

Elektrisch huis kan EPC-probleem oplossen

Drs. ing. Peter Hafkamp en
dr. ir. Ruud Hunik

In de verduurzaming van de maatschappij speelt (duurzaam opgewekte) elektriciteit een belangrijke rol. Ook bij de opslag van duurzame warmte en koude wordt warmte verplaatst met elektrisch aangedreven (warmte)pompen. De belangstelling voor het all-electrichuis neemt toe, vooral daar waar keuzen moeten worden gemaakt voor investeringen in distributienetten bij de aanleg van nieuwe woonwijken.

Nederland is een aardgasland bij uitstek, het is eenvoudig toegankelijk via een uitgebreid gasdistributienet. Warmtenetten zijn nog minder ontwikkeld, vooral vanwege de hoge ontwikkelingskosten die dit met zich meebrengt. Bijna elk huishouden heeft verder een elektriciteitsaansluiting, zonder elektriciteit is het gewone dagelijkse leven haast ondenkbaar geworden. In andere Europese landen, zoals Frankrijk dat veel kerncentrales kent, hebben al veel huishoudens alleen een elektriciteitsaansluiting. In Nederland houden de huidige ontwerpnormen voor nieuwbouw van elektriciteitsdistributienetten nog geen rekening met all-electrichuizen, die een zwaarder net vereisen.

ENERGIENEUTRAAL IN 2020

Verwarmen met aardgas is momenteel nog steeds de goedkoopste oplossing voor woningverwarming: de prijs per energie-eenheid van aardgas voor consumenten is in verhouding met elektriciteit nog steeds laag. Dat komt vooral door de hoge milieubelasting van elektriciteit voor consumenten: bijna tweederde van de prijs bestaat uit belastingen en dit is bijna even hoog als die van transportbrandstoffen. Elektriciteit is per kWh ongeveer 2,5 maal zo duur als aardgas, dat met 100 procent rendement in moderne, zuinige hr-ketels wordt verstoekt. Het prijsverschil voor consumenten maakt verwarmen met gas daarmee nog steeds een stuk aantrekkelijker dan verwarmen met elektriciteit.

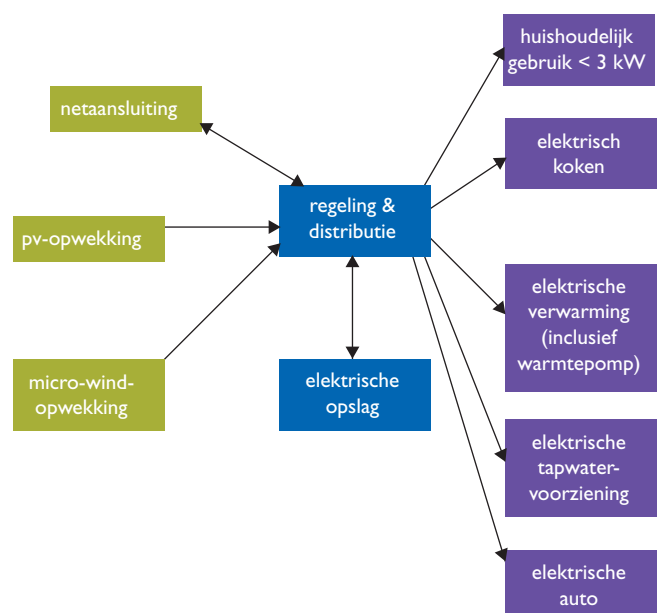
De bouweisen voor nieuwbouwwoningen worden de komende jaren flink omhoog geschroefd. In 2011 wordt de EPC verlaagd van 0,8 naar 0,6 en in 2015 naar 0,4. In 2020 moeten alle nieuwbouwwoningen 'energieneutraal' zijn. Bouwtechnische maatregelen, zoals extra isolatiewaarde van de woningschil, hebben hun grenzen zo langzamerhand bereikt, tenzij volledig wordt overgestapt op het passiefhuisconcept. Tot op heden is de bouwketen in Nederland daar echter nog niet op ingericht.

