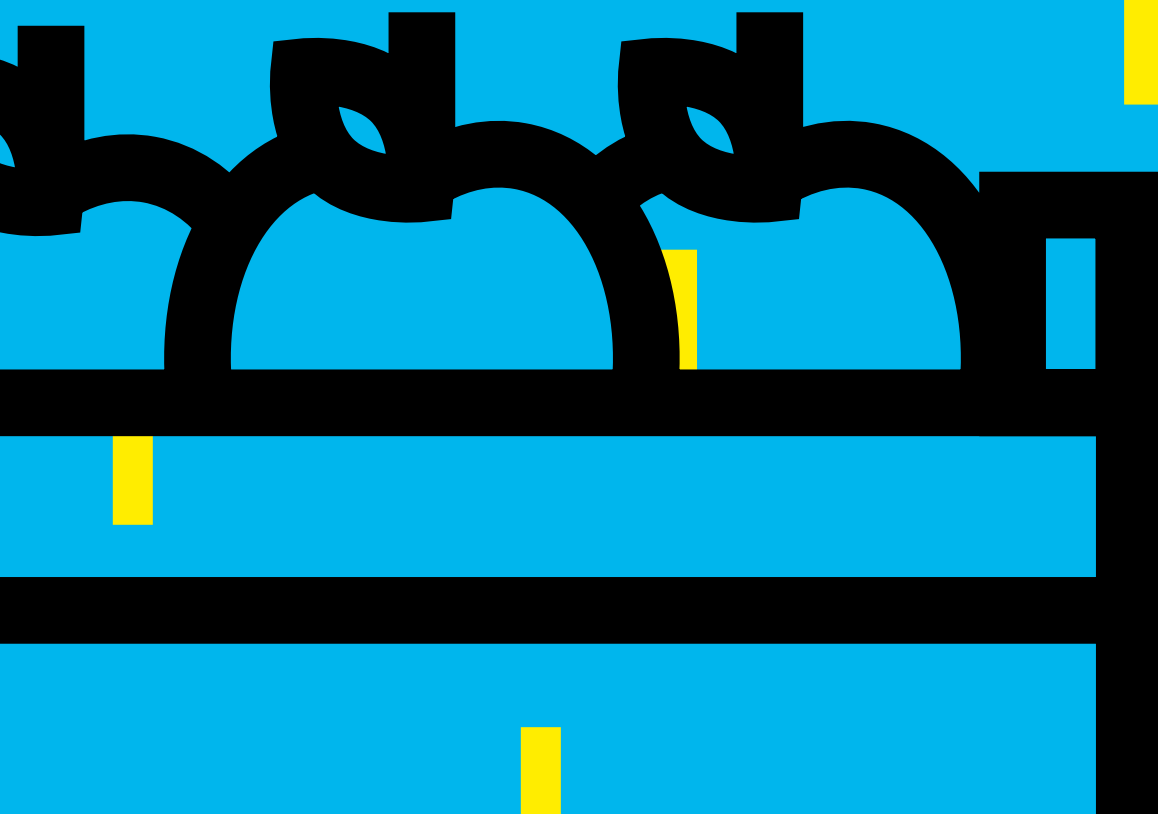




Slim aansturen van elektriciteit

# Land- en tuinbouw- bedrijven met bewaring



## EIGENVERBRUIK OF ZELF-CONSUMPTIE

Het eigenverbruik of de zelfconsumptie van een installatie voor hernieuwbare energie is het deel van de zelf geproduceerde elektriciteit dat ogenblikkelijk zelf wordt gebruikt.

Vanaf 2019 worden de klassieke energiemeters stelselmatig vervangen door digitale meters. Deze meters houden verbruik en injectie van elektriciteit apart bij en draaien dus niet meer terug zoals klassieke meters. Een overgangsregeling voor bestaande kleine installaties wordt door de Vlaamse regering uitgewerkt.



Deze brochure is geschreven in het kader van het VLAIO-VIS-project SAVE 'Slim Aansturen Van Elektriciteit' (2014-2018).

