekozen (Tabel 2.2).



**Tabel 2.2** Bedrijfsopzet model akkerbouwbedrijf Hoekse Waard.

Regio	Bouwplan	Areaal	Grondsoort
Hoekse Waard	30% winter tarwe 10% zomergerst 25% consumptie aardappelen 15% suikerbieten 10% zaaiuien 5% stamslabonen 5% graszaad	60 ha	Klei
Elektriciteitsverbruik		22.465 kWh	
Dieselverbruik		8.130 liter	

Het energiegebruik door het jaar dat hoort bij dit veehouderij modelbedrijf is afgebeeld in Figuur 2.2.



**Figuur 2.2** Energieverbruik per week in MegaJoule uitgesplitst voor elektriciteit en diesel voor een akkerbouw modelbedrijf (Van der Voort & Timmerman 2019).

De deelnemers aan de workshops bestonden uit boeren uit het innovatienetwerk BoerEnEnergie, vertegenwoordigers van netbeheerders, adviseurs van LTO Noord & LTO Nederland, experts op het vlak van energie management en onderzoekers van Wageningen research.

De discussies in de workshops focusten op 3 onderdelen:

1. Welke bestaande elektrische processen / activiteiten in het bedrijf zijn te verschuiven in de tijd naar momenten in de dag van piekproductie (11 -15 uur) om op die momenten meer eigen elektriciteit te gebruiken?
2. Welke bestaande activiteiten in het bedrijf zijn te elektrificeren om zo een groter deel van de geproduceerde elektriciteit te kunnen benutten?
3. Welke processen die veel energie vragen zijn nuttig toe te voegen aan de bedrijfsvoering?

De resultaten van de discussies zijn vastgelegd in tekeningen (zie hoofdstuk 4).

### 3 Achtergrond energienet

In het ontwerpproject zijn we in de veehouderij uitgegaan van een 3x 35A aansluiting zoals de meeste bedrijven in het Noordelijke Friese Wouden gebied hebben. Voor de Hoeksche waard zijn we uitgegaan van een 3x 80A aansluiting wat representatief is voor deze bedrijven.

In tabel 3.1. is te zien dat bij een 3 x35 A aansluiting zoals in het modelbedrijf van de Noordelijke Friese Wouden er maximaal ruimte is om 25kW terug te leveren. Dit komt overeen met 81 zonnepanelen van 310Wp. Voor het modelbedrijf in de Hoeksche Waard is de teruglever ruimte maximaal 55kW. Dit komt overeen met 177 zonnepanelen van 310 Wp.

**Tabel 3.1** Type aansluiting, maximale teruglever capaciteit, bijbehorend en zonnepanelen en dakoppervlak (in m<sup>2</sup>).

	Max teruglever capaciteit (in kW)	Aantal panelen bij 310 wp	Benodigd dakoppervlakte
3x25A	17	55	93
3x35A/40A	25	81	137
3x50A	35	113	192
3x63A	45	145	247
3x80A	55	177	302
3x160A	100	323	548
3x250A	160	516	877

Het is de inzet dat de resultaten van de ontwerpworkshop een breder gebruik krijgen dan alleen binnen de 2 voorbeeldgebieden. Daarom geven we hieronder een uitgebreider overzicht van de verschillende aansluit categorieën gebaseerd op informatie van Liander (Tabel 3.2.). In het algemeen geldt dat het tarief afhangt van je woonplaats en dat de verschillende netbeheerders afwijkende tarieven en andere aansluitcategorieën kunnen hebben.

**Tabel 3.2** Aansluit categorieën elektriciteit.

Aansluitcategorie	Capaciteit	Deelmarkt	Uitvoeringsvorm
AC1-OV	1x6A	LS	aftakking op geschakelde ls-net
AC1	1x10A	LS	aftakking op het ls-net
AC1	> 1x10A t/m 3x25A	LS	aftakking op het ls-net
AC2a	35A t/m 50A	LS	aftakking op het ls-net
AC2b	63A t/m 3x80A	LS	aftakking op het ls-net
AC3	>3x80A	LS	aftakking op het ls-net (alleen in oude situaties)
AC4a	>3x80A t/m 100 kVA	MS/LS	Aparte ls-kabel vanuit alg. voedingspunt
AC4b	100 kVA t/m 160 kVA	MS/LS	Aparte ls-kabel vanuit alg. voedingspunt
AC5a	160 kVA t/m 630 kVA	MS	In/uit op ms-net + ls-meting, trafo vrij domein
AC5b	630 kVA t/m 1 MVA	MS	In/uit op ms-net + ls-meting, trafo vrij domein
AC5	1 MVA t/m 2 MVA	MS	In/uit op ms-net + ms-meting
AC6a	2 MVA t/m 5 MVA	TS- of HS/MS	Aparte ms-kabels uit transportstation
AC6b	5MVA t/m 10 MVA	TS- of HS/MS	Aparte ms-kabels uit transportstation
AC6c	> 10 MVA	TS- of HS/MS	Aparte ms-kabels uit transportstation
AC7	> 10 MVA	TS	Aparte kabels uit transportstation (50 kV)

## Kosten aansluitingen

Als voorbeeld geven we hier de kosten van aansluitingen en de periodieke tarieven (2020) van Liander. Voor elektriciteits- en gasaansluitingen brengt Liander kosten in rekening voor het transport (periodieke kosten) en voor het aanleggen van deze aansluiting als daarvan sprake is (eenmalige kosten). In tabel 3.3. en 3.4 staan de afgeronde tarieven van 2020 voor de meest voorkomende aansluitingen en diensten die Liander aanbiedt.

Deze informatie is ook terug te vinden op website van Liander:

<https://www.liander.nl/consument/aansluitingen/tarieven2020?ref=20855>

## Elektriciteit

**Tabel 3.3** Periodieke tarieven (jaarlijks).

Capaciteit van de aansluiting	Per jaar incl. btw
1-fase: 1x10A	€ 103,85
1-fase: 1x25A, 1x30A, 1x35A en 1x40A	€ 256,68
3-fase: 3x25A	€ 256,68
3-fase: 3x35A	€ 964,73
3-fase: 3x50A	€ 1.401,39

**Tabel 3.4** Nieuwe aansluiting (eenmalig).

Capaciteit van de aansluiting	Tarief incl. btw
1-fase: 1x10A1	€ 794,97
3-fase: 3x25A	€ 794,97
3-fase: 3x35A en 3x50A	€ 1.108,36
3-fase: 3x63A en 3x80A	€ 1.312,85

---

## 4 Ontwerpresultaat

In dit hoofdstuk geven we de resultaten van de 2 workshops weer. Tijdens de gesprekken en discussies werden de door de deelnemers genoemde opties in tekeningen vastgelegd door een tekenaar. Deze visualisaties werden gebruikt ter ondersteuning van de discussie en om als inspiratie te dienen voor anderen voor eventuele toepassing in akkerbouw- of veehouderijbedrijven.

Alle verschillende opties zijn samengebracht in één tekening voor de akkerbouw en één tekening voor de veehouderij. De verschillende maatregelen waaruit de tekeningen zijn opgebouwd komen afzonderlijk aan bod in hoofdstuk 5. Voor de volledigheid willen we nog opmerken dat de hier gepresenteerde opties niet alle beschikbare opties of nieuwe ontwikkelingen omvatten en dus niet compleet zijn. De tekeningen geven een weergave van de in de workshop genoemde opties en zaken die volgens de deelnemers haalbaar zijn tussen nu en 10 jaar.

### 4.1 Mogelijkheden op het (melk)veehouderijbedrijf

In de melkveehouderij zijn al vrij veel processen elektrisch zoals het melken, het koelen van de melk of processen zijn redelijk eenvoudig te elektrificeren. Bovendien is er een vrij continue elektriciteitsbehoefte door het jaar heen (Figuur 2.1).

Om meer zonnepanelen te kunnen plaatsten dan de aansluiting ruimte biedt, loont het om eerst te zoeken naar elektrische processen die te verschuiven zijn naar de periode tussen 11 en 15 uur wanneer er piekproductie in de zonne-energie opwekking optreedt.

Activiteiten die hiervoor in aanmerkingen komen zijn o.a. (zie Figuur 4.1.): Mest mixen, voorkoelwater koelen, de stal koelen, melk extra voorkoelen, en waterbuffer vullen. Dit vraagt een klein extra vermogen tot ongeveer 26kW (zie uitwerking onderdelen in hoofdstuk 5).



**Figuur 4.1** Totaaloverzicht mogelijkheden op het veehouderijbedrijf.

Een volgende stap is het elektrificeren van activiteiten die diesel als brandstof benutten. Het gaat dan om o.a. het gebruik van elektrische trekker, quad of shovel, een elektrische mengvoerwagen en elektrisch beregenen. Voor al deze activiteiten (behalve elektrisch beregenen) geldt dat het dan gaat om het opladen van de batterij tijdens piekuren. Het elektrificeren van deze activiteiten en het opladen van de batterijen in deze machine vraagt een extra vermogen ter grootte van ongeveer 55 kW. We zijn dan uitgegaan van het laden van de batterijen met 11 kW.

De laatste stap betreft het toevoegen van processen aan de bedrijfsvoering die energie vragen. Het gaat dan om mest scheiden, mest verwerken, mestdrogen en mest koelen, het indikken van melk of melk verwerken tot zuivelproducten, grasdrogen en het creëren van publieke laadplaatsen voor elektrische auto's. Het toevoegen van deze processen is overigens ook aantrekkelijk omdat het ergens anders in de keten energie bespaart (bv indikken van melk resulteert in minder transportbewegingen) en het koelen van mest resulteert in vermindering van ammoniak emissies. Het totaal aan deze extra activiteiten vraagt ongeveer 150 kW maar kan oplopen tot 1200 kW afhankelijk van het type proces. Hier gaan we bijvoorbeeld uit van grasdrogen van voorgedroogd gras wat ongeveer 25 kW vraagt maar bij het vers drogen kan de vermogensvraag wel oplopen tot 800 kW.

Opgeteld vragen deze processen (verschuiven, elektrificeren en toevoegen) samen ongeveer 230 kW. Dat zou betekenen dat als al deze activiteiten doorgevoerd worden er 740 zonnepanelen extra geplaatst kunnen worden binnen de bestaande aansluiting van 3x 35A die slechts 81 zonnepanelen van 310 Wp toelaat. Deze hoeveelheid extra panelen betekent dat ook buiten de piekuren meer elektriciteit geproduceerd zal worden. Hoeveel panelen uiteindelijk extra geplaatst kunnen worden vraagt om maatwerk, afhankelijk van het gebruiksprofiel van het bedrijf.

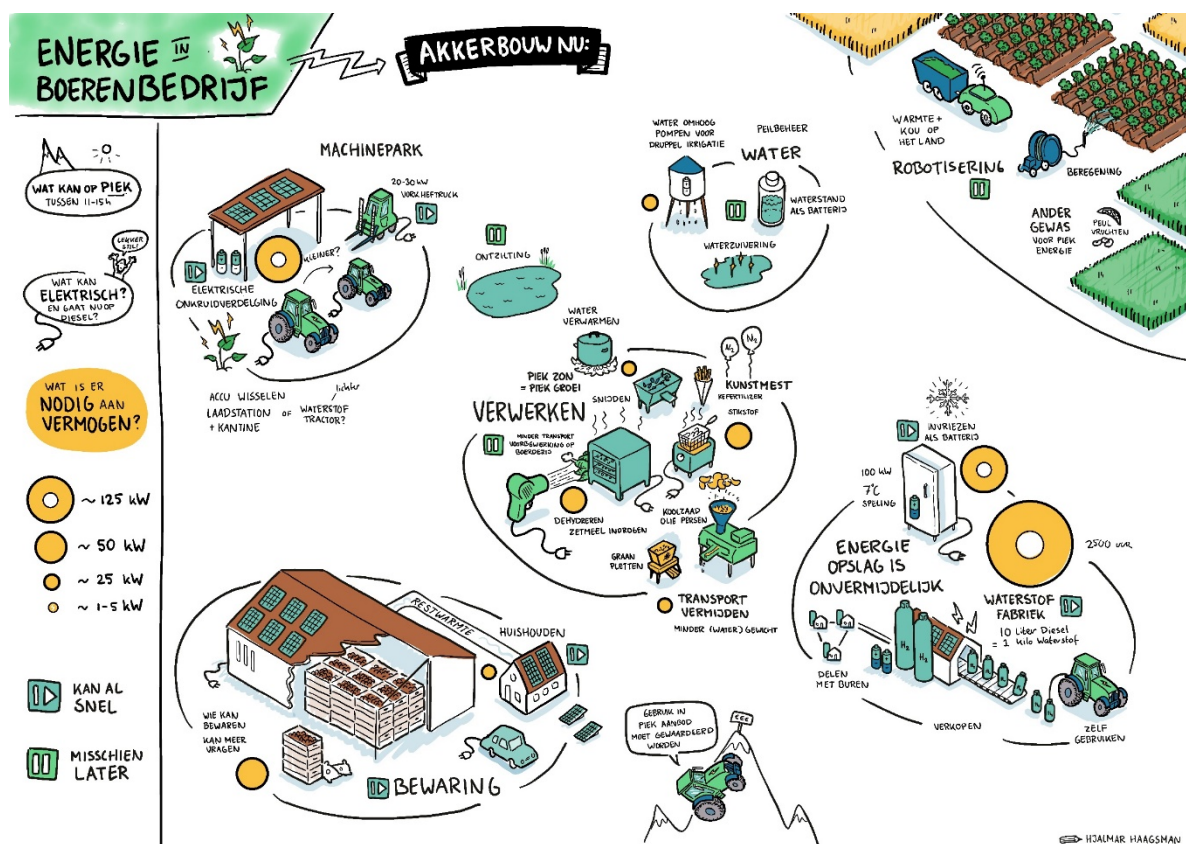
Niet op elk bedrijf bestaat de mogelijkheid om alle maatregelen integraal door te voeren, maar als bijvoorbeeld alleen de stap verschuiven in de tijd en elektrificeren van bestaande activiteiten doorgevoerd worden betekent dat een extra energievraag tijdens piekuren van 81 kW hetgeen ruimte oplevert voor 261 extra zonnepanelen.