Ook installatietechnisch komen de grenzen snel in zicht, hoewel de hre-ketel bouwers nog kan helpen. Opwekking van warmte via zonneboilers en opwekking van elektriciteit met pv-cellen wordt steeds meer de standaardbouwwijze voor

Dit is het eerste artikel in de reeks van drie over het all-electrichuis. In het volgende nummer wordt het concept verder uitgewerkt, in het laatste artikel volgt een stappenplan met praktische voorbeelden.

een lage EPC. De prijs van pv-cellen daalt de komende jaren fors: in 2010 is deze trend al ingezet.

Als er steeds meer zonneboilers en pv-cellen komen, is het dan niet tijd om na te denken over een all-electrichuis? Want zolang aardgas nog niet volledig groen is – het streven is 20 procent groen gas in 2020 – dan is zeker met goed geïsoleerde woningen een all-electrichuis het overwegen waard. Als de opslag van elektrische energie de komende jaren goedkoper en beter wordt (denk aan de Li-ion-accu's), dan is



Figuur 1. Componenten all-electrichuis.



het all-electrichuis misschien wel het winnende concept voor nieuwbouw omdat de lokaal opgewekte elektrische energie deels kan worden opgeslagen voor eigen gebruik en de elektriciteitsnetten niet veel zwaarder hoeven te worden uitgevoerd. Ook biedt dit concept mogelijkheden voor bestaande (renovatie)woningen die goed worden geïsoleerd en voorzien van pv-cellen en zonnepanelen.

ALL-ELECTRICHUIS

Het (elektro)technisch systeemontwerp van een all-electrichuis bestaat uit de volgende elementen:

- elektriciteitsverbruik (in vijf subcategorieën);
- hernieuwbare opwekking;
- regeling en distributie;
- opslag elektrische energie en netaansluiting.

Het economische systeemontwerp bestaat uit:

- energiecontract;
- aansluitcontract;
- investeringen;
- jaarlijkse kosten.

Daarnaast zijn er duurzaamheidsontwerpelementen in de vorm van:

- het percentage zelf opgewekte, hernieuwbare energie ten opzichte van het totale gebruik;
- een score van de materialen op de duurzaamheidsladder.

Dit laatste element wordt verder niet meegenomen. Het eerste element is de ambitie van de opdrachtgever om zelf energie op te wekken, al dan niet vanuit de Trias Energetica-gedachte.

De verbruikerscategorieën zijn onder te verdelen in:

- huishoudelijk gebruik apparatuur (< 3,0 kW);
- elektrisch koken;
- elektrische verwarming (inclusief warmtepomp);
- elektrische tapwatervoorziening;
- elektrische auto.

De verbruikerscategorieën hebben de volgende kenmerken:

- verbruik (dagcyclus en seizoenen);
- capaciteit (gemiddeld en piekbelasting);
- gebruiksgemak;
- flexibiliteit (mogelijkheid tot schakelbaarheid in de tijd).

Huishoudelijke apparatuur < 3 kW

De verbruikerscategorie huishoudelijk gebruik apparatuur is heel groot. In feite valt bijna alle huishoudelijke apparatuur daaronder, zoals verlichting, computers, media-apparatuur, maar ook wasmachines en drogers.

Het verbruikspatroon kent een typische dag- en avondcyclus

Definities

All-electrichuis: een appartement, eengezins-, hoek- of vrijstaande woning die voor het energiegebruik alleen is voorzien van een elektriciteitsaansluiting en dus niet op een ander energienet (aardgas- of warmtenet) is aangesloten. Ook woningen die geen aansluiting op een energienet hebben, vallen hieronder. Een all-electrichuis kan zowel nieuwbouw als bestaande (gerenoveerde) bouw betreffen.

Passiefhuis: een woning die zeer goed is geïsoleerd, met optimaal gebruik van (passieve) zonne-energie. Het maximale energiegebruik voor ruimteverwarming in nieuwbouw is 15 kWh/m². Het maximale totale energiegebruik in de woning, per huishouden is 120 kWh/m² (www.passiefhuis.nl).

Energie neutrale woning: een woning die op jaarbasis minimaal evenveel energie opwekt als er in de woning wordt gebruikt.