Met deze brochure wil het SAVE-consortium illustreren hoe land- en tuinbouwbedrijven met bewaring van hun producten zoals groenten en fruit, de elektrische energie die ze zelf produceren maximaal kunnen inzetten op het eigen bedrijf. Vraag en aanbod zo goed mogelijk op elkaar afstemmen, kan door in te spelen op flexibele lasten en door energieoverschotten op te slaan.

## ACHTERGROND

De voorbije jaren hebben veel bedrijven geïnvesteerd in de productie van hernieuwbare energie. De productie van zonne-energie en windenergie is variabel en niet stuurbaar.

Wanneer het omvormervermogen van zo een installatie meer dan 10 kVA bedraagt, heeft een bedrijf geen recht op een terugdraaiende teller. Het moet zijn elektriciteit verkopen op momenten dat er een overproductie van hernieuwbare energie is.

De vergoeding voor de injectie van deze ogenblikkelijke overschotten aan elektrische energie op het net ligt een stuk lager dan wat het bedrijf uitspaart aan aangekochte elektriciteit als het de stroom onmiddellijk zelf kan verbruiken. Om de productie van hernieuwbare energie op bedrijfsniveau rendabeler te maken, hebben bedrijven er belang bij hun verbruik zoveel mogelijk af te stemmen op hun productie ('demand side management'). Zo kunnen ze hun eigenverbruik of zelfconsumptie verhogen.

In deze brochure hebben we het over installaties voor de productie van hernieuwbare energie zonder terugdraaiende teller.

## STAPPENPLAN

Om te komen tot een slimme installatie van elektrische opwekkers en gebruikers, doorloop je volgende stappen:

### Stap 1 - Besparen

De meest rendabele investeringen voor een lagere elektriciteitskost zijn investeringen gericht op het besparen van energie. Daarom blijft besparen de eerste stap!

### Stap 2 - Zelf duurzaam elektriciteit produceren

Installaties voor decentrale opwekking van elektriciteit zijn onder andere fotovoltaïsche of PV-installaties, warmte-krachtkoppeling (wkk) en windmolens. Bij een goede investering is de eenheidsprijs van de zelf geproduceerde elektriciteit lager dan die van elektriciteit van het net.

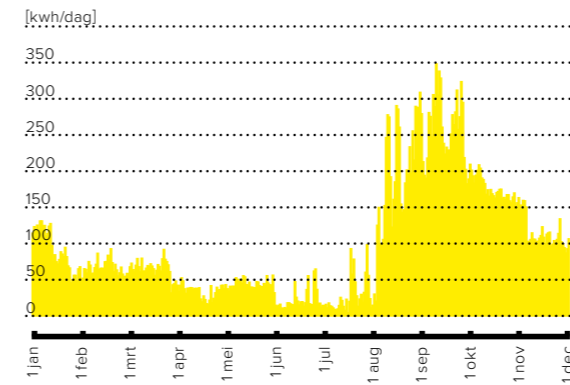
### Stap 3 - Slim aansturen van elektriciteit

In deze stap worden flexibele gebruikers slim aangestuurd. De complexiteit van de regeling kan sterk variëren, van een eenvoudige tijds klok tot het aansturen van meerdere processen op basis van de zelf geproduceerde elektriciteit.

### Stap 4 - Batterijopslag

De laatste stap in een slimme installatie is opslag van de zelf geproduceerde energie. Dat kan bijvoorbeeld in een elektrisch batterijsysteem.

## Energieverbruik en verbruiksprofiel



Figuur 1: Jaarverbruiksprofiel van een typisch fruitbedrijf met appels en peren [kWh/dag]

Bij land- en tuinbouwbedrijven met bewaring van hun producten (zoals bijvoorbeeld fruit, aardappelen, vollegrondsgroenten) is het maandelijks elektriciteitsverbruik het hoogst tijdens de oogstmaanden. Tijdens deze periode moeten de producten worden ingekoeld, wat beduidend meer energie vraagt dan het bewaren. Omdat de bewaarperiode in de meeste gevallen langer duurt dan de inkoopperiode heeft deze toch een grote invloed op het jaarlijkse energieverbruik, ondanks de lagere piekcapaciteit.

