

INZET

Intelligente netten Zeewolde en Energie Transitie

IPIN S01002

EINDRAPPORT

Oktober 2015

Colofon

Het project INZET is een project uitgevoerd door een consortium van bedrijven en organisaties in het kader van het RVO-programma IPIN (Innovatieprogramma Proeftuinen Intelligente Netten).

De rapportage is tot stand gekomen met medewerking van alle consortiumpartners en is vastgesteld door de Stuurgroep INZET.

Consortiumpartners

- Zeenergie Cooperatieve Vereniging (penvoerder)
- Alliander NV
- Cofely
- Laborelec
- LEON Zeewolde
- Raedthuys Groep

Het project werd uitgevoerd in nauwe samenwerking met:

- Provincie Flevoland
- Gemeente Zeewolde
- Gemeente Almere

Auteurs

- John Baken, Overview BV, projectmanager
- Marcel Didden, Laborelec
- Jochem Garthoff, Alliander
- Solange Lecluse, Cofely

Met medewerking van:

- Maarten van Blijderveen (Alliander/Liandon)
- Nico van den Broeck (Laborelec)
- Niki Hendrixx (Laborelec)
- Dominique Joskin (Alliander)
- Frits Wattjes (Cofely)
- Leon Straathof (Cofely)

Zeewolde, Oktober 2015

Voorwoord en dankbetuiging

Het Innovatieprogramma Intelligente Netten (IPIN) wil de introductie van intelligente netten versnellen. IPIN ondersteunt de uitvoering van de aanbevelingen van de Taskforce Intelligente netten. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) voert het Innovatieprogramma Intelligente Netten uit in opdracht van het ministerie van Economische Zaken. In 2011 heeft de coöperatieve vereniging Zeenergie u.a. het initiatief genomen om een voorstel in te dienen voor een project met als doel om lokaal opgewekte duurzame energie optimaal lokaal te benutten.

De lokale overheden participeerden in het project gezien de potentiële positieve effecten op de transitie naar een duurzame energievoorziening en de versterkende effecten voor de lokale economie. Halverwege 2012 bleek dat de oorspronkelijke uitgangspunten onvoldoende basis boden om het project tot een goed einde te brengen. En daarmee ontstond de noodzaak het project aan te passen, zowel inhoudelijk als in de samenstelling van de projectparticipanten. In 2013 is onderzocht welke uitgangspunten aangescherpt moesten worden en is in samenwerking met de TU Delft een specifiek onderzoek gedaan naar opslagmogelijkheden voor groene (duurzame) energie. Met deze resultaten ter hand is een betere en perspectiefvolle projectscope gedefinieerd en is de draad weer opgepakt. In 2014 en 2015 zijn diverse praktijkexperimenten uitgevoerd, die de verwachte veelheid aan nuttige informatie hebben opgeleverd voor de totstandkoming van intelligente netten in de nabije toekomst.

Op deze plaats willen wij de projectpartners bedanken voor hun grote kennisinbreng en inzet voor het tot stand brengen van het onderzoeksresultaat en de u voorliggende rapportage. Ook spreken wij dank uit aan de provincie Flevoland en de gemeenten Almere en Zeewolde voor het vertrouwen dat zij in ons hebben gesteld. En uiteraard ook bedrijven die medewerking hebben verleend aan de praktijkexperimenten. Zonder deze bijdrage waren de resultaten niet ontdekt. Tot slot gaat een woord van dank uit naar het innovatieprogramma IPIN en RVO, zonder de financiële steun was dit project niet mogelijk geweest.

Namens de Stuurgroep INZET,

Henri van het Erve,
voorzitter Coöperatieve vereniging Zeenergie u.a.
Penvoerder IPIN project INZET

Samenvatting

De aanleiding voor dit project is de grote onbalans tussen lokale productie van duurzame energie en de momentane energievraag in Flevoland. Er is door een consortium van deskundige partijen onderzoek gedaan naar mogelijkheden om lokaal opgewekte duurzame energie meer lokaal te benutten. Het consortium heeft nauw samengewerkt met Provincie Flevoland en de gemeenten Almere en Zeewolde, die ook steeds zijn geïnformeerd over de voortgang.

In het kader van het project INZET is vooral gekeken naar de mogelijkheden voor vraagsturing bij bedrijven en in mindere mate naar opslag van elektriciteit in accu's en in de vorm van warmte. Na een intensieve wervingscampagne hebben uiteindelijk een tiental bedrijven en organisaties uit Flevoland een bijdrage geleverd aan het project. Op zich een respectabel aantal gezien de afwezigheid van een financiële prikkel in de huidige markt. Genoeg ook om veel van te leren. Binnen deze bedrijven zijn audits uitgevoerd om het potentieel voor vraagsturing te onderzoeken en concrete mogelijkheden aan te geven.

In de periode december 2014 tot en met juni 2015 zijn een tweetal type praktijkexperimenten uitgevoerd en zijn diverse simulaties gedaan om met name het scenario 'local4local' te onderzoeken (lokaal opgewekte duurzame energie lokaal benutten). Ook andere 'waardegebieden' zijn onderzocht, zoals bijvoorbeeld het gebruik van flexibiliteit om te handelen op de APX-markt.

Op één locatie is een combinatie van opslag (accu), lokale opwekking (PV) en afschakelbaar vermogen (koeling) onderzocht. Hier zijn diverse experimenten uitgevoerd, die naast inzichten op het gebied van inzet en waardering van flexibiliteit, veel praktijkervaring hebben opgeleverd met betrekking tot aansturing en functioneren van een batterij (zie bijlage 14).

In samenwerking met de warmteleverancier in de Polderwijk is de mogelijkheid onderzocht om omzetting van elektriciteit in warmte te gebruiken als flexibiliteitsoptie.

Gedurende het onderzoek is gebleken hoe complex flexibiliteit is. Er zijn verschillende technieken om flexibiliteit te realiseren. Flexibiliteit kan worden ingezet voor verschillende doeleinden, op diverse markten. Wanneer regelgeving en tariefstructuren worden meegenomen als variabelen ontstaat daarmee een breed speelveld.

In het kader van het project INZET is veel onderzoek gedaan. Dit is samengevat in 14 bijlagen die aan dit rapport zijn toegevoegd. De bijlagen zijn alle op zichzelf leesbaar. In de tekst van dit rapport is getracht beknopt de hoofdlijnen neer te zetten in voor buitenstaanders begrijpelijke taal.

De hoofdconclusie van het project INZET luidt als volgt:

Het realiseerbaar (praktisch te ontsluiten) potentieel van flexibiliteit op basis van vraagsturing bij bedrijven aangesloten op middenspanningsniveau (MS) om lokale energie te balanceren, is binnen het huidige energiestelsel zeer beperkt.

Voor een overzicht van de overige conclusies en bevindingen verwijzen we naar het betreffende hoofdstuk. De meest belangrijke nevenconclusies zijn:

- Het potentieel voor vraagsturing is sterk afhankelijk van de sector (aard van de bedrijvigheid) en ook binnen sectoren zijn er grote verschillen in mogelijkheden voor vraagsturing per bedrijf. Bovendien blijkt het praktische potentieel voor vraagsturing sterk afhankelijk te zijn van menselijke factoren. Dit maakt het lastig om het potentieel voor vraagsturing in te schatten.
- Inzet van vraagsturing is in potentie een interessante optie om kostenefficiënt netuitbreiding te verhinderen. Binnen de huidige regelgeving is dit praktisch niet mogelijk.
- Het theoretische potentieel aan flexibiliteit gekoppeld aan warmte-opslag is een veelvoud van dat van vraagsturing.

Het consortium onderzoekt de mogelijkheid om een vervolg voor het project INZET vorm te geven als een project binnen de regeling 'Experimenten Duurzame Energie'. Door gebruik te maken van 'experimenteerruimte' kunnen in de praktijk verschillende flexibiliteitsopties worden onderzocht in een omgeving die meer recht doet aan de waarde van flexibiliteit.

Inhoud

Voorwoord en dankbetuiging.....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Voorgeschiedenis	9
1.3 Projectorganisatie.....	10
1.4 Flexibiliteit en aanpak onderzoek.....	11
1.5 Leeswijzer	11
2 Vraagsturing	13
2.1 Werving bedrijven	13
2.2 Resultaten audits.....	14
2.3 Praktijkexperiment A.....	16
2.4 Analyse praktijkexperimenten	16
2.5 Theoretisch en praktisch potentieel.....	19
3 Flexibiliteit voor lokale energievoorziening	21
3.1 Samenvatting praktijkexperiment.....	22
3.2 Resultaten functionele test	23
3.3 Waardering flexibiliteit	23
3.4 Waardering flexibiliteit.....	24
3.4.1 Verbruiken van lokaal opgewekte elektriciteit.....	24
3.4.2 Piekbelasting op het net verlagen	25
4 Opslag van elektriciteit in warmte	26
4.1 Inleiding	26
4.2 Warmtelevering in Zeewolde	26
4.3 Berekeningsresultaten.....	27
5 Conclusies en aanbevelingen	29
5.1 Inleiding	29
5.2 Hoofdconclusie vraagsturing	30
5.3 Realiseerbaar potentieel vraagsturing	30
5.4 Opslag elektriciteit in accu.....	32

5.5	Inzet WKK.....	32
5.6	Warmte.....	32
5.7	Overige bevindingen.....	33
5.8	Rol netbeheerder.....	34
5.9	Aanbevelingen	35
5.10	Hoe nu verder?.....	35
	Lijst van Bijlagen	36

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Met name vanwege het grote opgestelde vermogen aan windturbines is er in de Provincie Flevoland een onbalans tussen productie van en vraag naar elektriciteit. Jaarlijks zijn er in het midden-spanningsgebied Zeewolde en een deel van Almere 320 tot 485 periodes waarop er een netto elektriciteitsvraag is, in tijd variërend van 5 minuten tot 125 uur, en met een energie-inhoud oplopend tot 1.200 MWh (Zeewolde alleen) of tot 6.250 MWh (inclusief deel Almere)(zie Bijlage 1: Samenvatting rapportage The Green Village: 'Concretisering Bufferopties voor MS balanceren'). De rest van de tijd wordt er energie geëxporteerd, naar de rest van het land.

