

Wat is 100% noodstroom?

Een adequate energievoorziening is voor een ziekenhuis van levensbelang. Energie, en in het bijzonder elektrische energie, dient altijd beschikbaar te zijn. Om ook bij uitval van het openbare net in de elektriciteitsbehoefte te kunnen voorzien, wordt er een noodstroomvoorziening geïnstalleerd. Voorheen werd meestal als richtlijn gesteld dat deze voorziening een derde van het maximaal gevraagde vermogen moet kunnen leveren. Tegenwoordig wordt steeds vaker 100% noodstroom vereist. Maar wat betekent dat eigenlijk?

Ir. R. (Renske) Kind, ir. J.H.A. (Jan) Feijes, Deerns raadgevende ingenieurs bv

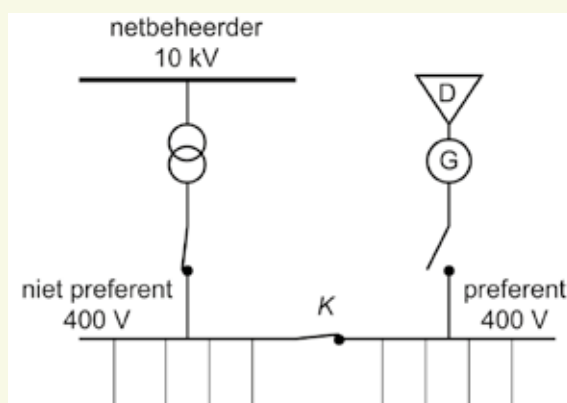
100% NOODSTROOM

Het uitgangspunt dat ten grondslag ligt aan de eis van 100% noodstroom, is dat het ziekenhuis operationeel moet blijven bij uitval van de reguliere energievoorziening. De vermogensvraag van een ziekenhuis fluctueert echter aanzienlijk. Het is dan ook moeilijk eenduidig vast te stellen welk vermogen een ziekenhuis daadwerkelijk nodig heeft om goed te kunnen functioneren. Bij het ontwerpen van de noodstroomvoorziening staat de ontwerper voor de opgave een goede schatting te maken van het benodigde vermogen, zonder de opdrachtgever onnodig op kosten te jagen. Een 100%-noodstroomvoorziening kan eenvoudig worden gerealiseerd door te kiezen voor een 'groot' aggregaat, overeenkomstig het maximaal gevraagde vermogen. Dit resulteert echter in een forse investering. Een te 'klein' aggregaat is weliswaar goedkoop, maar kan het primaire proces in gevaar brengen. Voor een betrouwbaar en financieel gunstig ontwerp is het van belang een optimale balans te vinden tussen deze twee factoren. De vraag daarbij is: hoe groot moet het noodstroomvermogen minimaal zijn om het ziekenhuis in noodbedrijf operationeel te houden? Het benodigde noodstroomvermogen hangt onder