## 4.2 Mogelijkheden op het akkerbouwbedrijf

In de akkerbouw is weinig apparatuur elektrisch aangedreven. De meeste machines om het land te bewerken en oogstwerkzaamheden te verrichten gebruiken diesel als brandstof en daarmee is diesel dan ook de grootste energiepost (zie figuur 2.2.). Het elektriciteitsgebruik is het hoogst in najaar / winter en wordt veroorzaakt door gebruik van elektrische apparatuur bij het inschuren tijdens de oogst en bij het bewaren (koeling). Er ligt in de akkerbouw daarom een grote uitdaging om eigen opgewekte energie te kunnen gebruiken in de bedrijfsvoering: er is een duidelijke seizoens-onbalans tussen productie en consumptie van elektriciteit op het akkerbouwbedrijf.

Om meer zonnepanelen te kunnen plaatsen dan de aansluiting ruimte biedt loont het om eerst te zoeken naar elektrische processen die te verschuiven zijn naar de periode tussen 11 en 15 uur wanneer er piekproductie in de zonne-energieopwekking optreedt. Er zijn echter nauwelijks activiteiten in de zomer die hiervoor in aanmerking komen aangezien een akkerbouwbedrijf in de zomer tijdens piekuren nauwelijks elektriciteit gebruikt.

Wel is het mogelijk om (een deel van) het machinepark te elektrificeren (zie Figuur 4.2.).



Figuur 4.2 Totaaloverzicht mogelijkheden op het akkerbouwbedrijf.

Met name trekkers die ingezet worden voor lichte werkzaamheden komen hiervoor in aanmerking. Qua vermogen kunnen elektrische trekkers het goed aan om te ploegen of te rooien maar het grootste probleem is de duur van deze werkzaamheden, de accu's hebben nog te weinig capaciteit om langdurig het benodigde vermogen te leveren. Het elektrificeren van 1 of 2 trekkers die gebruikt worden voor lichte werkzaamheden kan een vraag naar elektriciteit van ongeveer 22 kW opleveren. Daarnaast is het mogelijk om elektrisch te beregenen. Vooral in de droge zomers van 2018 en 2019 is er veel beregend hetgeen resulteerde in veel diesel gebruik. Elektrisch beregenen is daarmee ook financieel aantrekkelijk (zie hoofdstuk 5). Totaal levert het elektrificeren een extra energievraag op van ongeveer 42 kW.



---

Het toevoegen van processen of activiteiten die veel elektriciteit vragen is voor akkerbouwbedrijven een interessante optie. De grootste uitdaging ligt zoals eerder gezegd in de onbalans tussen vraag en aanbod, het meeste energiegebruik in de winter (bewaring van opgeslagen product), de meeste productie via zonnepanelen vindt plaats in de zomer. Een deel van de oplossing kan hier liggen in het toevoegen van windenergie aangezien dat profiel aanvullend is op zon. Windturbines zijn echter niet overal toegestaan. Als voorbeeld van het toevoegen van andere processen noemen we hier de optie om bijvoorbeeld waterstof (H<sub>2</sub>) te gaan produceren met de eigen opgewekte elektriciteit. Waterstof is goed op te slaan en te gebruiken als brandstof ter vervanging van diesel in trekkers. Er zijn inmiddels al prototype waterstofftrekkers ontwikkeld. De verwachting is dat op redelijk korte termijn er waterstofftrekkers beschikbaar komen. Vervanging van diesel door waterstof levert een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-reductie op. Wellicht dat er samenwerking tussen boeren nodig is om de juiste schaal te bereiken voor dit proces. Een elektrolyser moet continue draaien om rendabel te kunnen zijn hetgeen betekent dat er op momenten van lage hernieuwbare energieproductie dus stroom van het net gebruikt moet worden. Er wordt dan zowel groene H<sub>2</sub> (op basis van hernieuwbare stroom) als grijze H<sub>2</sub> (op basis van normale stroom) geproduceerd. Naast gebruik in het eigen machinepark is de geproduceerde waterstof ook af te zetten op de markt en het is ook deels in te voeden op het gasnet. Een productie-unit van 1 Megawatt levert voldoende waterstof om 33 gemiddelde akkerbouwbedrijven van brandstof te voorzien. Deze energievraag is omgerekend goed voor 3.200 extra zonnepanelen. Dat betekent in de praktijk dat een installatie voor meer boeren extra ruimte biedt om meer zonnepanelen te installeren. De eerste pilots rond waterstofproductie gekoppeld aan wind en zonne-energie productie gaan nu van start (2020) en zullen ook meer inzicht gaan geven in het business model hiervan.

Samenvattend kunnen we stellen dat binnen het huidige akkerbouwbedrijf elektrificeren van bestaande machines een extra vraag kan opleveren van ongeveer 40 kW, equivalent aan ongeveer 135 extra zonnepanelen binnen de bestaande aansluiting. Daarmee zijn er minder mogelijkheden dan op het veehouderijbedrijf. Maar aangezien diesel de grootste energiegebruiker is op akkerbouwbedrijven kan het zelf op gaan wekken van waterstof als brandstof voor het eigen machinepark wel een heel interessante optie zijn. Deze optie levert ook meer dan voldoende ruimte op voor het installeren van extra zonnepanelen binnen de bestaande aansluiting.

In hoofdstuk 5 zijn alle getekende opties verder uitgewerkt.

# 5 Onderbouwing ontwerp opties

In dit hoofdstuk worden de verschillende ontwerp opties beschreven met daarnaast informatie over kosten en investeringen, de inpasbaarheid in het bedrijf en de hoeveelheid energie die de activiteit maximaal vraagt per uur. De opties zijn beschreven voor de veehouderij en voor de akkerbouw. Sommige ideeën zijn uiteraard voor beide sectoren toepasbaar. Dit is een eerste verkenning om een indicatie te geven van de mogelijkheden. Bij deze verkenning zijn zoveel mogelijk de standaard akkerbouw- en melkveebedrijven aangehouden zoals vastgesteld in Van der Voort & Timmerman (2019). Voor deze onderbouwingen zijn aannames gedaan en uitgangspunten opgesteld, bij wijzigingen in de aannames of uitgangspunten zullen ook de uitkomsten wijzigen.

## 5.1 Veehouderij opties

### 5.1.1 Elektrische voermengwagen

#### Omschrijving

Voor het mengen van het voer wordt een voermengwagen gebruikt, traditioneel aangedreven met diesel. Een alternatief hiervoor is een volledig elektrisch aangedreven voermengwagen. Hiermee wordt er minder brandstof verbruikt en kan de geproduceerde energie worden opgeslagen in de accu's van de elektrische voermengwagen om de energie in te zetten wanneer nodig.



#### Aanschaf en kosten

	<i>Vervangingswaarde</i>	<i>Jaarkosten</i>
<i>Elektrische voermengwagen</i>	60.000-70.000 euro	EUR 9.000,- tot 10.500,- (15 % van vervangingswaarde)

Deze wagen vervangt het diesel gebruik van 10 liter diesel per ton voer (Schroder et al. 2019). Per dag wordt op een bedrijf met 107 melkkoeien, 37 stuks pinken en 39 stuks kalveren in de stalperiode 11 liter diesel verbruikt door de voermengwagen en tijdens de weideperiode 9 liter (op basis van de voeropname zoals beschreven in CBS (2019)). Per jaar zal er 3.740 liter diesel worden uitgespaard. Een vergelijkbare voermengwagen die door middel van een dieseltrekker wordt aangedreven zal ongeveer de helft aan aanschafkosten zijn; circa 35.000 euro. Tijdens het mengen zal de trekker ook nodig zijn. Afhankelijk van hoe de jaarkosten van de trekker worden toegerekend aan het voermengen kan elektrisch voeren leiden tot een financieel voordeel.

Het voordeel van de elektrische mengmachine is dat er tijdens het mengen geen trekker voor hoeft te staan. Er zijn ook voermengwagens die daarnaast ook elektrisch kunnen rijden (rond de 100.000 euro), dan is er helemaal geen trekker meer nodig.

#### Vermogen

De voermengwagen heeft 82 kW aan vermogen van de elektromotor, met een piekvermogen van 125 kW. Met een draaitijd van ongeveer 1,5 tot 2 uur per dag leidt dat tot een verbruik van 123 tot 164 kWh. De voermengwagen kan uitgerust worden met 3 verschillende batterij groottes van 30, 50 of 70 kWh.



---

### **Toegevoegde waarde**

Er zit een groot accupakket in een elektrische voermengwagen, hierin kan de in een piek opgewekte (groene) energie makkelijk opgeslagen worden en later ingezet worden. Daarnaast wordt er minder brandstof verbruikt en is het geluidsniveau lager. Voor sommige bedrijven kan het ook betekenen dat men met een trekker minder toe kan aangezien er geen aftakas nodig is, alleen een trekkend voertuig. Dat kan dus ook een e-shovel zijn.

### **Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk**

De accu's van de voermengwagen kunnen tijdens het piekmoment worden gebruikt om de stroom in op te slaan. Een snellader van 11 kW kan de kleinste accu in 3 uur opladen en het grootste accupakket kan 6 uur lang 11 kW afnemen om de piek op te vangen. Die kan later tijdens het voermengen weer worden gebruikt. Op de lange termijn verwachten we dat snelladen richting de 125 kW kan gaan zeker als de gelijkstroom direct uit de zonnepanelen wordt ingezet.

Het moment van voeren en opladen dienen wel goed op elkaar afgestemd te worden (mogelijk voeren in de ochtend en voeren in de middag na de piekuren). Of het gebruik van twee accupakketten is een mogelijkheid.

### **Inpasbaarheid op bedrijf**

- Een elektrische voermengwagen is direct inzetbaar op het bedrijf
- Groene energie opslag in de accu's
- Er moet een snellaadpunt aanwezig zijn om optimaal gebruik te kunnen maken van de laadcapaciteit van de accu's
- De elektrische voermengwagens zijn nog wel in de ontwikkelingsfase en het aanbod is beperkt

### **Subsidies of regelingen**

MIA VAMIL: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/mia-vamil>

### **Specifieke kennis of vaardigheden**

Niet relevant.

## 5.1.2 Laadstation en elektrificatie wagenpark

### Omschrijving

Er zijn op een melkveebedrijf een aantal voertuigen aanwezig die te elektrificeren zijn. Denk hierbij aan de trekker(s), de quad en de shovel. Op dit moment zijn e-quads en elektrische mini-shovels al te koop:

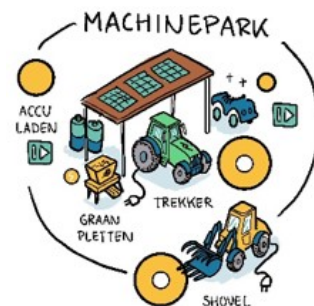
( <https://www.begreentechniek.nl/quads/>

<https://www.boerderij.nl/Mechanisatie/Achtergrond/2019/3/Mini-shovels-alleskunnere-waar-je-zo-op-springt-398027E/>)

<https://agroenergiek.nl/nieuws/elektrische-mini-shovels-geruisloos-over-het-erf>

Dat geldt nog niet voor elektrische trekkers. Naar verwachting komen over 2 tot 3 jaar de eerste trekkers op de markt: ((<https://www.boerderij.nl/Mechanisatie/Nieuws/2019/3/Tobroco-Giant-toont-eerste-elektrische-shovel-op-Bauma-402744E/>

<https://www.mechaman.nl/landbouwmechanisatie/2017/09/07/fendt-e100-een-volledig-elektrische-trekker/>).