Eind 2014 was er in Flevoland een totaal vermogen van 770 MW aan windturbines opgesteld. Naar verwachting zal dit vermogen in de jaren tot en met 2023 vrijwel verdubbelen (zie website Provincie Flevoland). De onbalans tussen vraag en aanbod van elektrische energie zal dus nog fors toenemen. Onder de huidige condities hoeft dit op zich geen probleem te zijn, zij het dat de afhankelijkheid van de van de buitenwereld toeneemt: Als het hard waait zijn de producenten van windenergie afhankelijk van transportcapaciteit en van de afname van energie elders in het land. Als het niet waait moet vrijwel alle elektriciteit van buiten worden betrokken, hetgeen niet strookt met de ambities van de provincie Flevoland op het gebied van decentrale, duurzame energievoorziening.

Het project INZET onderzoekt de mogelijkheden om lokale duurzame productie zoveel mogelijk lokaal te gebruiken en daarmee import/export uit het gebied te minimaliseren door op middenspanningsniveau te 'balanceren'. Balanceren kan mogelijk leiden tot besparingen in de infrastructuur en afhankelijk van toekomstige wijzigingen in wet- en regelgeving en/of tariefstructuren leiden tot kostenvoordelen voor afnemers en producenten van duurzame energie.

Concreet is hierbij gekeken in welke mate lokale bedrijven in staat zijn om hun energieconsumptie aan te passen om zoveel mogelijk lokale duurzame energie te gebruiken. Hoe groot is deze flexibiliteit, voor welke andere waardegebieden naast inpassing van duurzame energie is deze te benutten en onder welke randvoorwaarden? Wat betekent dit voor de toekomstige rollen van bijvoorbeeld commerciële partijen en de netbeheerder? Behalve vraagsturing zijn ook mogelijkheden voor lokale opslag onderzocht. In een van de praktijkexperimenten is daartoe een accubatterij ingezet. Bovendien is in nauwe samenwerking met Ennatuurlijk, de warmteleverancier in Polderwijk, Zeewolde een businesscase uitgewerkt voor omzetting en opslag van elektriciteit in warmte.

1.2 Voorgeschiedenis

Nadat in december 2011 het oorspronkelijke projectvoorstel was gehonoreerd door RVO, bleek al snel dat de doelstellingen zoals daarin geformuleerd niet haalbaar waren, onder andere vanwege het uitblijven van 'experimenteerruimte'. De nieuwe voorzitter van Zeenergie (de penvoerder) heeft het project nieuw leven ingeblazen, door diverse betrokken partijen te interesseren voor de lokale benutting van lokaal opgewekte duurzame energie. Zo ontstond ook veel bestuurlijke aandacht voor het project bij zowel Provincie Flevoland en bij de gemeenten Zeewolde en Almere, die allen bereid bleken (niet-financiële) partner in het project te worden en de samenwerkingsovereenkomst te ondertekenen. Medio 2013 is een nieuwe Stuurgroep geformeerd (die tevens de rol van Programma Coördinatie Commissie vervult). Deze Stuurgroep heeft de volgende activiteiten ondernomen:

- Ter voorbereiding op de praktijksimulatie het in gang zetten van een analyse van de energievraag in het te onderzoeken gebied;
- Het formuleren en in opdracht geven van een onderzoek naar de mogelijkheden voor lokale benutting van lokaal opgewekte duurzame energie (op basis van simulaties);
- Voor beide genoemde onderdelen het verstrekken van opdrachten aan The Green Village, onderdeel van TU Delft;
- Het aantrekken van een projectmanager (met ingang van januari 2014);
- Het aantrekken van een nieuwe partner ter vervanging van de uittredende partner Proxenergy;
- Het aanpassen van het projectplan en bijbehorende planning en begroting voor de verdere uitvoering van het project.

In juli 2014 is door de penvoerder een wijzigingsvoorstel ingediend bij RVO. Dit is in November 2014 formeel vastgesteld door RVO in een nieuwe beschikking.

1.3 Projectorganisatie

Consortium

Het project is uitgevoerd door een consortium bestaande uit:

- Zeenergie, energiecoöperatie binnen de gemeente Zeewolde;
- Alliander, netwerkbedrijf;
- Laborelec, research bedrijf binnen GDF Suez (inmiddels genaamd Engie) en ontwikkelaar SLEM (Smart Local Energy Management);
- Cofely, dienstenleverancier binnen GDF Suez
- LEON Zeewolde, lokale leverancier van duurzame energie;
- Raedthuys, ontwikkelaar en exploitant van duurzame energie installaties.

Stuurgroep

Het project INZET is uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van de Stuurgroep INZET, voorgezeten door de penvoerder Zeenergie. De Stuurgroep bestond naast de penvoerder uit:

- Thijs van Daalen (LEON Zeewolde), namens leveranciers en producenten;
- Harold Veldkamp (Alliander), namens de netbeheerder en Laborelec/Cofely;
- Gerben Dijksterhuis (wethouder Zeewolde), namens de betrokken overheden;
- Gerreke Petersen, secretaris.

De Stuurgroep heeft een projectmanager benoemd, die verantwoordelijk was voor de dagelijkse uitvoering (John Baken, Overview BV). De projectmanager rapporteerde aan de Stuurgroep.

Kernteam

Voor de uitvoering van het project is een kernteam samengesteld uit vertegenwoordigers van Alliander, Laborelec, Cofely en Zeenergie:

- namens Alliander: Jochem Garthoff;
- namens Laborelec, Marcel Didden;
- namens Cofely: Solange Lecluse;
- namens Zeenergie/Stuurgroep: John Baken.

1.4 Flexibiliteit en aanpak onderzoek

De onbalans tussen vraag en aanbod kan worden verminderd door flexibiliteit in vraag en aanbod. Voor balancering van vraag- en aanbod zal in de toekomst een mix nodig zijn van de volgende maatregelen (flexibiliteitsopties):

- Diversificeren in duurzame opwekking
Door combinatie van windenergie, zonne-energie en bio-energie ontstaat een vlakker aanbod patroon.
- Vraagsturing
Vraagsturing is een kosteneffectieve methode om in te spelen op het variabele aanbod van duurzame energie.
- Sturen van productie-eenheden
Hiertoe behoort ook het afregelen (*curtailment*) van duurzame bronnen
- Opslag van elektriciteit in warmte (*Power to Heat*, P2H)
Er zijn verschillende opties, maar in het algemeen kan worden gesteld dat opslag in de vorm van warmte goedkoper is dan andere vormen van opslag.
- Opslag van elektriciteit als zodanig(batterij, strikt genomen chemische energie) of in de vorm van gas (*Power to Gas*, P2G), kinetische of potentiële energie.
Hiervoor bestaan verschillende opties, elk met hun eigen karakteristieken.

In nauw overleg met de projectpartners Alliander en Laborelec is besloten in dit project het accent te leggen op het onderzoeken van de mogelijkheden van vraagsturing bij bedrijven en instellingen. Vraagsturing is een kosteneffectieve flexibiliteitsoptie in vergelijking tot opslag. Met medewerking van bedrijven in Zeewolde en Almere zijn praktijksimulaties uitgevoerd. Hierbij is aan de deelnemende bedrijven gevraagd daadwerkelijk hun proces aan te passen op basis van een aan hen verstuurd signaal. Op deze manier is waardevolle informatie vergaard over vraagsturing. Ook een elektrische opslag in de vorm van een accubatterij is meegenomen in de proeven. Tevens is onderzocht hoe opslag van elektriciteit in de vorm warmte kan bijdragen aan flexibiliteit.

1.5 Leeswijzer

Flexibiliteit is een complex onderwerp. Om dit fenomeen te kunnen begrijpen is kennis noodzakelijk van de organisatie van en de regelgeving binnen de energiesector, de verschillende elektriciteitsmarkten en de verschillende technologieën. In dit rapport is bewust gekozen voor een korte en bondige rapportage, waarbij achtergrondinformatie zoveel mogelijk is verwerkt in bijlagen, die elk zelfstandig leesbaar zijn.

Bijlagen

- Voor een de lijst van bijlagen zie de laatste pagina van dit rapport.
- Met name de bijlagen 6 en 11 bevatten algemene achtergrondinformatie over respectievelijk flexibiliteitsopties en de elektriciteitsmarkt.
- De bijlagen kunnen door geïnteresseerden worden opgevraagd bij de penvoerder Zeenergie, met uitzondering van de bijlagen die vertrouwelijke gegevens bevatten van eindgebruikers.

In hoofdstuk 2 wordt het onderwerp vraagsturing beschreven. Allereerst wordt aangegeven hoe de werving van bedrijven voor de praktijkexperimenten is verlopen. Vervolgens worden de resultaten beschreven van audits in bedrijven om de daar aanwezige mogelijkheden van vraagsturing te onderzoeken en vast te stellen. Tot slot worden de resultaten van de praktijkexperimenten beschreven en wordt een raming gemaakt van het potentieel in de provincie Flevoland voor vraagsturing in bedrijven.

In hoofdstuk 3 wordt een experiment beschreven dat gericht was op het onderzoeken van de mogelijkheden voor de opslag van elektriciteit in accubatterijen.

Hoofdstuk 4 beschrijft een business case voor het opslaan van elektriciteit in de vorm van warmte, toegepast in het stadsverwarmingssysteem in de Polderwijk te Zeewolde.

