

Berenschot



Indicatoren voor systeemintegratie

Ontwerpvoorstellen om de mate van systeemintegratie te monitoren

Inhoudsopgave

- 1 Inleiding en doel van het onderzoek
- 2 Dashboard voor systeemintegratie
- 3 Panelen en sub-indicatoren
- 4 Conclusie



Berenschot



1

Inleiding en doel van het onderzoek

Systeemintegratie is geen doel op zich, maar wel cruciaal voor een succesvolle energietransitie

Inleiding

De energietransitie is de overgang van het oude energiesysteem op basis van fossiele energiebronnen naar een systeem gebaseerd op hernieuwbare energiebronnen. De eigenschappen van deze nieuwe energiebronnen zijn dusdanig anders, dat veel aspecten van de energiewaardeketen anders georganiseerd moeten worden. Dit vraagt om andere technische systeemcomponenten, aanpassingen in wet- en regelgeving, nieuwe economische spelregels en andere sociaal-maatschappelijke eisen en verwachtingen. Het kader rechts geeft de definitie van systeemintegratie die wij in het kader van dit onderzoek aanhouden.

Om dit nieuwe energiesysteem duurzaam, betrouwbaar, betaalbaar, veilig en acceptabel te houden moeten de componenten van deze nieuwe energiewaardeketen slim en effectief op elkaar afgestemd worden. Het geheel van deze afstemmingsprocessen vatten wij onder de term systeemintegratie.

Het monitoren van systeemintegratie kan een bijdrage leveren aan het blootleggen en oplossen van huidige knelpunten, in het voorkomen van toekomstige knelpunten en om sturing te geven aan het beleid om zo een succesvolle energietransitie te ondersteunen.

Systeemintegratie is dienend aan de energietransitie en geen doel op zich

Een voorbeeld omtrent systeemintegratie is het afstemmen van vraag en aanbod. In het oorspronkelijke energiesysteem waren voorraden van energiedragers centraal en op afroep beschikbaar. Zo kon er zo eenzijdig vanuit het aanbod ingespeeld worden op de vraag. Het oude energiesysteem was dan ook in voldoende mate geïntegreerd om betrouwbaar energie te leveren.

Het nieuwe energiesysteem verschilt en zal minder top-down aangestuurd kunnen worden. Zo zal het aanbod een grilliger karakter vertonen, zullen meer energiedragers een rol spelen en krijgen consumenten ook een rol als aanbieder. Er zijn daarom nieuwe vormen van afstemming nodig om tot een gebalanceerd energiesysteem te komen. **Naarmate de energietransitie vordert is daarom een hogere mate van systeemintegratie** tussen vraag en aanbod nodig dan in het oorspronkelijke energiesysteem. De mate en de wijze van systeemintegratie die vereist zal zijn, is echter moeilijk van te voren vast te leggen. Dit is namelijk sterk afhankelijk van de specifieke invulling van het toekomstige energiesysteem. Systeemintegratie is hierin dienend aan de verduurzaming van het energiesysteem en dus geen doel op zich.

Beschrijving van systeemintegratie

Het kader voor systeemintegratie is de energietransitie. Energie-systeemintegratie in dit verband betekent het **integreeren van de gehele energiewaardeketen, waarbij de technische, economische, sociaal-maatschappelijke en juridische deelsystemen samenkomen** in één energiesysteem.

Onder de technische deelsystemen verstaan we de gehele keten van opwek, transport, conversie, opslag en gebruik van verschillende vormen van energie. Het economische deelsysteem omvat onder andere marktmodellen, business cases en financieringsvormen. Het sociaal-maatschappelijke deelsysteem richt zich op onder meer ruimtelijke inrichting, besluitvorming en menselijk gedrag. Het juridisch deelsysteem betreft wet- en regelgeving inclusief het onderliggende vergunningen- en normenkader.

Dit geïntegreerde energiesysteem stuurt op verschillende ruimte- en tijdschalen; van lokaal tot Noordwest Europese schaal en van seconden tot enkele decennia. Deze integratie leidt ertoe dat het toekomstige energiesysteem duurzaam, betrouwbaar, betaalbaar en veilig is met breed maatschappelijk draagvlak.

Systeemintegratie vraagt om een indicator die ruimte biedt voor verschillende aspecten en nuances

Doel & Scope

De wens om systeemintegratie en de vordering hiervan te kunnen monitoren, brengt de vraag met zich mee hoe de mate van systeemintegratie gemeten kan worden. Dit onderzoek heeft **tot doel het definiëren van mogelijke indicatoren om systeemintegratie te meten**. Het gaat hierbij om een verkennende studie. Verdere uitwerking en selectie van de (mogelijke) indicatoren vindt buiten dit onderzoek plaats. De geopperde indicatoren dienen hier dus ook ruimte toe te bieden.

Dashboard voor systeemintegratie

Systeemintegratie gaat over de samenhang van veel verschillende deelsystemen. Daarnaast is deze samenhang in veel gevallen niet rechtstreeks meetbaar. In dit onderzoek is het dan ook niet haalbaar gebleken om de mate van systeemintegratie uit te drukken in een enkel getal.

Daarom is gekozen voor de opzet van een dashboard waarin **verschillende aspecten van systeemintegratie** inzichtelijk gemaakt worden. Het dashboard is onderverdeeld in panelen die elk verschillende indicatoren bevatten. Gezamenlijk geeft dit een beeld van de situatie omtrent systeemintegratie.

Leeswijzer

In **Hoofdstuk 2** wordt een opzet voor een dashboard gepresenteerd, waarmee systeemintegratie gemonitord kan worden. Hier worden de verschillende panelen op het dashboard en hun onderlinge samenhang toegelicht.

Hoofdstuk 3 gaat verder in op de verschillende panelen van het dashboard. Voor twee centrale panelen worden mogelijke meters benoemd. Steeds geven we aan, wat en hoe er gemeten wordt en of deze meter voldoet aan de vooraf opgestelde randvoorwaarden (zie kader). Voor het derde paneel wordt een suggestie gegeven voor mogelijke meters.

Hoofdstuk 4 geeft een advies over de vervolgstappen om een dergelijk dashboard te ontwikkelen.

Randvoorwaarden bij het onderzoek

Bij de ontwikkeling van een dashboard voor systeemintegratie dient rekening te worden gehouden met enkele randvoorwaarden:

1. Het is wenselijk dat de meters in het dashboard **jaarlijks** kunnen worden vastgesteld zonder dat dit onevenredig veel **moeite** kost.
2. Het dashboard moet **aanpasbaar** zijn op basis van voortschrijdend inzicht.
3. Bij voorkeur wordt gebruik gemaakt van **openbaar beschikbare data**.

Berenschot



2

Dashboard voor systeemintegratie

Systeemintegratie in het kader van de energietransitie

De energietransitie

De klimaatcrisis en alle daaruit volgende wereldwijde bedreigingen op het gebied van leefbaarheid, natuur, voedselvoorziening etc. zorgt ervoor dat wij onze CO₂ uitstoot drastisch willen beperken in de komende decennia. Hiervoor is het noodzakelijk af te stappen van onze fossiele energiebronnen en over te gaan op een duurzaam energiesysteem op basis van hernieuwbare energiebronnen. Hoewel de precieze invulling en de route van deze energietransitie nog niet vast ligt, is het einddoel duidelijk: een CO₂-neutraal energiesysteem.

De aard van veel hernieuwbare energiebronnen is zodanig anders, dat deze transitie ook vraagt om een geheel andere inrichting van het energiesysteem.

In het toekomstige energiesysteem speelt intermitterende en decentrale energieopwek een veel grotere rol. Daarnaast zullen er meer en andere energiebronnen en -dragers de markt betreden. Waarschijnlijk zal de energievraag van zowel de gebouwde omgeving, industrie en mobiliteit, geleidelijk verschuiven naar een groter aandeel elektriciteit. Dit soort ontwikkelingen hebben grote gevolgen voor het energiesysteem, zoals een energiemarkt met veel meer (kleine) spelers, vraag naar andere regelgeving, nieuwe verdienmodellen en uitdagingen rond de ruimtelijke inpassing van deze systeemcomponenten en het maatschappelijk draagvlak voor deze veranderingen.

Systeemintegratie

Ons huidige energiesysteem is niet ontworpen voor deze nieuwe eisen en dit is te merken doordat er op allerlei vlakken knelpunten optreden (technisch, juridisch, economisch, draagvlak, etc.).

De energietransitie zorgt daarmee voor nieuwe systeemproblemen. Deze zou men op klassieke wijze kunnen oplossen, door bijvoorbeeld in te zetten op een overmaat aan kostbare capaciteit (meer productie, transport, en evt. opslag).

Systeemintegratie treedt dit probleem echter anders tegemoet, namelijk door systeemcomponenten op elkaar te laten reageren of anticiperen. Dat leidt tot andere oplossingen tegen lagere kosten.