Trias Energetica: ontwerpmodel voor energetische concepten van gebouwen:

1. maak de energiebehoefte zo laag mogelijk door isolatie van de buitenschil, hergebruik warmte enzovoort;
2. wek de benodigde energie waar mogelijk met hernieuwbare bronnen op;
3. vul de overblijvende vraag aan met fossiele brandstoffen.

op weekdays en in de weekenden een gelijkmatiger patroon over de dag heen. Het gemiddelde dagverbruik ligt tussen de 5 kWh (kleinere huishoudens/woningen) en de 15 kWh (grotere huishoudens/woningen). Op jaarbasis ligt het verbruik dus tussen de 1.800 – 5.400 kWh. Vanwege de verlichting en binnenactiviteiten in de winterperiode is er een beperkte seizoensinvloed ten opzichte van het gemiddelde (in de winter 10 procent extra, in de zomer 10 procent minder). De gemiddelde belasting is 1 à 2 kW-piek, waarbij de tijdelijke pieken tussen 3 en 6 kW-piek liggen door wasmachines, vaatwasmachines, drogers, magnetrons enzovoort. De schakelbaarheid van de meeste apparatuur is gering. gebruiksgemak staat voorop. Het gebruik van wasmachines, vaatwassers en drogers in de tijd kan soms door de gebruiker worden verschoven.

ELEKTRISCH KOKEN

Is er geen gasaansluiting aanwezig, dan zal er elektrisch moeten worden gekookt, eventueel aangevuld met een elektrische (bak)oven. Het vermogen van zowel gietijzeren, keramische en inductiekookplaten is aanzienlijk: tot wel 10 kW-pieken gedurende de korte tijd die nodig is om een maaltijd te bereiden, zeker als daar een elektrische oven bij wordt opgeteld. Inductiekookplaten verwarmen overigens zeer snel, vergelijkbaar met aardgas. Het gemiddelde verbruik ligt tussen 1 en 2 kWh per dag, afhankelijk van gezinsgrootte en



Elektrische inductiekookplaat.



Buitenunit elektrische warmtepomp.

levenspatroon. De schakelbaarheid is gering, gebruiksgemak staat voorop.

ELEKTRISCHE VERWARMING

In het all-electric huis is de elektrische verwarming de grootste verbruiker, tenzij er veel gereden en thuisgeladen wordt met de elektrische auto(s). De belangrijkste invloedsfactoren voor de hoeveelheid elektrische verwarmingsenergie zijn:

- grootte en aard van de woning;
- ligging van de woningen en het isolatieniveau;
- type verwarmingssysteem;
- bewonersgedrag.

Het zal duidelijk zijn dat een vrijstaande woning met een grote inhoud aanzienlijk meer verbruikt dan een tussenappartement. Toepassing van elektrische verwarmingssystemen, waaronder warmtepompen, zijn alleen economisch zinvol bij goedgeïsoleerde woningen met een beperkte warmtevraag. De getallen hieronder gelden dan ook voor dit soort woningen. De warmte(jaar)vraag voor goedgeïsoleerde woningen ligt tussen de 35 en 55 kWh/m² vloeroppervlak. Voor een gemiddelde woning met een vloeroppervlak van 115 m² is dat dus 4.000 – 6.300 kWh/a. Noot: een Passiefhuis heeft een warmtevraag van maximaal 15 – 25 kWh/m²/a.

Verwarmen met ht-systemen kost meer energie dan systemen met lt-verwarming, zoals vloer- en wandverwarming. Het comfort bij deze laatste soort verwarming is doorgaans

hoger, waardoor de gemiddelde stooktemperatuur omlaag kan. Bij lt-verwarming is de opwarmcapaciteit echter geringer, waardoor nachtverlaging minder zinvol is. Daarom is de gemiddelde temperatuur hoger en nemen de verliezen toe. De zogeheten energiewinst van lt-verwarming is daarom niet meer dan 10 – 20 procent ten opzichte van een ht-luchtverwarmingssysteem. Toepassing van warmteterugwinning (bijvoorbeeld balansventilatie) kan de warmtevraag nog eens met 10 – 20 procent terugdringen.

Elektrische convectiekachels

Verwarmen met elektrische convectiekachels is qua investering het goedkoopst. Per m² vloeroppervlak moet worden gerekend met 100 – 120 W. Voor 115 m² komt dat dus neer op ongeveer 12 – 14 kW, verdeeld over meerdere convectiekachels. De gelijktijdigheid kan bij koude perioden oplopen tot 80 procent van het vermogen, dus 9,5 – 11 kW-piek gedurende langere perioden van strenge vorst. Door de ht-luchtverwarming is dit systeem niet het zuinigst en meest aangenaam.