In hoofdstuk 5 zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

2 Vraagsturing

Het project INZET heeft zich geconcentreerd op het onderzoeken van de mogelijkheden voor vraagsturing bij bedrijven (zie kader hieronder voor een beknopte beschrijving van fenomeen vraagsturing en bijlage 6 voor meer achtergrondinformatie). Hiervoor hebben we een groot aantal bedrijven benaderd met de vraag medewerking te willen verlenen aan een praktijkexperiment. Bij de bedrijven die bereid waren om mee te werken hebben we een reeks van tests uitgevoerd. In dit hoofdstuk wordt beschreven:

Onderwerp	Bijlage
§ 2.1: het wervingsproces	Bijlage 2
§ 2.2: resultaten van de audits	Bijlage 3 Bijlage 13 (uitgebreide audit bloemenkweker)
§ 2.3: de wijze waarop vraagsturing is onderzocht	Bijlage 4
§ 2.4: analyse van de resultaten	Bijlage 5
§ 2.5: raming van het technische en praktische potentieel voor vraagsturing	Bijlage 6 en 7

Vraagsturing

Vraagsturing is een vorm van energieflexibiliteit, waarbij de eindgebruiker tijdelijk meer of minder energie gebruikt dan normaal en dit vervolgens op een later (of eerder) tijdstip compenseert. Er is dus sprake van het in de tijd verschuiven van een bepaalde hoeveelheid energieverbruik. Dit in tegenstelling tot energiebesparing, waarbij het energieverbruik wordt gereduceerd. Het toepassen van vraagsturing is een middel om de energievraag beter aan te laten sluiten op het variabele aanbod van duurzame energie. Bijvoorbeeld: Als het hard waait dan wordt de afname, het energieverbruik tijdelijk verhoogd, neemt de wind af dan wordt de energievraag bewust verlaagd. Zie voor meer achtergrond informatie over vraagsturing Bijlage 6: 'Theoretisch en praktisch potentieel van flexibiliteit'.

2.1 Werving bedrijven

Om de praktisch realiseerbare potentie van vraagsturing te onderzoeken ter benutting van zoveel mogelijk lokale windenergie, zijn bedrijven gevraagd om deel te nemen aan vraagsturing experimenten. Hierbij is bewust gekozen voor bedrijven in plaats van huishoudens, omdat bedrijven een grotere energievraag vertegenwoordigen en tevens meer handelingsperspectief hebben ten aanzien van flexibiliteitsmogelijkheden met vraagsturing. Met andere woorden: energetisch gezien is

niet alleen de vijver om in te vissen groter bij bedrijven (meer energieverbruik), er zwemmen eveneens veel grotere vissen in (lees meer flexibiliteit-mogelijkheden).

De selectie van bedrijven voor deelname aan het project INZET is uitgevoerd door Alliander op basis van de volledige lijst van aangesloten bedrijven in de regio Almere / Zeewolde. Er is een shortlist opgesteld op basis van de volgende selectiecriteria:

- Voor Zeewolde op basis van type bedrijf met een hoge flexibiliteitspotentie (bv koelhuizen, wkk's etc) in overleg met lokale kennis van de betreffende ambtenaar;
- Voor Almere op basis van de aansluitvermogen, waarbij eerst een top 20 is samengesteld van hoogste aansluitvermogens (tussen de 120 en 750 kW) in combinatie met hoge flexibiliteitspotentie.
- Vervolgens is deze top 20 uitbereid met lagere aansluitvermogens in combinatie met mogelijke flexibiliteitspotentie toen bleek dat de werving stroef liep.

De bedrijven op de shortlist werden vervolgens gecontacteerd per brief door de betrokken ambtenaar van de gemeente waar de bedrijven gelegen zijn. Een uitvoerige rapportage van het wervingsproces is beschreven in bijlage 2. We kunnen stellen dat het wervingsproces vrij moeizaam is verlopen. Uiteindelijk zijn zo'n kleine 80 bedrijven actief benaderd. Bij 13 bedrijven werd een flexibiliteitsaudit uitgevoerd en 8 bedrijven hebben uiteindelijk deelgenomen aan de praktijkexperimenten (zie ook paragraaf 2.5 voor een verdergaande analyse). Belangrijke conclusies m.b.t. het wervingsproces zijn:

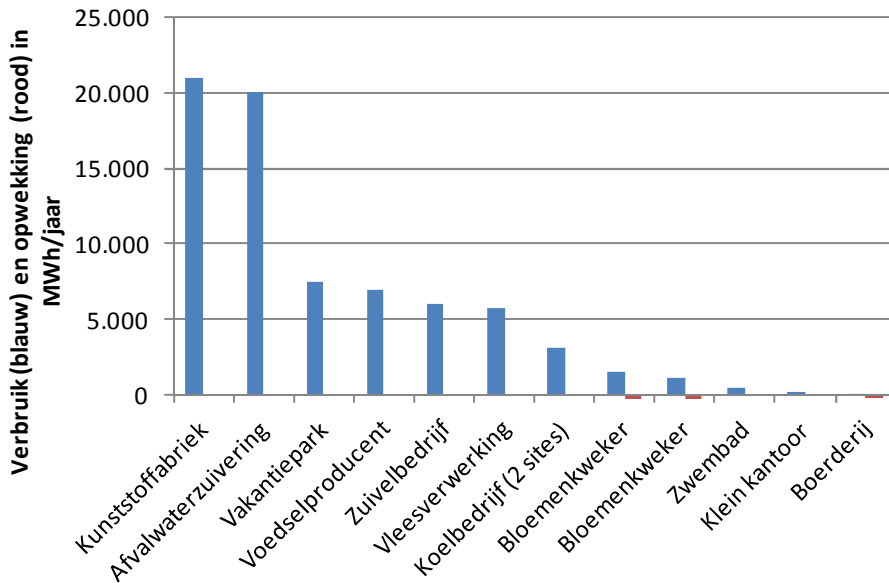
- Over het algemeen constateren we, dat het onderwerp vraagsturing (nog) niet leeft bij het merendeel van de bedrijven;
- Aanwezige kennis van energie en de ambitie om duurzaamheid te gebruiken voor het imago vormen een sterke stimulans voor deelname flexibiliteitstesten, zeker voor de korte termijn;
- Veel staat of valt met een betrokken medewerker, een op duurzaamheid georiënteerde DMU, voor constructieve betrokkenheid bij flexibiliteitstesten;
- Werving op basis van aansluitgegevens (koude acquisitie) is veel minder effectief dan via directe/warme contacten (lokaal netwerk/branchevereniging).

2.2 Resultaten audits

Tijdens het project werden 13 bedrijfsbezoeken uitgevoerd tussen oktober 2014 en maart 2015. Tijdens de bezoeken werd geïnterviewd of deze bedrijven in de praktijkexperimenten konden deelnemen op basis van volgende twee criteria:

1. Voldoende flexibiliteit zodat een vraagsturings-actie zichtbaar zou zijn op de hoofdmeter
2. Interesse om deel te nemen aan de praktijkexperimenten

Bij acht van deze bedrijven waren beide criteria vervuld, één bedrijf met veel flexibiliteit had geen interesse in deelname en de overige vier hadden niet voldoende flexibiliteit. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de activiteit en het jaarverbruik van de dertien bezochte bedrijven.



Figuur 2.1 Jaarverbruik van bedrijven waar audit werd uitgevoerd in MWh/jaar

Het gemiddelde jaarverbruik van deze bedrijven is 6,2 GWh.

Onderstaande tabel vat de flexibele processen samen per bedrijf:

Flexibiliteit	
Kunststoffabriek	Weinig
Afvalwaterzuivering	Gemalen, zuivering
Vakantiepark	Weinig, evt in waterpompen, luchtbehandeling
Voedselproducent	Halkoeling, verwarming buitentanks
Zuivelbedrijf	Weinig
Vleesverwerking	Mogelijk Airconditioning
Koelbedrijf (2 sites)	Koeling
Bloemenkweker	WKK, verlichting
Bloemenkweker	WKK, verlichting
Zwembad	Weinig, evt in Pompen, ventilatoren
Klein kantoor	Airconditioning / Warmtepomp
Boerderij	Koeling

Tabel 2.1 Flexibele processen van de onderzochte bedrijven

De bedrijven werd gevraagd om vrijwillig deel te nemen aan de testen zonder financiële vergoeding. Bij de acht deelnemende bedrijven werden voornamelijk twee redenen aangehaald als motivatie om aan de experimenten mee te doen:

1. Energiekosten maken een substantieel deel uit van de totale bedrijfskosten (>10%). Hierdoor is het interessant te weten of de energierekening met gebruik flexibiliteit verlaagd kan worden.
2. Er is een intrinsieke duurzaamheidsmotivatie

2.3 Praktijkexperiment A

Tijdens de vraagsturingsexperimenten is aan deelnemende bedrijven gevraagd om het elektriciteitsverbruik op verschillende momenten in de testweek actief aan te passen. Hierbij is uitgegaan van de huidige marktcondities, dat wil zeggen dat er geen financiële vergoeding voor de geleverde flexibiliteit is toegepast.

Één dag voor de testweek ontvangen ze een signaal via mail of sms om meer of minder energie te gebruiken gedurende twee uur op drie verschillende momenten tijdens deze testweek. Hierbij is de timing van het signaal willekeurig gekozen om het principe van flexibiliteit aan te tonen.

Om de vergelijkbaarheid en daarmee de kwaliteit van de meetresultaten te garanderen is gekozen voor één type signaal. Na afloop zijn de effecten op het verbruiksprofiel van de bedrijven geanalyseerd en de ervaringen van de betrokkenen geëvalueerd.

Afhankelijk van de locatie in het netwerk van de deelnemende bedrijven zijn aanvullende netmetingen geplaatst om de lokale effecten van de gemeten flexibiliteit op het netwerk vast te stellen.

Het testprotocol is opgenomen in Bijlage 4.