De grootste verbruiksposten zijn de inkoeling en de ventilatie. Daarnaast hebben ook eventuele CO<sub>2</sub>-scrubbers, sorteermachines en verlichting invloed op het elektriciteitsverbruik van landbouwbedrijven met bewaring van hun producten. Figuur 1 toont het jaarprofiel van een typisch fruitbedrijf met appels en peren.

Bedrijven met een aansluitvermogen >56 kVA kunnen de kwartierdata opvragen bij de distributienetbeheerder en aan de hand daarvan een specifiek profiel opstellen.

## Stap 1: Besparen

Het VCBT (Vlaams Centrum voor Bewaring van Tuinbouwproducten) en de postharvestgroep van de KU Leuven ontwikkelden een rekentool waarmee je voor een aantal energie-investeringen snel kan uitrekenen wat je winst is: <http://vcbt.be/rekentool-basic/>. Als basis bevat de rekentool alle gegevens die nodig zijn om de warmteproductie van elk specifiek tuinbouwgewas te berekenen. Daarnaast is er gerekend met een koelkostenmodel dat is ontwikkeld door het VCBT en dat rekening houdt met alle warmteproductie en -verliezen in een koelcel. De tool is niet alleen ingevuld met al ingeburgerde energiebesparende maatregelen, maar ook met nieuwere technieken zoals lagezuurstofbewaring (ULO), dynamisch gecontroleerde atmosfeer (DCA) en Smartfresh.

Technische investeringen zoals frequentiesturing op de compressoren, heetgasontdooing en temperatuurgestuurde ontdooingen zijn belangrijke en veelvuldig toegepaste maatregelen om het energieverbruik van de **koeling** te beperken. Besparen op de **ventilatie** kan onder meer door het gebruik van energiezuinige ventilatoren bij de condensors, zoals frequentiegestuurde en gelijkstroomventilatoren. Vooral wanneer het gevraagde debiet kleiner is dan het maximale debiet van de ventilator, verbruiken deze ventilatoren minder dan de traditionele triac-ventilatoren.

Betere instellingen op cel- en installatieniveau (van de ventilatoren, de ontdooing, de verdampertemperatuur, absorptie en generatietijd van de scrubber, ...) dragen ook bij tot energiebesparing in de bewaarcellen.

De warmte die uit de koelcellen wordt afgevoerd, kan worden gerecupereerd door een warmtewisselaar voor de condensor te plaatsen. Deze warmte kan je dan gebruiken voor de verwarming van bijvoorbeeld de sorteerruimte of om sanitair water op te warmen.

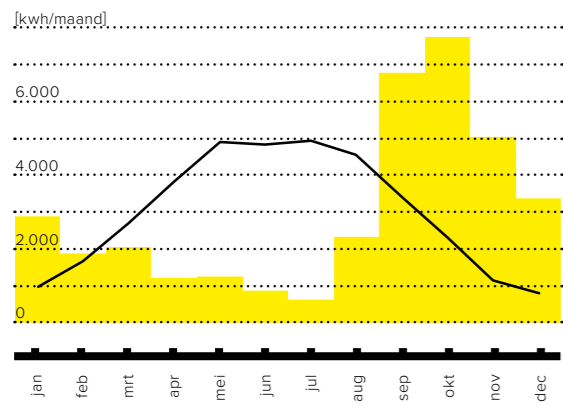
Meer info over het energieverbruik en de besparingsmogelijkheden in land- en tuinbouw kan je vinden op [www.enerpedia.be](http://www.enerpedia.be).

## Stap 2: Zelf produceren van elektriciteit

### A. PV-INSTALLATIE

PV-installaties bieden in veel situaties een goede oplossing omdat het benodigd vermogen eenvoudig aan te passen is en de panelen eenvoudig en op verschillende ondergronden of dakconstructies kunnen worden geplaatst.

Het elektriciteitsverbruik van landbouwbedrijven met bewaring is echter zeer seizoensgebonden. Appel- en perenbedrijven bijvoorbeeld vragen



Figuur 2: Maandelijks verbruik van een typisch appel- en perenbedrijf met bewaring en maandelijkse productie PV

de meeste energie in het najaar en hebben slechts een beperkt verbruik in het voorjaar en de zomer. Hierdoor kunnen ze maar gedeeltelijk gebruik maken van de energie die de zonnepanelen kunnen produceren, zoals weergegeven in Figuur 2. We gaan op deze figuur uit van een zelfde hoeveelheid verbruik en productie.

