

Kennisdocument: Wat te doen bij terugleverbeperkingen? Beperkingen en netcongestie.



Netcongestie en terugleverbeperkingen zijn termen die steeds vaker terugkomen in gesprekken met schoolbesturen en netbeheerders. Dit document is bedoeld voor schoolakcoaches en gebouwbeheerders die willen kijken naar wat er wél kan bij plaatsen van zonnepanelen, ondanks beperkingen vanuit een aansluiting of netbeheerder. Het is een (niet sluitende) inventarisatie van oplossingen en consequenties die op dit moment bij Stichting Schoolakrevolutie bekend zijn.

Start punt Trias Energetica

Om bij het begin te beginnen: in veel gevallen is het zinvol om het huidige energieverbruik, energie profiel en gebouwgebruik beter inzichtelijk te maken en te analyseren. De energievraag kan door een scala aan maatregelen flink verkleind kan worden. Begin daarom altijd met energie besparen. Wat niet nodig is hoeft ook niet (duurzaam) opgewekt.

Hulp nodig? We verwijzen graag door naar de experts van [Ruimte-OK](#) onder het '[Scholen Besparen Energie](#)', het ondersteuningsprogramma binnen Scholen op Koers 2030.



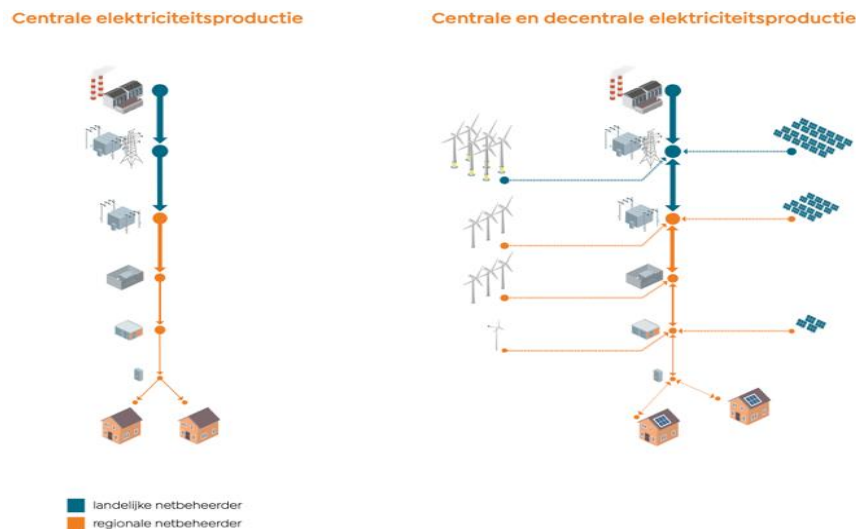
1. Energievraag verkleinen
2. Energievraag duurzaam invullen
3. Energie uit eindige bronnen zo efficiënt mogelijk gebruiken

Figuur 1: Trias Energetica

Achtergrond netcongestie

Het energieverbruik verandert, en wel (veel) sneller dan de huidige infrastructuur aankan. We verbruiken steeds meer elektriciteit, door onder andere door het vervangen van gas en olie en door het toenemende gebruik van elektrische apparaten. Maar we gebruiken elektriciteit ook anders.

De afgelopen 100 jaar heeft het elektriciteitsnet zich “top-down” ontwikkeld, maar door de energietransitie met onder andere zonnepanelen en windmolens wordt de energieopwekking steeds meer decentraal. (Figuur 2.)¹



Figuur 2: schematische weergave elektriciteitsnet

Naast decentrale opwek komen er ook steeds meer decentrale grootverbruikers: laadpalen, warmtepompen en huishoudelijke pv-installaties staan over het algemeen aan het eind van de keten en vragen voor langere tijd meer transportcapaciteit. Daardoor neemt niet alleen de belasting van het net toe, maar moet ook het (kwaliteits)beheer anders worden georganiseerd.

Als de grens van de netwerkcapaciteit is bereikt en er daardoor problemen ontstaan met de kwaliteit is er sprake van netcongestie.

¹ Bron Netbeheer Nederland: <https://www.netbeheernederland.nl/dossiers>

Het aansluiten van PV-installaties

Op het elektriciteitsnet zijn netbeheerders wettelijk verantwoordelijk voor het bewaken van de netkwaliteit. De norm daarvoor is vastgelegd in de NEN-EN 501160 en de Netcode Elektriciteit van het ministerie van Economische zaken. Daarnaast zijn alle elektrische apparaten die zijn toegelaten op de Europese markt gekeurd (CE-keurmerk) en voldoen aan deze norm.

Bij installaties die terugleveren aan het net geldt er een meldplicht. Tot op heden (2021) mag een netbeheerder teruglevering bij een kleinverbruikers-aansluiting niet weigeren. Dat geldt ook voor een tweede kleinverbruikers-aansluiting op hetzelfde adres als deze exclusief gebruikt wordt voor duurzame opwek².