De quad is voor inspectie van weiden/grasgroei/dierwelzijn en voor het ophalen van de koeien voor het melken. De minishovel wordt gebruikt voor kleine klussen op het erf zoals vullen van de (elektrische) voermengwagen, strooisel in jongveestal of ligboxen, uitmesten van jongveestal & aanschuiven van voer op het voerpad. De elektrische trekkers zijn geschikt voor het lichte veldwerk zoals schudden, harken, wiersen, kunstmeststrooien en weideslepen.

Verder zou 'laden bij de boer' ook een optie kunnen zijn. Met korting op het laden in de periode tussen 11.00 en 15.00 uur. Denk dan aan snelladers die tussen de 50 en 250 kW kunnen DC snelladen. Er zijn systemen die de DC van het zonedak direct (zonder omvormers en dus zonder verliezen) naar het laadstation kunnen brengen.

### Aanschaf en kosten

	Vervangingswaarde	Jaarkosten
E-quad (AC laden + 5 kWh batterij )	EUR 5.000 - 10.000	EUR 750-1.500 *
E-minishovel (AC+DC laden+10 tot 30 kWh batterij)	EUR 30.00- 50.000	EUR 4.500-7.500 *
E-trekker (AC+DC laden + 100 kWh batterij	(nog niet bekend)	
DC snellader 125 kW <sup>#</sup>	EUR 50.000 – 80.000	EUR 7.500-12.000*
AC lader tot max 43 kW <sup>#</sup>	EUR 5.000	EUR 750*

\* Aanname, 15% van vervangingswaarde

<sup>#</sup> Prijzen exclusief plaatsingskosten en aansluitingskosten.

### Vermogen

Het vermogen van de e-voertuigen is niet relevant. Het gaat om het laadvermogen. Hoe snel is de batterij weer vol? Het hangt af van het type lader op het e-voertuig of het AC en/of DC laden. En hoe snel het AC en/of DC kan laden.

	Max laadvermogen	Laadduur
E-quad (AC laden + 5 kWh batterij )	3,7 kW	80 minuten
E-minishovel (AC+DC laden + 15 kWh batterij)	22 kW	40 minuten
E-trekker (AC+DC laden + 100 kWh batterij	125 kW	48 minuten
DC snellader 125 kW	125 kW	
AC lader tot max 43 kW	43 kW	

### Toegevoegde waarde

De elektrische quad leidt direct tot minder brandstofkosten. De elektrische shovel heeft voordelen in het gebruik, hij is stiller en geen uitlaatgassen in de stal en lagere onderhoudskosten. Een nadeel is de hogere aanschafprijs en de beperking in het gebruik door het extra gewicht van de accu en de gebruiksduur van de accu.

De elektrische trekker is met de huidige techniek alleen voor het lichte veldwerk in te zetten. Waarbij de trekker zo'n 3 uur kan functioneren op een batterij van 100 kWh. Bij zwaar veldwerk zoals ploegen - wat veel vermogen vergt - is de batterij binnen 1,5 uur leeg. En het is niet praktisch om 5x op een dag te moeten laden.

Het grote voordeel van het elektrificeren van het wagenpark op een melkveebedrijf is minimaal het halveren van de energiekosten en lagere mechanisatiekosten. Daarnaast resulteert het in stikstof- en CO<sub>2</sub>-reductie. Inzet van 'grijze' elektriciteit zorgt voor 60% CO<sub>2</sub>-reductie. Inzet van eigen zonne-energie reduceert de CO<sub>2</sub>-emissie met 96%.

Het voordeel van een laadstation op het erf voor auto's van derden is het verkopen van met eigen zonnepanelen geproduceerde kWh's voor een goede prijs. En door in de periode tussen 11 en 15 uur korting te geven is de piek ook af te zetten buiten het bedrijf zonder dat dit vraagt om versterking van het net. Daarnaast is de laadinfrastructuur ook te benutten voor het eigen elektrische wagenpark.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

Het dieselverbruik op een melkveebedrijf hangt sterk samen de bedrijfsgrootte (aantal koeien en hectare's), bouwplan (gras vs. mais) en beweidingssysteem (wel/niet, onbeperkt/beperkt weiden). De activiteiten die dieselverbruik vragen zijn onder te verdelen in veldwerkzaamheden en veeverzorging (o.a. voeren en veevervoer). In onderstaande tabel staan de directe CO<sub>2</sub>-emissies voor de activiteiten op een melkveebedrijf weergegeven bij gebruik van diesel of grijze/groene elektriciteit als energiebron.

**Tabel 5.1** Directe CO<sub>2</sub>-emissies per eenheid bewerking van grasland. Groen gemarkeerde werkzaamheden kunnen met een elektrische trekker uitgevoerd worden.

Activiteit	Eenheid	Dieselverbruik (liter)	Elektriciteitsverbruik* (kWh)	Directe CO <sub>2</sub> -emissie (kg CO <sub>2</sub> per eenheid)		
				diesel	kWh-grijs	kWh-groen
Ploegen	ha	27,49	76	91,5	55,3	1,2
Eggen	ha	11,20	31	37,3	22,5	0,5
Inzaaien	ha	5,15	14	17,1	10,4	0,2
Toedienen drijfmest	m <sup>3</sup>	0,79	2	2,6	1,6	0,0
Toedienen vaste mest	ton	1,53	4	5,1	3,1	0,1
Kunstmest strooien	ha	2,86	8	9,5	5,8	0,1
Bekalken	ha	2,86	8	9,5	5,8	0,1
Spuiten	ha	2,96	8	9,9	6,0	0,1
Onkruid bestrijden	ha	2,96	8	9,9	6,0	0,1
Bloten	ha	5,00	14	16,6	10,1	0,2
Maaien	ha	5,70	16	19,0	11,5	0,2
Zelfrijdende oogstmachine	ha	30,50	84	101,5	61,4	1,3
Schudden	ha	3,80	10	12,6	7,6	0,2
Wiersen	ha	3,50	10	11,6	7,0	0,2
Opraapwagen	ha	6,30	17	21,0	12,7	0,3
Kleine pakken persen	ha	6,80	19	22,6	13,7	0,3
Grootpakpersen	ha	13,40	37	44,6	27,0	0,6
Aanrijden	ha	3,00	8	10,0	6,0	0,1
Rollen	ha	5,00	14	16,6	10,1	0,2
Slepen	ha	5,00	14	16,6	10,1	0,2

In tabel 5.2 staat de omrekening van diesel naar elektriciteit voor het model melkveebedrijf weergegeven. Om het huidige dieselverbruik om te rekenen naar kWh, wordt het dieselverbruik in liters vermenigvuldigd met een factor 10. Het verbruik van diesel is circa 25% effectief waardoor de kWh output lager is dan de diesel input. Om dit te elektrificeren is een stroomverbruik nodig dat nog 10 % hoger ligt (kWh elektriciteit) bij een efficiënte omzetting van stroom van 90 %. Een gemiddeld melkveebedrijf gebruikt 8.351 liter diesel. Stel dat dit voor 100% te elektrificeren is, dan gaat het om 23.112 kWh elektriciteit op jaarbasis.

**Tabel 5.2** Omrekening diesilverbruik naar elektraverbruik op het model melkveebedrijf.

Energiebron	Energieverbruik	kWh-input	kWh-output
Diesel	8.351 liter	83.204 kWh	20.801 kWh
Elektriciteit	23.112 kWh	23.112 kWh	20.801 kWh

De directe CO<sub>2</sub>-emissie van het melkveebedrijf als gevolg van het vervangen van diesel door elektra bedraagt:

- Elektriciteit – grijs = 16.799 kg CO<sub>2</sub> → 18 kg CO<sub>2</sub>/ton meetmelk.
- Elektriciteit – groen = 361 kg CO<sub>2</sub> → 0,4 kg CO<sub>2</sub>/ton meetmelk.

Dat is een gemiddeld verbruik per dag van 63 kWh. Dit is echter een onderschatting van het energiegebruik in de weideperiode van april tot november. Op dagen met veldwerkzaamheden kan het energieverbruik boven de 700 kWh per dag komen (dit is theoretisch nodig, echter met één batterij van 100 kWh zal zeven keer geladen moeten worden wat ertoe leidt dat de werkzaamheden niet in één dag uitgevoerd kunnen worden. Mogelijk kan met meerdere accu's gewerkt worden).

Een e-quad heeft een beperkte accu. Per dag gaat het om ruwweg 1 kWh dat nodig is. Stel dat de mini e-shovel 2 uur per dag draait, dan is er ongeveer 7,5 kWh nodig. Ofwel de helft van een acculading van 15 kWh.

De hoeveelheid kW en kWh die het laadstation kan afnemen van het zonedak tussen 11 en 15 uur is sterk afhankelijk van de hoeveelheid auto's die langskomen, de laadsnelheid van die auto's en de hoeveelheid kWh die deze auto's willen afnemen. Des te hoger de laadsnelheid en des te scherper de prijs ten opzichte van concurrerende snellaad-aanbieders in de omgeving des te groter de bezettingsgraad. Eén snellaad-paal van 125 kWh met een bezetting van 50% betekent dat er tussen 11 en 15 uur 250 kWh aan stroom is af te zetten.

#### **Inpasbaarheid op bedrijf**

Elektrificeren van het wagenpark is met de huidige stand der techniek alleen maar mogelijk met een e-quad en een mini-shovel. De e-trekker laat nog 2 à 3 jaar op zich wachten.

Voor de e-quad en mini-shovel hoeft er maar een eenvoudige laadpaal te komen. En dan is een vermogen van 7,4 kW voldoende. Voor een e-trekker met een batterij van 100 kWh zou dit inhouden dat de batterij tussen 11.00 en 15.00 uur slechts 30% geladen kan worden. Een 22 kW AC lader volstaat om tussen 11 en 15 uur de batterij in 4 uur helemaal te vullen. Is het gebruik van de e-trekker meer dan 4 uur op een dag en de wens is om deze trekker volledig te laden met overvloedige stroom tussen 11 en 15 uur, dan is het nodig om sneller te kunnen laden dan 22 kW. Een DC snellader van 125 kW is echter kostbaar (>50.000 EUR).

Een laadstation voor EV auto's is nu al te realiseren. Voordeel is dat de kosten voor een snellader die ook voor de trekker is te gebruiken is terug te verdienen door diensten aan derden.

#### **Subsidies of regelingen**

VAMIL / MIA <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/mia-vamil>

#### **Specifieke kennis of vaardigheden**

Niet relevant.

### 5.1.3 Oplossing < 5 kW

#### Omschrijving

In onderstaande tabel (Tabel 5.3) zijn de mogelijkheden zoals weergegeven in de tekening van de ontwerpessie en ingeschat op een elektriciteitsvraag van <5 kW globaal uitgewerkt.



**Tabel 5.3**

Maatregel	Max vermogen (kW)	Max duur per dag (uren)	Flexibel kWh	Toelichting (tussen 11 en 15 uur)
Graan pletten	1,1	4	420	90.000 kg graan pletten gedurende 4 uren per dag, gedurende 95 dagen). Jaarrond opslag product mogelijk maken.
Melkbeurt om 14:00 uur	1,3	3	960	Extra melkbeurt. 3x melken 100 melkkoeien. Gedurende 365 dagen. Gerekend is zonder koelen van melk.
Stal koelen, open stal	6	6	1500	Temperatuur in stal 8 graden lager in zomer door middel van ventilatoren, verneveling en dak koeling, gedurende 40 dagen
Stal koelen, gesloten stal	6	6	1500	Temperatuur in stal tussen de 6 en 21 graden jaarrond door middel van warmtepomp en kwo. Gedurende 40 dagen. Verwarming in winter niet meegenomen.
Melk extra voorkoelen	2,5	3	2700	Normaal circa 4 kW nodig bij koeling met frequentie regelaar gedurende 2 uur twee maal daags tijdens melken (totaal 16 kWh). Met een voorkoeling warmtepomp systeem 2,5 kWh gedurende 3 uren totaal 7,5 kWh. Gebruik energie tijdens melken voor het koelen zal door extra voorgekoelde melk sterk verlaagd worden.
Voorkoelwater voorkoelen	Gelijk aan melk voorkoelen met ECO 200.			
Water verwarmen	6	1,4	3200	100 liter per dag verwarmen tot 80 graden. 2 x daags spoelen na melken gedurende 365 dagen.
Kalvermelk verwarmen	1,5	1,2	670	60 liter verwarmen naar 40 graden voor 10 gespeende kalveren.
Bronwaterbuffer	1,5	4	750	Buffer van 10 m <sup>3</sup> liter water oppompen. kWh flexibel o.b.v. 120 dagen met piek belasting.
Krachtvoer zelf maken	18	4 uren	11520	Uitgaande van pelleteren tijdens 114 dagen gedurende 4 uren en jaarrond opslagmogelijkheid pellets. Voorbehandeling grondstoffen niet meegenomen.