Om het energiesysteem op een betaalbare wijze toch betrouwbaar houden, is het daarom nodig om verschillende onderdelen binnen het energiesysteem nauwer op elkaar te laten aansluiten. Het beter afstemmen van een verscheidenheid aan componenten van het energiesysteem kan een oplossing bieden voor de knelpunten die nu worden ondervonden. Dit zal gedurende de vordering van de energietransitie in steeds grotere mate relevant worden. Met andere woorden, een hogere mate van systeemintegratie zal een cruciale factor worden voor een succesvolle energietransitie.

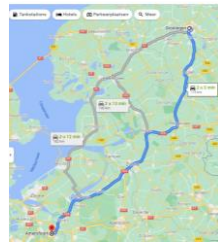
Systeemintegratie is niet het doel, maar een middel voor een succesvolle en efficiënte energietransitie

Omdat systeemintegratie zo'n belangrijke rol speelt in de energietransitie bestaat de wens om het te meten en te kunnen monitoren. De uitdaging hierbij is dat systeemintegratie vele verschillende aspecten kent. Enerzijds gaat het over (de implementatie van) technische oplossingen om slim in te spelen op nieuwe praktische uitdagingen zoals intermitterende vraag en aanbod, andere energiedragers en veel nieuwe spelers op de energiemarkt. Anderzijds spelen juridische aspecten, draagvlak, betaalbaarheid etc. er ook een belangrijke rol in. De lijst met parameters die bijdragen aan systeemintegratie is dan ook lang.

Daarnaast is niet goed mogelijk om een concreet pad te schetsen hoe systeemintegratie de komende decennia precies vorm gegeven dient te worden. Dat komt omdat systeemintegratie altijd dienend is aan wat het energiesysteem als behoefte heeft. Verschillende energiesystemen vragen een andere mate van systeemintegratie. Systeemintegratie is als zodanig geen doel op zich. **Het doel van de energietransitie is op een efficiënte manier te komen tot een nieuw energiesysteem dat betaalbaar, betrouwbaar, duurzaam, veilig en acceptabel is.** Maar de invulling van dat energiesysteem en de weg daarnaartoe kent verschillende routes en eindsituaties. Het is nu nog niet duidelijk hoe het ideale energiesysteem er uit zal komen te zien. Zo heeft een energiesysteem dat in belangrijke mate gebaseerd is op waterstof heel andere vormen van systeemintegratie nodig, dan een energiesysteem dat zich primair richt op elektrificatie. Het is dan ook niet mogelijk op voorhand te bepalen welke mate van systeemintegratie bij het toekomstige energiesysteem past en hoever we daar nu vandaan zitten.

Het is daarom vruchtbaarder om over systeemintegratie te denken als een middel en een voorwaarde om de energietransitie succesvol te doorlopen. Een indicator voor systeemintegratie toont dan of de mate van systeemintegratie adequaat is.

Concluderend is het dus vooral van belang is dat er op elk moment gedurende de energietransitie voldoende systeemintegratie zal bestaan om de energietransitie efficiënt te kunnen doorlopen met als doel een betrouwbaar, betaalbaar, duurzaam, veilig en acceptabel energiesysteem als eindproduct. **Systeemintegratie zelf is als zodanig niet het doel, maar een middel om tot een klimaatneutraal energiesysteem te komen.**



Analogie van de energietransitie als reis

Als we de energietransitie als reis beschouwen, lukt het niet om systeemintegratie te willen meten als maat voor hoe ver we op weg zijn. We weten immers nog niet welke route we nemen. Wel kunnen we knelpunten signaleren, naar analogie van de temperatuurmeter van de motor die aantoont dat deze oververhit raakt.

Stysteemintegratie is lastig om direct te meten, maar een tekort/teveel eraan uit zich in duidelijke knelpunten

Zoals eerder benoemd spelen vele aspecten een rol bij systeemintegratie. De lijst met parameters die iets zeggen over de mate van systeemintegratie is dan ook lang. Omdat het daarnaast niet mogelijk is om vooraf te bepalen wat het eindpunt van systeemintegratie is (en dus tussentijds ook niet kunnen zeggen is hoe ver systeemintegratie is gevorderd), is **het idee om systeemintegratie direct te meten losgelaten**. We voorzien een aantal alternatieven om toch recht te doen aan de wens om systeemintegratie te monitoren.

Eenzijds is er de optie om **systeemintegratie indirect te meten** (zie figuur volgende slide). Hierbij kan gedacht worden aan het signaleren van symptomen en knelpunten die (kunnen) duiden op een gebrekkige mate van systeemintegratie. Ook voorziet systeemintegratie in een mate van robuustheid en adaptiviteit van het energiesysteem. Bij een tekort aan systeemintegratie is het energiesysteem niet meer goed bestand tegen interne en externe veranderingen. Het monitoren van dergelijke indicatoren en hun afgeleiden geeft indirect een beeld van (de staat van) systeemintegratie.

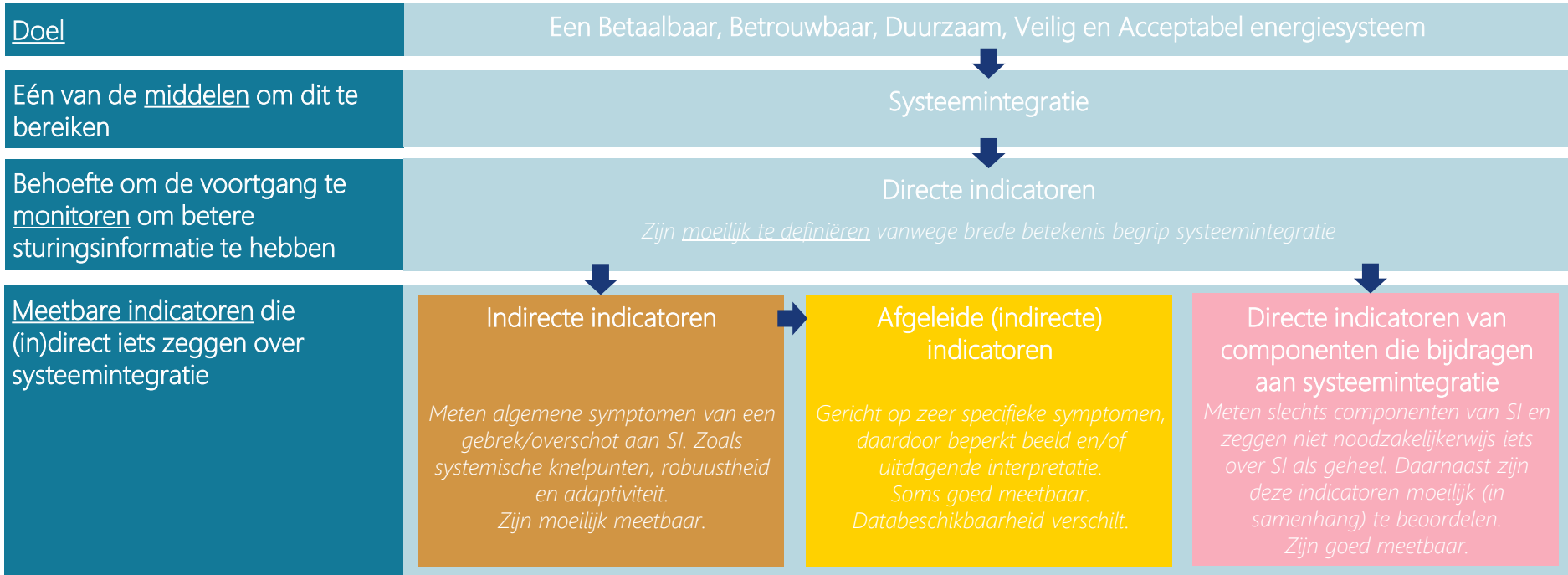
Anderzijds is er de mogelijkheid om **specifieke componenten van systeemintegratie direct te monitoren** en op die manier een beperkt beeld te verkrijgen over een onderdeel van systeemintegratie. Zo kan gedacht worden aan het meten van de uitrol van slimme aansturing van apparaten of hybride oplossingen. Hoewel dit een blik werpt op systeemintegratie-oplossingen, biedt een dergelijke meting niet noodzakelijkerwijs een beeld van systeemintegratie zelf.

Een dashboard voor systeemintegratie

Juist omdat systeemintegratie vele aspecten kent én omdat de verschillende opties om het te meten ieder op zich een beperkt beeld van systeemintegratie leveren, doet de combinatie van dergelijke indicatoren waarschijnlijk het meeste recht aan het geven van een totaalbeeld. Er is daarom gekozen om **een dashboard** voor systeemintegratie uit te werken, dat inzicht geeft in verschillende aspecten van systeemintegratie. Hierbij kunnen de indicatoren voor systeemintegratie worden beschouwd **als een graadmeter van belemmeringen en knelpunten voor de voortgang van de energietransitie of als oplossingen voor deze knelpunten**. Gezamenlijk kunnen deze knelpunten en oplossingen worden weergegeven op een dashboard, dat niet zozeer de voortgang van systeemintegratie toont, als wel de eventuele onvolkomenheden van systeemintegratie voor het energiesysteem op ieder moment.