2.4 Analyse praktijkexperimenten

In Tabel 1 is een overzicht opgenomen van de deelnemende bedrijven met een samenvatting van de resultaten. Een uitgebreide analyse van de verschillende praktijkexperimenten is opgenomen in Bijlage 5.

Bedrijf	Type	Ingeschatte flexibiliteit audit	Flexibiliteit*	Motivatie	Enthousiasme
Margarine en olie verwerker	olie/boter productie	fractie van opgesteld vermogen halkoeling 70kW	geen	Kennis, Duurzaam	☺
Zuivelverwerker	zuivel	Circa 100 kW, 30% van opgesteld vermogen koeling	<u>grove indicatie, niet statistisch</u> circa 15% ↓; indicatief 80 tot 160 kW 100 tot 130 kWh	Onbekend	-
MKB kantoorpand	kantoor/ assemblage	fractie van afgenomen vermogen klimaatinstallatie 30 tot 70kW	circa 17 tot 25% ↓; 4 tot 6kW, 7 tot 17 kWh	Duurzaam	☺ ☺
Vrieshuis (Harderwijk)	Vrieshuis 1	150 tot 300 kW ↑ 100 tot 250 kW ↓	120%↑; 150 tot 300 kW, 310 tot 510 kWh & 40%↓; 100 tot 250 kW, 100 tot 340 kWh	Kennis, Duurzaam	☺ ☺ ☺ ☺
Vrieshuis (Amsterdam)	Vrieshuis 2	150 tot 300 kW ↑ 100 tot 250 kW ↓	30%↑; 150 tot 300 kW, 100 tot 380 kWh & 60%↓; 100 tot 250 kW, 560 tot 620 kWh	Kennis, Duurzaam	☺ ☺ ☺ ☺
Waterschap	waterschap	Fractie opgenomen vermogen AWZI, circa 60 kW	13% ↓; 13 kW, 75 kWh AWZI 68% ↓; 11 kW, 70 kWh toevoer pomp AWZI	Kennis, Duurzaam	☺ ☺
Agrarisch centrum	agrarisch	Geen inschatting ivm ontbreken verbruiksgegevens	Geen analyse uitgevoerd: data verloren gegaan door blokkade telecom provider	Kennis, Duurzaam	☺ ☺

Tabel 1: Overzicht deelnemende bedrijven praktijk-experiment A

*De gebruikte definitie van flexibiliteit is de toe- of afname van het verbruik ten opzichte van het verwachtingspatroon.

Wanneer het bedrijf in de stuurperiode normaal 100kWh zou verbruiken en nu 50kWh, spreken we van een flexibiliteit van 50%.

Uit de praktijkexperimenten in combinatie met bovenstaande tabel valt op dat ten aanzien van:

Flexibiliteit

- Er in de praktijk flexibiliteit bij bedrijven te ontsluiten is, variërend van 10 tot 120% (5 tot 600 kWh afschakelen en tot 500 kWh bijschakelen);
- Er zowel af- als bijgeschakeld kan worden;
- De mate van flexibiliteit zeer sterk door het operationele bedrijfsproces bepaald wordt en daarmee uitermate niche specifiek is: liever 1 vrieshuis dan 20 kantoorpanden;
- Er bedrijven zijn waar geen flexibiliteit gemeten is, ondanks theoretisch technische potentie en toezeggingen van de direct betrokkenen om operationele processen aan te passen;
- Het vrieshuis als enige van de geauditeerde bedrijven een flexibiliteit laat zien die zeer sterk overeenkomt met de inschatting uit de voorafgaande audit. Daarbij dient vermeld te worden dat niet voor alle geauditeerde bedrijven een goede inschatting gemaakt kon worden door een beperkte beschikbaarheid van energiedata;

- De gedemonstreerde flexibiliteit van de waterzuivering (AWZI) van Zeewolde is gerealiseerd door een toervoerpomp tijdelijk stil te zetten en daardoor afhankelijk van de afvalwaterbuffercapaciteit in het rioolstelsel. Dit zal voor elke AWZI verschillen afhankelijk van het type rioolstelsel met bijbehorende buffermogelijkheden;
- Naar verwachting is de flexibiliteitspotentie van het waterschap groter voor het oppervlaktewaterbeheer dan voor het zuiveringsbeheer. Om praktische redenen is de flexibiliteitspotentie voor het oppervlaktewaterbeheer via simulaties uitgevoerd, zie hoofdstuk waardering van flexibiliteit;
- De flexibiliteit, zoals gedemonstreerd in het MKB kantoorpand, is weliswaar beperkt qua energie inhoud, maar kan als representatief worden beschouwd voor kantoorpanden met een warmtepomp als klimaatinstallatie. Daarbij is de flexibiliteitspotentie in de wintermaanden hoger dan in warmere maanden;
- Een nadeel van warmtepompflexibiliteit is de herstelpiek die ontstaat na de vraagsturingsperiodes. Dit leidt naast een netto toename van energieconsumptie, ook tot hogere energiepieken in vergelijking met het normale verbruikspatroon. Daarmee is de flexibiliteit lastig in te zetten voor reductie van netcapaciteit.

Effecten netwerk

- Zowel bij het kantoorpand als bij het agrarisch centrum zijn geen effecten van de gedemonstreerde flexibiliteit op het netwerk via de netmetingen teruggevonden. De flexibiliteit van deze bedrijven bleek te klein om het op netniveau te kunnen onderscheiden. Nog wel bevestigen voor het agrarisch centrum.

Motivatie

- Kennis opdoen over energietransitie en duurzaamheidsbranding in relatie tot MJA's (meer jaren afspraken) en carbon footprint zijn belangrijke motieven voor deelname aan de vraagsturingsexperimenten, zeker voor de korte termijn;
- Er ondanks het ontbreken van een financiële vergoeding toch nog zeven bedrijven bereid gevonden zijn om aan vraagsturingsexperimenten deel te nemen.
- Het moeilijk was voor de direct betrokkenen om een vergoeding te bepalen voor de gedemonstreerde flexibiliteit; liever zag men dit terug in de vorm van MJA's en vergroting van het groene imago;
- Een op duurzaamheid georiënteerde DMU (decision making unit in de vorm van een 'energiemannetje') bepalend is voor een constructieve betrokkenheid bij de vraagsturingsexperimenten;

Bedrijfsinzichten

- Er door deelname aan de vraagsturingsexperimenten waardevolle inzichten over de optimalisatie van het energieverbruik bij de vrieshuizen zijn opgedaan, zoals:
 - nader onderzoek ten aanzien van relatief hoog niveau basisverbruik;
 - lagere energiepieken in de praktijk dan opgenomen in energiecontract; was dit andersom geweest dan zo het ontsluiten van maximale flexibiliteit worden

teggengewerkt door extra kosten in verband met het overschrijden van de maximale capaciteit of het vergroten van de aansluitcapaciteit;

- de mogelijkheid om een toekomstig PV-systeem te dimensioneren op basis van praktijk piekverbruik.

Analyse methode

- Dat in literatuur beschreven meet- en verificatieprotocollen voor profielvoorspellingen een gemiddelde foutmarge van 14 tot 16% leveren, waarbij uitschieters tot 237% afwijking geobserveerd zijn.
- Er geen eenduidige analyse methode beschikbaar is om flexibiliteit vast te stellen. Na het vergelijken van vier verschillende methoden om energieprofielen te voorspellen is gekozen voor een nearest-neighbour-aanpak voor het vaststellen van de flexibiliteitsinhoud. Met deze methode bleek het mogelijk om met een gemiddelde foutmarge van 10% profielvoorspellingen te kunnen geven. Uitschieters werden hierbij beperkt tot 95%.
- Er een kans bestaat dat gemeten afwijkingen van profielen toevalstreffers zijn. Hiervoor is een verdelingsvrije wilcoxon-toets gebruikt om vast te stellen of de gemeten waarden significant afwijken van de historische trends en er daardoor sprake is van flexibiliteit.

2.5 Theoretisch en praktisch potentieel

In de literatuur worden segmenten genoemd die theoretisch potentieel¹ voor vraagsturing hebben. Voor de industrie zijn dit: productiebedrijven, materiaal, metaal, papier, chemie, agricultuur (mits er een WKK aanwezig is), koel- en vrieshuizen. Het potentieel is echter zeer afhankelijk van het soort bedrijf binnen een specifiek segment. De spreiding tussen redelijke en goede potentie in flexibiliteit is binnen een segment groot.

De high-potential segmenten vanuit de utiliteit betreffen: kantoren, groothandel, horeca, datacenters, afvalwaterverwerking, zwembaden, ziekenhuizen, supermarkten. In het algemeen geldt dat de hoeveelheid flexibiliteit beperkt is aangezien er minder energie wordt verbruikt in de utiliteitssector. Maar ook hier geldt: het is echter zeer afhankelijk van het soort bedrijf binnen een specifiek segment.

Op basis van de tests, interviews, literatuur en geaggregeerde bedrijfsgegevens in Zeewolde, Almere en Flevoland hebben we een indicatie gegeven voor het aantal bedrijven dat theoretisch potentieel biedt voor flexibiliteit in de provincie. Hierbij valt op dat het aantal bedrijven dat realiseerbaar potentieel biedt bijna een orde kleiner is dan het aantal bedrijven dat theoretisch potentieel zou kunnen bieden vanwege bedrijfsspecifieke omstandigheden. Dit gegeven, naast het

¹ Anders dan bij energiebesparing is het bij flexibiliteit lastig om te spreken over een theoretisch potentieel. Theoretisch kan immers alle vermogen worden afgeschakeld. In dit rapport gebruiken we theoretisch en technisch potentieel als termen om aan te duiden welk potentieel er bestaat, zonder de normale bedrijfsvoering op onacceptabele wijze wordt verstoord. Het praktisch potentieel houdt rekening met economische en 'human factor' aspecten.

gegeven dat het potentieel voor vraagsturing binnen een sector zeer bedrijfsspecifiek is, maakt het lastig om een extrapolatie te maken naar het potentieel voor de gehele provincie Flevoland.