Rekening houdend met de productiekost van een PV-installatie, de energiekost voor aangekochte elektriciteit en de injectievergoeding voor bedrijven op laagspanning, is een minimum eigenverbruik van bijna 50% nodig voor een rendabele PV-installatie.

Voor een typisch appel- en perenbedrijf met eigen bewaring kunnen we als vuistregel stellen dat zonder extra maatregelen om het verbruik op de productie af te stemmen (zie STAP 3), het vermogen van de PV-installatie best beperkt blijft tot 0,4 kWp per MWh dat het bedrijf verbruikt.

Een correcte dimensionering gebeurt op basis van je eigen verbruiksprofiel.

## B. WIND

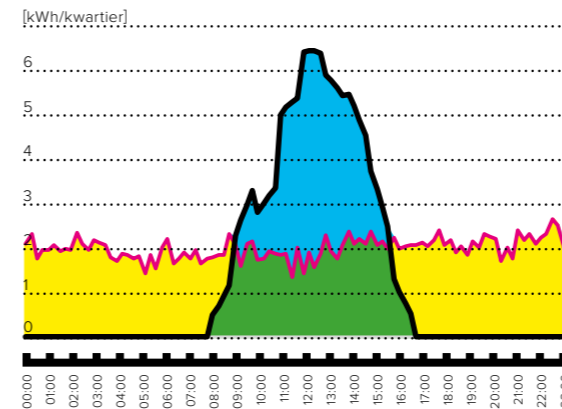
Het productieprofiel van een middelgrote windturbine is meer gelijkmatig over het jaar. Voor vele landbouwbedrijven met bewaring kan windenergie dan ook een goede optie zijn (al dan niet in combinatie met zonnepanelen), op voorwaarde dat er op jaarbasis voldoende wind is en dat het energieverbruik van het bedrijf groot genoeg is om een voldoende hoog eigenverbruik te halen. Hoewel een windturbine in tegenstelling tot PV-panelen gedurende het hele jaar het maximum vermogen kan leveren, is het productieprofiel toch zeer grillig. Dat betekent dat er op sommige momenten te weinig (of zelfs geen) wind is om te voldoen in de elektriciteitsvraag van het bedrijf. Op andere momenten zal het bedrijf minder elektriciteit nodig hebben dan de windturbine levert.

Voor windturbines is het moeilijker om vuistregels op te stellen. De opbrengst is zeer afhankelijk van het type turbine, van het vermogen van de turbine en niet het minst van de lokale windsnelheid.

## A. WAAROM SLIM STUREN?

Figuur 2 toonde dat het jaarverbruiksprofiel niet het jaarproductieprofiel van de PV-panelen volgt, als we dit bekijken op maandbasis. Tijdens het voorjaar en een groot deel van de zomer ligt het verbruik veel lager dan de productie van de zonnepanelen. Maar zelfs als we meer in detail op kwartierbasis gaan kijken naar de herfst en de winter, zien we dat – hoewel het verbruik groter is dan de productie – de energie die zonnepanelen produceren niet altijd ogenblikkelijk wordt verbruikt. Hoewel het productieprofiel van een windturbine gelijkmatiger is over het jaar, kan de opbrengst op dag- en kwartierbasis toch ook zeer grillig zijn.

Onderstaande figuur toont op kwartierbasis het verbruiksprofiel (roze lijn) van een typisch appel- en perenbedrijf met bewaring en het opbrengstprofiel (zwarte lijn) van zonnepanelen tijdens een zonnige dag in oktober. Tijdens deze dag is het totale verbruik 1,5 keer groter dan de opbrengst van de zonnepanelen. Toch zien we dat het bedrijf elektriciteit op het net moet injecteren. De energie die afgenomen wordt van het elektriciteitsnet (gele vlak) is vele malen (tot 10X) duurder dan de elektriciteit die aan het net geleverd wordt (blauwe vlak). Zelf verbruiken van de gepro-



Figuur 3: Verbruiks- en productieprofiel van een typisch appel- en perenbedrijf met bewaring tijdens eens zonnige dag in oktober

duceerde energie/elektriciteit (groene vlak) is dus het meest kostenoptimaal.