Bij een grootverbruikersaansluiting (>3x80A) moet toestemming worden gevraagd voor de teruglevering. Deze transportindicatie is een aanvraag waarin de leverancier aangeeft aan de netbeheerder welk vermogen en verwachte teruglevering deze wil aansluiten, zodat de netbeheerder kan controleren of er (lokaal) voldoende netwerkcapaciteit is. De transportindicatie is een dus een (voorzorgs-)middel waarmee de netbeheerder de netkwaliteit bewaakt.

Belangrijk: het aanvragen van een transportindicatie (vooraf) is geen garantie of reservering van transportcapaciteit (bij aansluiting).

Beperkte mogelijkheid tot terugleveren

Door een tekort aan netwerkcapaciteit, een te kleine hoofdaansluiting maar ook door bijvoorbeeld het afbouwen van de salderingsregeling kan het handig of zelfs noodzakelijk zijn om het opgewekte vermogen van een PV-installatie te kunnen aanpassen.

Het afstemmen van vraag en aanbod met bijvoorbeeld congestiemanagement, peakshaving of curtailment, kan op meerdere plekken in de keten. Bij het slim afstemmen is de invloed op de totale opbrengst minimaal en de ontwikkelingen op dit gebied gaan razendsnel.

Curtailment: het beperken van opwek

Peakshaving: het beperken van piekbelastingen (opwek én verbruik)

Congestiemanagement: in afstemming met de netbeheerder tijdelijk en tegen vergoeding een installatie geheel of gedeeltelijk uitschakelen

Belangrijk is dat de (on)mogelijkheden erg afhankelijk zijn van de lokale omstandigheden van zowel de installatie, de hoofdaansluiting, dynamisch eigen verbruik en bijvoorbeeld de nabijheid van een verdeelstation van de netbeheerder.

Voor het rendement van de installatie, in welke vorm dan ook, is goede communicatie noodzakelijk tussen de PV-installateur, de “huisinstallateur” van de locatie en de gebruiker(s) van de energie.

Ook mogen wet- en regelgeving, en mogelijke aanvullende eisen vanuit bijvoorbeeld verzekeringen, niet uit het oog worden verloren.

² Bron: [https://service.liander.nl/ik_ga_\(ver\)bouwen/Type_aansluiting/twee_aansluitingen_op_1_adres](https://service.liander.nl/ik_ga_(ver)bouwen/Type_aansluiting/twee_aansluitingen_op_1_adres)

Samenvatting mogelijkheden bij terugleveringbeperking

Installatie

Wat doe je?	Gevolg	Kanttekening
Aansluiten op 70% van de maximale opwekcapaciteit	Aansluitwaarde (=transportindicatie) is 30% lager	Scheelt 3% in de totale opbrengst ³
Opstelling installatie Oost/West i.p.v. Zuid	Piekopbrengst 7-15% lager, maar op hetzelfde oppervlak tot 30% meer panelen mogelijk	Opbrengst per paneel is tot 10% lager; systeemopbrengst kan door meer panelen gelijk blijven. ⁴ Opwekprofiel heeft lagere piek, start eerder en eindigt later op de dag dan zuid-opstelling
Gecombineerde opstelling	Opstelling (Zuid, Oost-West) variëren, waardoor de piekopbrengst van de installatie gespreid wordt	Opwekprofiel is constanter, maar opwekprognose, systeemontwerp- en analyse is lastiger
Grootte installatie maximaal 40% van eigen verbruik	Geen teruglevering op de aansluiting en minimaal verlies op de jaaropbrengst	Vuistregel: afhankelijk van verbruikersprofiel, dynamische vermogensregeling (of -bewaking) op de omvormer blijft nodig. ⁵
Gebruik van PVT-panelen	Warmtevraag wordt (gedeeltelijk) anders opgewekt, elektriciteitsvraag daalt mogelijk	Vraagt om een integrale aanpak, duurder dan alleen PV, rendement afhankelijk van de huidige invulling van de energievraag
PV in combinatie met groene dakbedekking	Gebouw onder dak en de omgeving blijft koeler, rendement van de zonnepanelen stijgt, kleinere koelcapaciteit nodig dus energievraag daalt ⁶	Integrale oplossing; hogere eisen aan constructie en planning

³ Holland Solar: https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i22923/convenant-netbeheerders-en-zonne-energiesector-zonnepanelen-aangesloten-op-70-procent-piekvermogen?utm_source=Solar%20Magazine&utm_campaign=bf27d946af-EMAIL_CAMPAIGN_2018_05_14_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_54b49bf328-bf27d946af-74519412

⁴ Milieucentraal: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-hoe-geschikt-is-je-dak/>

⁵ Bron: kennissessie SDR 28 mei 2021: vuistregel gehanteerd door OTG.energy en installatiebedrijf STRAGO.