## 5.1.4 Elektrisch beregenen Melkveehouderij

### Omschrijving

Beregening in de akkerbouw vindt grotendeels plaats door middel van haspelinstallaties met dieselaandrijving (Van der Voort, 2019), in de melkveehouderij zal dit vergelijkbaar zijn. Het omschakelen van diesel naar elektriciteit bespaart grofweg de helft in energiekosten. Het elektrisch beregenen, op grijze stroom, zorgt voor een 60% reductie in CO<sub>2</sub>-emissies ten opzichte van diesel. Bij elektrisch beregenen op eigen opgewekte zonne-energie is de reductie in CO<sub>2</sub>-emissie 96% ten opzichte van diesel. De overstap van elektrisch naar diesel levert tevens een reductie in stikstofemissies (Van der Voort, 2019). Beregening op melkveehouderijen vindt plaats in de gebieden waar droogte een risico is voor de productie van voldoende ruwvoer en het afsterven van gras (vooral de zandgronden) (Hoving 2008). Beregening wordt ook ingezet bij ingezaaide of doorgezaaide weides. Uit cijfers van 2002 tot 2012 blijkt dat in droge jaren 1 op de 5 melkveehouders beregening toepaste en in natte jaren 1 op de 20 (Agrimatie).



### Aanschaf en kosten (uit beregening akkerbouw, van der Voort)

	<i>Vervangingswaarde</i>	<i>Jaarkosten</i>
Haspelinstallatie	EUR 35.000,-	EUR 5.600,- (16% van vervangingswaarde)
Elektrische pompset	EUR 7.500,-	EUR 953,- (12,7% van vervangingswaarde)
Aluminium buizen	EUR 4.500,-	EUR 594,- (13,2% van vervangingswaarde)

Voor elektrisch beregenen op 'grijze' elektriciteit ligt het voordeel tussen de EUR 12,- en EUR 20,- per draaiuur. Op eigen zonne-energie ligt het voordeel tussen de EUR 14,- en EUR 23,- per draaiuur.

### Vermogen

Gemiddeld vermogen is circa 20 kW. Beregeningsduur ligt gemiddeld tussen 5 en 10 uur.

### Toegevoegde waarde

De beregeningsbehoefte valt veelal samen met droog en zonnig weer. Beregenen wordt vooral 's nachts gedaan, overdag zal het water sneller verdampen en komt daarom niet ten goede aan het gewas. Om voldoende eiwit van eigen land te krijgen is voor droge perioden op de droge zandgronden beregenen cruciaal. Voordelen elektrisch beregenen t.o.v. beregenen met diesel: halvering energiekosten en lagere mechanisatiekosten (Van der Voort, 2019). Daarnaast voordeel in stikstof- en CO<sub>2</sub>-reductie.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

Op melkvee-proefbedrijf 'de Marke' (circa 80 melkkoeien, droge zandgrond) wordt elektrisch beregend en er is in het extreem droge jaar 2018 23.400 kWh aan stroom verbruikt voor het beregenen van 28 hectare grasland en 12 hectare mais (15 hectare niet beregend). In totaal is circa 1.115 uur beregend in 2018. Dat jaar is 65.000 m<sup>3</sup> water beregend, in een gemiddeld jaar wordt 20.000 m<sup>3</sup> beregend.

In het licht van verwachte watertekorten door steeds drogere zomers heeft beregening overdag niet de voorkeur gezien de extra evaporatie. Toch zal er een tendens zijn om ook overdag te gaan beregenen om nog voldoende oogstbaar gewas te behouden. Door dit te doen tijdens piekmomenten van zonne energie productie (11 -15 uur) kan elektrisch beregenen wellicht bijdragen aan de netstabiliteit. Om in 4 uur voldoende te beregenen wat normaliter gedurende een hele nacht gedaan wordt is een verdubbeling van de capaciteit nodig, dus een extra haspel en een extra pompset. Het benodigde vermogen is dan circa 40 kW gedurende 4 uur. Omdat beregenen midden op de dag minder effectief is, is mogelijk meer dan een verdubbeling nodig.

Een andere mogelijkheid is het gebruik van een batterij. Er is dan ten minste een accu van 200 kWh nodig om een hele nacht te kunnen beregenen. Laden kan dan tijdens de piekuren (hiervoor is dan ten minste een laadvermogen van 50 kW nodig).

De kosten voor dergelijke systemen zullen aanzienlijk hoger zijn dan de huidige werkwijze.

---

**Inpasbaarheid op bedrijf**

Elektrisch beregenen is direct toepasbaar voor de huiskavels van melkveehouders. Voor kavels die verder weg liggen zijn elektriciteitsaansluitingen nodig of transport van water. Beregening op huiskavels is van belang om weidegang te kunnen handhaven. Echter bij extreem warm weer (>30 °C) leidt beregenen van gras niet meer tot grasgroei. Mais daarentegen zal wel profiteren van beregening. Beregening grasland is dus veelal in het voorjaar van belang en voor mais in de zomer. Door de omschakeling naar elektrisch beregenen kan de positieve impact worden gerealiseerd op bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>-reductie en de transitie naar een fossielvrij energiesysteem.

**Subsidies of regelingen**

Niet bekend.

**Specifieke kennis of vaardigheden**

Niet relevant.

## 5.1.5 Mest mixen

### Omschrijving

Er zijn verschillende technieken voor het mixen van mest. Mechanisch, waarbij een 'staafmixer' of lange-as mixer de mest mixt, deze kan door de tractor of elektrisch aangedreven worden. De mest kan rondgepompt worden door middel van een pompsysteem. Of de mest kan gemixt worden door middel van lucht, waarbij lucht onder druk door slangen in de mestput de mest mixt. Om te voorkomen dat er gevaarlijke gassen vrijkomen bij het mixen is het van belang om regelmatig te mixen.



### Aanschaf en kosten

Elektrisch aangedreven ongeveer 1.500 euro hogere investering dan regulier. Trekker voor mestmixen verbruikt zo'n 105-150 liter diesel per jaar.

### Vermogen

Luchtmixsysteem: vermogen van 2 kW voor zo'n 8 uur per dag. Een verbruik van ongeveer 6.000 kWh per jaar.

Elektrische mestmixer: vermogen van 2 kW tot 22 kW, looptijd van 0,5 uur per week. Een verbruik van ongeveer 50 tot 600 kWh per jaar.

### Toegevoegde waarde

Zonder mixen ontstaan drijfvlagen waardoor de mest minder goed verpompbaar wordt. Elektrisch mixen bespaart brandstof.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

Elektrisch mixen kan computergestuurd aangezet worden en daarom in worden gezet tijdens de piekuren. Als een luchtmixsysteem wordt gebruikt wordt er zo'n 16 kW per dag verbruikt om deze te laten draaien, echter is de draaitijd langer dan de piek tussen 11.00 en 15.00 uur, dus zal een deel van het energieverbruik buiten de piek liggen. Het mixen wordt gedurende alle seizoenen gedaan, er is dus altijd een verhoogde elektriciteitsvraag. De elektrische mixer verbruikt per week 1 tot 11 kWh, afhankelijk van het type. Deze kan tijdens de piek van de energieproductie rond 12 uur worden ingezet. Mestmixen kan leiden tot gevaarlijke mestgassen. Gevaarlijke situaties moeten vermeden worden, of er moet zeer frequent gemixt worden of het mixen moet gebeuren als de koeien weg zijn of als er voldoende ventilatie is.

### Inpasbaarheid op bedrijf

Voor goede kwaliteit mest voor het toedienen aan het land is het nodig om de mest regelmatig te mixen. Daarom zal bijna elke boer al zo'n systeem hebben, overschakelen op elektrisch is meestal mogelijk.

### Subsidies of regelingen

Niet bekend.

### Specifieke kennis of vaardigheden

Niet relevant.



## 5.1.6 Mest drogen

### Omschrijving

Drogen is het toevoeren van warmte om vocht uit het materiaal te verdampen. Meestal wordt er gestreefd naar een drogestofgehalte in het gedroogde materiaal van > 80 % (De Buisonjé *et al.* 2013). Er zijn meerdere manieren van de mest drogen, vaak te onderscheiden in 1) directe drogers, waar bij het te drogen materiaal direct in contact wordt gebracht met het droogmedium (bv. hete lucht of oververhitte stoom), en 2) indirecte drogers waarbij het te drogen materiaal via een warmtewisselaar wordt verwarmd en niet rechtstreeks in contact komt met de warmte bron. Composteren van mest kan ook tot droging van het materiaal leiden.



Het drogen van mest gebeurt momenteel vooral met kippenmest of bij centrale verwerkers van varkens en rundveemest. Daarbij is meestal eerst sprake van mechanische scheiding, waarna de dikke fractie wordt gedroogd. Mestdroging bespaart transportkosten en maakt in het geval van kippenmest verbranding mogelijk. Ook wordt een goed houdbaar product gemaakt indien verdergaand gedroogd wordt naar >90% ds. Vaak wordt mestdroging toegepast in combinatie met een bron van restwarmte (bijvoorbeeld vanuit een co-vergister).

Hier gaan we uit van mestdrogen op een melkveebedrijf met drijfmest (10% ds). Deze wordt eerst mechanisch met een vijzelpers gescheiden, de dikke fractie (ds 25%) wordt gecomposteerd met een composteertrommel (d.s. 40%), waarna verder gedroogd wordt tot ten minste 80% door middel van beluchting. Er is geen rekening gehouden met de behandeling van de luchtstromen die vrijkomen (bijvoorbeeld chemische luchtwater). Bij de laatste droogstap gaan we uit van maximaal verdampen met elektrisch opgewekte warmte. Gebruikelijker is om hiervoor restwarmte in te zetten. Deze inschatting geeft een maximum in elektriciteitsgebruik ook omdat geen rekening is gehouden met de droogcapaciteit van de buitenlucht.

Er zijn erg veel verschillende mogelijkheden om aan mestverwerking te doen, voor deze notitie is één optie uitgewerkt, met als einddoel een droog exportwaardig product te creëren. Voor de ontstane dunne fractie is ook verdere verwerking mogelijk echter daar is hier geen rekening mee gehouden.

### Aanschaf en kosten

Uitgegaan wordt van een verwerking van 10.000 m<sup>3</sup> drijfmest (circa 300 melkkoeien of verwerking van mest van buiten het bedrijf).

	<i>Vervangingswaarde</i>	<i>Jaarkosten</i>
Vijzelpers	EUR 35.000,-	EUR 5.250,- (15 % van vervangingswaarde)
Composteertrommel	EUR 300.000,-	EUR 45.000,- (15 % van vervangingswaarde)
Droogvloer <sup>#</sup>	EUR 25.000,-	EUR 7.500,- (15 % van vervangingswaarde)

<sup>#</sup> de prijs van een droogvloer is zo goed mogelijk ingeschat op basis van gegevens aanleg droogvloer voor graan en het aanschaffen van een warmtepomp.

### Vermogen

	<i>Proces</i>	<i>Verbruik jaarbasis</i>	<i>Vermogen</i>
Vijzelpers	Continu	10.000 kWh	1kW
Composteertrommel	Continu	50.000 kWh	6kW
Droogvloer	Continu	85.000 kWh <sup>#</sup>	10kW <sup>#</sup>
Totaal		145.000 kWh	17kW

<sup>#</sup>Dit is een berekende maximale waarde ervan uitgaande dat geen restwarmte wordt ingezet en droogcapaciteit van buitenlucht is op nul gesteld.

Ingeschat wordt dat bij gebruik van restwarmte het energieverbruik een factor 5 verlaagd kan worden.

### Toegevoegde waarde

Het verwerken van de mest kan financiële voordelen opleveren omdat een exportwaardig product wordt gecreëerd. Voor het afvoeren van 10.000 m<sup>3</sup> melkveedrijfmest naar een mestverwerker of akkerbouwer kan gerekend worden met tussen de 10 en 20 euro aan kosten per m<sup>3</sup> voor de melkveehouder, dus circa 100.000 tot 200.000 euro mestafzetkosten. Door de drijfmest te bewerken kan efficiënter omgegaan worden met de mest op eigen bedrijf (aanwenden op land of gebruik als boxvulling), of de producten worden zonder kosten afgenomen, en in sommige gevallen wordt er zelfs

---

voor betaald. Boeren hebben voor een deel van hun mest een mestverwerkingsplicht. In het algemeen kan gesteld worden dat indien het mestoverschot laag is (dus een melkveebedrijf met relatief veel grond) vergaande mestverwerking niet interessant is.

### **Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk**

Circa 100.0000 kWh tot 152.000 kWh kan afgenomen worden met een afname gedurende het gehele jaar. Zeker bij het gebruik van een composteertrommel is het belangrijk dat het proces continu verloopt. Het aanbod van mest kan in voorjaar en zomer lager zijn in verband met weidegang en de mogelijkheid om mest aan te wenden op het land. Verwacht wordt dat tussen 11 en 15 uur tijdens de zonproductie piekuren 17 kWh afgenomen kan worden met deze opzet.