's Middags, wanneer er overproductie is van de zonnepanelen, kan een slimme sturing het verbruik verhogen door bijvoorbeeld koude te bufferen. Als de productiepiek van de zonnepanelen voorbij is, bijvoorbeeld 's nachts, zal er minder energie nodig zijn om te koelen en moet er dus minder elektriciteit worden aangekocht.

## B. HOE SLIM STUREN?

Slim sturen kan gaan van een simpele druk op een knop over de installatie van een tijds klok, een sturing op basis van de productie van de zonnepanelen, tot het uitbesteden van energieregelingen aan een externe partij. Deze derde partij kan ook een aggregator zijn. Een aggregator is een opkomende dienst die flexibiliteit bij bedrijven of huishoudens verzamelt en dit (geaggregeerde) volume aanbiedt op de markt. De aggregator zorgt ook voor de slimme regeling van flexibele apparaten zodat ze automatisch kunnen reageren op beursprijzen van energie.

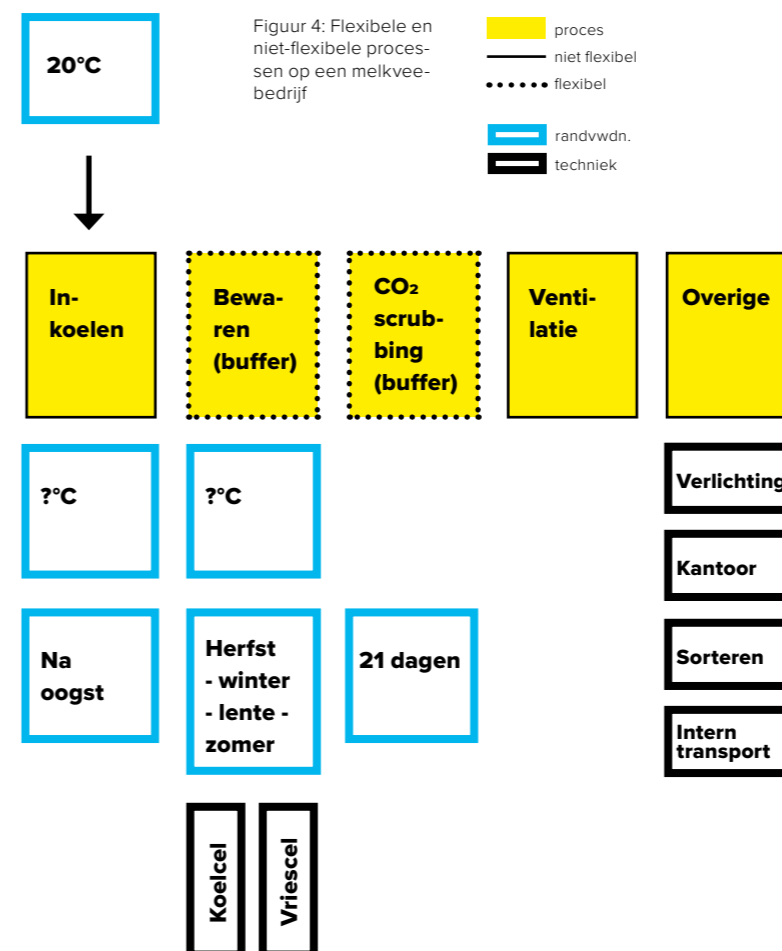
## C. WAT SLIM STUREN?

Figuur 4 toont de verschillende processen op een typisch landbouwbedrijf met bewaring van groenten en fruit.

De processen die omljnd zijn, zijn de niet-flexibele processen, zoals bijvoorbeeld het inkoelen van de groenten en het fruit en de ventilatie. Deze processen kunnen niet of nauwelijks worden verschoven in functie van de zon of de wind.