⁶ Bron: Rooftop Revolution, www.rooftoprevolution.nl

Technisch

Wat doe je?	Wat is het?	Resultaat?	Wie doet het?
Beveiliging van de omvormer gebruiken	Beveiliging zodat de omvormer uitschakelt als de netkwaliteit niet binnen de norm valt	Handhaving Netcode. Omvormer schakelt uit dus tijdelijk geen opbrengst	Fabrikant omvormer (conform CE-keurmerk)
Dynamische afzekering	Beveiliging in de meterkast schakelt (een deel van) de installatie uit bij een vooraf ingestelde grens	Overbelasting voorkomen. (deel van) omvormer schakelt uit dus tijdelijk geen opbrengst	Installateur
Power Quality management (ook wel dynamische vermogensregeling) van de omvormer gebruiken	Omvormer past aanbod aan op vraag/capaciteit door spannings-, verbruiks- en frequentiecontrole	Overbelasting van het net wordt voorkomen. Totaalopbrengst gaat omlaag, vraagt programmering omvormer(s) en overleg huisinstallateur en met netbeheerder, opbrengst vooraf lastig te voorspellen	Installateur, in overleg met netbeheerder (congestiemanagement)
Terugleverstop (eis netbeheerder)	Bij een vooraf ingestelde limiet (teruglevering, netto levering) schakelt het systeem uit of terug (omvormer, in de meterkast)	Overbelasting wordt voorkomen, systeem schakelt uit of terug, totaalopbrengst neemt dus af	Installateur, gebruiker
Opslag in accu	Accu buffert verbruik en opbrengst	Piekopbrengst kan worden opgeslagen en later gebruikt, hoofdaansluiting en netbelasting kleiner (kostenreductie kan concurrerend zijn met verzwaren hoofdaansluiting), energiemarkt als mogelijk verdienmodel, relatief duur ⁷	Installateur, gebruiker
Opslag in warmte	Overproductie wordt verbruikt in een boiler, warmtepomp, warmteopslag (eventueel met PCM ⁸) of chemische warmteopslag (TCM ⁹)	Zie opslag in accu. Technisch simpel tot complex, ruimte-intensief, geïntegreerde oplossing (specifieke eisen aan installateur en gebruikersprofiel)	Gebruiker, techniek niet uitontwikkeld ¹⁰
Opslag in (waterstof)gas	Verbruik van (over)productie door een brandstofcel of hydrolyser	Zie opslag in accu. Puur als elektriciteitsopslag niet efficiënt (warmteverlies), duur, nog langzaam	Gebruiker, techniek niet uitontwikkeld
Opslag in (potentiële) beweging	Verbruik van (over)productie door het opbouwen van beweging (bv. vliegwiel), druk of gewicht op hoogte	Zie opslag in accu. Ruimte-intensief, energie is zeer snel beschikbaar.	Gebruiker, techniek niet uitontwikkeld

Bovenstaand zijn een aantal oplossingen voor PV-installaties samengevat bij terugleverbepalingen. Het zijn deeloplossingen: verduurzaming is niet beperkt tot alleen deze technische oplossingen. In veel gevallen is er veel winst te behalen door oplossingen te combineren. Te denken valt aan zonnepanelen in combinatie met groene dakbedekking waardoor een gebouw koeler blijft en de energievraag voor koeling afneemt. Of het plaatsen van PVT-panelen, waardoor er naast elektriciteit ook de warmte kan worden opgewekt zodat de (elektrische) energievraag daalt.¹¹

⁷ Eindrapport case study Enpuls: <https://www.enpuls.nl/media/cjib33nd/eindrapport-peakshaving-pilot-altweerderterheide.pdf>

⁸ PCM: Phase Changing Materials; warmteopslag door smelten en stollen van stoffen (bijvoorbeeld water/ijs, parafine)

⁹ TCM: Thermochemische materialen; omkeerbare reacties onder invloed van warmte

¹⁰ Verder lezen: CESAR-systeem, OTG.energy, warmtebatterij TNO, TU/e

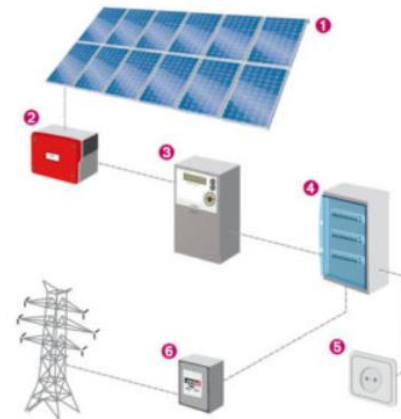
¹¹ Verder lezen: RES-boek Urgenda "Tussen kolen en Parijs", <https://res.urgenda.nl/wp-content/uploads/Tussen-kolen-en-Parijs.pdf>

Achtergrondinformatie

Net als het elektriciteitsnet is ook een PV-installatie een keten van onderdelen (figuur 3). Bij elk onderdeel kan het systeem worden aangepast om aan te sluiten bij de vraag. Hierna volgen, in volgorde van het systeem, een aantal overwegingen en oplossingen bij iedere stap.