Als we afstappen van wat nu mogelijk/gebruikelijk is, en als doel voor ogen houden dat er gedurende de piek zoveel mogelijk vermogen op bedrijfsschaal afgenomen moet worden, dan is het denkbaar om direct de dikke fractie te drogen met een banddroger die met een elektrisch spiraal wordt verwarmd. Dit drogen op hogere temperatuur leidt tot een elektriciteitsverbruik van 490.000 kWh. Uitgaande van continu draaien is een vermogen van 55 kW nodig gedurende het gehele jaar dag en nacht. Indien gefocust wordt op de piekuren (4 uren per dag gedurende 6 maanden) dan zal circa 666 kW vermogen nodig zijn voor de piekuren. Betekent dan wel dat ook op bewolkte dagen deze vraag van 666 kW voldaan moet worden. Of er wordt op dergelijke dagen geen mest gedroogd.

Er is geen informatie over of de rundermest goed te drogen is op deze manier en hoe het met emissies aan NH<sub>3</sub> en broeikasgassen zit.

### **Inpasbaarheid op bedrijf**

Ingeschat wordt dat een dergelijk systeem in te passen is op middelgrote tot grote bedrijven (vanaf 250 melkkoeien), of in een samenwerkingsverband.

### **Subsidies of regelingen**

Mogelijkheden tot subsidies zijn er voor innovatieve duurzame investeringen vooral als gebruik wordt gemaakt van restwarmte.

### **Specifieke kennis of vaardigheden**

Boer dient verstand te hebben van de processen die spelen en de aansturing van de verschillende installaties.

## 5.1.7 Mestkoelen

### Omschrijving

Om de emissie van ammoniak en methaan terug te dringen kan het effectief zijn om de mest te koelen. Hierbij wordt de mest onder een temperatuur van 10 graden gehouden om het 'rottingsproces' te vertragen. De eenvoudigste manier om dit te doen is slangen of lamellen door de mestkelder te leggen en daar koud water door te spoelen om de mest te doen laten afkoelen. Als hier grondwater voor wordt gebruikt dat weer terug gaat de bodem in, is het een open koelcircuit. Als er een warmtepomp wordt gebruikt is het een gesloten koelcircuit.



Er zijn enkele melkveehouders die dergelijke installaties hebben aangelegd als pioniers, Wageningen Livestock Research is betrokken bij onderzoek naar de effecten op emissies (lopend onderzoek). De warmte die vrijkomt wordt gebruikt om bijvoorbeeld het woonhuis te verwarmen.

### Aanschaf en kosten

Onduidelijk, op het moment is er nog geen leverancier die dit voor melkveestallen op de markt zet. Wel zijn de eerste pilots aangelegd.

De kosten van het aanschaffen van een 'gewone' warmtepomp zijn wel bekend.

	Vervangingswaarde	Jaarkosten
Warmtepomp (20kW vermogen)	EUR 20.000,-	EUR 3.000,- (15 % van vervangingswaarde)

Daarnaast zijn er kosten voor het koelsysteem (slangen of lamellen) en eventueel het uitvoeren van isolatie van de mestkelder. De gegeven kosten voor de warmtepomp zijn dus slechts een deel van de te verwachten investeringskosten.

### Vermogen

Als er een systeem gebruikt wordt waarbij koel grondwater doormiddel van slangen door de mest gepompt wordt, is de enige energie die verbruikt wordt door de pomp. Hiervoor zou een centrifugaalpom gebruikt kunnen worden met een vermogen van 1.5 kW (wordt nu in varkensstallen gebruikt), en de pomp zou constant aan moeten staan.

Voor een warmtepomp ligt het verbruik hoger, afhankelijk van het type tussen de 10 en 35 kW.

Daarnaast zal de frequentie van mestmixen flink omhoog moeten om de gehele massa te kunnen koelen.

### Toegevoegde waarde

Een constante energie afname door de pomp over de hele dag. Inzetten van de restwarmte voor bijvoorbeeld verwarming woning. Om de woning gasvrij te kunnen maken zal toch al een alternatieve voorziening aangeschaft moeten worden. Met een warmte pomp kan warmte uit bodem, lucht of water gehaald worden, de gedachte is; waarom niet uit mest. Dat kan ook nog voordelen opleveren ten aanzien van methaan en ammoniak-emissies. Mogelijke voordelen zijn:

- verlaging CO<sub>2</sub> footprint
- mest blijft 'vers' waardoor meer biogas gevormd kan worden bij latere vergisting
- minder stank
- er ontstaan minder mestgassen
- stikstof blijft in de mest waardoor minder kunstmest nodig is, efficiënt omgaan met grondstoffen (circulair)

Het is niet mogelijk om deze voordelen om te rekenen naar financiële voordelen omdat nog niet bekend is wat het effect van het koelen is op de emissies en de kwaliteit van de mest. Het verlagen van de ammoniakemissies kan het bestaansrecht/maatschappelijke acceptatie van het bedrijf verhogen, hetzelfde geldt voor de CO<sub>2</sub> footprint. Arla geeft bijvoorbeeld 1 eurocent extra vergoeding

---

per liter melk indien melkveehouders mee doen met het programma om de CO<sub>2</sub> footprint te verlagen met 3 procent per jaar.

### **Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk**

Een constante energie afname door de pomp over de hele dag, met een totaal verbruik van 13.140 kWh per jaar bij een open koelcircuit, en 87.600 kWh tot 306.600 kWh per jaar bij een gesloten koelcircuit.

Onduidelijk is nog of de energievraag per seizoen verschilt. In de zomer zijn de temperaturen hoger waardoor mogelijk meer gekoeld moet worden, echter in de winter zit er over het algemeen meer mest in de mestkelder.

Om de potentiële ontlasting zo groot mogelijk te krijgen zal het systeem in de toekomst mogelijk zo ingesteld kunnen worden dat tijdens piekuren extra gekoeld wordt (met bijvoorbeeld 35 kW voor 4 uur). Dit houdt dan in dat de warmtepomp overgedimensioneerd moet zijn en dat mogelijk tijdelijke opslag van warmte wenselijk is. Bijvoorbeeld tussen 11 en 15 uur koelen tot <8 graden Celsius, en de overige tijd minder koelen zodat de temperatuur weer kan oplopen.

### **Inpasbaarheid op bedrijf**

Een effectieve maatregel om NH<sub>3</sub> te mitigeren. Bij het aanleggen van een nieuwe put of bouwen van een nieuwe stal kan dit in het ontwerp worden meegenomen. Bij bestaande bouw zal het installeren lastiger zijn en is isoleren aan de buitenkant/onderkant van de put niet mogelijk.

### **Subsidies of regelingen**

*Innovatie en verduurzaming stallen: subsidieregeling (Sbv):*

<https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/onderzoeken-en-ontwikkelen-van-innovaties-voor-stallen>

### **Specifieke kennis of vaardigheden**

Voor het aansturen van het systeem en het afstemmen van de mesthoogte en -mixen is kennis nodig. Onderhoud aan het systeem kan door een extern bedrijf gedaan worden.

## 5.1.8 Grasdrogen

### Omschrijving

Het drogen van gras (en varianten als grasklaver en luzerne) wordt al jaren gedaan. In Nederland zijn nog enkele centrale grasdrogerijen werkzaam, hierbij wordt door boeren in de regio het geogste gras direct afgevoerd naar de centrale drogerij waarna deze een dag later wordt opgeleverd als hooi of brok. Centrale grasdrogerijen drogen snel op hoge temperatuur en zijn vaak op kolen gestookt. De laatste jaren is er aandacht voor het drogen van gras op de boerderij. In Nederland zijn enkele pioniers hiermee bezig. Op boerderijschaal wordt op lage temperatuur gedroogd en kan het proces enkele dagen tot een week duren (vaak wordt ook voorgedroogd op het veld). Op boerderijschaal worden voor de benodigde verdampingswarmte bijvoorbeeld restwarmte ingezet van onder daken, of biomassa in pelletkachels. In landen met een warmer en droger klimaat is drogen door middel van ventileren ook mogelijk (dus zonder de lucht te verwarmen).



Voordelen van het grasdrogen zijn het verminderen van veldverliezen, verhogen kwaliteit van het ruwvoer (hoger (bestendig) eiwitgehalte) en het verminderen van opslagverliezen. Het gedroogde product kan als hooi worden opgeslagen en gevoerd, maar er kunnen ook pellets van gemaakt worden die een deel van het krachtvoer kunnen vervangen.

Bedrijfsspecifieke omstandigheden zijn bepalend of grasdrogen interessant is en op welke manier. Zo zijn er boeren die bij elke snede een deel van de oogst drogen, maar er zijn ook boeren die alleen snedes met voldoende kwaliteit drogen.

In deze notitie gaan we alleen in op drogen op de boerderij. Waarbij we er vanuit gaan dat alle verdampingswarmte wordt geleverd door een warmtepomp. Per snede wordt 1/3 deel gedroogd (dus circa 1000 kg ds per hectare wordt gedroogd), waarbij uitgegaan wordt van een ds. gehalte van 40% bij oogst vanaf het land en verder drogen tot 90% ds. We gaan uit van 30 hectare grasland. Van april/mei tot september/oktober wordt maandelijks een snede geoogst (dus circa 6 snedes per jaar). Na het oogsten van de snede wordt er gedurende circa 1 week gedroogd. Er wordt gespreid geoogst zodat circa 12 weken tijdens het groeiseizoen gedroogd zal worden. Er is voor deze variant gekozen, maar grasdrogen is afhankelijk van de bedrijfssituatie op verschillende manieren in te richten. Een andere opzet zal ook leiden tot andere investeringen en een ander verbruikspatroon.

### Aanschaf en kosten

	Vervangingswaarde <sup>#</sup>	Jaarkosten
Droogbak	EUR 50.000,-	EUR 7.500,- (15% van vervangingswaarde)
Materieel	EUR 35.000,-	EUR 5.250,- (15% van vervangingswaarde)
Warmtepomp	EUR 25.000,-	EUR 3.750,- (15% van vervangingswaarde)
Totaal	EUR 110.000,-	EUR 16.500,-

<sup>#</sup> De kosten zijn zo goed mogelijk ingeschat, er zijn geen kosten berekend voor de bouw van een loods.

### Vermogen

Gedurende een droogweek is circa 3.000 kWh (totaal circa 36.000 kWh per jaar) elektrische energie nodig om het vocht te verdampen. De installatie zal een vermogen van 18 kW hebben. Een andere mogelijkheid is om tijdens de piekuren bij hogere temperatuur te drogen. De drooginstallatie zal dan overgedimensioneerd moeten worden (bijvoorbeeld oplopend tot 30 kW tijdens de piekuren, en een lager vermogen buiten de piekuren). Indien het drogen vooral tijdens de piekuren gedaan moet worden dan kan gedacht worden om met hoogwaardiger warmte te werken (paragraaf potentieel ontlastend elektriciteitsnetwerk).

Dit is een berekende maximale waarde ervan uitgaande dat geen restwarmte wordt ingezet en de droogcapaciteit van buitenlucht niet wordt meegerekend. Ingeschat wordt dat bij gebruik van restwarmte het elektriciteitsverbruik een factor 5 verlaagd kan worden.

Toegevoegde waarde

---

Door minder afhankelijk te worden van krachtvoer wordt een financieel voordeel behaald maar ook maatschappelijk is dit wenselijk (minder import van krachtvoer nodig). Tevens wordt het eiwit in het gras beter benut (eiwit van eigen land).

### **Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk**

In totaal wordt tijdens het groeiseizoen circa 36.000 kWh per bedrijf afgenomen met een vermogen van 18 kW. We gaan hierbij uit van het drogen van 1/3 van de oogst. Bij opschaling van de installatie zal een groter deel van de oogst gedroogd kunnen worden en zal het gebruik van elektriciteit ook hoger worden.

Als we afstappen van wat nu mogelijk/gebruikelijk is, en als doel voor ogen houden dat er gedurende de piek zoveel mogelijk vermogen op bedrijfsschaal afgenomen moet worden, dan is het denkbaar om gras juist gedurende de piek te drogen bij hogere temperaturen dan met een warmtewisselaar bereikt kan worden (gloeispiraal). Dus gedurende 4 uren wordt maximaal gedroogd uitgaande van vers geoogst gras. Hiervoor is een installatie nodig met een vermogen van 800 kW, in totaal wordt 270.000 kWh verbruikt gedurende het groeiseizoen. De investeringskosten en jaarkosten zullen in dit geval hoger zijn dan voor het minder energie gebruikende systeem met een warmtepomp. Bij minder voordrogen zal het gewenste vermogen nog verder omhoog gaan. Mogelijk kan ook gebruik gemaakt worden van een warmtebuffer waarbij het overschot aan elektriciteit omgezet wordt in warmte die later ingezet kan worden voor grasdroging.

### **Inpasbaarheid op bedrijf**

Onder specifieke omstandigheden kan het een interessante optie zijn. Er dient wel voldoende ruimte te zijn binnen het bouwblok. En het vergt een strategische planning zeker als ook sprake is van weidegang. Het maai- en beweidingsregime wordt hierdoor complexer. Ook is kennis en controle van het droogproces nodig, oftewel het kost de boer aandacht en tijd.