De processen die omljnd zijn met een stippellijn zijn de flexibele processen, zoals bijvoorbeeld de scrubbing of de koeling tijdens de bewaarperiode. Andere machines zoals bijvoorbeeld sorteermachines of batterijgeladen heftrucks kunnen mogelijk flexibel worden ingezet volgens de productie van bijvoorbeeld de zon, op voorwaarde dat ze op deze momenten niet moeten worden gebruikt. In veel gevallen zal een eenvoudige tijds klok in plaats van een meer geavanceerde besturing volstaan.

# Stap 3: Slim aansturen van elektriciteit



Figuur 4: Flexibele en niet-flexibele processen op een melkveebedrijf

proces  
niet flexibel  
flexibel  
randvwdn.  
techniek

## Bewaring

In een koel- of vriescel kan energie gebufferd worden in de vorm van koude. Dit kan door de temperatuur in de koel- of vriescel te verlagen op momenten dat de zon schijnt. Bufferen in koelcellen (>0°C) is niet evident, want de temperatuurmarges zijn bij de meeste producten zeer klein. Bufferen in vriescellen biedt zeker wel mogelijkheden. Bufferen bij indirecte koelsystemen is ook een interessante piste.

De buffercapaciteit van een koel- of vriescel is afhankelijk van de grootte van de cel en van de aanwezige producten. Naast de producten is ook de lucht in de vriescel een belangrijke buffer. Om te kunnen bufferen in een koel- of vriescel, zijn er enkele voorwaarden:

- De bepalende parameter voor de buffercapaciteit in koel- en vriesinstallaties met directe expansie is de maximale temperatuurverschuiving. Deze parameter is afhankelijk van de producten en de benodigde productkwaliteit.
- Om te kunnen bufferen is een regelmatig met twee temperatuursetpunten nodig: één normale temperatuur en één verlaagde temperatuur. De verlaagde temperatuur kan ingeschakeld worden op momenten dat er overproductie is van PV-panelen. Op momenten dat er geen overproductie is, kan de koeling terug naar normale temperatuur.
- Om effectief rendement te halen uit de extra temperatuurverlaging, mogen de producten niet weggenomen worden uit de koelcel. Weinig productverloop is een absolute voorwaarde voor een minimum rendement.

## Scrubbing

Fruit 'ademt': het neemt zuurstof (O<sub>2</sub>) op en produceert koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>). Door de lucht te scrubben met aangepaste apparatuur wordt de gevormde CO<sub>2</sub> uit de bewaarcellen verwijderd. Zo kan je voorkomen dat de concentraties te hoog worden en er schade aan het fruit optreedt.

Door de scrubbeurten in te plannen tijdens de zonne-uren, verplaatst je 1 kWh

per scrubbeurt. Scrubbing is echter maar een kleine verbruikspost (ongeveer 5% van het totale elektriciteitsverbruik bij fruit).

## Ontdooi-instellingen

De verdampers binnen een koelcel moeten regelmatig worden ontdooid. Door de grote hoeveelheden vocht in de koelcellen, komt er snel een ijslaag op de verdampers. Door deze ijslaag wordt de verspreiding van koude beperkt en werkt de koeling dus niet naar behoren. Het ontdooien gebeurt meestal op vaste tijdstippen gerelateerd aan het aantal draaiuren van de compressor. Hierbij wordt bijvoorbeeld om de 6 draaiuren een ontdooicyclus gestart. Tijdens de inkoelperiode zijn er dan 4 ontdooibeurten nodig, maar tijdens de bewaarperiode volstaat meestal 1 ontdooibeurt per dag. Je kan er dus best voor zorgen dat dit overdag gebeurt. Een elektrische ontdooiweerstand heeft een vermogen van 3 kW en heeft een 20-tal minuten nodig. Zodanig kan er 1 kWh per koelcel per dag verplaatst worden.

## Elektrische hefrucks

Elektrische hefrucks worden meer en meer gebruikt omwille van emissies. De gemiddelde capaciteit varieert tussen 20 en 40 kWh. Momenteel worden deze hefrucks elke nacht opgeladen, niet alleen omwille van het goedkopere dagtarief maar vaak ook omdat ze overdag gebruikt moeten worden. Toch zijn er bij de meeste bedrijven een aantal dagen waarop de hefrucks toch overdag kunnen worden opgeladen.