In volgorde van het systeem:

1. PV-paneel
 - a. Vermogen
 - b. Type
 - c. Opstelling
 - d. Als optie met optimizer
2. Omvormer
 - a. Vermogen (string-)omvormer
 - b. String-omvormer (met optimizer) versus micro-omvormer
3. Bruto productiemeter (verplicht bij grootverbruik)
4. Groepenkast
5. Eigen verbruik
6. Netto verbruiksmeter



Figuur 3: Schematisch PV-systeem

1. PV-paneel
 - a. Vermogen

Op het label van een zonnepaneel staat een vermogen (Wp). Dat is het vermogen wat het paneel onder optimale omstandigheden kan leveren. In de praktijk komt deze piekopbrengst maar in 3% van de tijd voor.

Aandachtspunten zijn het vermogen per oppervlakte (Wp/m²) en de opbrengst bij verschillende omstandigheden (schaduw, warmte, bewolking). Bij een leveringsbeperking kan het bijvoorbeeld bijdragen om voor een paneel met een lager piekvermogen maar een hogere totaalopbrengst te kiezen.

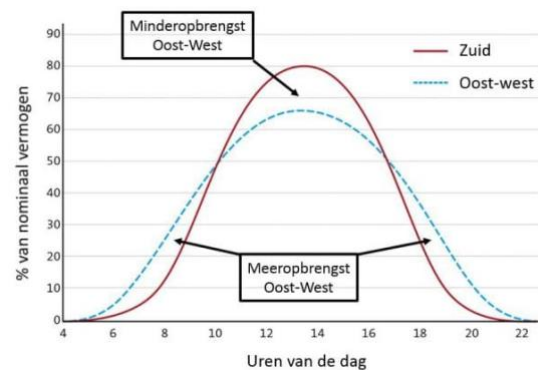
- b. Type

Vaak wordt er alleen naar het Wp-vermogen gekeken, maar er zijn onderling grote verschillen tussen panelen. Het vermogen verschilt, maar ook de afmetingen en het uiterlijk. Sommige presteren beter bij diffuus licht (bewolking), andere beter bij direct zonlicht. Zo kan een paneel met hoger Wp-vermogen toch een lagere jaaropbrengst hebben en andersom.

Qua uiterlijk en toepassing gaan de ontwikkelingen hard en zijn er onder andere panelen verkrijgbaar die doorschijnend zijn of met een aangepaste print kunnen worden geleverd, wat mogelijkheden biedt voor bijvoorbeeld lichtstraten of gevelbekleding.

c. Opstelling

Door de installatie in een Oost/West opstelling te plaatsten kunnen er meestal meer panelen op een dak. De opbrengst per paneel is rond de 7 tot 15% lager, maar van de totale installatie is de opbrengst (door het kunnen plaatsen van meer panelen) hoger. Bovendien is door deze opstelling de opbrengst meer verdeeld over de zonne-uren en de piekopbrengst lager zoals te zien is in figuur 4.



Figuur 4: Oost-West versus Zuid-opstelling

d. (Optionele) optimizer

Een belangrijk nadeel van zonnepanelen in serie schakelen (een string) is dat de string zo goed presteert als het zwakste paneel in de string. Een optimizer komt achterop een zonnepaneel en past de spanning en stroom zo aan dat ieder paneel (en daarmee de string) optimaal presteert. Een optimizer werkt samen met een stringomvormer en is goedkoper dan een micro-omvormer. Zie ook “2. Omvormers”.

2. Omvormers

Omdat zonnepanelen gelijkspanning leveren en er wisselspanning uit het stopcontact komt moet er ergens een omzetting naar wisselspanning plaatsvinden. Dat kan achterop ieder paneel (micro-omvormer) of centraal (string-omvormer). Een string-omvormer is iets efficiënter dan een micro-omvormer, maar de systeem efficiëntie ligt met micro-omvormers hoger omdat de opbrengst niet afhankelijk is van het slechtst presterende paneel (door bijvoorbeeld schaduw of vuil).

Om het opgewekte vermogen te kunnen afgeven aan het net zal een omvormer de spanning iets verhogen. Bij een tekort aan netcapaciteit, of veel omvormers tegelijk, wordt de netspanning te hoog en zal de beveiliging de omvormer uitschakelen (zie kader “Verplichte beveiligingen”)¹². De beveiligingen op de omvormer werken altijd, maar schakelen over het algemeen de omvormer geheel uit.