Meer informatie over de flexibiliteit per segment is te vinden in bijlage 6.

Daarom hebben we met extra aannames en simulaties een schatting gegeven voor het maximale theoretische potentieel om windenergie ook lokaal te gebruiken. We zien dan dat alle bedrijven met een eigen middenspanningsruimte in het deel van Flevoland dat door Liander wordt bediend, samen in staat zijn om de energie van 20 windmolens extra lokaal te gebruiken. Door de aannames die gedaan zijn om tot dit getal te komen, kunnen we dit beschouwen als een bovengrens van het potentieel. De twee belangrijkste aannames zijn:

- 1) 50% van de opgetelde MSR-vermogen is beschikbaar voor vraagsturing
- 2) waarbij dat vermogen per dag onbeperkt flexibel ingezet kan worden.

Wanneer de resultaten van de werving en interviews in acht genomen worden, reduceert dit potentieel met bijna 90% naar een of twee windmolens.

Uit de aansluitgegevens blijkt dat er een kleine groep bedrijven is die een bovengemiddeld grote aansluiting heeft. Als deze bedrijven én theoretische potentie heeft én bereid is om dat in te zetten, kan dat effectiever zijn dan het inzetten van veel kleine beetjes vraagsturing. Voor meer details over de methode en berekeningen wordt verwezen naar bijlage 7.

3 Flexibiliteit voor lokale energievoorziening

In dit hoofdstuk beschrijven we een tweede experiment, waarbij verschillende flexibiliteitsopties zijn meegenomen om te onderzoeken hoe deze kunnen bijdragen aan een scenario waarin lokaal opgewekte elektriciteit optimaal lokaal kan worden benut. Binnen dit local-for-local experiment onderzoeken we drie deelaspecten:

1. Functionele test
2. Technische test
3. Waardering en regelgeving

Ieder deelaspect heeft eigen onderzoeksvragen die we willen beantwoorden:

Functionele test

De relevante onderzoeksvragen binnen de functionele testen zijn:

- In hoeverre is het mogelijk, dat de pilotdeelnemers gezamenlijk kunnen reageren op stuursignalen van een local-for-local scenario? Hierin is het streven, dat de betrokken deelnemers zowel in hetzelfde deernet zitten alsook het signaal op hetzelfde tijdstip ontvangen.
- Kunnen we een aantoonbare verandering zien in het netgedeelte dat we bestuderen?

Technische test

De relevante onderzoeksaspecten voor de technische test zijn:

- Automatisering technisch: het op afstand monitoren en aansturen van installaties
- Onderzoeken van de potentiële flexibiliteit indien batterijen worden toegepast voor vraagsturing
- Uitbreiden van ervaring in het parametriseren/configureren van flexibele loads en batterijen/opslag
- Uitbreiden en toetsen van de aanvullende functionaliteiten in SLEM

Waardering en regelgeving

De relevante onderzoeksvraag voor waardering is:

- In hoeverre is het wetgevend en economisch interessant om de flexibele belastingen op deze manier aan te sturen?

Het hoofdstuk is als volgt ingedeeld:

§ 3.1 beschrijft het praktijkexperiment

§ 3.2 beschrijft de functionele resultaten

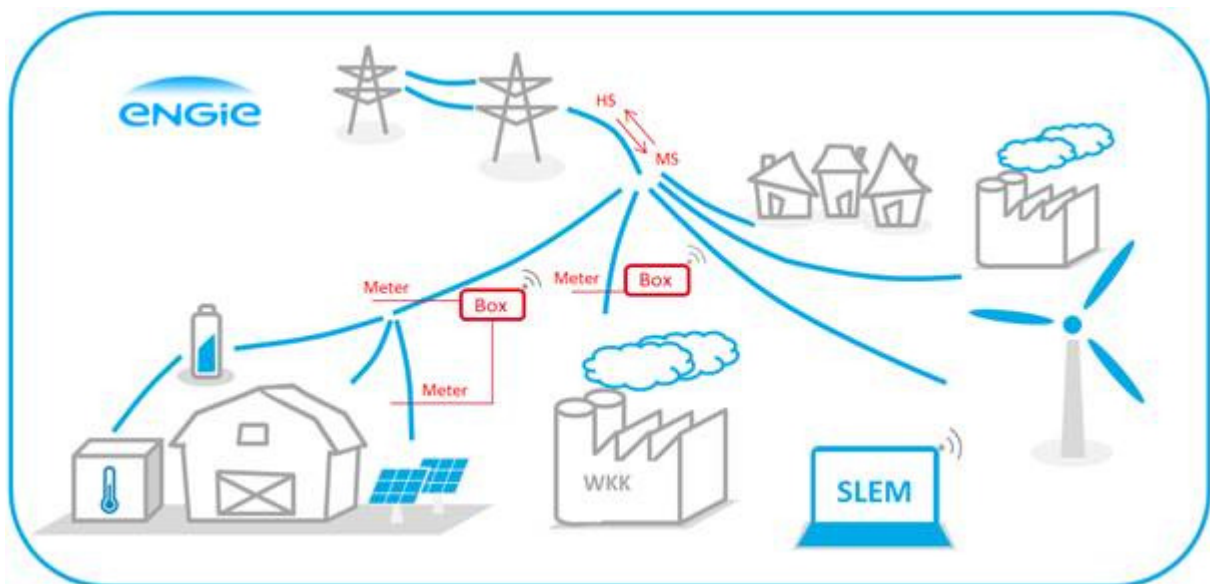
§ 3.3 beschrijft de technische resultaten

§ 3.4 beschrijft de overwegingen rond waardering en regelgeving

3.1 Samenvatting praktijkexperiment

In de tweede testperiode is middels een geautomatiseerd systeem (SLEM: het door Laborelec en Cofely ontwikkelde Smart Local Energy Management systeem) bepaald wanneer er flexibiliteit geleverd moest gaan worden binnen een local-for-local filosofie. Het daadwerkelijk leveren van de flexibiliteit door de bedrijven wordt geautomatiseerd als het bedrijf en het bedrijfsproces dit toelaten.

Gedurende testperiode B zijn testen uitgevoerd bij het agrarisch centrum en de tuinder. Het ging daarbij om het geautomatiseerd aansturen van een batterij en koeling bij het agrarisch centrum en om handmatige aansturing bij de tuinderij (zie Figuur 3.1). Het moment van en de mate van afschakeling zijn zodanig bepaald dat de energiestroom tussen hoogspanning en middenspanning minimaal is. Dit houdt in dat lokaal geproduceerde energie zoveel mogelijk lokaal zal worden gebruikt. Hiervoor dient onder andere rekening te worden gehouden met de productie van windenergie.



Figuur 3.1: Situatieschets Inzet B experiment; minimalisering energiestroom tussen HS en MS.

Een volledige beschrijving van de praktijkexperiment B is te vinden in de beschrijving van de testen bij de tuinder en de batterij (Bijlagen 13 resp. 14).

3.2 Resultaten functionele test

De ambitie, om enkele flexibele klanten in eenzelfde deelnet, tegelijkertijd af te schakelen, hebben we moeten loslaten. Er waren geen bedrijven met flexibiliteit die op hetzelfde deelnet zaten. Tevens zijn de deelnemers niet tegelijkertijd aangestuurd vanwege vertraging bij het implementeren van de aansturen van de batterij. De drie flexibele belastingen zijn aldus individueel aangestuurd op basis van een virtueel deelnet met gegevens van daadwerkelijke windturbines en aangesloten. We concluderen, dat het aansturen van bedrijven in een local-for-local scenario op geautomatiseerde manier mogelijk is:

- De batterij werd automatisch gestuurd door SLEM
- De koeling bij het agrarisch bedrijf en de WKK werden semi-automatisch gestuurd: de betrokken bedrijfsverantwoordelijken hebben op basis van wind- en afname forecast een telefoontje/SMS van ons gekregen. Op basis hiervan hebben zij de processen middels een timer de gevraagde acties laten uitvoeren.
- Alle drie de flexibele belastingen hebben gereageerd zoals verwacht.

3.3 Resultaten technische testen

Deze paragraaf beschrijft de detailresultaten van de technische testen.

Automatisering technisch

Voor de tweede testperiode was een van de doelen het geautomatiseerd aansturen en monitoren van de installaties. Hiertoe is bij zowel het agrarisch centrum als bij de tuinder een SLEM box geplaatst waarmee de elektriciteit van de zonnepanelen en hoofdmeter, respectievelijk de WKK zijn uitgelezen (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

De metingen zijn geslaagd, echter is wegens een onverwacht grote hoeveelheid dataverkeer het data abonnement bij de tuinder (waarmee de meetdata naar het datacenter werd verstuurd) door de telecom provider geblokkeerd. Hierdoor zijn de metingen tijdens schakelmomenten bij de tuinder niet in SLEM terecht gekomen.

Naast het monitoren van de metingen is de batterij bij het agrarisch centrum geautomatiseerd aangestuurd. Een technische beschrijving van de testopstelling is te vinden in bijlage 8 (Draaiboek Testperiode 2).

Parametrering opslag en uitbreiding SLEM

Het gebruik van SLEM voor het aansturen van een batterij is een toepassing waarmee nog relatief weinig ervaring was opgedaan. Daarom is er binnen dit project gekeken hoe een batterij kan worden geparametreerd zodanig dat deze binnen SLEM kan worden gebruikt voor local4local optimalisaties. Het day-ahead algoritme in SLEM kan omgaan met installaties die op veel verschillende niveaus kunnen draaien (niet enkel aan/uit) en afhankelijk zijn van een buffer. Een buffer is bijvoorbeeld een vat dat vol loopt of temperatuur die oploopt. De batterij van INZET zou kunnen worden gezien als de

buffer, waarbij de het laden van de batterij gezien kan worden als het gebruiken van een installatie. De lader verbruikt de energie of levert het terug, waardoor de buffer zich vult/leegt. Op deze manier kan een batterij in SLEM worden geconfigureerd.