Omdat de individuele indicatoren ofwel indirect iets zeggen over systeemintegratie ofwel alleen over een component van systeemintegratie vereist de interpretatie van het dashboard contextuele kennis. Het dashboard biedt dan ook niet in één oogopslag een totaaloverzicht van de staat van systeemintegratie, maar geeft wel inzicht en verschillende perspectieven hierop. Dit kan gebruikt worden om te beoordelen waar systeemintegratie mogelijk tekort schiet en in welke richting gezocht kan worden naar oplossingen.

Systeemintegratie is lastig om direct te meten, maar er zijn wel mogelijkheden via indirecte indicatoren, afgeleiden en componenten



Inrichting van het dashboard

Inrichting dashboard

Het dashboard biedt enerzijds ruimte aan het in kaart brengen van knelpunten in het energiesysteem als gevolg van ontoereikende systeemintegratie en anderzijds aan oplossingen die bijdragen aan het verlichten van deze knelpunten. Daarom bevat het dashboard **drie centrale panelen** (zie volgende slide).

De eerste is gericht op het meten van (voornamelijk) huidige **knelpunten** in het energiesysteem. Het tweede paneel maakt gebruik van **stresstests** om zo de robuustheid en adaptiviteit van het (toekomstige) energiesysteem te meten. Dit paneel draagt vooral bij aan het vroegtijdig in kaart brengen van knelpunten. Deze twee panelen leggen knelpunten bloot, maar bieden nog geen duiding aan de oorzaken en oplossingen van deze knelpunten.

Het derde paneel biedt ruimte voor het weergeven van **aspecten die bijdragen aan het verlichten van de knelpunten** uit de eerste twee panelen. Deze oplossingen werken typisch verhogend voor de mate systeemintegratie (denk aan slim laden, hybride systemen of elektrolyzers). Het voordeel van het derde paneel is dat deze indicatoren een meer directe maatstaf zijn voor de mate van systeemintegratie. Het nadeel is echter dat deze indicatoren moeilijk te interpreteren zijn (hoeveel waterstofproductie is namelijk optimaal voor een adequaat geïntegreerd energiesysteem?).

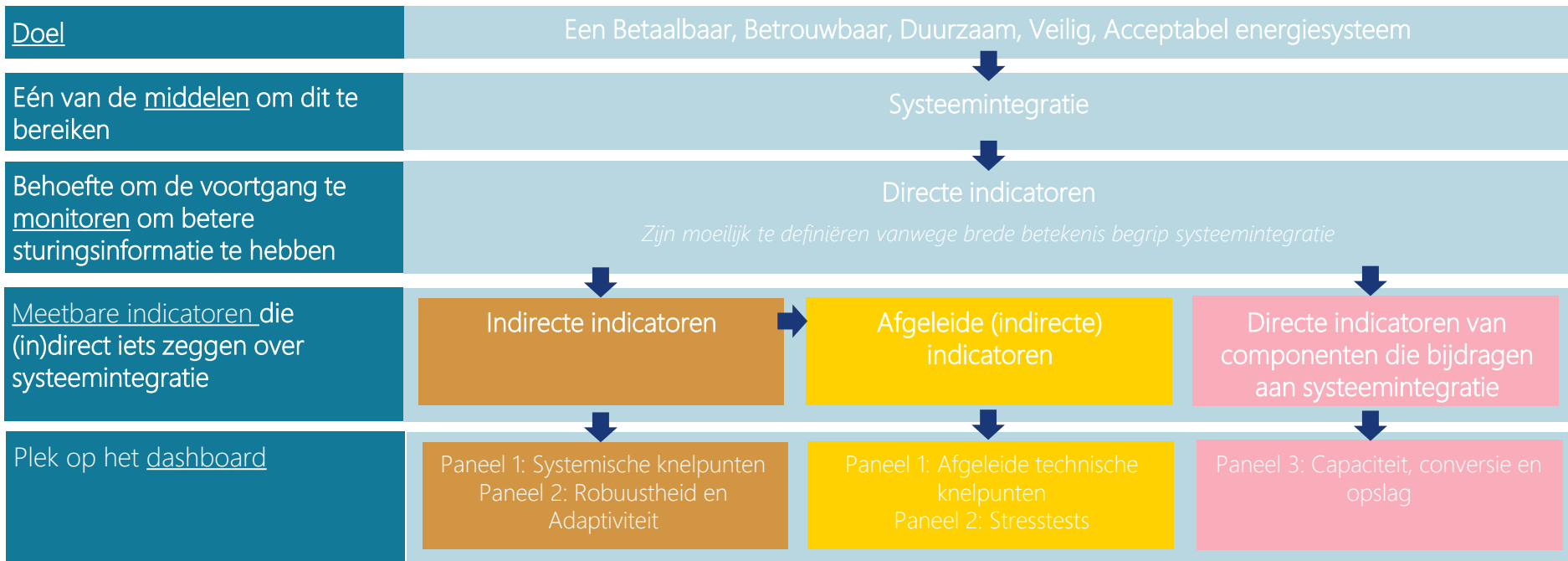
Het derde paneel zal daardoor meer losse getallen leveren die een interpretatieslag behoeven. Ook zal hier een selectie moeten worden gemaakt uit een grote hoeveelheid aan mogelijke indicatoren. Voor de opzet van dit derde paneel doen wij een eerste suggestie en kan eventueel in een later stadium nader uitgewerkt worden.

Wat er aan het licht komt op basis van de eerste twee panelen bepaalt ook welke potentiële indicatoren van het derde paneel interessant zijn en nadere inzichten over de situatie kunnen verschaffen. Naarmate de energietransitie vordert kunnen dan ook andere indicatoren geselecteerd worden, om de staat van systeemintegratie op dat moment te kunnen duiden.

Dashboard met drie hoofdpanelen

1. Knelpunten
2. Robuustheid en adaptiviteit (stresstests)
3. Capaciteit, conversie en opslag

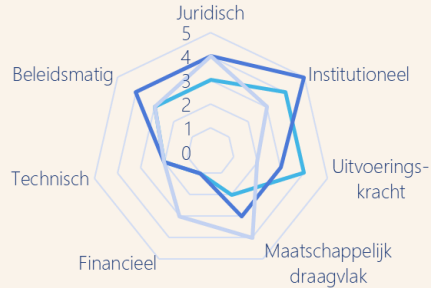
Systeemintegratie is moeilijk om direct te meten, maar er zijn wel mogelijkheden via indirecte indicatoren, afgeleiden en componenten



Dashboard voor systeemintegratie bestaande uit drie hoofdpanelen

1. Systemische knelpunten

Systemische knelpunten



Afgeleide kwantitatieve knelpunten



2. Robuustheid & adaptiviteit (stresstest)

Huidig en verwachtingen / scenario's

Dunkelflaute



Overschot



Importcrisis



Prijspiek



3. Capaciteit, conversie, hybridisering & opslag

Capaciteit



Conversie



Hybridisering



Opslag



Berenschot

3

Panelen en hun sub-indicatoren

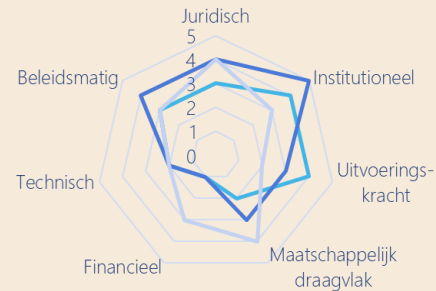


Paneel 1: Systemische knelpunten

Het eerste paneel geeft inzicht in de knelpunten in het energiesysteem die momenteel optreden of verwacht worden en die direct gerelateerd kunnen worden aan (een gebrek aan) systeemintegratie. Typend voor systemische knelpunten is dat het oplossen ervan niet door een enkele partij kan worden gerealiseerd. Hiervan afgeleide kwantitatieve knelpunten hebben als voordeel goed meetbaar te zijn, maar als nadeel sterk afhankelijk te zijn van de (opbare) beschikbaarheid van data.

1. Systemische knelpunten

Systemische knelpunten



Afgeleide kwantitatieve knelpunten



Systemische knelpunten meten symptomen van gebrekkige systeemintegratie

Systeemintegratie indirect meten

Hoewel systeemintegratie moeilijk direct te meten valt, is het wel mogelijk om de gevolgen van gebrekkige systeemintegratie te meten. Wanneer systeemintegratie onvoldoende blijkt te zijn, zullen er in het systeem knelpunten optreden op plekken waar verschillende componenten onvoldoende op elkaar aansluiten. Dit soort systemische knelpunten vormen een indirecte indicator voor systeemintegratie. In die zin meet deze indicator de symptomen en dus niet systeemintegratie zelf. Net als bij de diagnose van een ziekte, is bij het vaststellen van systemische knelpunten een expert nodig voor de juiste interpretatie.