Verplichte beveiligingen

Voor een omvormer betekent voldoen aan de Netcode en NEN-EN-50160 onder andere:

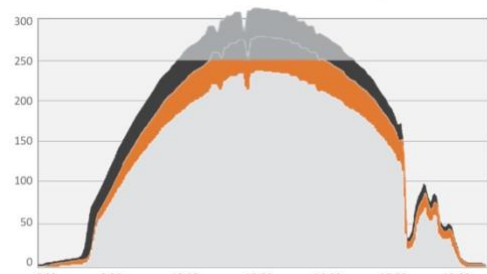
- zonder netspanning uitschakelen (veiligheid)
- uitschakelen bij te lage netspanning
- uitschakelen bij te hoge netspanning
- uitschakelen bij te hoge stroom (AC/DC)
- geen storing veroorzaken op andere apparatuur

¹² Wettekst Elektriciteitswet: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037940/2018-12-22>

a. Vermogen (string)omvormer

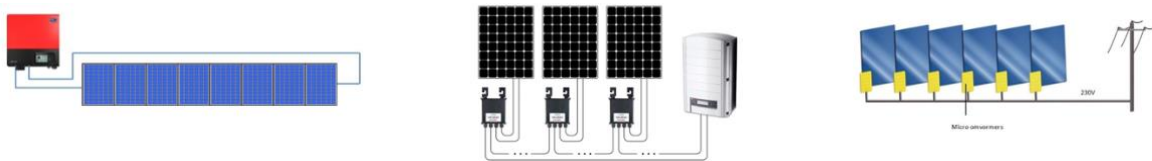
Een omvormer wordt efficiënter naarmate deze dichter bij het maximale vermogen van de omvormer opwekt. Aangezien de piek opbrengst van een zonne-installatie hooguit 3% van de tijd per jaar voorkomt is het interessant om een omvormer kleiner te kiezen dan het piekvermogen.

In figuur 5 is dat goed te zien: dit is de opbrengst van dezelfde micro-omvormer op verschillende panelen.



Figuur 5: Opbrengstkarakteristiek van een Enphase iQ7 micro-omvormer met panelen van 330Wp (zwart), 300Wp (oranje) en 270Wp (grijs) onder gelijke omstandigheden

b. String-omvormer (met optimizer) versus micro-omvormer



Figuur 6: Systeem met string, systeem met string en optimizers en een systeem met micro-omvormers

Een systeem op basis van een string is goedkoop en makkelijk te installeren. Alle panelen worden in serie aangesloten, wat betekent dat de totale stroom van het systeem door ieder paneel gaat. Dat heeft als belangrijkste nadeel dat de opbrengst wordt bepaald door het slechtst presterende paneel. Een mindere prestatie kan komen door schaduw, maar ook viezigheid, stof en productiever schillen.

Een oplossing daarvoor is een zogenaamde optimizer, een regelaar die het paneel afstemt op de rest van de string. De omvormer haalt daarmee de maximale opbrengst (zie ook de volgende paragrafen). Het is extra techniek en dus duurder dan alleen een stringomvormer, maar een optimizer is simpeler en goedkoper dan een micro-omvormer.

Een micro-omvormer zit ook achter op ieder paneel en zet het vermogen meteen om in wisselspanning voor het net. Daarmee vervalt de centrale omvormer.

Nadeel is dat veel micro-omvormers in een systeem bij elkaar duurder zijn dan een enkele string-omvormer en dat er veel gevoelige technische onderdelen op het dak liggen. Bij grote systemen (>20 panelen) is het uit praktische en financiële overwegingen onverstandig om micro-omvormers te gebruiken en valt er meer winst te behalen met plaatsing en slimme keuzes van de strings op een oppervlak. Qua veiligheid ontkopen micro- en stringomvormers elkaar weinig.

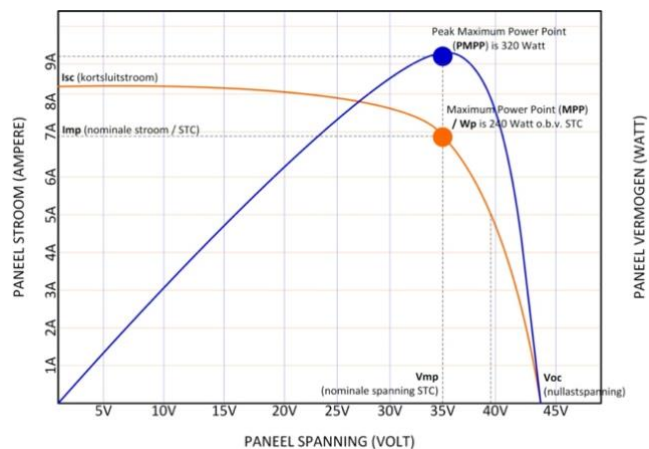
Om sluipverbruik te voorkomen schakelt een omvormer bij een lage opbrengst (gedeeltelijk) uit. Door bij meerdere omvormers iedere omvormer softwarematig een "eigen" schakelmoment te geven kun je bepalen welke er als eerste uit gaat. Door dat slim te kiezen kun je zo dicht mogelijk bij de maximale opbrengst blijven en schakelpieken voorkomen. Dit geldt ook voor micro-omvormers, met dat verschil dat nu ieder zonnepaneel geregeld en/of geschakeld moet worden. Ook hierdoor is de keuze voor micro-omvormers bij grotere systemen niet aan te raden.