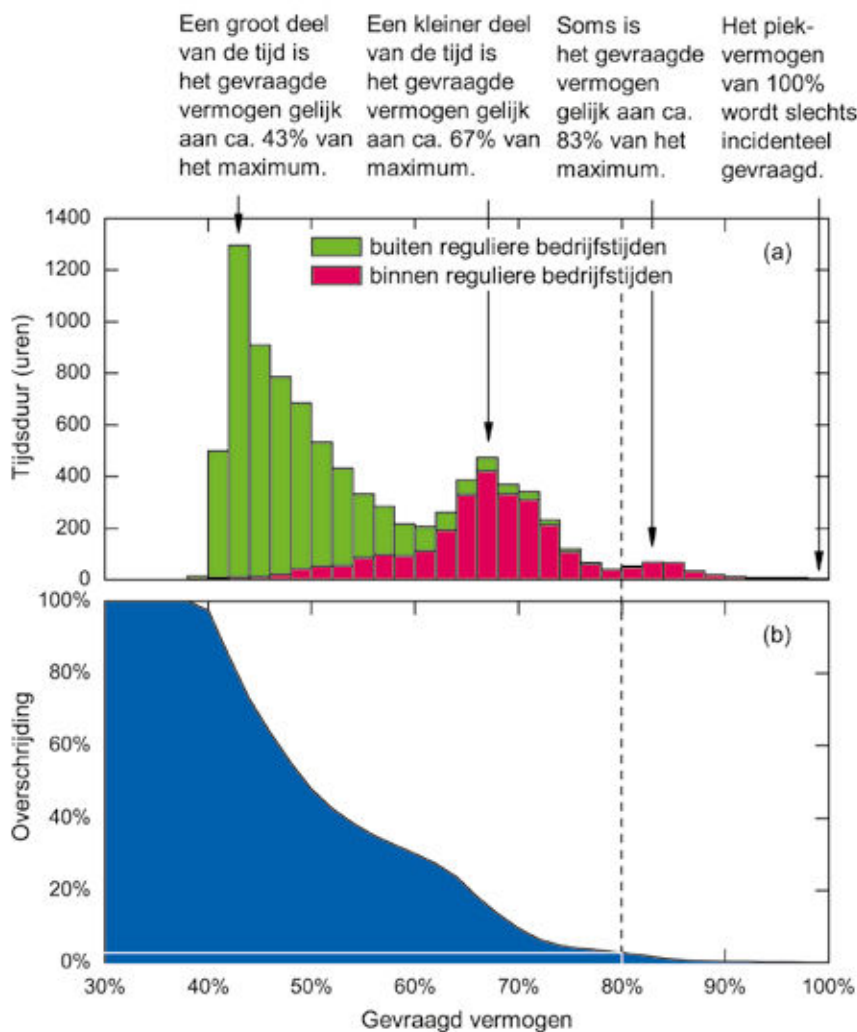
meer samen met de te voeden voorzieningen en de daaruit volgende vermogensvraag, de gewenste redundantie en de relevante groei-scenario's. In dit artikel wordt ingegaan op het eerste aspect. Een methode wordt beschreven om meer inzicht te verkrijgen in de opbouw van de vermogensvraag van ziekenhuizen en daarmee voornoemde vraag te beantwoorden. De methode omvat een analyse van meetgegevens, geïllustreerd aan de hand van de karakteristieken van een representatief ziekenhuis. Vergelijkbare karakteristieken zijn gevonden bij andere ziekenhuizen en de beschreven inzichten zijn dan ook breed toepasbaar.

REFERENTIEZIEKENHUIS

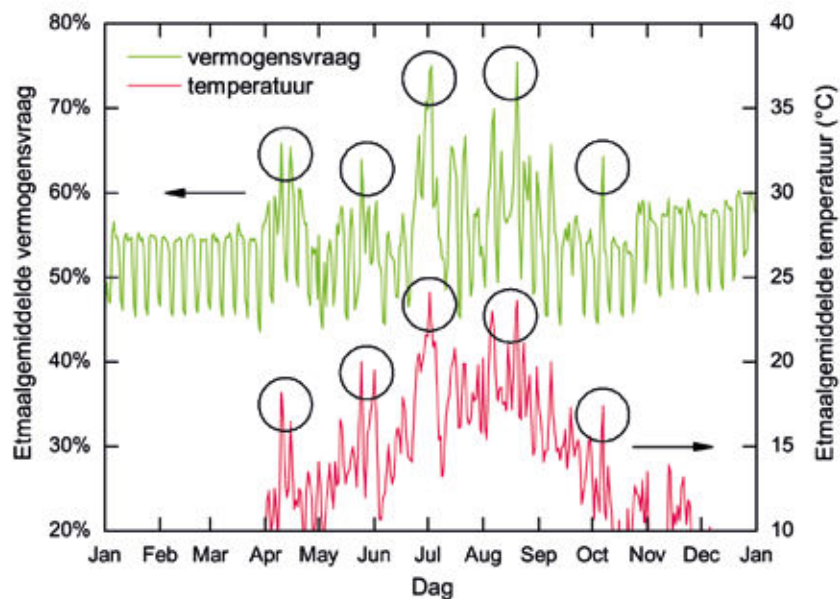
Het referentieziekenhuis is een middelgroot streekziekenhuis, dat al zijn elektrische energie van het openbare net betreft. Daarnaast is er een noodstroomaggregaat dat het ziekenhuis in geval van een netspanningsonderbreking van elektriciteit voorziet. Het principe van de elektriciteitsvoorziening is schematisch weergegeven in figuur 1. Wanneer het openbare net uitvalt, worden alleen voorzieningen die zijn aangesloten op het preferente net gevoed. Voor een aantal (minder belangrijke) voorzieningen kan het aggregaat mogelijk niet voldoende energie



-Figuur 1- Principeschema van de energievoorziening van het referentieziekenhuis. G en D zijn de generator en de diesellostroom die het ziekenhuis bij een netspanningsonderbreking van elektrische energie voorziet; K is een koppelschakelaar waarmee in noodbedrijf het niet-preferente net afgeschakeld kan worden.