Elektrische vloerverwarming

Voor elektrische vloerverwarming in beton of direct onder de tegelvloer wordt gerekend met 80 – 100 W/m². In de badkamer is dit doorgaans wat meer, te weten 140 W/m². De gelijktijdigheid is afhankelijk van het aantal groepen vloerverwarming,



maar kan bij 115 m² vloeroppervlak rond de 60 procent zijn, dus 5 – 7 kW-piek. Door de gelijkmatige verwarming van de vloer en het stralingseffect is dit systeem het zuinigst.

Elektrische centrale verwarming

Voor centrale verwarming met een elektrische centrale verwarming en radiatoren (eventueel vloerverwarming) is een E-kachel van 15 – 25 kW nodig. Deze kachel kan eventueel ook worden gebruikt voor tapwater. Dit systeem lijkt veel op een gas-cv en kan deze in de bestaande bouw ook vervangen. Door de hoge temperatuur en de systeemverliezen (transport, circulatiepomp) is ook dit systeem niet zo zuinig als directe vloerverwarming. Doordat de temperatuurregeling van het circulatiewater van de E-cv beter is dan bij een gas-cv, is de E-cv in verhouding wel een stuk zuiniger.

Warmtepompen

Warmtepompen zijn er uiteenlopende soorten en maten. De gesloten grond-waterwarmtepomp is de bekendste. De lucht-waterwarmtepomp komt meer en meer in de belangstelling, vanwege de relatief lage aanschafkosten. De warmtepomp werkt een laagtemperatuurbron (grondwater of omgevingslucht) op tot een hoger warmteniveau dat bruikbaar is voor verwarming of tapwater. Het rendement – input (elektrische energie) versus output (warmte-energie) – wordt uitgedrukt in de COP (coefficient of performance). Een COP van 3,5 betekent dat 1 kWh elektrisch 3,5 kWh warmte oplevert. In theorie lijkt dit heel aantrekkelijk, de praktijk is echter dat de gerealiseerde COP van het gehele systeem aanzienlijk lager zal liggen dan de warmtepomp-COP. Dit komt door leidingverliezen en een lager rendement bij ongunstige werkgebieden. Ook hulpapparatuur, zoals een circulatiepomp, zorgt voor een lagere systeem-COP.

Voor de piekvermogens wordt vaak een extra elektrisch verwarmingselement toegepast omdat anders een groter pompvermogen nodig is en de investeringskosten te hoog oplopen. Voor de lucht-waterwarmtepomp geldt dat juist in de koude perioden de COP (zeer) laag is, waardoor elektrisch bijverwarmen nodig is, ook om bevriezing tegen te gaan. Nadeel van de lucht-waterwarmtepomp is de noodzakelijke buitenunit. Het juist inregelen van een warmtepomp is erg belangrijk, in de praktijk blijkt hier nog wel wat te verbeteren.

Een realistisch getal voor de systeem-COP is 1,8 – 2,5. Dat betekent dat voor een goedgeïsoleerde woning bij een warmtevraag van 35 – 55 kWh/m² het elektriciteitsverbruik tussen de 14 en 30 kWh/m² ligt. De woning kan dan aan de Passiefhuisnorm voldoen (lager dan 25 kWh/m²). De COP van



Modulerende regelaar voor elektrische vloerverwarming.

warmtepompen voor tapwater is vaak ongunstiger, vooral vanwege legionellapreventie.

Elektrische verwarming is over het algemeen goed regel- en schakelbaar. Het maakt niet uit of een verwarming een halfuur uit staat, zeker niet in een goedgeïsoleerde woning.

ELEKTRISCHE TAPWATERVOORZIENING

De tapwatervoorziening in het all-electric huis kent verschillende mogelijkheden. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in tapwater voor keukengebruik en voor sanitaire voorzieningen, bad- en douchewater.

De eerste mogelijkheid is een boiler met verwarmingselement en een opslagcapaciteit die voldoende is voor dagelijks gebruik. De capaciteit van de boiler ligt tussen de 80 - 300 liter, afhankelijk van de grootte van het huishouden. De boiler kan eventueel worden gecombineerd met een zonneboiler, die vooral in het voorjaar, zomer en najaar een groot deel van het tapwater kan opwarmen. Voor tapwater in de keuken kan gebruik worden gemaakt van een kleine boiler van 10 liter of een kleine doorstroomboiler. Nadeel van een opslagboiler zijn de stilstandverliezen die kunnen oplopen tot 25 procent of meer van het jaarverbruik.