### **Subsidies of regelingen**

Niet bekend. Voor innovatieve duurzame oplossingen in de landbouw zijn mogelijkheden en waarschijnlijk bij het gebruik van restwarmte ook.

### **Specifieke kennis of vaardigheden**

Niet relevant.

## 5.1.9 Autonoom grasmaaien

### Omschrijving

Een elektrische robot-grasmaaier die autonoom het grasveld maait. Op het moment wordt het vooral ingezet op sportvelden met als doel om te maaien voor een goede grasmat.



Een autonome grasmaaier wordt op basis van GPS aangestuurd en kan 24 uur per dag worden ingezet. Omdat de autonome grasmaaier volledig elektrisch is kan de geproduceerde energie worden opgeslagen in de accu om de energie in te zetten wanneer nodig.

Er zijn nog geen autonome elektrische maaisystemen voor melkveehouders op de markt. Er is wel bekend dat een autonome machine in ontwikkeling is speciaal voor het maaien van gras om daarna te voeren in de stal (wel met een verbrandingsmotor).

Bij reguliere werkzaamheden is meestal sprake van maaien, schudden en wiersen, waarna het gras wordt ingekuild of als hooi wordt opgeslagen (eventueel met grasdroging). Deze werkzaamheden zouden beter aansluiten bij een geëlektrificeerde trekker. Hier bedoelen we met autonoom maaien een apparaat/systeem dat kan maaien en het gemaaide gras naar een verzamelpunt kan brengen zodat verdere verwerking als bijvoorbeeld direct voeren, drogen, inkuilen uitgevoerd kan worden.

Deze machines zijn er nog niet en de enige vergelijking die gemaakt kan worden betreft de autonome maaiers op gazon en golfbanen. In deze notitie wordt van een dergelijk maaisysteem uitgegaan maar dan een factor 10 groter, waarbij vier stuks worden aangeschaft voor een boerderij van gemiddelde grootte (100 melkkoeien).

### Aanschaf en kosten

	<i>Vervangingswaarde</i>	<i>Jaarkosten</i>
Autonome maaier (4 stuks)	100.000	15.000,- (15% van vervangingswaarde)

Per maaier is ook nog een laadstation nodig.

### Vermogen

Iedere maaier krijgt een vermogen van 2 kW, in totaal dus 8 kW voor vier maaiers. De accu heeft een capaciteit van 30 kWh zodat de machine zeker 12 uur achter elkaar kan werken.

### Toegevoegde waarde

In de accu's van de autonome grasmaaier kan opgewekte energie worden opgeslagen en later ingezet worden, vooral omdat de grasmaaier dag en nacht kan worden ingezet. Ook wordt er minder brandstof verbruikt door het niet laten rijden van de tractor. Als we uitgaan van 30 hectare maaien met 6 snedes en een tarief van 50 euro per hectare maaien en verzamelen, dan wordt grofweg 9.000 euro bespaard.

Omdat dergelijke machines minder zwaar zijn wordt het land minder belast en kan er bij verminderde draagkracht nog wel geoogst worden. Verwacht wordt dat met een dergelijk systeem de geoogste hoeveelheden geoptimaliseerd kunnen worden omdat het continu mogelijk is om te oogsten.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

De accu kan opgeladen worden tijdens de piekuren. Met een snellader van 11 kW kan de accu binnen 5 uur opgeladen zijn. Tijdens het groeiseizoen (april/mei tot september/oktober) zullen de maaiers circa 10 dagen per maand ingezet worden om te maaien (anders dan nu wordt er gespreid over meerdere dagen gemaaid). In totaal wordt 2.000 kWh aan elektriciteit verbruikt gedurende het groeiseizoen. Opladen kan dan op de tijdstippen dat er een overschot is aan elektriciteit. Op de lange termijn verwachten we dat snelladen richting de 125 kW kan gaan zeker als de gelijkstroom direct uit de zonnepanelen wordt ingezet. Het laden van alle maaiers kan dan met één lader binnen twee uur gedaan worden. Als de maaiers niet aan het werk zijn zouden de accu's ook ingezet kunnen worden als buffer (opladen en elektriciteit leveren).

---

**Inpasbaarheid op bedrijf**

Een autonome grasmaaier is direct inzetbaar op het bedrijf voor het direct voeren van de dieren op stal met vers gras. Dan is een enkele maaier waarschijnlijk voldoende.

Indien autonome maaiers ingezet worden voor de totale oogst dan zal ook geïnvesteerd moeten worden in de verdere verwerking van het geoogste gras (bijvoorbeeld grasdroging).

Groene energie-opslag mogelijk in de accu's.

**Subsidies of regelingen**

Niet bekend.

**Specifieke kennis of vaardigheden**

Niet relevant.



## 5.1.10 Melk indikken

### Omschrijving

Voor het indikken van melk worden voornamelijk membraantechnieken gebruikt, waarvan omgekeerde osmose en ultrafiltratie de meest gebruikte zijn. In beide gevallen wordt de melk ingedikt, en verandert de samenstelling van de melk, waardoor het alleen nog geschikt is voor verwerking naar bijvoorbeeld kaas of yoghurt.



### Aanschaf en kosten

Uitgangspunt voor onderstaande gegevens is een bedrijf met een melkproductie van 1.000.000 kg melk per jaar (Poelarends et al. 2009).

	<i>Vervangingswaarde</i>	<i>Jaarkosten</i>
Ultrafiltratie	EUR 50.000,-	EUR 7.500,- (15 % van vervangingswaarde)
of		
Omgekeerde osmose	EUR 65.000,-	EUR 9.750,- (15 % van vervangingswaarde)

### Vermogen

Bij een installatie met een capaciteit van 2.000 kg melk per uur is het verbruik 12-18 kW (Poelarends et al. 2009). Met een melkproductie van 909.500 kg per jaar zoals aangehouden voor het gemiddelde bedrijf in de Noordelijke Friese Wouden is het verbruik 5.500 tot 8.000 kWh per jaar.

### Toegevoegde waarde

Het indikken van melk kan ingezet worden om de piek van energieproductie op te vangen. Ook wordt er bespaard op diesel/benzine-verbruik tijdens transport, omdat er minder volume vervoerd hoeft te worden.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

Met het uitgangspunt van een melkproductie van 909.500 kg melk per jaar, wordt er elke dag ongeveer 2.500 kg melk geproduceerd. Om dit in te dikken moet de machine 5 kwartier draaien. In die tijd wordt er 15 tot 22,5 kWh extra aan energie verbruikt om de melk te verwerken (ervan uitgaande dat de melk eerst gekoeld wordt opgeslagen en het indikken gebeurt tussen 11 en 15 uur).

Een andere optie is dat de melk direct wordt ingedikt. Bij een melkrobot betekent dit dat er gedurende de hele dag sprake is van stroomverbruik voor indikken, bij handmatig melken betekent dit dat er twee of drie momenten zijn op de dag dat elektriciteit voor indikken nodig is (dit is minder effectief voor het verlagen van de piek tussen 11 en 15 uur).

Indien ervoor gekozen wordt om de melk in te dikken dan zal dit waarschijnlijk jaarrond gebeuren en dus ook jaarrond voor een verhoogde elektriciteitsafname zorgen.

### Inpasbaarheid op bedrijf

Afhankelijk van de bereidheid van de afnemer om de ingedikte melk af te nemen. Indikken van de melk heeft effect op de samenstelling van de melk, en de melk is na het indikken niet meer geschikt voor alle soorten zuivelproducten, zoals bv. verse melk. De melk kan wel geschikt zijn voor het maken van bijvoorbeeld kaas of yoghurt.

### Subsidies of regelingen

Niet bekend.

### Specifieke kennis of vaardigheden

Niet relevant.

## 5.2 Akkerbouw opties

### 5.2.1 Elecktrische mechanisatie




#### Omschrijving


De elektrificatie van mechanisatie is met name op en rond het erf al mogelijk. Daarnaast worden de eerste elektrische trekkers spoedig verwacht. De elektrische heftruck is al jaren op de markt. De aanschafprijs van elektrische varianten ligt hoger door de kosten van de accu. De gebruikskosten, met name brandstof en onderhoud, liggen lager. Een vaak genoemd nadeel is de benodigde lange laadtijd in vergelijking tot regulier tanken. Bij heftrucks zijn er echter accu-wissel-systemen beschikbaar. Hiermee wordt de inzet in de oogsttijd haalbaar. Naast de kosten speelt mee dat het gebruik van mechanisatie met verbrandingsmotoren, bijvoorbeeld heftrucks, in gebouwen (ook kapschuren) niet is toegestaan met betrekking tot arbo-regels.

De trekkers (prototypes) die zijn aangekondigd betreffen kleinere en lichtere varianten. Met name voor lichtere veldwerkzaamheden kan daarmee een gebruiksduur van ongeveer 8 uur worden gehaald. Voor de zware werkzaamheden is elektrische aandrijving waarschijnlijk nog geen optie. De hoeveelheid accu's die daarvoor nodig is zorgt voor een sterke en ongewenste toename van het gewicht.

#### Aanschaf en kosten

	Elektrische heftruck
Vervangingswaarde	EUR 25.000,- / EUR 55.000,-
Jaarkosten	EUR 42,80 per uur (o.b.v. 100 uur per jaar)
Accu	80 V / 600 – 800 Ah
Jaarlijks verbruik	750 – 900 kWh
Opmerkingen	Aantal fabrikanten leveren wisselsysteem voor accu's
Subsidie mogelijkheden	n.v.t.

	Elektrische ATV
Vervangingswaarde	EUR 15.000,- / EUR 17.500,-
Jaarkosten	EUR 17,40 per uur (o.b.v. 100 uur per jaar)
Accu	5 kWh (72 Volt) Gel-accu
Jaarlijks verbruik	2.240 kWh
Opmerkingen	Frisan Motors Leffert-90: 60-80 km range
Subsidie mogelijkheden	MIA/VAMIL



### Hybride trekker (prototype)

Vervangingswaarde	(circa) EUR 270.000,-
Jaarkosten	EUR 61,65 per uur (o.b.v. 600 uur per jaar)
Accu	N.b.
Jaarlijks verbruik	N.b.
Opmerkingen	6.500 kg eigen gewicht, 5 uur inzet op accu bij lichte werkzaamheden. NL fabrikant. Hybride trekker met elektrische wielmotoren en variabele spoorbreedte (van 2,25 tot 3,25 meter)
Subsidie mogelijkheden	MIA/VAMIL



### Elektrische trekker (prototype)

Vervangingswaarde	N.b.
Jaarkosten	N.b.
Accu	400 V (80 kWh)
Jaarlijks verbruik	24.000 kWh (schatting op basis van 600 draaiuren per jaar)
Opmerkingen	Fendt en Rigitrac hebben prototypes. 2021
Subsidie mogelijkheden	MIA/VAMIL



### Farmdroid FD20

Vervangingswaarde	N.b.
Jaarkosten	N.b.
Accu	2,4 kWh
Jaarlijks verbruik	Nihil (zonne-energie en accu aandrijving)
Opmerkingen	Geschikt voor zaaien en onkuidbestrijding in o.a. bietenteelt
Subsidie mogelijkheden	MIA/VAMIL



## Zasso elektrische onkruidbestrijding

Vervangingswaarde	N.b.
Jaarkosten	N.b.
Accu	
Jaarlijks verbruik	Vereist 60 kW aggregaat (nu op aftakas trekker)
Opmerkingen	
Subsidie mogelijkheden	MIA/VAMIL

## 5.2.2 Elektrisch beregenen

### Omschrijving

Beregening vindt grotendeels plaats door middel van haspelinstallaties met dieselaandrijving (Van der Voort, 2019). Het omschakelen van diesel naar elektriciteit bespaart grofweg de helft in energiekosten. Elektrisch beregenen op grijze stroom zorgt voor een 60% reductie in CO<sub>2</sub>-emissies ten opzichte van diesel. Bij elektrisch beregenen op eigen opgewekte zonne-energie is de reductie in CO<sub>2</sub>-emissie 96% ten opzichte van diesel. De overstap van elektrisch naar diesel levert tevens een reductie in stikstofemissies (Van der Voort, 2019). Het beregenen is afhankelijk van de gewassen in het bouwplan. De behoefte aan beregening in tijd en duur varieert daarom per akkerbouwbedrijf. In Van der Voort (2019) is voor een akkerbouwbedrijf in Veenkoloniën-Oldambt een gemiddelde bedrijfsoppervlakte van 85 hectare en 270 uur beregening bepaald. Voor de Hoeksche Waard (het voorbeeld bedrijf waar we in deze studie van uitgaan) is dat 60 hectare en 90 uur.