Een randvoorwaarde bij het implementeren van energiebesparende maatregelen en bij maatregelen om de elektriciteit slim aan te sturen, blijft het kwaliteitsbehoud van het bewaard product. Vraag bij twijfel dus altijd advies aan je teeltadviseur!

## WEERSTATION STUURT KOELING AAN

Een goed geïsoleerde aardappelloods en elektriciteit uit zonnepanelen. Aan goede infrastructuur ontbreekt het Josse en Jan Peeters van Hof ten Bosch in Huldenberg alvast niet. Om hun investering optimaal te laten renderen, geven ze een belangrijke beslissing uit handen. Een slim weerstation staat in voor de koeling van de aardappelloods op de meest efficiënte manier.

“De periode waarin we aardappelen in de loods hebben, duurt heel lang”, vertelt Josse. “Vanaf september tot eind juni ongeveer hebben we aardappelen in onze opslag.” Aan de basis zit het in elk geval goed. “Sinds 2000 telen wij chipsaardappelen. Die evolutie valt samen met de bouw van een nieuwe opslagloods. Het is een energiezuinig gebouw want het is goed geïsoleerd. Bescherming tegen de koude is niet echt nodig, want heel strenge winters hebben we hier al jaren niet meer gehad. Maar in het voorjaar is koeling wel noodzakelijk. Als het warmer wordt zou de temperatuur zelfs in een gekoelde loods tot 12 graden kunnen stijgen. Mocht dat het geval zijn, worden de aardappelen wakker. Anderzijds is het ook niet goed als een aardappel te koud ligt, want dan gaat hij suikers aanmaken. Dit zie je aan de kleur van de aardappelen. Chipsaardappelen moeten een mooie goudgele kleur hebben, dus we moeten hier heel voorzichtig mee zijn. We proberen constant een temperatuur van rond de 7°C aan te houden.”

Koeling is dus essentieel, vooral omdat de afnemers almaar hogere eisen stellen. “We proberen zo onafhankelijk mogelijk van het weer aan te leveren. De natuur is een wisselvallige factor en dat onverwachte proberen we zoveel mogelijk uit te schakelen. Als de afnemer 200 ton nodig heeft, is het best dat wij die niet nog eerst van het veld moeten halen, maar meteen kunnen

aanleveren. Het seizoen waarin we aardappelen in de loods hebben is de laatste jaren veel langer geworden. Nu is de loods eigenlijk enkel leeg in juli en augustus.”

“We maken gebruik van een directe koeling”, licht Josse toe. “Concreet ligt er een dwarsventilatie via ondergrondse kanalen en een roostervloer. In de loods hebben we vier gangen met koelelementen. Mocht het nodig zijn, kunnen we de loods in twee opdelen en de sturing aanpassen. We kozen voor nieuwe ventilatoren die in aankoop iets meer kosten, maar minder stroom verbruiken. De meerprijs hebben we dus op enkele jaren terugverdiend.” Op het bedrijf van Josse en Jan liggen 108 zonnepanelen. Die leveren meer dan genoeg stroom voor de koeling van de loods. Het is zaak om de aansturing daarvan zo efficiënt en effectief als mogelijk te laten verlopen. Daar bewijst het weerstation zijn nut. “We hebben dit weerstation al enkele jaren. De gegevens worden met klein interval verstuurd naar onder andere het Proefcentrum Fruitteelt, dat ze gebruikt om berekeningen en voorspellingen te doen. Nu gaan we het stationnetje dus ook voor ons eigen bedrijf kunnen inzetten.”

“Het weerstation is verbonden met een module in de loods. Het is die module die onafhankelijk beslist wat de beste is: onmiddellijk koelen met gebruikmaking van de stroom van de zonnepanelen, nog wachten, stroom van het net gebruiken... Stel bijvoorbeeld dat het vandaag bewolkt is, maar dat er morgen een zonnige dag wordt voorspeld. Dan zou het kunnen dat de module beslist om vandaag niet te koelen, en morgen – wanneer de zonnepanelen dus meer stroom genereren – wel te koelen. De keuze is aan deze module, niet aan ons als bedrijfsleiders. Voor ons is dit een nieuwe manier van werken. We zijn trouwens de eerste locatie in België waar dit systeem wordt toegepast voor aardappelen. In Nederland zijn er al meerdere aardappelen uienbedrijven die van deze slimme aansturing gebruik maken.”