-Figuur 2- (a) Verdeling van de door het referentieziekenhuis gevraagde vermogens gedurende een jaar tijd; de grafiek geeft voor elk vermogen aan hoeveel uur per jaar dit vermogen wordt gevraagd. (b) Overschrijdingsdiagram van de vermogensvraag, afgeleid van de verdeling; de overschrijding geeft het percentage van het jaar dat het gevraagde vermogen hoger is dan het vermogen waarvoor de overschrijding is gegeven.



-Figuur 3- De etmaalgemiddelde vermogensvraag en de etmaalgemiddelde buitentemperatuur gedurende een jaar tijd. Temperatuurdata van het KNMI [1].

leveren. Deze zijn aangesloten op het niet-preferente net en worden afgeschakeld door koppelschakelaar K open te sturen.

METINGEN

Om een goed beeld te krijgen van de vermogensvraag, wordt gebruik gemaakt van gedetailleerde metingen. In dit geval zijn dat kwartiermetingen van het elektriciteitsverbruik over een volledig jaar, omgerekend tot (kwartiergemiddelde) vermogens. Alle genoemde vermogens zijn relatief ten opzichte van het in dat jaar maximaal gevraagde vermogen, dat is vastgesteld op 100%. De metingen geven direct informatie over de vermogensvraag op elk moment van de dag, de week en het jaar. Door de gegevens in een histogram weer te geven, zoals in figuur 2a, wordt zichtbaar gedurende hoeveel uur de verschillende vermogens in een jaar worden gevraagd. Wat opvalt in figuur 2a is de grote spreiding in de gevraagde vermogens. De grootste vermogens (helemaal rechts in de grafiek) komen slechts zelden voor; meestal is het gevraagde vermogen aanzienlijk kleiner. Er zijn duidelijk drie pieken te onderscheiden, die doen veronderstellen dat het ziekenhuis drie standaardtoestanden heeft waarin het opereert.

VERMOGENSVRAAG

Om de verschillende standaardtoestanden te verklaren is allereerst gekeken naar de dagelijkse fluctuaties van de vermogensvraag. Er is een duidelijk verschil te zien tussen de vraag overdag en 's nachts, alsmede tussen werkdagen en weekend. 's Nachts ligt het gevraagde vermogen op een relatief laag en constant niveau. Op maandag tot en met vrijdag is rond 7:00 uur een sterke stijging te zien tot een tweede, hoger niveau. Gedurende de dag blijft de vermogensvraag meestal tamelijk constant, om vervolgens rond 18:00 uur weer geleidelijk te dalen tot het nachtelijk niveau. Op zaterdag en zondag is slechts een zeer lichte stijging te zien van het niveau overdag ten opzichte van het nachtelijk niveau.

Op basis van de dagelijkse fluctuaties van de vermogensvraag is het tijdvak tussen 7:00 uur en 18:00 uur op maandag tot en met vrijdag gedefinieerd als 'reguliere bedrijfstijden'. In figuur 2a is onderscheid gemaakt tussen de vermogensvraag binnen en buiten deze reguliere bedrijfstijden. Hiermee wordt duidelijk dat de eerste piek bijna volledig kan worden toegeschreven aan de vermogensvraag buiten de reguliere bedrijfstijden. Deze vraag kan worden geïnterpreteerd als een basisniveau, veroorzaakt door zaken als (nood)verlichting en luchtbehandeling, alsook medische faciliteiten die permanent in gebruik zijn. De tweede en derde piek geven voornamelijk de

vraag binnen de reguliere bedrijfstijden weer, waarbij er naast de basisvraag een extra vermogensvraag is door geplande behandelingen en andere activiteiten.