Voor het uitvoeren van de tests bij de tuinder is een email functionaliteit ingebouwd in SLEM, welke beschreven staat in bijlage 8.

3.4 Waardering flexibiliteit

Binnen dit praktijkexperiment hebben we de functionele en technische mogelijkheden bekeken om de elektriciteitsvraag aan te passen op basis van lokaal geproduceerde elektriciteit. Dit effect is bepaald aan de hand van het gemeten collectieve verbruiksprofiel van Trekkersveld, de gemeten windproductie profielen en de handelsprijzen op diverse Europese markten. We concludeerden, dat het functioneel en technisch goed mogelijk is om de voorhanden flexibiliteiten binnen dit local-for-local scenario aan te sturen. Er is echter geen economische grondslag voor dit scenario. Deze paragraaf bespreekt hoe de succesvolle proef wel waarde kan opleveren in het huidige systeem. Er zijn namelijk andere scenario's mogelijk waarin verschillende partijen zijn, die de flexibiliteit van aangesloten willen gebruiken:

- De lokale netbeheerder (DSO) voor het verlagen van de pieken zodat een eventuele uitbreiding van de netinfrastructuur kan worden uitgesteld of vermeden kan worden;
- De energieleverancier voor betere inkoop op de internationale markten.

Daarnaast kan de flexibiliteit ook gebruikt worden door de TSO (Tennet) voor de netbalancing. Dit valt echter buiten de scope van deze studie.

3.4.1 Verbruiken van lokaal opgewekte elektriciteit

Uit het onderzoek blijkt dat de doelstelling om zo veel mogelijk lokaal opgewekte elektriciteit te verbruiken concurreert met de mogelijkheid om goedkoop in te kunnen kopen op de markten. Dit geldt zowel voor een markt waar de prijs beïnvloed wordt door de windproductie (de Deense markt) als voor een markt waarbij dat momenteel minder het geval is (de Noorse markt). Als de elektriciteitsvraag flexibel wordt ingezet om meer lokale elektriciteit te verbruiken resulteert dit in beide markten in gederfde inkomsten, omdat er minder op de markten gehandeld kan worden. Zo kan een waterschap mogelijk tot 17% kosten besparen wanneer men de gemalen gaat sturen op de APX markt.

Deze gederfde inkomsten zullen gecompenseerd moeten worden. Uit de simulaties blijkt dat maximaal 10% meer lokaal geproduceerde elektriciteit verbruikt kan worden als aangenomen wordt dat het elektriciteitsverbruik van de bedrijven per dag aangepast kan worden. Voor meer details wordt de lezer verwezen naar bijlage 9: 'De waarde van flexibiliteit'.

Het inzetten van flexibiliteit kan in verschillende vormen. Voor drie specifieke vormen zijn de kosten voor het leveren van flexibiliteit bepaald om zoveel mogelijk lokaal geproduceerde elektriciteit te verbruiken: het aan- en uitzetten van een WKK, het inzetten van een batterij en het afschakelen van

windmolens (wanneer de WKK's in het gebied al uit staan en er een overschot aan lokale elektriciteit is). De aangeslotenen zullen hiervoor gevraagd worden om op sommige momenten hun flexibiliteit niet meer in te zetten voor goedkope elektriciteitsinkoop op de markten. Zij zullen dit enkel doen indien iemand (bijvoorbeeld de netbeheerder) deze inkomstenderving hiervan compenseert. De compensatie die minimaal geboden moet worden om gebruik van lokaal geproduceerde elektriciteit te stimuleren is voor de WKK het laagst en voor de batterij een factor 10 hoger. Voor meer details wordt de lezer verwezen naar bijlage 11: 'Lokale Balancerings'.

3.4.2 Piekbelasting op het net verlagen

Door lokaal opgewekte elektriciteit lokaal te verbruiken, gaat de exportpiek omlaag met bijna 15%. Deze verlaging biedt ruimte om extra windenergie aan te sluiten zonder daarvoor de netten te hoeven uitbreiden. Om de eventueel bespaarde netkosten ook te kunnen uitkeren, zal het huidige tarievenstelsel grondig herzien moeten worden. In de eerste plaats zullen collectieve tarieven mogelijk moeten zijn. Dat houdt in dat een bepaald gebied, zoals bijvoorbeeld Trekkersveld, als collectief één aansluittarief betaalt. Dat betekent dat de bedrijven in dat gebied afhankelijker van elkaar worden op het gebied van hun energievoorziening. Ten tweede zullen deze collectieve tarieven gebaseerd moeten zijn op de lokale kosten. Dit betekent dat er ook gebieden zullen zijn waar geen netkosten bespaard kunnen worden door lokale elektriciteit te verbruiken én dat er gebieden zullen zijn waar de netkosten hoger zullen zijn dan nu. Voor meer details wordt de lezer verwezen naar bijlage 9: 'De waarde van flexibiliteit'.

Ook is er gekeken naar wat de minimale financiële compensatie moet zijn voor de WKK, de batterij en het afschakelen van windenergie om enkel de piekbelasting op het net te verminderen (hierbij wordt dus niet gestreefd naar het zoveel mogelijk verbruiken van lokaal geproduceerde elektriciteit). Daarbij zien we dat de benodigde compensatie voor de WKK het laagst is en die voor de batterij enkele ordes hoger. Voor meer details wordt de lezer verwezen naar bijlage 11: 'Lokale Balancerings'.

Indien we er vanuit gaan dat aangeslotenen hun flexibiliteit inzetten, waar ze het meest verdienen, zullen ze deze gebruiken voor de energiemarkt aangezien de netbeheerder geen vergoeding mag geven. In ons praktijkexperiment hebben we het scenario onderzocht waarin de netbeheerder wel financiële compensatie mag geven voor het verlagen van de piekbelasting. We zijn ervan uitgegaan dat de huidige nettarieven de netkosten reflecteren. We concluderen dat de flexibiliteit voor sommige flexibele belastingen meer waarde heeft voor de netbeheerder dan op de energiemarkten. Wel concluderen we dat de kosten, enkel voor het verlagen van pieken, voor de eerste MW vrij laag zijn. Indien men meerdere MW wil verlagen, worden de kosten steeds hoger.

We adviseren om dit in een verdere studie te onderzoeken. Indien er wel situaties zijn waar het lokaal verbruiken van lokaal opgewekte elektriciteit de meest optimale inzet van flexibiliteit is, dient een stakeholderanalyse te worden uitgevoerd naar de wenselijkheid van een aangepaste regelgeving. Het vergoeden van flexibiliteit door de niet-commerciële netbeheerder kan als marktverstoring worden gezien door commerciële partijen, bijv. de energieleveranciers.

4 Opslag van elektriciteit in warmte

4.1 Inleiding

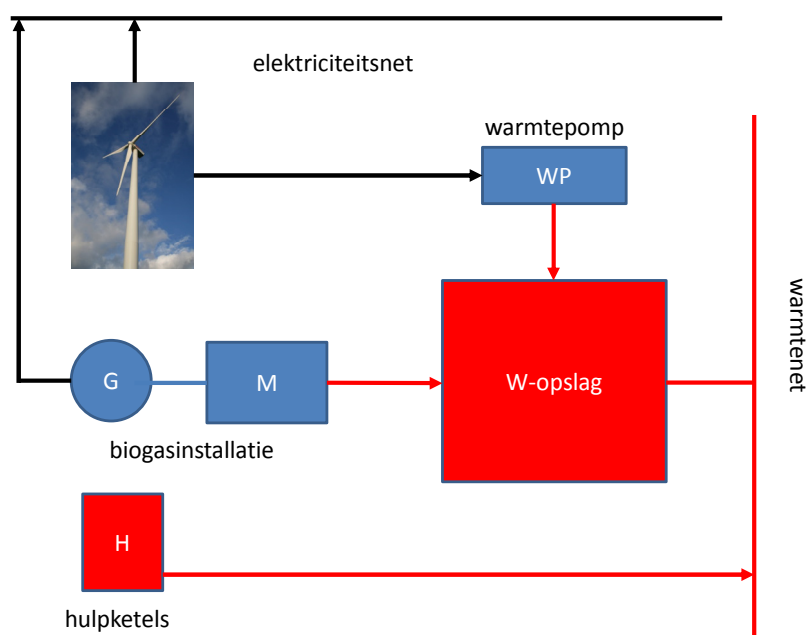
De benodigde investeringen per eenheid energie voor opslag van elektriciteit in accu's zijn hoog. Opslag van elektriciteit kan ook in de vorm van warmte, bijvoorbeeld in warmwaterbuffers. Gezien de hoge vraag naar warmte (in de gebouwde omgeving is deze in Nederland meer dan twee keer zo groot als de vraag naar elektriciteit) is dit een zinvolle optie, die bovendien kosteneffectiever is dan opslag in de vorm van elektriciteit. Overigens hoeft niet alle in warmte omgezette elektriciteit te worden opgeslagen, omdat deze vaak direct kan worden benut. Dit is de reden waarom in het kader van het project INZET de mogelijkheden van warmtelevering en -opslag zijn onderzocht aan de hand van een concrete casus.

4.2 Warmtelevering in Zeewolde

Ennatuurlijk levert warmte in de Polderwijk in Zeewolde. Ennatuurlijk koopt hiervoor warmte in van een boer die een warmtekrachtinstallatie bedrijft, gestookt op biogas. Momenteel wordt aan ca. 1000 woningen warmte geleverd en voorziet de biogasinstallatie op jaarbasis voor zo'n 65% in de vraag. Voor de resterende warmtevraag heeft Ennatuurlijk aardgasgestookte ketels opgesteld. Er is ook in de bestaande situatie een mogelijkheid ingebouwd om warmte op te slaan, om het aanbod vanuit de bio-wkk optimaal te benutten. Ennatuurlijk streeft er naar om zoveel mogelijk duurzaam geproduceerde warmte te leveren.