Vermogensregeling van de (micro-)omvormer gebruiken

Een zonnepaneel levert vermogen, en vermogen is het product van spanning en stroom.

In theorie staat er op een zonnepaneel wat niet is aangesloten (loopt geen stroom) een oneindige spanning. Bij een kortgesloten zonnepaneel loopt er in theorie een oneindige stroom.

In de praktijk zijn dat curves (figuur 7).



Figuur 7: vermogenscurve zonnepaneel

Een moderne omvormer zoekt standaard het optimale punt (Maximum Power Point, MPP) om zo veel mogelijk vermogen uit een paneel te halen. Het opzoeken van het MPP door een omvormer wordt Maximum Power Point Tracking genoemd (MPPT). Het MPP ligt niet vast, maar is afhankelijk van onder andere (diffuse) lichtinval en temperatuur van het paneel. MPPT is aanbod- (zonlicht) gestuurd en is bedoeld om altijd het maximale vermogen of rendement uit de zonnepanelen te halen.

Power Quality (PQ) of dynamische regeling bij slimme omvormer

De MPPT is bij slimme omvormers softwarematig aan te passen. Door het kiezen van het Power Point kan de omvormer het opgewekte vermogen aanpassen aan de vraag. Deze techniek heet Power Quality regeling (PQ-regeling) en is vraag-gestuurd.

Door MPPT en het bewaken van de netkwaliteit te combineren kan een (slimme) omvormer het aanbod van het afgegeven vermogen dynamisch aanpassen, bijvoorbeeld aan de vraag en ruimte op het net.

Omgekeerd kan deze techniek ook gebruikt worden om de vraag te sturen: de omvormer geeft aan dat er vermogen over is, zodat er extra (grote) verbruikers ingeschakeld kunnen worden, zoals een boiler, laadpaal of warmtepomp.

Faseverdeling

Een recente ontwikkeling is een omvormer die de opgewekte energie, afhankelijk van het verbruik, kan verdelen over de 3 fases. Dat betekent dat pieken op een enkele fase kunnen worden opgevangen en het (netto) verbruik beter verdeeld kan worden over de aansluiting.

3. Bruto productiemeter

Een bruto-productiemeter meet de opgewekte elektriciteit van een installatie. Voor het verrekenen van de SDE-subsidie is deze meting verplicht. Monitoring van een installatie gebeurt op deze plek, dus voordat er verbruikers zijn aangesloten.

4. Groepenkast

Alle elektrische installaties moeten worden afgezekerd. Dat gebeurt meestal centraal bij de hoofdzekering. Hierdoor is er in deze ruimte vaak veel nuttige informatie beschikbaar (opwek, netto verbruik, meterstanden); kan er centraal geschakeld worden en kan deze informatie gecombineerd worden. Bijvoorbeeld: een boiler (tapwater) standaard verwarmen tot 60° en bij overproductie van de zonnepanelen verder te verwarmen tot 95°. Zo blijft de netto teruglevering beperkt en kan de energie lokaal gebruikt worden.

5. Eigen verbruik

Netto teruglevering is de opwek van een installatie min het eigen verbruik. Door de opwek of het netto verbruik te monitoren kan het eigen verbruik ook worden gestuurd. Niet tijd-kritische processen kunnen worden opgestart of gepauzeerd bij een overschot of tekort aan zelf opgewekte energie. Voor scholen zal dit over het algemeen te ver gaan, hoewel het zinvol kan zijn om bijvoorbeeld gebouwkoeling te koppelen aan de opwek van de zonnepanelen.

6. Netto verbruiksmeter

Slimme meters zijn lokaal en op afstand uit te lezen. De meter meet het verbruik, de spanning maar vaak ook de spanningskwaliteit. Grootverbruikers worden naast het energieverbruik ook aangeslagen op bijvoorbeeld piekvermogen en spanningskwaliteit. Het verbruiksprofiel kan daarmee interessante informatie opleveren voor besparingen en het beter op elkaar afstemmen van opwek en eigen (piek)verbruik.