■ VERMOGENSVRAAG EN TEMPERatuur

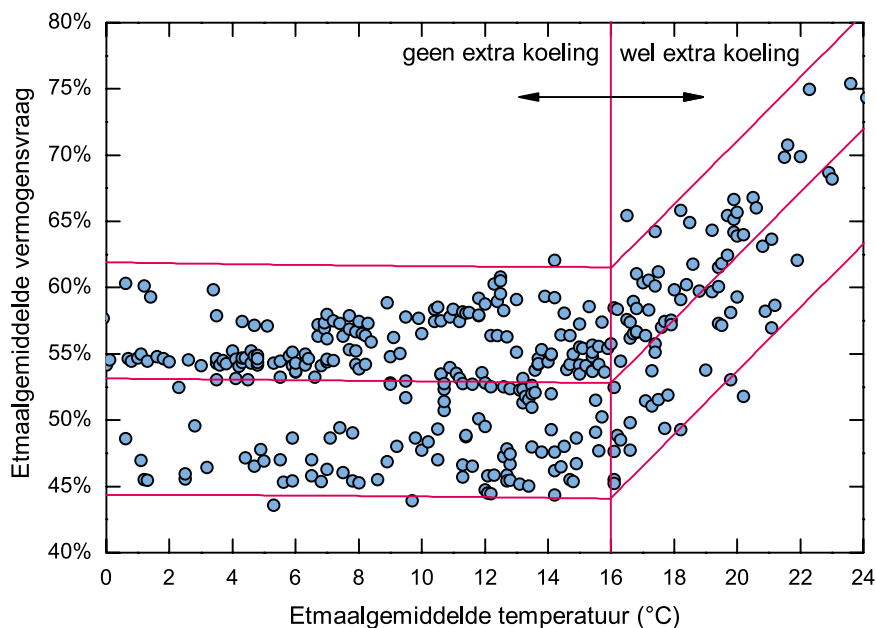
De volgende vraag die rijst is hoe het verschil tussen de tweede en derde piek, die beide binnen de reguliere bedrijfstijden vallen, kan worden verklaard. De vermogensvraag die overeenkomt met de tweede piek komt veel vaker voor dan de vraag die overeenkomt met de derde piek. Nader onderzoek laat zien dat de derde piek slechts aanwezig is in de maanden april tot en met oktober en dus seizoensgebonden is. Een vergelijking tussen het dagelijks gemiddeld gevraagde vermogen en de dagelijkse gemiddelde temperatuur gedurende hetzelfde jaar, zoals in figuur 3 op de vorige pagina, toont aan dat er een duidelijke relatie is tussen die twee. In de figuur is te zien dat de pieken in de vermogensvraag in de zomermaanden sterk overeenkomen met de pieken in de buitentemperatuur. Bovendien werd op de dag waarop de hoogste vermogens werden gevraagd, ook de hoogste temperatuur van het jaar bereikt.

Een andere illustratie van de correlatie tussen de vermogensvraag en de buitentemperatuur is gegeven in figuur 4. Elk punt in deze figuur representeert een dag van het jaar en geeft zowel de etmaalgemiddelde temperatuur als de etmaalgemiddelde vermogensvraag op diezelfde dag. Hierin is te zien dat tot een gemiddelde buitentemperatuur van zo'n 16°C de gemiddelde vermogensvraag fluctueert tussen 43% en 63%. Deze fluctuaties zijn niet waarneembaar gerelateerd aan de buitentemperatuur. Bij een buitentemperatuur hoger dan ongeveer 16°C worden grotere vermogens gevraagd, die duidelijk toenemen met de temperatuur. Deze grotere vraag is te verklaren doordat bij buitentemperaturen hoger dan 16°C aanvullende koeling wordt ingeschakeld om de binnentemperatuur te beheersen. De derde piek van figuur 2a reflecteert dus een situatie waarbij naast de basislast –waaronder de basiskoeling die het gehele jaar nodig is – en de geplande behandelingen, een aanzienlijk vermogen wordt gevraagd voor aanvullende ruimtekoeling.