### Aanschaf en kosten

	<i>Vervangingswaarde</i>	<i>Jaarkosten</i>
Haspelinstallatie	EUR 35.000,-	EUR 5.600,- (16% van vervangingswaarde)
Elektrische pompset (klein) of met	EUR 5.500,-	EUR 699,- (12,7% van vervangingswaarde)
Elektrische pompset (groot)	EUR 7.500,-	EUR 953,- (12,7% van vervangingswaarde)
Aluminium buizen	EUR 4.500,-	EUR 594,- (13,2% van vervangingswaarde)

Het verschil tussen beide opties is de aanvoer van water. Direct uit de sloot of vanuit een bron of verder gelegen waterbron. Voor elektrisch beregenen op 'grijze' elektriciteit ligt het voordeel tussen de EUR 12,- en EUR 20,- per draaiuur. Op eigen zonne-energie ligt het voordeel tussen de EUR 14,- en EUR 23,- per draaiuur.

### Vermogen

Gemiddeld vermogen is 30 kWh.

Beregeningsduur ligt gemiddeld tussen 5 en 8 uur.

### Toegevoegde waarde

De beregeningsbehoefte valt veelal samen met droog en zonnig weer. Alleen beregenen akkerbouwers bij voorkeur niet midden op de dag. Een deel van het water verdampt sneller en komt daarom niet ten goede aan het gewas. Voordelen: Halvering energiekosten en lagere mechanisatiekosten (Van der Voort, 2019). Daarnaast voordeel in stikstof- en CO<sub>2</sub>-reductie.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

Gemiddeld tussen de 3.000 kWh en 9.000 kWh per bedrijf per jaar. In de periode mei tot en met augustus. Of er wordt beregend en hoeveel hangt sterk af van het weer. De potentie wisselt daarom sterk per jaar.

### Inpasbaarheid op bedrijf

Elektrisch beregenen is direct toepasbaar. Aanbevelingen uit Van der Voort (2019) zijn:

- Het realiseren van een elektriciteitsaansluiting bij niet-huiskavels. Mogelijk zou een specifieke aansluitvorm voor kavels kunnen komen. Hier zijn immers opstallen aanwezig;
- Het ontwikkelen van een verrekeningssysteem voor gebruik van elektriciteit bij ruil of huur;

- 
- Ontwikkeling van een elektriciteitskabel, uit te rollen als kabelhaspel of gekoppeld aan de buizen voor transport van water. Om afstand op kavel tussen aansluiting en installatie te overbruggen;
  - Advies van de netbeheerder over de capaciteit van de aansluiting en de 'extra' energiebehoefte. Een aansluiting bij een kavel biedt de mogelijkheid voor meer elektrificatie;
  - Het onderzoeken van andere agrarische bewerkingen welke geëlektrificeerd kunnen worden, waardoor de investering op een aansluiting over meer activiteiten terugverdiend kan worden;
  - Het variabel maken van de vaste kosten van de aansluitingen bij kavels zonder opstallen naar benutting. De aansluiting wordt in natte jaren niet gebruikt, terwijl er wel kosten zijn;
  - Het uitwerken van één of meerdere tussenoplossingen, zoals bijvoorbeeld een trekker aangedreven generator of accusystemen. Dit om bijvoorbeeld de belemmering van verkaveling/beschikbaarheid aansluiting te ondervangen.
  - Stimuleringsmaatregelen voor elektrische beregening. De stimuleringsmaatregelen zouden de overstap naar elektriciteit versus diesel kunnen versnellen. Er zijn bestaande fiscale regelingen waarin de bedrijfsmiddelen kunnen worden opgenomen.

Het wegnemen van de belemmeringen leidt tot een groter handelingsperspectief voor elektrisch beregenen.

### **Subsidies of regelingen**

In bepaalde gevallen komt het vervangen van een door diesel aangedreven motorpomp of aftakaspomp voor een elektrisch aangedreven waterpomp in aanmerking voor Energie-investeringsaftrek.

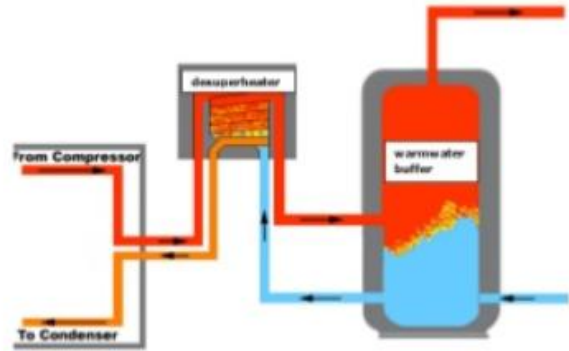
### **Specifieke kennis of vaardigheden**

Niet relevant.

## 5.2.3 Hergebruik restwarmte koeling

### Omschrijving

Het hergebruiken van restwarmte van koelinstallaties of vanuit uien- of aardappelbewaring draagt bij aan vervanging van bijvoorbeeld aardgas voor verwarming van de woning en/of bedrijfsruimtes. De stelregel is dat bij een koelinstallatie die 1.000 kWh elektriciteit verbruikt meer dan 1.000 kWh warmte vrijkomt (bron: Infomil). Over het algemeen worden koelinstallaties op het akkerbouwbedrijf in gezet van september/oktober tot het voorjaar. Dit komt overeen met de periode waarin er een warmtevraag is in bijvoorbeeld de woning en mogelijk kantine en/of verwerkingsruimte.



### Aanschaf en kosten

Prijzen voor restwarmte-benutting variëren afhankelijk van de gebruikte koelinstallaties. Engie geeft een rekenvoorbeeld voor een grootschalige koelinstallatie (Engie 2018). De investering voor een 225 kW warmteterugwinnings-installatie is EUR 62.000,-. Hiervoor is Energie-Investeringsaftrek (EIA) aan te vragen. Daarmee komt de netto-investering op ongeveer EUR 55.000,-.

### Vermogen

Op basis van het rekenvoorbeeld van Engie wordt 12.000 kWh per jaar verbruikt om 180.655 m<sup>3</sup> aan aardgas te besparen.

### Toegevoegde waarde

De kosten voor aardgas vervallen nagenoeg volledig.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

N.v.t.

### Inpasbaarheid op bedrijf

Met de aanwezigheid van koeling op het bedrijf kan een deel of de volledige warmtebehoefte worden gedekt met restwarmte.

### Subsidies of regelingen

Energie-Investeringsaftrek (EIA).



## 5.2.4 Verwerking granen en koolzaad

### Omschrijving

Het pletten van granen is interessant voor afzet van granen en eiwithoudende zaden, zoals bonen, maïs, erwten en lupine. Het pletten zorgt er voor dat de eiwitten beter opgenomen kunnen worden door bijvoorbeeld melkvee.

Koolzaad kan via koude persing op boerderijschaal worden verwerkt. Het persen van koolzaad geeft koolzaadolie en koolzaadkoek als producten. De koolzaadkoek is bruikbaar als veevoer. Het wordt gezien als een alternatief voor soja. De koolzaadolie kan worden gebruikt als bakolie voor consumenten. De koolzaadolie kan tevens dienen als vervanging van diesel. Deze laatste toepassing is echter bij de huidige hoge marktprijzen van koolzaadolie niet interessant.

### Aanschaf en kosten

De prijzen voor graanpletters liggen, afhankelijk van de capaciteit per uur, tussen de EUR 2.500,- en EUR 7.000,-. De capaciteit varieert hierbij tussen de 200 kg en 2.000 kg per uur. De capaciteit is mede afhankelijk van het product dat wordt geplet.

Een installatie voor verwerking van koolzaad bestaat uit een pers, filtratie en voorraadbunker. De prijzen voor een pers liggen tussen de EUR 2.500,- en EUR 3.000,-. De filtratie en voorraadbunker kosten ongeveer EUR 3.000,-. De totale investering ligt tussen de EUR 5.500,- en 6.000,-. Dit betreft een boerderijschaal-installatie voor verwerking van koolzaad geteeld op het eigen bedrijf.

### Vermogen

Het vermogen van de graanpletter ligt afhankelijk van de capaciteit tussen de 1 en 7,5 kW. Het vermogen van de pers voor verwerking van koolzaad ligt tussen de 1 en 1,5 kW.

### Toegevoegde waarde

De verwerking van koolzaad en granen biedt perspectief op een hogere waarde van het eindproduct. Met name de verwerking tot koolzaadolie voor consumenten leidt tot een aanzienlijk hogere prijs.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

De beperkte vermogens zullen een kleine bijdrage kunnen leveren.

### Inpasbaarheid op bedrijf

De verwerking is goed inpasbaar op het akkerbouwbedrijf. De verwerking vergt een beperkte hoeveelheid aan extra arbeid.

### Subsidies of regelingen

Niet bekend.





## 5.2.5 Condensdrogen

### Omschrijving

Door condensdrogen vervalt de noodzaak van het gebruik van kachels voor het drogen van aardappels of (zaai)uien. De daarvoor gebruikte kachels gebruiken veelal propaan, aardgas of diesel als energiebron. Met condensdrogen wordt vochtige lucht door de verdamer gezogen en afgekoeld. Het vocht in de afgezogen lucht condenseert en wordt afgevoerd. De afgekoelde lucht wordt weer opgewarmd (met de vrijgekomen warmte van het koelproces). Hierdoor kan het weer vocht opnemen uit het product. Het condensdrogen zou tot tweemaal zo snel drogen, met betere kwaliteit en met 80% minder energiekosten (bron: Engie). Het condensdrogen is onafhankelijk van buitentemperatuur en luchtvochtigheid van de buitenlucht.



### Aanschaf en kosten

De investering voor een condensdroger hangt af van de situatie.

**Tabel 5.4** Investeringskosten in EUR per ton.

	Standaard	Standaard met kachel	Condensdrogen
Ventilatie	50,-	50,-	50,-
Kachels	15,-	15,-	
Mechanische koeling		65,-	
Condensdrogen			160,-
Totale kosten (per ton)	65,-	130,-	210,-

Bron: DLV advies, 2016

Op basis een recente prijsindicatie van Engie ligt de prijs lager, namelijk EUR 150,- per ton (persoonlijke mededeling Marcel Benning, Engie).

In de standaard situatie en de situatie met mechanische koeling worden kachels gebruikt voor het drogen van het product. De stookkosten met kachels liggen, voor zaaiuien, op EUR 2,- à 3,- per ton (DLV Advies, 2016). Met een condensdroger liggen de droogkosten op EUR 0,50 à 0,70 per ton (DLV Advies, 2016).

### Vermogen

Het vermogen is afhankelijk van de totale installatie. Gemiddeld ergens tussen de 40 en 50 kW vermogen.

### Toegevoegde waarde

De toegevoegde waarde van condensdrogen is dat de droging onafhankelijk is van de buitenlucht en temperatuur. Verder maakt het fossiele brandstoffen (aardgas, propaan of diesel) overbodig. Het kan dus ingezet worden om eigen hernieuwbare energie te benutten in de bedrijfsvoering.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

De condensdroger vraagt extra energie in de oogstperiode. Voor zaaiuien en pootaardappelen ligt deze van half augustus tot en met september. Voor consumptieaardappelen is dit september tot en met oktober.

### Inpasbaarheid op bedrijf

Condensdrogen is direct toepasbaar.

---

**Subsidies of regelingen**

Niet bekend.

## 5.2.6 Waterstofproductie

### Omschrijving

In de landbouw is er veel interesse in waterstof aangezien het gebruik van groene waterstof in de landbouw bedrijfsvoering of keten betekent dat er minder fossiele brandstoffen gebruikt worden waarmee de CO<sub>2</sub> footprint van het bedrijf of keten lager is. Elektrische trekkers hebben in principe meer dan voldoende vermogen voor zware werkzaamheden zoals ploegen, de capaciteit van de accu's is echter nog de grootste belemmering. De huidige accu's resulteren nu nog in te zware gewichten hetgeen in verband met mogelijke bodemverdichting niet gewenst is. Waterstof heeft een hoge energiedichtheid en biedt



daarnaast ook de mogelijkheid om snel te tanken. Dit maakt dat waterstofftrekkers (met randstof cel) een aantrekkelijk alternatief zijn voor de zwaardere werkzaamheden. Het produceren van waterstof vraagt veel elektriciteit. Waterstof productie gekoppeld aan hernieuwbare energie productie (groene waterstof) kan ervoor zorgen dat bij piekproductie van bijvoorbeeld zonnepanelen er geen extra belasting van het elektriciteitsnet optreedt. Tenslotte is één van de grote uitdagingen in productie en gebruik van hernieuwbare energie in een akkerbouw bedrijf de onbalans tussen productie en gebruik. Het gebruik van energie op het akkerbouwbedrijf ligt vooral in najaar en winter, de productie ligt meer in de zomer. Waterstof kan opgeslagen worden waardoor de energie op het juiste moment benut kan worden.

### Aanschaf en kosten

Een 1 MW-installatie kost in aanschaf ongeveer EUR 1,28 miljoen (CAPEX). De jaarlijkse kosten bij 8.000 draaiuren komen op ongeveer EUR 462.000,- per jaar (o.b.v. IRENA, 2018). Uit eigen berekeningen blijkt een kostprijs voor waterstof van ongeveer EUR 4,50 per kilogram. De prijs van waterstof zou echter op ongeveer EUR 2,- kg moeten liggen om te kunnen concurreren met de energiekosten bij gebruik van diesel.