Er is nog een uitbreiding van de Polderwijk voorzien met zo'n 700 woningen. Hierdoor zal de toekomstige warmtevraag toenemen en zal er behoefte ontstaan aan aanvullende vormen van warmteproductie, gezien de beperkingen in de biogasinstallatie. In nauw overleg met Ennatuurlijk zijn er berekeningen gemaakt om te onderzoeken of inzet van een warmtepomp, waarmee elektriciteit kan worden omgezet in warmte, een haalbare optie is. In onderstaande figuur is de configuratieweergegeven die is onderzocht.

NB: Dit is slechts één voorbeeld van warmtelevering en opslag en wel op wijkniveau. Er bestaan vele vormen van warmteproductie, levering en opslag. Ook op het niveau van één huishouden is warmte-opslag mogelijk. We kennen al de elektrische boiler, maar wereldwijd wordt veel onderzoek gedaan naar vormen van compacte thermische opslag in phase change materials en thermochemische opslag, gekoppeld aan bijvoorbeeld zonthermische systemen.



Figuur 4.1: Casus Ennatuurlijk

4.3 Berekeningsresultaten

Er zijn diverse scenario's doorgerekend. In bijlage 10 zijn deze uitvoerig beschreven. Steeds blijkt dat uitgaande van elektriciteitsprijzen op de spotmarkt, inzet van een warmtepomp een netto financieel voordeel oplevert ten opzichte van het gebruik van aardgas voor warmteproductie. Het financiële voordeel wordt echter steeds beperkt door de hoge netwerkkosten voor de zwaardere elektrische aansluiting die nodig is voor de warmtepomp. Hierbij is echter geen rekening gehouden met enige waardering van flexibiliteit. Omzetting van elektriciteit in de vorm van warmte al dan niet gecombineerd met opslag verhoogt de lokale benutting van windenergie substantieel. Uitgaande van extra buffercapaciteit kan in de Polderwijk maximaal 4.000 MWh aan elektriciteit worden omgezet in warmte.

De belangrijkste conclusies uit de berekeningen zijn:

- Het financiële resultaat/rentabiliteit is sterk afhankelijk van:
 - a. het rendement van de warmtepomp (COP)
 - b. de netwerkkosten toe te rekenen aan de elektrische aansluiting van de warmtepomp;
- Uitgaande van een conservatief ingeschat rendement van de warmtepomp en zonder rekening te houden met waardering van flexibiliteit kan het financiële voordeel oplopen tot 45k€ op jaarbasis (zonder uitbreiding van de bestaande buffercapaciteit).
- Inzet van een warmtepomp aangedreven met duurzaam opgewekte elektriciteit leidt tot een aanzienlijke aardgasbesparing en daarmee CO₂-reductie;
- De opnamecapaciteit voor een warmtenet van ca. 1.700 woningen bedraagt orde grootte 4000 MWh aan elektriciteit. Gegeven het feit dat de woningvoorraad van Flevoland 161.000 bedraagt is het theoretische potentieel aan flexibiliteit gekoppeld aan warmte-opslag een veelvoud van dat van vraagsturing.
- Daadwerkelijke toepassing van deze vorm van opslag zal afhankelijk zijn van toekomstige ontwikkelingen op het gebied van tariefstructuren.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Inleiding

Met als uitgangspunt lokaal opgewekte DE lokaal te benutten heeft het onderzoek INZET zich geconcentreerd op vraagsturing bij bedrijven aangesloten op het MS-net (veelal MKB-bedrijven).

Daarnaast zijn andere vormen van flexibiliteit onderzocht:

- Opslag van elektriciteit in een accu
- Sturen van productie-eenheden (WKK)
- Opslag van elektriciteit in warmte (Power to Heat, P2H)

Hieronder zijn daarom de conclusies geformuleerd, geordend als volgt:

- Een hoofdconclusie m.b.t. vraagsturing;
- Nevenconclusies m.b.t. vraagsturing betreffende de belangrijkste factoren die het praktische potentieel beïnvloeden (technisch potentieel, waardering en de 'human factor');
- Conclusies m.b.t. opslag in een accu, sturen wkk's en opslag in de vorm van warmte;
- Overige bevindingen.

Diverse conclusies zijn voorzien van een nadere toelichting op basis van discussies in Stuurgroep en Kernteam en/of inzichten uit de bijlagen.

Tot slot worden in dit hoofdstuk een aantal aanbevelingen geformuleerd voor eventueel vervolgonderzoek.

5.2 Hoofdconclusie vraagsturing

Het realiseerbaar (praktisch te ontsluiten) potentieel van flexibiliteit op basis van vraagsturing bij bedrijven aangesloten op middenspanningsniveau (MS) om lokale energie te balanceren, is binnen het huidige energiestelsel zeer beperkt.

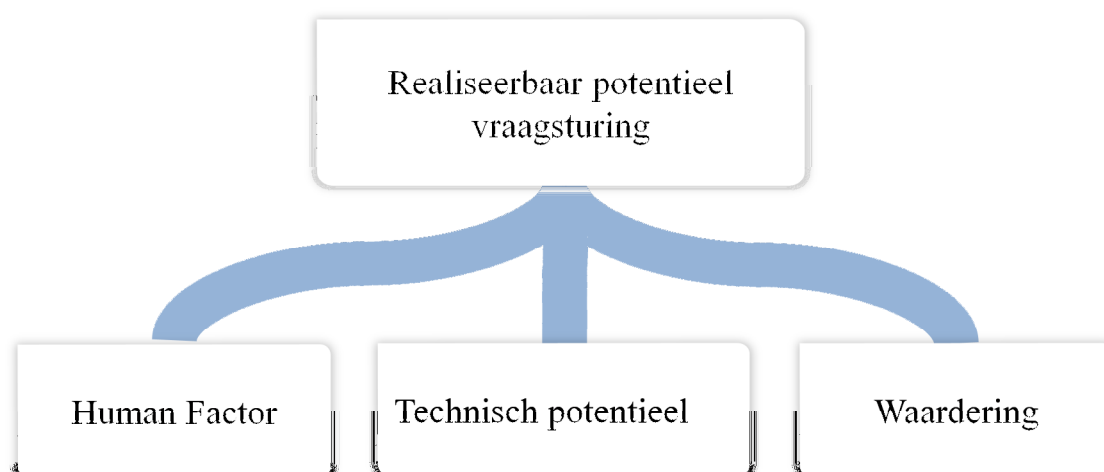
Toelichting

Om het begrip 'beperkt' te illustreren is in onderstaande tabel het vermogen en de energieproductie van de windturbines in Flevoland gerelateerd aan het technische en realiseerbare potentieel voor vraagsturing in bedrijven en huishoudens in de provincie.

Duurzame opwekking wind			Flexibiliteit vraagsturing		
	Wind 2014	Wind 2023		Bedrijven	Huishoudens
Vermogen [MW]	750	1500		650 MW	160 MW
Productie [MWh]	1.200.000	2.400.000	Flexibiliteit [MWh] Technisch Realiseerbaar	64.000 6.400	9.000 900

5.3 Realiseerbaar potentieel vraagsturing

Het realiseerbaar potentieel wordt bepaald door drie factoren:



Technisch potentieel

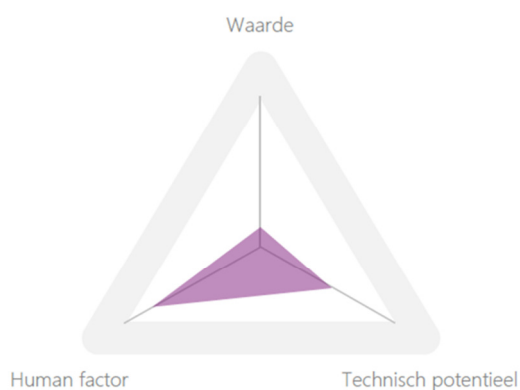
- Anders dan in de zware industrie is het potentieel in het MKB per aansluiting beperkt. Daarom gaat het per bedrijf ook om in absolute zin een klein te behalen potentieel financieel voordeel, terwijl de kosten vergelijkbaar zijn.
- Vraagsturing is maatwerk: sector specifiek én bedrijfsspecifiek
- Anders dan in huishoudens is er geen 'massamarkt', er kan niet met standaard oplossingen worden gewerkt.

Human factor

- Onbekend maakt onbemind
Over het algemeen constateren we, dat het onderwerp vraagsturing (nog) niet leeft bij het merendeel van de benaderde bedrijven;
- Groen imago
Kennis opdoen en duurzaamheidsbranding in relatie tot MJA's en carbon footprint vormen een sterke motivatie voor deelname aan de vraagsturing experimenten, zeker voor de korte termijn;
- Trekker
Een op duurzaamheid georiënteerde DMU (decision making unit) is bepalend voor een constructieve betrokkenheid bij de vraagsturingsexperimenten (ambassadeur).

Waardering

- Als flexibiliteit wordt ingezet om zoveel mogelijk lokale energie te benutten, gaat dit ten koste van de mogelijkheid om op (inter-) nationale markten goedkoop in te kopen. Kortom het verbruik van lokale energie is duurder dan van (inter-) nationale energie;
- De economische grondslag voor het local4local scenario is beperkt tot potentiële besparingen op de infrastructuur en op de netverliezen. Het is de netbeheerder niet toegestaan om kostenbesparingen aan te wenden om aanbieders van flexibiliteit te belonen.
- Een fundamentele wijziging in nettarifestructuur is nodig om de waarde van flexibiliteit voor het netwerk, te kunnen ontsluiten.