Wanneer is een knelpunt een systemisch knelpunt?

Een knelpunt op het vlak van systeemintegratie heeft als kenmerk dat het zich per definitie bevindt op het grensvlak van verschillende systeemcomponenten. Wanneer een enkele partij het knelpunt vanuit zijn perspectief tracht te verlichten of op te lossen, kan dat op andere punten in het systeem tot problemen leiden. Hierdoor vergt het structureel oplossen van systemische knelpunten de samenwerking van meerdere partijen.

Wat wil je meten?

Idealiter zou men een totaalbeeld willen verkrijgen van de gedeelde knelpunten die worden ondervonden door verschillende partijen en van de wisselwerking die dat knelpunt heeft op deze partijen.

Praktische uitvoering

Wegens het kwalitatieve karakter van systemische knelpunten is het uitdagend hiervoor indicatoren te formuleren die kwalitatief meetbaar zijn. Een manier om dit te doen is door het uitvragen van deze knelpunten aan verschillende partijen middels gesprekken, enquêtes en/of discussiepanels. Hoewel relatief tijdrovend, kan het in kaart brengen van systemische knelpunten concrete handvatten bieden voor het oplossen ervan, bijvoorbeeld door het bijeenbrengen van betrokkenen.

Daarnaast is er ook de mogelijkheid om afgeleide kwantitatieve indicatoren te benoemen van systemische knelpunten. Omdat technische knelpunten zich beter lenen voor kwantificatie, zullen deze afgeleiden indicatoren makkelijker op technisch vlak te bepalen zijn. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan technische specificaties van knelpunten in een elektriciteitsnet.

In de hierop volgende slides is vanuit een pragmatische insteek een beschrijving gegeven hoe systemische knelpunten in kaart gebracht kunnen worden en wat voor afgeleide kwantitatieve knelpunten hierbij als aanvulling kunnen dienen. Hierbij is het uitgangspunt geweest een praktische aanpak te geven in termen van tijdsinvestering, beschikbaarheid van gegevens, etc.

Systemische knelpunten (1/3)

Systemische knelpunten

- Systemische knelpunten

Ontoereikende SI kan zich uiten in Systemische knelpunten. Door deze symptomen te monitoren ontstaat inzicht in de mate van SI en waar dit ontoereikend is.

Data beschikbaarheid ●○○

Gemak van meting ●●○

Wat? Systemisch knelpunten zijn in de context van dit onderzoek gedefinieerd als knelpunten die de energietransitie belemmeren en gerelateerd zijn aan systeemintegratie. Daarnaast beschouwen wij iets alleen een systemisch knelpunt als de partij die het knelpunt ervaart het niet zelfstandig kan oplossen. De oplossing vergt een systeemverandering, die alleen in samenwerking met andere stakeholders bewerkstelligd kan worden.

Hoe? Er kan een scala systemische knelpunten ervaren worden door partijen. Daarnaast zijn ze moeilijk kwantitatief meetbaar vanwege hun kwalitatieve karakter. Om dit daarom overzichtelijk in een dashboard weer te geven, stellen we voor de systemische knelpunten te groeperen in zeven categorieën: **juridisch, institutioneel, uitvoeringskracht, maatschappelijk draagvlak, financieel, technisch en beleidsmatig**. De uitdaging bij deze indicatoren ligt enerzijds in het kwantificeren van deze kwalitatieve aspecten, en anderzijds in het beschikbaar maken van de gegevens die hieraan ten grondslag liggen. Bovendien moet rekening worden gehouden dat een enkel knelpunt zeer waarschijnlijk meerdere aspecten raakt.

Data? De meest directe manier om knelpunten op de zeven verschillende thema's te inventariseren is door middel van het uitvragen via een enquête bij sleutel-stakeholders (zie kader). De data uit dergelijke enquêtes kan vervolgens op meerdere manieren worden verwerkt (zie volgende pagina's). Andere, wat meer tijdsintensieve ophaalmethodes, zijn het organiseren van expert panels of het houden van interviews.



Te bevragen stakeholders

- Tennet,
- Netbeheerders
- Grotere energieleveranciers en producenten:
Eneco, Vattenfall, Engie
- PBL
- RVO
- IPO
- VNG
- Branche organisaties:
NVDE, VEMW, Energie-Nederland

Systemische knelpunten (2/3)

Systemische knelpunten

- Systemische knelpunten

Ontoereikende SI kan zich uiten in Systemische knelpunten. Door deze symptomen te monitoren ontstaat inzicht in de mate van SI en waar dit ontoereikend is.

Data beschikbaarheid ●○○

Gemak van meting ●●○

Systemische knelpunten eenvoudig meten of complexere analyse?

De manier waarop de enquête vorm gegeven wordt, is van invloed op de inzichten die eruit volgen. In zijn meest eenvoudige opzet kunnen de deelthema's gescoord worden op een schaal van 1 – 5, met een tekstvak waarin iedere stakeholder kan toelichten waarom dit als een systemisch knelpunt wordt ervaren. Met een meer stapsgewijze opbouw van de enquête kunnen echter ook verdergaande inzichten in de aard van de knelpunten verkregen worden. Rechts schetsen we ter illustratie een mogelijke aanpak om dit te doen.

Voorbeeld van gewogen rekenkundig gemiddelde

Juridische knelpunten	Aantal	Weging	Score (Som)
Lichte belemmering	2	15%	0,02
Medium belemmering	3	30%	0,06
Grote/Zware belemmering	10	55%	0,37
<i>Totaal</i>	15	100%	0,45

Voorbeeld van groepering

Juridische knelpunten	Aantal	Hoge limiet(3)	Middel limiet (2)	Lage limiet (1)	Score (gem.)
Lichte belemmering	8	<=20	<=10	<=5	2
Medium belemmering	2	<=10	<=5	<=2	1
Grote/Zware belemmering	4	<=3	<=2	<=1	2
<i>Totaal</i>	14				2

Mogelijke opzet voor de verwerking van kwalitatieve enquêteresultaten tot kwantitatieve indicatoren

Stap 1 - Noteer alle belemmeringen per thema

- Deze informatie kan door middel van enquêtes worden opgehaald
- Als alternatief kan dit worden gedaan door experts op het gebied van elk thema

Stap 2 - Sorteert de knelpunten in bijvoorbeeld drie categorieën (uitvragen in enquête):

- Lichte belemmering
- Medium belemmering
- Grote/Zware belemmering

Stap 3 - Tel het aantal belemmeringen per categorie en voer een berekening uit om een totaalscore van het thema te verkrijgen

- Bijv. via gewogen rekenkundig gemiddelde
- Bijv. via bepalen hoeveel belemmeringen maximaal mogen voorkomen (ondergrens)
- Eventueel kan ook simpelweg het totaal aantal zware belemmeringen worden weergegeven. Dit heeft als voordeel dat bij een stijging van het totaal aantal belemmeringen, dit ook gereflecteerd wordt in het absolute getal, maar niet per definitie in een berekende totaalscore.

Systemisch knelpunten zijn de kwantificeren aan de hand van afgeleide indicatoren

Keuze voor kwalitatieve meting

Voor enkele van de zeven thema's binnen systemische knelpunten is het ook mogelijk om op zoek te gaan naar meer kwantitatieve indicatoren (bijvoorbeeld 'aantal vacatures in de technische sector' of 'Percentage van Nederland waar netcongestie is afgekondigd').

Het voordeel van dergelijke kwantitatieve indicatoren is dat zij een duidelijk meetbaar zijn en dat zij in de tijd makkelijk te volgen zijn. Het nadeel is dat dit **afgeleide indicatoren** zijn. Een stijging in het aantal vacatures van technisch personeel kan duiden op een fundamenteel tekort aan uitvoeringskracht in de energietransitie, maar kan ook komen door een aantrekkende economie. Bij deze getallen is een interpretatieslag noodzakelijk. Tot slot is er een verscheidenheid aan getallen beschikbaar, waartussen een, soms subjectieve, keuze gemaakt moet worden voor de weergave op het dashboard.

Dit maakt dat wij meer vertrouwen hebben in het ophalen van de mate waarin het als knelpunt wordt ervaren bij de stakeholders die hiermee om moeten gaan. Wanneer hier een verontrustend beeld uit naar voren komt, is het altijd nog mogelijk om nader te onderzoeken wat de oorzaak van het ervaren knelpunt is en daarbij passende kwantitatieve indicatoren te zoeken.