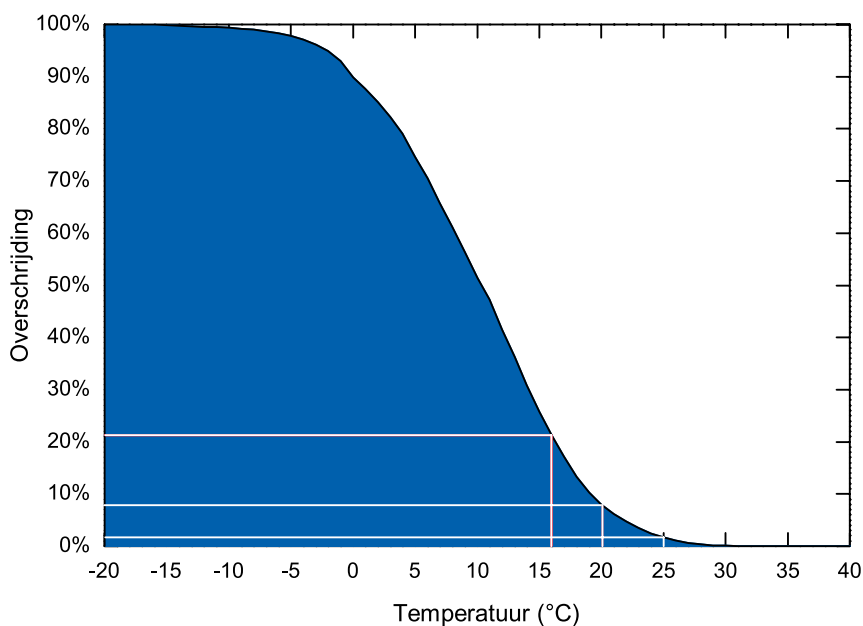
■ DRIE TOESTANDEN

Uit de analyse van de vermogensvraag blijkt dat de drie waargenomen standaardtoestanden overeenkomen met de volgende situaties:

- nacht/weekend (buiten de reguliere bedrijfstijden): kleine vermogensvraag (eerste piek);
- doordeweekse dag, binnen de reguliere bedrijfstijden: gemiddelde vermogensvraag



-Figuur 4- Correlatie tussen de etmaalgemiddelde vermogensvraag en de etmaalgemiddelde buitentemperatuur. Temperatuurdata van het KNMI [1].



-Figuur 5- Overschrijdingsdiagram van de temperatuur in 2009, gebaseerd op uurmetingen van het KNMI [1]. De overschrijding geeft het percentage van het jaar dat de buitentemperatuur hoger is dan de temperatuur waarvoor de overschrijding is gegeven.

(tweede piek);

- warme doordeweekse dag, binnen de reguliere bedrijfstijden: grote vermogensvraag (derde piek).

De eerste twee toestanden representeren het ziekenhuis in normaal bedrijf bij gangbare weersomstandigheden. In de derde toestand is er een grotere vermogensvraag, die wordt veroorzaakt door aanvullende ruimtekoeling. Deze aanvullende koeling wordt ingeschakeld wanneer de buitentemperatuur hoger is dan ongeveer 16 °C. De benodigde koeling en daarmee de vermogensvraag van de koelin-

stallatie loopt op met de buitentemperatuur. Temperaturen ver boven de 16°C komen in Nederland echter maar een klein deel van de tijd voor. Zoals in het overschrijdingsdiagram in figuur 5 is te zien, was de temperatuur in het referentiejaar 2009 slechts 21% van de tijd hoger dan 16°C. Temperaturen hoger dan 20°C kwamen slechts 8% van de tijd voor, en hoger dan 25°C nog maar 2%. Gezien het feit dat 2009 een relatief warm en zonnig jaar was [1], zal dit percentage in andere jaren gemiddeld lager zijn. Aanvullende koeling zal dan ook maar een klein deel van het jaar nodig zijn. Het

deel van het jaar dat de koelinstallatie op vol vermogen draait is nog veel kleiner.

■ MINIMAAL BENODIGD

Als het ziekenhuis zich in toestand 1 of 2 bevindt, zoals meestal het geval is, is een vermogen dat ligt tussen de tweede en de derde piek in het histogram van de gevraagde vermogens (figuur 2a), voldoende om aan de volledige vraag te voldoen. Dit is dan ook het noodstroomvermogen dat minimaal geïnstalleerd zou moeten worden om in noodbedrijf operationeel te kunnen blijven.