### Vermogen

Een 1 MW-installatie verbruikt 8 miljoen kWh per jaar. Hiermee wordt ongeveer 138.000 kg waterstof geproduceerd. Dit vervangt in potentie 276.000 liter diesel (o.b.v. HydrogenEurope).

### Toegevoegde waarde

Gebruik van hernieuwbare energie (zonne & wind) voor de productie van waterstof zorgt voor groene waterstof. Deze waterstof is in te zetten als alternatief voor fossiele diesel.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

Door een dergelijke installatie te koppelen aan het middenspannings-net en te zorgen dat deze elektriciteit gebruikt tijdens piekproductie momenten van zonne-energie, biedt dat de mogelijkheid om bij aanliggende bedrijven meer zonnepanelen te plaatsen dan zonder deze grote afnemer het geval was. Overigens moet een elektrolyser wel continue draaien om voldoende rendement te halen, dat betekent dat hij naast gebruik van hernieuwbare energie ook elektriciteit van het net zal gebruiken op momenten dat er weinig groene energie beschikbaar is. Dit vraagt wel verdere uitwerking en afspraken samen met de netbeheerder.

### Inpasbaarheid op bedrijf

De 1 MW-installatie is in de literatuur de kleinste variant, waarvan economische kengetallen beschikbaar zijn. Op een gemiddeld akkerbouwbedrijf in de Hoeksche Waard is het verbruik van diesel ongeveer 8.200 liter per jaar (Van der Voort et al., 2019). Grote bedrijven hebben een verbruik van ongeveer 16.000 liter. Globaal vergt dit een productievolume per bedrijf tussen de 4.100 kg en 8.000 kg waterstof. Dit betekent dat een 1 MW installatie voldoende waterstof produceert voor 33 gemiddelde of 17 grote akkerbouwbedrijven.

### Subsidies of regelingen

Deels SDE++ , zal aangevuld moeten worden met bijv. DEI of DEI+ subsidies.

## 5.2.7 Verwerken van chips op het bedrijf

### Omschrijving

Het verwerken van consumptieaardappelen op het bedrijf tot chips leidt ertoe dat er een hogere marge behaald kan worden voor de ondernemer. Daarnaast wordt door verwerking op de boerderij veel transport van aardappelen naar een fabriek vermeden. De verwerking tot chips vraagt een grote hoeveelheid aardappelen, namelijk 4.000 kg aardappelen voor 1.000 kg chips (Duurzaamheidsrapport Hoeksche Chips, 2017). De verwerking van aardappels kan naast chips op verschillende wijze plaatsvinden, bijvoorbeeld alleen wassen en afzakken. Andere opties zijn bijvoorbeeld friet en aardappelpartjes.



### Aanschaf en kosten

De kosten voor aanschaf van een verwerkingslijn en de jaarlijkse kosten zijn niet bekend. Dit is sterk afhankelijk van de schaalgrootte en het eindproduct.

### Vermogen

Het verbruik voor chips-productie vraagt ongeveer 86.000 kWh per jaar (Duurzaamheidsrapport Hoeksche Chips, 2017).

### Toegevoegde waarde

De verwerking van product op het bedrijf maakt het mogelijk een groter deel van de marge op het eindproduct op het primair producerende bedrijf te laten vallen. Het bespaart tevens op transport van het agrarische primaire product.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

Het vermogen varieert per verwerkingsoptie. De 86.000 kWh van Hoeksche Chips is een aanzienlijke potentiële ontlasting.

### Inpasbaarheid op bedrijf

De verwerking is inpasbaar op het akkerbouwbedrijf. De verwerking zorgt voor een extra bedrijf(stak). De optie zal mogelijk niet alle akkerbouwers aanspreken.

### Subsidies of regelingen

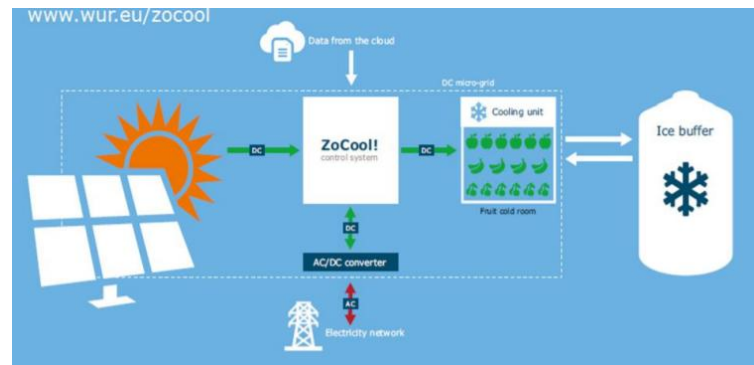
Niet bekend.

## 5.2.8 Thermische accu

### Omschrijving

De akkerbouw wordt gekenmerkt door een laag elektriciteitsverbruik in de zomer en een hoog elektriciteitsverbruik in met name het najaar en winter. Zonnepanelen leveren elektriciteit op een moment dat er op het akkerbouwbedrijf nauwelijks vraag is. De inzet van een thermische accu (bv. een ijsbuffer) kan een mogelijke optie zijn voor het opslaan van energie

(zon-pv) om vervolgens de koude te benutten voor mechanische koeling in het najaar. Voor zover bekend bestaat deze techniek nog niet grootschalig in de praktijk.



### Aanschaf en kosten

Zoals gezegd is er geen systeem bekend op de schaal en omvang nodig voor een gemiddeld akkerbouw bedrijf. Hierdoor zijn er nog geen financiële gegevens bekend.

### Vermogen

Uit berekeningen van WUR-FBR blijkt dat voor een aardappelopslag van 1.000 ton een ijsbuffer van ongeveer 1.072 m<sup>3</sup> nodig is. Het creëren van de ijsbuffer vraagt ongeveer 30.400 kWh aan elektriciteit. Hiermee wordt voldoende koude geproduceerd in het ijsbuffer om aardappelen met een ingangstemperatuur van ongeveer 15 graden terug te koelen in één maand naar de bewaartemperatuur van 7 graden Celsius.

### Toegevoegde waarde

De buffering van energie maakt dat piek in zonne-energie in de zomer kan worden benut voor koude in het najaar en lost zo een onbalans in productie en consumptie op.

### Potentieel ontlasting elektriciteitsnetwerk

Het potentieel is tweeledig. Ten eerste kan een akkerbouwer extra zonne-energie op zijn dak leggen zonder hiervoor de aansluiting te verzwaren of netverzwaring door de netbeheerder nodig te maken. Ten tweede kan de thermische buffer het lokale net ontlasten door op afroep een extra vraag naar elektriciteit te creëren.

### Inpasbaarheid op bedrijf

Uit berekeningen van WUR-FBR blijkt dat voor een aardappelopslag van 1.000 ton een ijsbuffer van ongeveer 1.072 m<sup>3</sup> nodig is. Voor het koelen van de ijsbuffer is ongeveer 30.400 kWh elektriciteit nodig. Dit maakt ongeveer 438 m<sup>2</sup> extra zonnepanelen mogelijk (257 zonnepanelen). De inpasbaarheid hangt mede af van de beschikbare ruimte voor het volume aan ijsbuffer welke nodig is. Tevens zijn de kosten niet bekend voor een dergelijk systeem. Wel is het beeld dat een ijsbuffer goedkoper is dan een Li-ion accusysteem.

### Subsidies of regelingen

Mogelijk SDE++ op de zonne-energie installatie.

---

## 6 Conclusies

Op zowel akkerbouw- als melkveehouderijbedrijven lijken er voldoende opties beschikbaar om een groot deel van de zelfgeproduceerde hernieuwbare energie te benutten in de bedrijfsvoering. Niet alle beschreven opties zullen agrarische ondernemers toepassen op één bedrijf, daarom is hier ook een palet aan maatregelen beschreven zodat ondernemers kunnen kijken welke opties geschikt zijn voor hun specifieke bedrijfsvoering. Wel kunnen we concluderen dat deze opties een aantal kansen en voordelen bieden:

1. Het benutten van eigen energie in de bedrijfsvoering en vooral tijdens uren van piekproductie maakt het mogelijk om meer zonnepanelen te installeren dan maximaal kan binnen de bestaande netaansluiting en dat kan extra inkomen opleveren.
2. Het maximaal inzetten van zelf opgewekte hernieuwbare energie in de bedrijfsvoering door bijvoorbeeld het elektrificeren van machines en processen die nu diesel als brandstof gebruiken vermindert de CO<sub>2</sub>-emissie van het bedrijf (of de keten), resulterend in een duurzamere bedrijfsvoering. Voor de akkerbouw is dit een concrete doelstelling in het keurmerk *On the way to Planet proof*. Bij de melkveehouderij is de CO<sub>2</sub>-emissie per kg melk eveneens een criterium in de *Planet Proof*-certificering, en als KPI in de biodiversiteitsmonitor.
3. Het zelf benutten van energie in de bedrijfsvoering maakt het mogelijk om meer hernieuwbare energie op het bedrijf te produceren zonder verzware van het LS/MS net. Dat bespaart direct maatschappelijke kosten en levert de netbeheerders tijd op om eerst investeringen in het net te doen waar het acuut noodzakelijk is. Zo kan er meer duurzame energieproductie plaatsvinden tegen minder maatschappelijke kosten. Landbouwbedrijven leveren zo een driedubbele bijdrage aan de energietransitie: meer hernieuwbare energieproductie, een bijdrage aan de netstabiliteit en het reduceren van maatschappelijke kosten.

Een aantal beschreven opties zijn direct toepasbaar en leveren soms ook al geld op – afhankelijk van de bedrijfsinfrastructuur en grootte. Zo zijn bijvoorbeeld kleine maatregelen als het elektrisch mixen van de mest, het verkoelen en gebruiken van de restwarmte bij koelinstallaties al relatief eenvoudig toepasbaar. Ook kan, zeker gezien de laatste droge zomers, elektrisch beregenen nu al zeer interessant zijn.

Andere opties zoals het elektrificeren van het machinepark zijn in principe al toepasbaar maar hier is de markt helaas nog niet zo ver. Prototypes van elektrische trekkers zijn al ontwikkeld maar ze zijn nog niet op de markt.

Tenslotte zijn er aantrekkelijke nieuwe ontwikkelingen zoals het koelen van mest of het maken van waterstof, die te gebruiken is als brandstof voor landbouwmachines. Deze beide ontwikkelingen zijn nu in onderzoek en toepassing zal op kleine schaal in de praktijk plaats gaan vinden. Voor beide ontwikkelingen geldt dat ze vrij veel energie vragen en daardoor geschikt zijn om in te zetten voor netstabiliteit maar daarnaast ook een flinke bijdrage leveren aan de verduurzaming van het bedrijf. Mestkoelen levert waarschijnlijk een bijdrage aan het reduceren van ammoniakemissies, een grote opgave in de veehouderij. Waterstofproductie biedt de mogelijkheid om energie op te slaan om later te gebruiken (oplossen onbalans energie gebruik en productie in de akkerbouw) en om diesel te vervangen zodat de CO<sub>2</sub>-footprint van de akkerbouw substantieel omlaag gaat.

Samenvattend zijn er veel opties beschikbaar om het landbouwbedrijf te verduurzamen en een bijdrage te leveren aan de energietransitie en netstabiliteit. De een is wat makkelijker te realiseren dan de ander en er zijn verschillen in investeringen maar hoe meer bedrijven hieraan gaan werken hoe eerder ook de benodigde machines en technieken betaalbaar op de markt gaan komen.

---

# Literatuur

Engie (2018) Condensdrogen: weersonafhankelijk drogen en bewaren. [Condensdrogen | Homepage](#)

Enexis (2019). Smart-grid-infrastructuur in landelijk-agrarisch gebied. Beslismethodieken, best practices, adviezen voor wetgevers en beleidsmakers.

<https://www.enexisgroep.nl/media/2451/smart-farmer-grid-20.pdf>

Poelarends, J. J., B. A. Slaghuis and C. J. A. M. de Koning (2009). Mogelijkheden van indikken van melk op de boerderij. Wageningen UR Livestock Research. Wageningen UR Livestock report 282.

<https://edepot.wur.nl/16370>

Voort, M.P.J. van der, Timmerman, M., (2018). *Energie & Landbouw; Modelbedrijven*. Wageningen Research, Rapport WPR-784. <https://edepot.wur.nl/498921>

Voort, M.P.J. van der, (2019). *Elektrisch beregenen*. Wageningen Research, Rapport WPR-811.

<https://edepot.wur.nl/508399>

## **Geraadpleegde webpagina's**

Middel, M. , ( 2019) <https://www.nrc.nl/nieuws/2019/10/10/te-weinig-ruimte-voor-alle-opgewekte-stroom-a3976268>





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



---

Wageningen University & Research

**Open Teelten**

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

**[www.wur.nl/openteelten](http://www.wur.nl/openteelten)**

Rapport WPR-842

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research 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 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.

---