Voorbeelden van kwantitatieve indicatoren

In **Bijlage 1** hebben wij ter illustratie een aantal voorbeelden opgenomen van afgeleide kwantitatieve indicatoren voor systemische knelpunten. Leidend voor de keuze van de voorbeelden was de beschikbaarheid van data, zodat deze ook relatief eenvoudig gemeten kunnen worden.

Deze voorbeelden richten zich op technische knelpunten van het elektriciteitssysteem. Gezien de actualiteit van netcongestie is over dit knelpunt is hier op dit moment relatief veel data over beschikbaar.

In het toekomstige energiesysteem is het echter goed denkbaar dat juist andere systemische knelpunten op technisch vlak gemeten zullen gaan worden. Een voorbeeld hiervan zou kunnen zijn 'de mate van flexibiliteit tussen energiedragers in de gebouwde omgeving'.



Paneel 2: Robuustheid en adaptiviteit (stresstests)

Het tweede paneel biedt inzicht in hoe het energiesysteem reageert op extreme omstandigheden, zoals grote weervariaties, prijsspieken of het wegvallen door import. Door deze stresstests uit te voeren kan worden bekeken of het energiesysteem voldoende robuust en adaptief is om met onverwachte situaties om te gaan. Uit simulaties van dergelijke omstandigheden kunnen knelpunten en mogelijke oorzaken naar voren komen.

2. Robuustheid & adaptiviteit (stresstest)

Huidig en verwachtingen / scenario's

Dunkelflaute



Overschot



Importcrisis



Prijsspiek



Robuustheid en adaptiviteit tonen hoe het energiesysteem reageert op interne en externe veranderingen

Robuustheid en adaptiviteit als indirecte indicator

Systeemintegratie beschouwd het energiesysteem als geheel, bestaande uit componenten die met elkaar interacteren. Bij voldoende systeemintegratie kan een gezond energiesysteem omgaan met externe en interne veranderingen. Het meten van de robuustheid en adaptiviteit wanneer blootgesteld aan dergelijke veranderingen vormt zo een indirecte indicator voor systeemintegratie. Dergelijke veranderingen doen zich in de tijd zo nu en dan voor en de respons van het energiesysteem zal dan inzicht bieden in de mate van systeemintegratie. Het is echter voordelig om dergelijke situaties voor te kunnen zijn door dit soort veranderingen te kunnen nabootsen. Het uitvoeren van stresstests middels computersimulaties kunnen hiervoor een goede afgeleide indicator bieden.

Wat wil je meten?

In een ideale stresstest wordt een replica van het energiesysteem blootgesteld aan een scala van mogelijke interne en externe veranderingen om zo de respons van het energiesysteem te meten. Ook biedt een dergelijke stresstest in de ideale wereld de mogelijkheid om scherp onderscheid te maken tussen gevolgen die worden veroorzaakt door een gebrek of overschot aan systeemintegratie of die met een andere oorzaak.

Het is bijvoorbeeld goed denkbaar dat simpelweg een tekort aan gas op een bepaald moment een probleem veroorzaakt. Dit is niet per definitie een systeemintegratie probleem, maar bijvoorbeeld een voorraad probleem. Ook bij de interpretatie van dergelijke stresstests is dus de analyse van een expert nodig om de uitkomsten in de juiste context te kunnen plaatsen.

Praktische uitvoering

In de praktijk zijn computersimulaties altijd gebaseerd op een model van het energiesysteem en moeten er keuzes gemaakt worden in welke stresstests er worden uitgevoerd en in welke gevolgen er gemeten worden voor het energiesysteem. Zowel het model als de keuzes die worden gemaakt, bepalen het perspectief dat wordt ingenomen ten aanzien van het energiesysteem. Daarom is het belangrijk goed te bedenken welke aspecten van systeemintegratie middels een model getest moeten worden. In de voorbeelden die zijn uitgewerkt in de hierop volgende slides worden enkele tests voorgesteld die nu gezien worden als grote uitdagingen voor het energiesysteem als geheel. Het is echter goed denkbaar dat in de toekomst een ander model en/of andere tests geschikt worden geacht als indicator voor de robuustheid en adaptiviteit van het energiesysteem.

Stresstest

Wat is een stresstest?

In de definitie van dit onderzoek wordt bij een stresstest getoetst of het energiesysteem opgewassen is tegen uiteenlopende situaties die relevant zijn voor een betrouwbaar en efficiënt energiesysteem. Deze toets vindt plaats door een modellering van het energiesysteem. Een stresstest kan inzicht geven of de mate van systeemintegratie voldoende is voor het energiesysteem dat wordt onderzocht. Hiermee wordt de stresstest dan ook vrij technisch ingestoken.

Het voordeel van een gemodelleerde stresstest is dat verschillende energiesystemen als uitgangspunt genomen kunnen worden. Zo kan bijvoorbeeld worden uitgegaan van verschillende jaren (huidig en toekomst), verschillende geografische schalen (landelijk of wijkniveau) en verschillende toekomstscenario's (bijvoorbeeld veel waterstof, import en/of kernenergie).

Daarnaast is het mogelijk om verschillende type tests uit te voeren. Een voorbeeld hiervan is het simuleren van momenten met zeer beperkte hernieuwbare opwek, bijvoorbeeld op bewolkte, windstille winterdagen: een "dunkelflaute". Juist bij het toekomstige energiesysteem dat afhankelijk is van decentrale intermitterende energieproductie kan een dergelijke stresstest laten zien of het systeem dat wordt onderzocht voldoende robuust en adaptief is. Wanneer dit niet het geval is kan met name systeemintegratie een oplossing bieden.

Tot slot kan een stresstest verdiepende inzichten geven. Door nader te kijken naar het ontstaan van de knelpunten, kan blootgelegd worden hoe deze ontstaan en wat er nodig is om de knelpunten te verhelpen. Op deze manier bieden stresstests een krachtige methode om (voornamelijk technische) knelpunten en risico's vroegtijdig op te sporen.

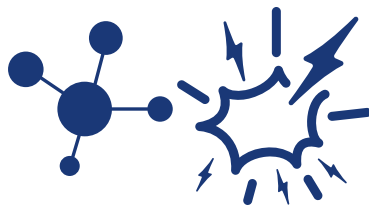
Energiesysteem situatie

Data energiesysteem

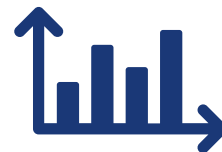


Modelmatige stresstest

Gevoeligheden en extreme situaties



Inzicht in knelpunten en risico's



Stresstest

Welk energiesysteem en welke methode als uitgangspunt?

Stresstests bestaan in allerlei soorten en maten, afhankelijk van wat er onderzocht dient te worden. Zo kunnen ze worden uitgevoerd op verschillende geografische niveaus, specifieke systeemonderdelen uitlichten (zoals het elektriciteitsnet), in de toekomst kijken of uitgaan van verschillende scenario's. Netbeheerders voeren in die zin ook al stresstesten en simulaties uit. Veelal om te kijken of de leveringszekerheid mogelijk in het geding is (zie technische knelpunten). Daarnaast zijn er ook verschillende methodes mogelijk, zoals pilots (experiment op kleine schaal) of modelmatige stresstests door simulaties.

Als startpunt kan het energiesysteem als geheel gesimuleerd worden. Het is daarbij waardevol om naar de huidige en toekomstige situatie te kijken (b.v. 2030). In een later stadium kan overwogen worden of het voor het dashboard wenselijk is om ook te kijken naar deelsystemen of verschillende schaalniveaus (zie ook pagina 29).

Op welke manier geeft een stresstest inzicht in systeemintegratie?

Een stresstest helpt inzicht te bieden of het systeem robuust is. Net als bij het paneel 'Knelpunten' zullen de knelpunten die door de stresstest blootgelegd worden niet direct de oorzaken op het gebied van systeemintegratie weergeven. Omdat er hier gebruik gemaakt wordt van een modelmatige simulatie, kan echter wel direct onderzocht worden welke mogelijke oplossingen er voor de knelpunten zijn.

Door nader te kijken naar verschillende onderdelen van de resultaten, kan een beeld gevormd worden waar specifiek de knelpunten zitten en hoe dit relateert aan systeemintegratie. Ontstaat een knelpunt bijvoorbeeld door overbelasting van netwerkverbindingen of vindt er juist onvoldoende conversie plaats? Vervolgens kan er ook nog specifiek gesimuleerd worden of een bepaalde systeemintegratieoplossing zoals conversie of opslag het knelpunt oplossen. Op deze manier biedt de stresstest naast inzicht in de knelpunten, ook de mogelijkheid om oplossingen voor deze knelpunten te onderzoeken. Dit vereist echter verdergaande analyse.

Tot slot kunnen ook verschillende onzekerheden in het toekomstige energiesysteem en keuzes daarin worden onderzocht. Zo kan het helpen om te kijken welke (systeemintegratie) keuzes een grotere robuustheid en adaptiviteit bieden dan anderen. Op deze manier kunnen voor verschillende toekomstbeelden systeemveranderingen doorgevoerd worden. Een dergelijk onderzoek kan dienen als basis voor beleidsvorming.