Omdat op dit moment de zonnepanelen op het bedrijf veel meer stroom produceren dan er ter plaatse verbruikt wordt, komt een grote hoeveelheid elektriciteit op het net terecht. Stroom die Josse en Jan produceren en waar ze nauwelijks iets op verdienen. In de toekomst willen ze misschien een batterij plaatsen, maar op dit moment vinden ze de kosten daarvoor nog te hoog. De meer efficiënte sturing van de ventilatie op basis van de zon, is in elk geval al een eerste stap in de richting van een geoptimaliseerde energiehuishouding op dit bedrijf. Door slim aan te sturen zal het energieverbruik in de mate van het mogelijke gekanaliseerd worden naar het moment waarop de meeste energie wordt geproduceerd. En dat is een win-winsituatie.

## Stap 4: Opslag in batterijen



Bij veel land- en tuinbouwbedrijven met bewaring van hun producten ligt het eigenverbruik van bijvoorbeeld een PV-installatie niet zo hoog omdat hun verbruiksprofiel sterk seizoensafhankelijk is. Appel- en perenbedrijven vragen bijvoorbeeld veel energie tijdens de plukmaanden, wanneer het fruit wordt ingekoeld. Vanaf half november tot het einde van de zomer is het verbruik van de koelcellen veel lager. Het fruit moet enkel nog op temperatuur worden gehouden en de koelcellen komen bovendien alsmear meer leeg te staan.

Hierdoor kan een batterij, bedoeld voor opslag op korte termijn (24 uur) niet ten volle worden benut. Tijdens de pluk is de energievraag bijna continu zeer hoog, waardoor er zelden een overschot van zelf geproduceerde energie is en de batterij dus niet vaak wordt opgeladen. Ofwel gebruikt het bedrijf rechtstreeks de energie van de zon of de wind, ofwel koopt het bedrijf energie aan. Tegen de zomer daarentegen ligt het energieverbruik zeer laag, omdat de koelcellen bijna leeg zijn. Op zonnige dagen bijvoorbeeld zal de batterij wel worden opgeladen maar nadien niet of slechts beperkt kunnen worden ontladen. Het aantal batterij-acties ligt misschien wel hoog tijdens deze maanden, maar de batterij zal niet dikwijls volledig worden opgeladen of ontladen.

Batterijen zijn sowieso nog niet rendabel als ze enkel worden gebruikt voor het verhogen van het eigenverbruik. Als de batterij bijkomend kan worden ingezet als noodstroomgenerator of UPS (Uninterruptible Power Supply), kan het eventueel wel interessant worden. De selectie en dimensionering van de batterij gebeurt dan op basis van de minimale tijd die de batterij moet kunnen overbruggen en het noodvermogen dat moet kunnen worden geleverd, zoals bijvoorbeeld de ventilatie van de stallen.

Omwille van de hoge investeringskost blijft de batterijcapaciteit best zo klein mogelijk. De eerste stap in de selectie van de batterij is het verlagen van het noodvermogen dat nodig is. Bij het verhogen van het eigenverbruik daarentegen is de capaciteit enkel begrensd door wat dagelijks kan worden geproduceerd en verbruikt. Veel omvormers laten toe beide functies te combineren door een gedeelte van de batterij te 'reserveren'.

Uitgebreide info over onder meer de technische aspecten, de koppeling met het elektriciteitsnet en de dimensionering van de opslag van energie in elektrische batterijen kan je vinden in het Technisch handboek slim aansturen van elektriciteit. Dit handboek is te raadplegen op de website van het SAVE project [www.slimaansturenvanelektriciteit.be](http://www.slimaansturenvanelektriciteit.be).





Met financiële steun van

AGENTSCHAP  
INNOVEREN &  
ONDERNEMEN



Vlaanderen  
is ondernemen

Deze brochure is tot stand gekomen met de volgende partners:



Innovatiesteunpunt  
voor landbouw en platteland

KU LEUVEN



TECNOLEC  
VOLTA



unizo