Ontwikkelingen en alternatieven

Opslag

In plaats van het reduceren van de opbrengst kan energie die niet kan worden teruggeleverd ook worden opgeslagen. Ook hier geldt dat iedere omzetting verlies oplevert, dus hoe minder omzettingen er nodig zijn hoe efficiënter het systeem als geheel is. Integratie van verschillende systemen kan hierbij grote voordelen opleveren: bijvoorbeeld de restwarmte van omvormers gebruiken voor verwarming; de afgekoelde lucht van een warmtepomp gebruiken voor koeling of via een slimme laadpaal elektrische auto's gebruiken als buffer voor het opvangen van tijdelijke pieken. Het gaat bij opslag om het verhogen van de zogenaamde "potentiële energie", zodat deze op een later moment gebruikt kan worden.

Accu

Elektriciteit kan worden opgeslagen in accu's. Feitelijk is dit een chemische opslag van energie.

Doordat het overschot aan energie overdag kan worden opgeslagen en 's avonds kan worden gebruikt is het netto verbruik veel lager, zo niet helemaal afwezig. De hoofdaansluiting kan dus worden verkleind.

In een pilot uitgevoerd door Enpuls kwam naar voren dat er een positieve business case bestaat voor een accu gecombineerd met een zonnepark.

Voordelen:

- Nu al (2020) een positieve business case voor een accu in combinatie met een zonnepark
- Hoofdaansluiting kan tot 50% kleiner worden uitgevoerd
- Veel kleinere impact op het net
- Er kunnen meer panelen op een hoofdaansluiting
- Installatie is autonoom(er), kan ook als noodstroomvoorziening worden ingezet
- Systeem-efficiëntie zit rond de 85% (opwek -> opslag -> verbruik)
- Biedt erg veel mogelijkheden in combinatie met mobiliteit en smart grid's: slimme laadpalen en/of auto's die ook kunnen terugleveren als de vraag hoog is.

Nadelen:

- Forse investering nodig (€500 tot €1000,-/kWh)
- Businesscase is gebaseerd op de elektriciteitsmarkt, dus een (zonnepark-)beheerder moet gaan handelen in capaciteit of netbalans (Frequency Containment Reserve, FCR) en data-analyse (weersverwachting, opwek)
- Nieuwe techniek: installatie, business case en prijsontwikkelingen onzeker¹³

Warmte

Afhankelijk van de energiebehoefte van een gebruiker kan het overschot aan energie ook als warmte worden opgeslagen, bijvoorbeeld in steen¹⁴, boiler of grondbron.

Voordelen:

- Relatief simpel

¹³ Pilot Enpuls Altweerderheide: <https://www.enpuls.nl/persberichten/sterke-verkleining-van-aansluiting-zonneparken-mogelijk-met-peakshaving/>

¹⁴ Cesar, uitvinder Cees van Nimwegen: <https://cesar-energystorage.com>

Nadelen:

- Niet flexibel af te stemmen op de vraag
- Kost veel ruimte (isolatie, opslag)
- Nieuwe techniek, nu alleen nog op woonblok/industriële schaal interessant

Gas

Via een brandstofcel of hydrolyse kan elektriciteit ook worden omgezet in (waterstof)gas.

Voordelen:

- Opslag is efficiënt (eenmaal omgezet naar gas is de opslag verliesarm)
- (Waterstof)gas kan ook in de huidige infrastructuur relatief simpel worden gebruikt voor bijvoorbeeld verwarming.

Nadelen:

- Omzetting van stroom naar gas is (nog) niet efficiënt
- Efficiënte opslag van waterstofgas is onder (hoge) druk, dus risico's worden groter en efficiëntie lager
- Techniek van brandstofcellen is vrij jong en relatief duur
- Altijd maatwerk. Rendementswinst zit in systeemoplossingen: de verliezen bij een brandstofcel zit voornamelijk in (rest)warmte. Als die goed gebruikt kan worden neemt het systeemrendement enorm toe.

Wat doen netbeheerders ondertussen?

Naast het investeren in en uitbreiden van de huidige infrastructuur zijn hebben de netbeheerders een aantal quick-wins op een rij gezet (SolarMagazine december '20):

- Cable pooling: grote aansluitingen zijn nu nog privaat, terwijl zon en wind erg goed gecombineerd kunnen worden. Rendement van de aansluiting gaat dan van respectievelijk 12% (zon) en 28% (wind) naar 39%
- Storingsreserve loslaten: het Nederlandse net is N-1 uitgevoerd, wat betekent dat er leveringszekerheid moet zijn als er (waar dan ook, van hoogspanningsmast tot transformator) iets stuk gaat. Die reserve of redundancy loslaten levert tot 3 GWpiek aan extra capaciteit op.
- Dynamisch terugleveren: zie PQ-regeling omvormers. De PQ-regeling van (zonne-)omvormers gebruiken om de opbrengst aan te passen aan de capaciteit en/of verbruik
- Congestiemanagement: afstemmen verbruik en opwek door marktwerking, daardoor opslag en dynamische levering stimuleren.
- Curtailment: het beperken van opwek. Het convenant "Zon Betaalbaar op het net" is een vorm van curtailment.
- Overschotten direct verbruiken: als grote PV-installaties er in slagen een overschot meteen zelf te verbruiken scheelt dat 8% in de belasting van het net.