De hierboven beschreven factoren beïnvloeden elk afzonderlijk het realiseerbaar potentieel, maar beïnvloeden ook elkaar. Zo is duidelijk dat een hoge waardering voor flexibiliteit van invloed zal zijn op het gedrag etc. Iedere specifieke situatie kan worden beoordeeld in termen van realiseerbare flexibiliteit door het gewicht van de 3 factoren in beeld te brengen

5.4 Opslag elektriciteit in accu

- Voor accu's bestaat vanwege de hoge initiële kostprijs en laad/ontlaadverliezen onvoldoende economische grondslag om deze te exploiteren binnen een local4local scenario.
- Het sturen van de accu kan op afstand en kan zonder overlast geschieden voor de gebruiker waar de batterij geïnstalleerd is.
- Het totale rendement van laden/ontladen blijkt in het gebruik veel lager te zijn dan het door de fabrikant opgegeven maximale rendement. In onze testen bedroeg deze zogenaamde round trip efficiency slechts 72%.

5.5 Inzet WKK

- WKK's bij tuinders kunnen economisch interessant inzetbaar zijn binnen een scenario, waarin met name afname- en opwekpieken van het lokale gebied worden verminderd.
De kostenbesparingen op netinfrastructuur kunnen hoger zijn dan de winstderving op de handelsmarkten, afhankelijk van het aantal uren per jaar waarin de WKK moet afwijken van haar optimale inzet op de handelsmarkten.
- Voor de tuinders blijkt het mogelijk te zijn om hun WKK op deze manier te exploiteren, zonder problemen in het productieproces.
Indien zij een financiële vergoeding krijgen die hun inkomstderving door niet optimaal sturen op handelsmarkten compenseert, zullen zij ook bereid zijn om structureel te sturen.

5.6 Warmte

- Het financiële resultaat/rentabiliteit van warmteopslag waarbij elektriciteit met een warmtepomp wordt omgezet in is sterk afhankelijk van:
 - a het rendement van de warmtepomp (COP)
 - b de netwerkkosten toe te rekenen aan de elektrische aansluiting van de warmtepomp. Deze kosten kunnen dermate oplopen dat de business case onderuit gaat.
- Daadwerkelijke toepassing van deze vorm van opslag zal afhankelijk zijn van toekomstige ontwikkelingen op het gebied van tariefstructuren, waarin waardering van flexibiliteit is verdisconteerd.
- Het theoretische potentieel aan flexibiliteit gekoppeld aan warmte-opslag is een veelvoud van dat van vraagsturing.

5.7 Overige bevindingen

- De overschotten en tekorten van windenergie zijn in de orde van dagen, terwijl de flexibiliteit bij bedrijven in de orde van uren is. Hierdoor is de flexibiliteit beperkt inzetbaar voor het balanceren van windenergie;
- Flexibiliteit verkregen door vraagverschuiving met warmtepompen kan leiden tot nieuwe pieken in energievraag na afloop van de sturingsperiode.
- Extrapolatie van het potentieel van flexibiliteit is complex in verband met maatwerk: wat op papier technisch potentieel lijkt, blijkt in de praktijk beperkt te realiseren door risico's op inefficiëntie en kwaliteitsverlies van primaire bedrijfsprocessen in combinatie met de menselijke wil ('human factor') om vraagsturing ook daadwerkelijk uit te voeren binnen de economische condities van het huidige energiestelsel.
- Er zijn meerdere bedrijven benaderd die op basis van de literatuur flexibiliteitspotentie zouden kunnen bieden, maar waar na een audit bleek dat deze potentie er in de praktijk niet is vanwege bedrijfsspecifieke omstandigheden;
- Een vertaalslag van de resultaten van INZET naar de sector huishoudens is niet zinvol gebleken.
- De simulaties en praktijkexperimenten hebben aangetoond, dat er potentie is bij aangesloten en om hun flexibiliteit te gebruiken om lokaal geproduceerde elektriciteit te verbruiken. Hiermee kan een uitbreiding op de netinfrastructuur bespaard worden. Deze flexibiliteit kan echter niet meer gebruikt worden voor gunstige energie inkoop op de handelsmarkten. Aangezien de huidige wetgeving niet toelaat om het sturen op het verbruiken van lokaal geproduceerde elektriciteit te vergoeden, is hier nu geen business case voor.
- Uit de simulaties en experimenten blijkt dat de waarde van flexibiliteit in sommige gevallen groter is voor het verminderen van pieken op het netwerk dan op de energiemarkt. Denk bijvoorbeeld aan de inzet van flexibiliteit, waarbij een extra windmolen op een onderstation kan worden aangesloten en daardoor uitbreiding van het station niet nodig is. Verder onderzoek dient te kwantificeren waar dit het geval is. Daarna dient de wenselijkheid van vergoeding in deze situaties met alle stakeholders te worden onderzocht, aangezien het vergoeden van flexibiliteit door niet-commerciële partijen marktverstrend kan werken.

5.8 Rol netbeheerder

Uit dit project is naar voren gekomen dat de realiseerbare potentie van flexibiliteit in de vorm van vraagsturing bij bedrijven aangesloten op middenspanningsniveau (MS) om lokale energie te balanceren binnen het huidige energiestelsel zeer beperkt is. Enerzijds door de beperkte hoeveelheid flexibiliteit, anderzijds doordat het verbruiken van lokale energie ten koste gaat van het gunstig inkopen van energie buiten de regio.

Door flexibiliteit in te zetten voor de reductie van pieken op het netwerk zijn in sommige gevallen wél kosten te besparen. Echter, in de huidige tariefstructuur is het de netbeheerder niet toegestaan om kostenbesparingen aan te wenden om die aanbieders van flexibiliteit te belonen. Daarvoor zou een fundamentele wijziging in nettariestructuur nodig zijn om de waarde van flexibiliteit voor het netwerk te kunnen ontsluiten. Daarnaast zit er nu al waardering in flexibiliteit voor het balanceren van energie op (inter)nationale schaal door te handelen op (inter)nationale markten.

De netbeheerder kan deze twee waardemechanismen vanuit haar maatschappelijke rol actief faciliteren door:

- De maatschappelijke en technische consequenties in beeld te brengen van het aanpassen van het huidige non-discriminatoire postzegelmodel netwerktarief om flexibiliteit te kunnen waarderen en lokaal kansen te kunnen benutten.
- De mogelijkheden van een flexibele aansluiting te onderzoeken waarbij de drempels worden weggenomen om groene energie pieken te balanceren tegen maatschappelijk verantwoorde kosten. Hierbij kan ook gedacht worden aan de mogelijkheden voor een nieuw type aansluiting die gebruik maakt van de reservecapaciteit van het MS-net voor handelsdoeleinden.

5.9 Aanbevelingen

- Onderzoek onder welke condities een local4local scenario gerechtvaardigd is. (Local4Local versus een supergrid);
In een dergelijk onderzoek moeten de volgende vragen worden beantwoord:
Wat is de waarde van een zekere mate van autonomie voor een gemeente of regio?
Wat draagt een lokale energievoorziening bij aan de lokale economie? Denk hierbij in termen van werkgelegenheid, energiekosten etc.
NB: Momenteel zijn exploitanten van windturbines dankzij de SDE verzekerd van inkomsten. De vraag is echter of dit in de toekomst zo blijft en of de windsector voor Flevoland een belangrijke economische factor kan blijven.
- Onderzoek hoe reservecapaciteit in het netwerk kan worden benut om extra duurzaam vermogen aan te sluiten;
- Onderzoek hoe flexibiliteit kan worden gebruikt om gewenste redundantie in het netwerk te creëren;
- Onderzoek de mogelijkheden voor een nieuw type aansluiting (contract) die flexibiliteit ondersteunt en/of gebruik maakt van de reservecapaciteit van het MS-net voor handelsdoeleinden;
- Maatschappelijk en technisch onderzoek naar aanpassen van het huidige non-discriminatoire netwerktarief om zo flexibiliteit te waarderen;
- Onderzoek de potentie voor vraagsturing bij gemalen waterschap.
- Onderzoek warmte-opslag (power to heat) in diverse vormen als flexibiliteitsmechanisme met het oog op de beperkte potentie van een flexibele elektriciteitsvraag en het naar verwachting toenemende aantal uren per jaar dat elektriciteit goedkoper is dan aardgas.

5.10 Hoe nu verder?

Het project INZET heeft duidelijk gemaakt dat de huidige regelgeving diverse mogelijkheden om flexibiliteit in te zetten, met name ten behoeve van het local4local-scenario, onmogelijk maakt dan wel economisch onhaalbaar. De overheid heeft inmiddels een regeling ontwikkeld 'Besluit experimenten decentrale duurzame elektriciteitsopwekking', die coöperaties de mogelijkheid geeft af te wijken van de Elektriciteitswet. De Stuurgroep onderzoekt de mogelijkheid om in het verlengde van het project INZET een project op te zetten binnen het kader van deze regeling.

Lijst van Bijlagen

1. Managementsamenvatting rapportage The Green Village: Concretisering Bufferopties voor MS balancerings*
The Green Village/TU Delft, Februari 2014
2. Rapportage werving bedrijven voor praktijkexperimenten
3. Rapportage demand response audits
4. Protocol praktijkexperiment A
5. Analyses praktijkexperiment A
6. Theoretisch en praktisch potentieel vraagsturing
7. Extrapolatie potentieel vraagsturing Flevoland ('Opschaling')
8. Protocol praktijkexperiment B
9. Waardering flexibiliteit
10. Warmteopslag, casus Polderwijk Zeewolde
11. Lokale balancerings
12. Beschrijving whole-sale en onbalansmarkten
13. Uitgebreide audit bloemenkweker
14. Batterijtesten

De bijlagen kunnen door geïnteresseerden worden opgevraagd bij de penvoerder Zeenergie, met uitzondering van de bijlagen die vertrouwelijke gegevens bevatten van eindgebruikers.