Robuustheid en adaptiviteit (stresstests)

Robuustheid en adaptiviteit

- Verschillende stresstests

Door een gemodelleerd energiesysteem te onderwerpen aan verschillende (extreme) omstandigheden kan de robuustheid en adaptiviteit van het systeem onderzocht worden.

Data beschikbaarheid



Gemak van meting



Hoe? Één van de manieren om een stresstest op systeemniveau uit te voeren is door een simulatie middels een model zoals het EnergieTransitieModel (ETM). Er zijn ook andere modellen die dit kunnen van o.a. TNO en PBL.

- Allereerst moeten alle systeemcomponenten die mee genomen dienen te worden, worden ingevoerd.
- Vervolgens kan het ingevoerde energiesysteem onderworpen worden aan een stresstest door een variatie in te voeren t.o.v. de referentie situatie. Daarbij denken wij ten minste aan vier variaties: een dunkelflaute, overschot (ongewoon grote opwek van hernieuwbare energie, importcrisis (het wegvallen van buitenlandse levering gas/waterstof/elektriciteit) en een prijsspiek.

Wat? Een model zoals het ETM, zal veel verschillende gegevens als uitvoer kunnen geven. Om specifiek iets te kunnen zeggen over knelpunten die opgelost zouden kunnen worden d.m.v. systeemintegratie kan gekeken worden naar:

- Het aantal en de duur van eventuele tekorten van energie binnen het energiesysteem;
- De maximale benutting van capaciteit (infrastructuur, opslag & conversie);
- Volatiliteit en prijsspieken.

Deze simulaties kunnen uitgevoerd worden voor zowel het huidige energiesysteem, om op korte termijn knelpunten in beeld te hebben, als voor het toekomstige energiesysteem (bijvoorbeeld 2030).

Data. Het voorgenomen en huidige beleid uit de Klimaat en Energieverkenning (KEV) van PBL zouden als belangrijke basis kunnen dienen voor simulaties.



Paneel 3: Capaciteit, conversie, hybridisering en opslag

Het derde paneel is ondersteunend aan de eerste twee panelen. Het geeft indicatoren weer die oplossingen kunnen bieden voor de in de eerste twee panelen geconstateerde knelpunten. De oplossingen dragen bij aan de integratie van het energiesysteem. Op zichzelf staand kunnen deze indicatoren moeilijk te interpreteren zijn omdat ze betrekking hebben op een enkele component van het energiesysteem, maar in samenhang met elkaar en met geconstateerde knelpunten kunnen ze duiding geven aan de oorzaak en oplossing van knelpunten op het gebied van systeemintegratie.

De uitwerking van dit paneel vergt het maken van keuzes voor een selectie van indicatoren die samen een zinvolle duiding bieden. Hierbij kan gekozen worden tussen een relatief lange lijst aan mogelijkheden. Daarbij geldt ook dat de beschikbaarheid van betrouwbare data voor veel mogelijkheden een aandachtspunt vormt.

De uitwerking en keuzes die hierin worden gemaakt, zullen afhangen van de ervaringen opgedaan bij de ontwikkeling van de andere twee panelen. Daarom wordt hier een eerste suggestie gedeeld van mogelijke indicatoren, maar zijn deze niet verder uitgewerkt. Daarbij hebben we ons gericht op de technische elementen van oplossingen. Mogelijk kan dit nog uitgebreid worden met de andere aspecten en deelsystemen van systeemintegratie.

3. Capaciteit, conversie, hybridisering & opslag

Capaciteit



Conversie



Hybridisering



Opslag



Er bestaat een veelheid aan indicatoren voor onderdelen van SI, maar deze geven geen inzicht in de mate van SI als geheel

Directe indicatoren van componenten die bijdragen aan systeemintegratie

Hoewel het erg uitdagend is om directe indicatoren voor systeemintegratie als geheel te formuleren, zijn er wel directe indicatoren voor componenten te bepalen die bijdragen aan systeemintegratie. Deze indicatoren hebben slechts betrekking op een onderdeel van systeemintegratie en bieden daarom geen inzicht in de samenhang van deze onderdelen. Wanneer ze echter in het licht worden geplaatst van bekende aspecten van systeemintegratie die nader onderzocht dienen te worden, dan kunnen ze wel degelijk helpen om duiding te geven.

Wat wil je meten?

Idealiter meet dit derde paneel op het dashboard voor systeemintegratie aspecten van systeemintegratie die ondersteunend zijn aan belangrijke punten die op paneel 1 en 2 naar voren komen. Dit paneel kan daarbij bovendien geënt worden op het monitoren van oplossingen voor typische systeemintegratie problemen of knelpunten. Zo kan paneel 2 constateren dat er bij veel wind congestie zal ontstaan op het elektriciteitsnet, waar paneel 3 kan monitoren hoeveel windparken met elektrolyse er in aanbouw zijn. De uitdaging bij dit paneel ligt hem met name in het grote aantal mogelijke componenten die kunnen bijdragen aan oplossingen voor systeemintegratie problemen. Dit paneel vraagt om het maken van scherpe keuzes in het plaatsen van meters. Daarnaast vraagt ook de interpretatie om de nodige kritische houding. Hoeveel van een bepaalde waarde is 'goed'?

Praktische uitvoering

Om de scope van dit paneel enigszins te beperken doen we de suggestie de metingen in eerste instantie te beperken tot oplossingen voor de op paneel 1 gepresenteerde kwantitatieve (technische) indicatoren. Dit biedt als voordeel dat er 1) makkelijker getalsmatige onderbouwing bij te vinden is, en 2) de data ook beschikbaar is. Omdat dit derde paneel ook expliciet onderbouwing bij de eerste twee panelen biedt, adviseren we de uitwerking van dit paneel pas op te pakken, wanneer de panelen 1 en 2 een concrete vorm hebben aangenomen.

Toelichting paneel 3: Capaciteit, conversie en opslag

Dit paneel bevat indicatoren die het meest direct iets zeggen over de mate van systeemintegratie. Elke indicator zegt echter alleen iets over een onderdeel van het overkoepelende begrip systeemintegratie. Daarnaast is het moeilijk de absolute waarde van de indicator te interpreteren: Hoeveel waterstofproductie is optimaal voor het energiesysteem? Als er een toename te zien is, is dat genoeg of had de toename groter moeten zijn? En welke absolute waarde is gewenst?

De interpretatie van deze meters moet dan ook in samenhang met elkaar en met de andere twee panelen worden gezien. De beoordeling vergt expertise op het vlak van de energietransitie en systeemintegratie.

Bij een aantal van deze meters is het wel mogelijk om de hoeken van het speelveld (zoals vanuit de i3050 scenario's) te gebruiken om inzicht te geven in welke stand van de meters 'optimaal' /streefwaarde is. Dit kan bijvoorbeeld ook worden gebruikt om een beeld te krijgen van waar het energiesysteem naartoe beweegt.

Bij enkele van deze indicatoren geldt vooral op kortere termijn 'meer is beter'. Echter, wanneer de energietransitie zich in een verder gevorderd stadium bevindt, zal dat niet meer opgaan. In dat geval zal 'meer' vaak leiden tot hogere kosten, zonder dat het direct tot een betere mate van systeemintegratie leidt.

Suggesties voor mogelijke indicatoren:

- Opgesteld vermogen van (warmte)buffers in woningen/utiliteiten
- Seizoensopslag voor warmtenetten (TJ opslag)
- Aantal geïnstalleerde hybride warmtepompen
- Aantal laadpalen EV met optie slim laden (congestie- of prijsgestuurd?)
- EV met optie teruglevering en/of tijdstelling start laden
- Windparken met elektrolyse (MW capaciteit)
- Zonneparken met
 - Batterij
 - Elektrolyse
 - Peak-shaving (en vrijgemaakte capaciteit)
- Gebruik vluchtstroken elektriciteitsnet en vrijgemaakte capaciteit
- Aanwezigheid slimme sturing in gebouwde omgeving
- Smart-grid toepassingen
- Capaciteitsfactor regelbaar centraal opgesteld elektrisch vermogen
- Capaciteitsfactor elektrolyse
- Percentages gebruik zelfopgewekte energie (huishoudens, bedrijven, industrie)
- Waterstof opslag

Berenschot

A row of solar-powered streetlights is shown in a park-like setting. Each light pole has a solar panel mounted on top and a light fixture. The background features a path, trees, and buildings in the distance.