(Potentiële) Beweging

Een indirecte vorm van opslag is de opslag in bewegingsenergie. Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld het in beweging zetten/afremmen van een vliegwiel, maar ook het ophijzen van een gewicht (of bijvoorbeeld een lift) bij overproductie en die laten zakken bij (extra) vraag is een vorm van energieopslag.

Voordelen:

- Energie (-opslag) is onmiddellijk beschikbaar tot zeer hoge vermogens
- Verliesvrije opslag is mogelijk

Nadelen:

- Jong toepassingsgebied voor gebruik op civiele schaal dus lage beschikbaarheid
- Vaak ruimte-intensief
- Zeer specialistische kennis vereist

Korte rekenvoorbeelden van de voorgestelde maatregelen

Beleid 2020

Rekenvoorbeeld 1:

Kleinverbruikersaansluiting is maximaal 3x 80A.

Simpel gerekend kan daar 3x 80A x 230V = 55,2kW op worden aangesloten

Dat zijn 172 panelen van 320Wp.

Opbrengst op basis van 1000 vollasturen 55.040kWh per jaar.

Convenant

Het convenant “Zon Betaalbaar op het Net” tussen netbeheerders en de zonne-energiesector schrijft voor dat installaties worden aangesloten op 70% van het opgestelde piekvermogen¹⁵:

Rekenvoorbeeld 2:

172 panelen van 320Wp aangesloten op 70% van het piekvermogen is een aansluitwaarde van 38,5kW. (omvormer levert 3x 56A).

Opbrengst is met 1000 vollasturen aan instraling 3% lager dus 970 vollasturen “equivalent”: 53.388 kWh/j.

Het convenant kan ook naar het maximale aantal panelen toegerekend worden; er kunnen door het convenant immers meer panelen op een kleinverbruikersaansluiting voordat deze overbelast raakt.

Rekenvoorbeeld 3:

55,2 kW (3x 80A 230V) is 70% van het aangesloten vermogen. Dus het maximaal aan te sluiten piekvermogen zonnepanelen is $(55.200 / 70) * 100 = 78,9kWp$ aan panelen. Dat zijn 246 panelen van 320Wp op een kleinverbruikersaansluiting.

Opbrengst is met 1000 vollasturen aan instraling 3% lager dus met 970 vollasturen “equivalent”: 76.358 kWh/j.

Deze panelen kunnen in Oost/West opstelling worden geplaatst, waardoor de piek wordt gespreid en minimaal 7% lager wordt. Er kunnen dus 7% méér panelen worden geplaatst voordat de maximale capaciteit van de hoofdaansluiting bereikt wordt.

Rekenvoorbeeld 4:

7% meer panelen door Oost/West-opstelling ten opzichte van een Zuid-opstelling. Dus 246 panelen + 7% is 263 panelen van 320Wp.

Opbrengst op basis van 1000 vollasturen is 7% lager (opstelling) en 3% lager (aftoppen van piekvermogen) dus het “vollast equivalent” is 907 vollasturen: 76.333 kWh/j.

In theorie kunnen er dus 263 panelen op een kleinverbruikersaansluiting.

¹⁵ Het convenant geldt in principe alleen voor Grootverbruikersaansluitingen (>3x 80A), maar kan evengoed ook op Kleinverbruikersaansluitingen worden toegepast.

Disclaimer

In het laatste rekenvoorbeeld hangen de opstelling, keuze van het vermogen van de (micro)omvormers en het ontwerp van de installatie nauw samen. Ook zal een installateur het systeem goed moeten onderbouwen naar een netbeheerder voor wat betreft het verschil tussen aangesloten en opgestelde vermogen. De installateur (producent) moet daarbij kunnen garanderen aan de netbeheerder dat het netto teruggeleverde vermogen niet boven de afgesproken waarde uitkomt.

Mogelijke fouten in de installatie of berekening hebben onmiddellijk gevolgen voor de beschikbaarheid van elektriciteit (risico op uitvallen hoofdzekering) en de opbrengst van het systeem (uitschakelen omvormers, boete netbeheerder).

Het is op dit moment nog ongebruikelijk om het eigen verbruik te verrekenen met de opwek van bijvoorbeeld zonnepanelen bij het bepalen van de aansluitwaarde van een hoofdaansluiting. Dat heeft te maken met het spreiden van risico, financieel rendement en bedrijfszekerheid. Dat wil niet zeggen dat het niet kan, maar er is extra aandacht voor nodig bij het zonnestelsel, de elektrische installatie en de gebruiker.

In alle gevallen is goede communicatie nodig tussen de netbeheerder, de PV-installateur en de huisinstallateur van de locatie of organisatie.