De tweede mogelijkheid is toepassing van een doorstroomboiler zonder tussenopslag, met een capaciteit van 6 – 12 l/min. (cw 4 – 6). De boiler zal een fors elektrisch vermogen hebben, in de orde grootte 13 – 25 kW. Voordeel



Omgebouwde Prius met laadvermogen voor thuis of op kantoor.

van een doorstroomboiler is dat de temperatuur wat lager kan worden afgesteld, bijvoorbeeld 45 of 50 °C, omdat legionellavorming niet mogelijk is. In samenhang met een douche-warmteterugwinning (wtw) kan het verbruik nog lager worden.

De derde mogelijkheid is de combinatie van de elektrische verwarming met het tapwater. Dat kan met een elektrische hoogvermogenketel, die in plaats komt van de gasketel, maar ook in combinatie met een warmtepomp. Opwaarderen van de lage temperatuur uit de warmtepomp tot 60 °C naar het opslagvat in combinatie met het periodiek bijverwarmen tot boven de 60 °C (legionellapreventie), verlaagt het rendement (COP) van de warmtepomp fors.

Het netto dagverbruik (zonder systeemverliezen) voor tapwater ligt in de grootte van 2 – 3 kWh per dag per persoon. Bij toepassing van een doorstroomboiler zonder opslag zal het netto-brutoverbruik niet ver uit elkaar liggen, hoewel er wel wat transportverliezen zijn. Bij andere boilersystemen kan het brutoverbruik door opslagverliezen (boilers), opwerkverliezen (warmtepomp) en legionellapreventie fors hoger liggen. Dit kan wel oplopen tot 50 procent extra verbruik ten opzichte van het nettoverbruik. Toepassing van een zonneboiler verlaagt het nettoverbruik aanzienlijk, tot 25 procent gemiddeld over het gehele jaar heen.

De piekvermogens bij de verschillende tapwatersystemen lopen uiteen: dit is bij gelijkmatige boilersystemen tot

3 kW-piek, bij snelwarmen kan dat echter 9 kW-piek zijn. Voor warmtepompen met legionellabestrijding en snel bijverwarmen ligt dat ook in de grootte van 9 kW-piek. Bij doorstroomboilers, vooral de grote systemen, kan dat oplopen tot 15 – 25 kW-piek gedurende een half uur (douchen of vullen van een ligbad).

Tapwater dient de mens. Erop wachten is dan ook niet prettig. Opslagboilers maken dit gemakkelijker. Bij doorstroomboilers zal het vermogen direct beschikbaar moeten zijn, dat vraagt echter wel het nodige van de installatie.

ELEKTRISCHE AUTO

Als de elektrische auto gemeengoed wordt – naar verwachting over tien jaar – kunnen automobilisten met een parkeerplaats op eigen grond accu's laden en zo goedkoop autorijden: bij de huidige prijzen rond de 0,04 – 0,05 €/km. Dat is slechts een derde van de huidige brandstofprijzen. Een auto rijdt ongeveer 5 km/kWh, dus voor een gemiddelde automobilist is dat 3.000 kWh. In de praktijk ligt dat tussen de 2.000 en 6.000 kWh, zeker voor huishoudens met meerdere elektrische auto's.

Als volledig thuis wordt 'ge-E-tankt', dan wordt voor gemiddeld per dag tussen de 5 en 17 kWh gedaan. In de praktijk zal er een grotere variatie zijn, afhankelijk van de grootte van het accupakket. De laadtijd is afhankelijk van het laadvermogen. Bij een maximaal thuislaadvermogen van 9 kW-piek is de laadtijd een aantal uur.

Literatuur

- SenterNovem, 'Elektrische concepten voor woningen – Rapport CE Delft', Delft, 2009.
- iwo, 'Het opladen van elektrische auto's', Wv+, 2010.

Auteurs

Drs.ing. Peter Hafkamp en dr.ir. Ruud Hunik, Instituut voor Wetenschap en Ontwikkeling (www.iwo.nl).