4

Conclusie en vooruitblik

Conclusie en vooruitblik

Samenvatting van de uitkomsten over het ontwerpen van indicatoren voor systeemintegratie

- De energietransitie vereist een hogere mate van systeemintegratie dan het oorspronkelijke energiesysteem. Systeemintegratie is hierin dienend aan de verduurzaming van het energiesysteem en geen doel op zich.
- Systeemintegratie is een koepelbegrip, dat vele aspecten binnen de verschillende deelsystemen van het energiesysteem omvat. Het direct meten van systeemintegratie en dit duiden in één of enkele getallen is daarom niet haalbaar. Er is gekozen voor een dashboard met verschillende panelen. Gezamenlijk geven deze panelen een (indirect en afgeleid) beeld van de mate van systeemintegratie van het Nederlandse energiesysteem.
- Een gebrek aan systeemintegratie manifesteert zich in de vorm van knelpunten in het energiesysteem. Deze systemische knelpunten vormen een bedreiging voor de voortgang van de energietransitie en de eisen die we aan ons energiesysteem stellen (BBDVA). Deze knelpunten zijn wel zichtbaar en meetbaar. De knelpunten vormen daarom het eerste paneel met indicatoren voor systeemintegratie.
- De robuustheid en adaptiviteit van het energiesysteem kan getoetst worden door het bloot te stellen aan uiteenlopende omstandigheden. Door het energiesysteem modelmatig bloot te stellen aan verschillende stresstesten kan dit beoordeeld worden. Door middel van simulaties kunnen zo knelpunten en mogelijke oorzaken naar voren komen. Dit vormt het tweede paneel met indicatoren voor systeemintegratie.
- Tot slot zijn er vele indicatoren over potentiële oplossingen voor de geconstateerde knelpunten, die de mate van integratie van het energiesysteem kunnen beïnvloeden. Deze indicatoren vormen de meest directe maatstaf voor systeemintegratie. Tegelijkertijd zijn deze moeilijker te interpreteren. In samenhang met elkaar en met geconstateerde knelpunten kunnen ze helpen om duiding te geven aan de oorzaken en oplossingen van knelpunten op het gebied van

systeemintegratie.

Voorstel voor de vervolg stappen

1. Bespreken van deze studie met inhoudelijk experts op het gebied van systeemintegratie om de bevindingen en aanbevelingen te beoordelen.
2. Start met de uitwerking van de panelen met de knelpunten en stresstest. Eventueel kan in een later stadium het derde paneel ook uitgewerkt worden.
3. Het dashboard kan jaarlijks gepubliceerd worden, samen met een toelichting over hoe het tot stand is gekomen en een beschouwing van de inzichten: 'De staat van systeemintegratie'.
4. Een dergelijke rapportage zou kunnen aansluiten bij de jaarlijkse KEV rapportage van PBL, aangezien veel indicatoren gebaseerd zullen zijn op hun voorspellingen.
5. Uitbreidingen kunnen zitten in het verder ontwikkelen van paneel 3. Ook het uitwerken van verschillende schaalniveaus zal verdergaande inzichten kunnen opleveren (zie bijlage 2).

Berenschot

A group of six business professionals are gathered around a conference table in a modern office setting. They are all smiling and looking towards a laptop screen. One woman is leaning over the table, pointing at the screen. The atmosphere is collaborative and positive. The background shows office windows with blinds and a red wall.

Bijlagen

Bijlage 1: Netcongestie

Systemische knelpunten

- Afgeleide knelpunten
- Congestie

Netcongestie ontstaat omdat de huidige infrastructuur niet uitgelegd is op de veranderende patronen van vraag en aanbod

Data beschikbaarheid



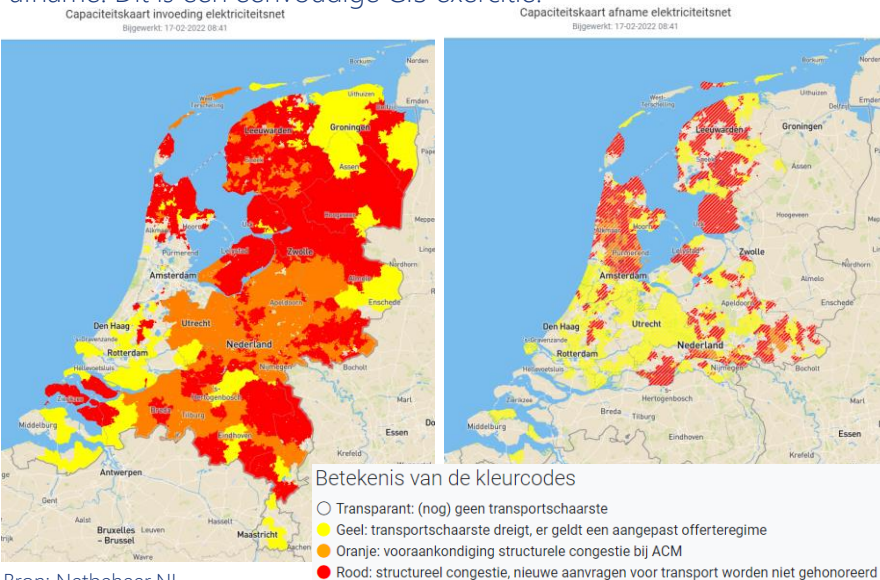
Bron: Netbeheer Nederland

Gemak van meting



Wat? Congestie, de beperkte beschikbaarheid van transportcapaciteit op het elektriciteitsnet, kan duiden op matige systeemintegratie en is een duidelijk voorbeeld van een knelpunt binnen het elektriciteitsnet. Netbeheer Nederland verzamelt data van regionale netbeheerders en publiceert een landelijk overzicht van de capaciteit voor invoeding en afname op het elektriciteitsnet. Deze kaarten en afgeleide getallen vormen een belangrijke indicator voor knelpunten binnen het energiesysteem.

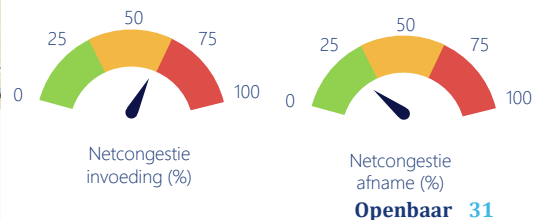
Hoe? Om de kwalitatieve data op locatieniveau om te zetten in een kwantitatieve indicator, kan de relatieve oppervlakte van NL worden berekend waarbij de oranje en/of rode status bereikt is voor zowel invoeding als afname. Dit is een eenvoudige GIS exercitie.



Bron: Netbeheer NL

Data. De kaarten zijn openbaar beschikbaar op:

<https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/> en worden op regelmatige basis bijgewerkt. Deze openbare data is echter nog niet geschikt voor oppervlakte berekeningen. Hiervoor is toegang tot de bewerkbare kaartlagen nodig, op te vragen bij Netbeheer Nederland.



Bijlage 1: Gemiddelde wachttijd op een elektriciteitsaansluiting

Systemische knelpunten

- Afgeleide knelpunten
 - Wachttijd aansluitingen

Als gevolg van netcongestie en personeelstekorten neemt de wachttijd op een elektriciteitsaansluiting toe

Data beschikbaarheid



Gemak van meting



Wat? De gemiddelde wachttijd om een elektriciteitsaansluiting te verkrijgen.

Hoe? De gemiddelde wachttijd zegt iets over de mate van netcongestie en de beschikbare uitvoeringscapaciteit om de aansluitingen te realiseren. De indicator is daarmee gerelateerd aan netcongestie (zie pagina 13). De uitvoeringscapaciteit om aansluitingen te realiseren is niet direct gerelateerd aan systeemintegratie.

De gegevens kunnen als geheel gepresenteerd worden, of onderverdeeld naar de het hoogspanningsnet (TenneT), middenspanningsnet en laagspanningsnet (regionale netbeheerders). Daarbij kan het verder onderverdeeld worden in invoeding en afname. Dit leidt tot zes categorieën. Per categorie kan het aantal aansluitingen en de totale capaciteit weergegeven worden.

Data? Bij ons weten is deze data voor de gemiddelde wachttijd niet publiek beschikbaar. Deze data zou daarom bij de verschillende netbeheerders opgevraagd moeten worden. Het is niet zeker of de netbeheerders bereid zijn de data (geanonimiseerd) beschikbaar te stellen.



Wachttijd
(invoeding en
afname)
hoogspanning



Wachttijd
(invoeding en
afname)
middenspanning



Wachttijd
(invoeding en
afname)
laagspanning

Bijlage 1: Redispatch volumes

Systemische knelpunten

- Afgeleide knelpunten
 - Redispatch volumes

Redispatch volumes geven een beeld hoeveel de netbeheerder moet ingrijpen om vraag en aanbod in balans te houden

Data beschikbaarheid

Bron: TenneT



Gemak van meting



Wat? Door verschuivingen in hoeveelheid en locatie van productie en afname van elektriciteit, kan het gebeuren dat de hoofdnetbeheerder, TenneT, moet ingrijpen om te voorkomen dat er overbelasting van het net ontstaat (redispatch). Dit congestiemanagement wordt gedaan door het contracteren van grotere partijen om in te springen op de vraag van TenneT om korttijdig meer of minder te produceren. De gemiddelde maandelijkse volumes hiervan geven een maat van congestie als knelpunt voor de energietransitie. Hierbij moet worden opgemerkt dat streven naar minimale volumes niet per definitie de beste uitkomst is. Ter voorbeeld, het elektriciteitsnet zou overall overgedimensioneerd kunnen worden om congestie te drukken, maar dit is niet per definitie een goede oplossing, aangezien het tot hoge kosten zou leiden voor de infrastructuur.