Wanneer de stroom uitvalt op een warme dag, is een vermogen dat lager ligt dan de derde piek niet toereikend. De kans op het gelijktijdig optreden van uitzonderlijk hoge buitentemperaturen én een netspanningsonderbreking is echter erg klein. Mocht deze situatie zich toch voordoen, dan zal de koelinstallatie gedeeltelijk uitgeschakeld moeten worden (koeling van bijvoorbeeld communicatieruimten en het OK-complex behoort tot het primaire proces en zal niet uitgeschakeld worden). Dit heeft nadelige gevolgen voor het thermisch comfort in het ziekenhuis. Daar staat tegenover dat de opwarming van een gebouw altijd met een zekere vertraging plaatsvindt, waardoor de gevolgen bij een korte stroomstoring beperkt blijven. Bovendien hoeft het primaire proces niet onderbroken te worden. Men kan zich daarom afvragen of het de extra investering waard is om de noodstroomvoorziening op deze uitzonderlijke situatie te dimensioneren. Een noodstroomvermogen dat ligt tussen de tweede en de derde piek, komt voor het referentieziekenhuis neer op een vermogen dat ongeveer 80% bedraagt van het maximaal gevraagde vermogen. Dit vermogen zal in veruit de meeste gevallen afdoende zijn om te voldoen aan de voorwaarde dat het ziekenhuis ook in geval van een netspanningsonderbreking operationeel is. Zoals te zien is in het overschrijdingsdiagram van de vermogensvraag in figuur 2b, wordt dit vermogen slechts 2,8% van de tijd overschreden.

■ CONCLUSIE

De vermogensvraag van een ziekenhuis fluctueert aanzienlijk en hangt sterk samen met het tijdstip van de dag en de weersomstandigheden. Als gevolg hiervan zijn er drie standaardtoestanden te onderscheiden: (1) nacht-/weekendbedrijf, (2) dagbedrijf en (3) warmedagbedrijf. De vermogensvraag is het grootst tijdens het warmedagbedrijf. Dit kan verklaard worden door de aanvullende ruimtekoeling die op een warme dag nodig is. Het warmedagbedrijf en de bijbehorende hoge vermogensvraag komen echter maar een beperkt deel van het jaar voor. Voor het referentieziekenhuis is een

noodstroomvermogen dat gelijk is aan circa 80% van het maximaal gevraagde elektrische vermogen gedurende circa 97,2% van het jaar voldoende om het gehele ziekenhuis te voeden. Slechts in het uitzonderlijke geval dat er een netspanningsonderbreking optreedt op een bijzonder warme dag, zou het vermogen ontoereikend zijn om het gewenste comfort te kunnen handhaven. Hoewel dit na enige tijd zou kunnen leiden tot hogere binnentemperaturen, heeft het geen directe gevolgen voor het primaire proces. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het goed mogelijk is te kiezen voor een aggregaat met een vermogen dat kleiner is dan het maximaal gevraagde vermogen en tegelijkertijd het primaire proces van het

ziekenhuis te waarborgen.

De beschreven analyse geeft een verhelderend beeld ten aanzien van de afwegingen die gemaakt moeten worden bij het vaststellen van het te installeren noodstroomvermogen. Met deze methode kunnen, samen met de klant, beter gefundeerde en meer kosteneffectieve keuzes worden gemaakt m.b.t het ontwerp van de noodstroomvoorziening.

■ REFERENTIES

1. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). Klimatologie, Informatie over het Weer in het Verleden. <http://www.knmi.nl/klimatologie/>, geraadpleegd op 05-12-2011

■ METHODIEK DUURZAME ENERGIEVOORZIENING

Ook voor andere lokale energievoorzieningen, zoals opwekkers van duurzame energie, is het relevant om inzicht te hebben in de opbouw van de vermogensvraag. Als gevolg van de grote energievraag in ziekenhuizen en de ontwikkelingen in de energiemarkt, alsmede de toenemende concurrentie in de zorgsector, zal duurzame energie een steeds grotere rol gaan spelen in ziekenhuizen. Voor het ontwerpen van deze voorzieningen is het belangrijk onderscheid te maken tussen het constante vermogen en het variabele vermogen. Dit om een optimale afstemming van verschillende bronnen te realiseren, aangezien sommige bronnen meer geschikt zijn voor een variabel gebruik dan andere. Daarnaast fluctueert het aanbod van sommige duurzame bronnen, waaronder zonne-energie, met de seizoenen. Zoals is gebleken hangt ook de energiebehoefte van ziekenhuizen sterk samen met de seizoenen. Bij de toepassing van bijvoorbeeld zonnepanelen is het relevant te weten dat de periode waarin de vraag het grootst is, samenvalt met de periode waarin de opbrengst maximaal is. Door slim met dergelijke informatie om te gaan kan een efficiënte energievoorziening worden gerealiseerd, mogelijk resulterend in een aanzienlijke kostenbesparing. De in dit artikel beschreven methode kan hier een belangrijke bijdrage aan leveren.