Idealiter zou er dus gemeten worden in hoeverre het redispatch volume afwijkt t.o.v. de door de netbeheerder verwachte en gewenste waarde. Te weinig redispatch zou kunnen wijzen op een overgedimensioneerd elektriciteitsnetwerk en te veel redispatch op netcongestie. Het vergt dus een interpretatieslag om deze indicator te beoordelen en te duiden wat te betekent voor systeemintegratie.

Hoe? De redispatch volumes kunnen het beste als trendgrafiek over de jaren weergegeven worden. Zonder referentie is het absolute volume namelijk moeilijk te interpreteren. Een andere mogelijkheid is om het absolute getal weer te geven in combinatie met de procentuele stijging vergeleken met een jaar eerder.

Data. TenneT publiceert jaarlijks hun Annual Market Update, waarin redispatch volumes en kosten zijn opgenomen.

51 GWh/maand (+4%)

Redispatch volumes 2020 en
relatieve verandering t.o.v.
2019

OF



Redispatch volumes

Bijlage 1: Uitvalduur onvoorzien

Systemische knelpunten

- Afgeleide knelpunten
 - Uitvalduur onvoorzien

Het meten van de onvoorziene uitvalduur legt veranderingen in de betrouwbaarheid van het elektriciteitssysteem bloot

Data beschikbaarheid

Bron: Netbeheer Nederland



Gemak van meting



Wat? Als gevolg van intermitterende bronnen (zon, wind) en elektrificatie van de energievraag, neemt de druk op het elektriciteitssysteem toe. Als hier niet adequaat op wordt gereageerd door bijvoorbeeld uitbreiding van het net of een betere afstemming van vraag en aanbod, valt te verwachten dat er regelmatig storingen gaan plaatsvinden. Een directe graadmeter hiervan is de onvoorziene jaarlijkse uitvalduur. Deze indicator geeft het gemiddeld aantal minuten weer dat er sprake is van uitval per jaar per klant. Als kanttekening moet hierbij worden vermeldt dat uitval ook andere oorzaken dan onbalans kan hebben.

Ook deze afgeleide indicator vergt een interpretatieslag om te beoordelen in hoeverre dit inzicht geeft in de mate van systeemintegratie. Bij een forse stijging van de onvoorziene uitvalduur is het zinvol te verkennen wat hiervan de achterliggende oorzaken zijn en in hoeverre daar systemische knelpunten aan ten grondslag liggen.

Hoe? Cijfers over uitvalduur worden jaarlijks door Netbeheer Nederland gepubliceerd in het Betrouwbaarheidsrapport Elektriciteit. Het getal kan het beste weergegeven worden in relatie tot eerdere jaarcijfers. Dit kan gedaan worden door bijvoorbeeld het procentuele verschil met voorgaand jaar weer te geven of door middel van een grafiek over de tijd.

Data. Netbeheer Nederland publiceert jaarlijks [een rapport](#) met betrouwbaarheidscijfers van het elektriciteitsnet.

20,8 (+17%)

Uitvalduur onvoorzien 2020
(minuten per jaar per klant)
en relatieve verandering t.o.v.
2019

OF



Uitvalduur onvoorzien
(minuten per jaar per klant)

Bijlage 1: Leveringszekerheid elektriciteit (huidig en verwacht)

Systemische knelpunten

- Afgeleide knelpunten
 - Leveringszekerheid

De leveringszekerheid van elektriciteit geeft een beeld van de verwachte toekomstige betrouwbaarheid van het elektriciteitssysteem

Data beschikbaar

Bron: TenneT



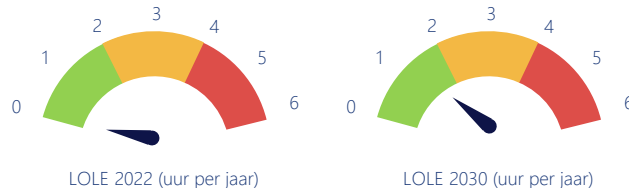
Gemak van meting



Wat? Door toenemend gebruik van elektriciteit als energiedrager, wordt verwacht dat de energietransitie meer gaat vragen van het elektriciteitsnet. Leveringszekerheid biedt daarom inzicht in zowel de betrouwbaarheid van het net, als ook de mate waarin het elektriciteitsnet snel genoeg wordt toegerust op veranderingen als gevolg van de energietransitie. TenneT publiceert jaarlijks een rapport waarin de resultaten van een uitgebreid leveringszekerheid onderzoek gepubliceerd worden. Op basis van de huidige situatie en toekomstige scenario's wordt door middel van simulaties het gemiddeld aantal uren voorspeld dat niet aan de vraag kan worden voldaan (de "LOLE indicator"). Hierbij worden verschillende toekomst scenario's met elkaar vergeleken en wordt zowel een gemiddelde als ook de spreiding in de verwachte leveringszekerheid gegeven. De waarde is bovendien te vergelijken met een grenswaarde van vier uur per jaar, die als de Nederlands aanvaardbare norm wordt gezien. Deze afgeleide indicator vergt een interpretatieslag om te beoordelen in hoeverre systeemintegratie ten grondslag ligt aan een verandering in de leveringszekerheid.

Hoe? Voor het dashboard zal een keuze moeten worden gemaakt welke waarden getoond zal worden als indicator. Het "KA0 scenario" is hiervoor een goed uitgangspunt, dat gebaseerd is op de jaarlijkse KEV voorspellingen van PBL. Hierbij dient te worden opgemerkt dat dit de meest optimistische voorspellingen betreft in de analyse van TenneT. Wij stellen voor om hierbij in het dashboard de voorspelling voor het komende jaar en die voor 2030 te presenteren. De waarde voor 2030 zal op een zeker moment vervangen moeten worden voor een datum verder in de toekomst.

Data. TenneT publiceert jaarlijks het [rapport](#) Monitoring Leveringszekerheid waarin bovengenoemde getallen te vinden zijn.



Bijlage 2: Decentralisatie van het energiesysteem als maat voor de vraag naar systeemintegratie?

De decentralisatie van het energiesysteem is een belangrijke ontwikkeling binnen de energietransitie. Veel oplossingen op het gebied van systeemintegratie kunnen ook op het lokale schaalniveau uitgevoerd worden (denk aan vraagsturing of een thuisbatterij).

Tijdens de totstandkoming van dit onderzoek is gesproken over de decentralisatie van het energiesysteem: is dit een doel op zich of een uiting van een duurzaam energiesysteem (zie kader rechts)?

Het staat vast dat de mate van decentrale organisatie van het energiesysteem grote invloed heeft op de wijze waarop systeemintegratie nodig is (waarbij benadrukt wordt dat systeemintegratie dienend is aan de behoeften van het energiesysteem). Een decentraal georganiseerd energiesysteem vraagt om andere integratie-oplossingen dan een meer centraal georganiseerd systeem.

Verskillende indicatoren voor systeemintegratie kunnen een beeld geven over de mate waarin het systeem decentraal geïntegreerd is (denk aan de verhouding terug geleverde elektriciteit bij huishoudens ten opzichte van het opgesteld vermogen zonPV op particuliere daken).

Het is interessant om te verkennen in hoeverre het mogelijk is om een aanpak te ontwikkelen dat een beeld geeft in hoeverre het energiesysteem lokaal dan wel centraal geïntegreerd is.



Lokaliteit vanuit een sociaal-maatschappelijke visie

De mate waarin het energiesysteem uiteindelijk lokaal vormgegeven dient te worden, kan via twee visies gezien worden. Simpel gezegd vanuit een:

- o Technocratische blik (lokaal waar nodig)
- o 'Grass roots' (lokaal is beter)

Een indicator die een beeld geeft van de mate waarin het energiesysteem lokaal wordt georganiseerd of onafhankelijk is, kan indirect ook iets zeggen over systeemintegratie.

Het is van belang dat de indicator los van een sociaal-maatschappelijke visie tot stand komt. Daarbij is het de mate van decentrale organisatie die beïnvloedt op welke wijze systeemintegratie wenselijk is. Een energiesysteem met veel zonPV op dak heeft een hogere behoefte aan thuisbatterijen dan een systeem met windparken op de Noordzee.



Berenschot

www.berenschot.nl

 /berenschot