

Openbaar eindrapport TES1216097 GLOWFLY

Publicatiedatum januari 2018

Inhoudsopgave

1	Samenvatting uitgangspunten en doelstellingen	2
1.1	Uitgangspunten	2
1.2	Doelstelling	2
2	Behaalde resultaten.....	3
2.1	Samenvatting	3
2.2	Werkwijze	4
2.3	Technische haalbaarheid	4
2.4	Economische haalbaarheid.....	5
2.5	Conclusies en aanbevelingen.....	6
3	Bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling.....	7
4	Mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten.....	7
5	Publicaties.....	8
6	Contact.....	8
7	Dankwoord	8
8	Bijlage: Posterpresentatie Workshop Systeemintegratie	9

1 Samenvatting uitgangspunten en doelstellingen

1.1 Uitgangspunten

Ongeveer 15% van de broeikasgasuitstoot van Nederland komt door de verwarming en verlichting van woningen en gebouwen¹. Het volledig klimaatneutraal verwarmen en verlichten van een woning is technisch mogelijk met een combinatie van (1) zonnepanelen, (2) een warmtepomp en (3) een batterij.

Naast de kosten van een dergelijk systeem is ook de afkoeling van de bron een probleem dat grootschalige toepassing nu nog verhindert. Doordat de warmtevraag van appartementen vaak te groot is kan de ondergrondse bron van de warmtepomp afkoelen van 10°C naar 0°C.

De Elestor flowbatterij heeft daarentegen juist een warmteoverschot, bij maximaal vermogen (= de laagste kosten) wordt meer warmte opgewekt.

De haalbaarheid is onderzocht van thermische integratie van warmtepomp en flowbatterij. Door de proceswarmte van de flowbatterij toe te voeren aan de bron van warmtepomp wordt de eerste goedkoper en gaat de tweede langer mee.

1.2 Doelstelling

Elestor BV en G. Goudsmit Beheer BV hebben van 01-09-2016 tot 30-08-2017 gewerkt aan het project GLOWFLY: Geïntegreerde Lokale Opslag met Warmtepomp en Flowbatterij.

Het doel van GLOWFLY was om de voordelen van thermische integratie van een warmtepomp en flowbatterij te kwantificeren middels:

- Technische analyse, via theoretische analyse en kleinschalige experimenten
- Economische analyse
- Marktonderzoek.

De studie heeft geleid tot een systeemconcept en een kosten-baten analyse.

¹<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/inhoud/maatregelen-tegen-uitstoot-broeikasgassen>

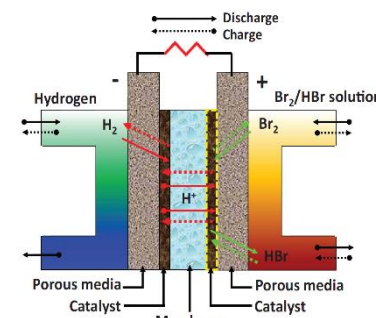
2 Behaalde resultaten

2.1 Samenvatting

Binnen het project is de haalbaarheid onderzocht van de thermische integratie van de Elestor HBr flowbatterij met een warmtepomp, zodat de proceswarmte van de flowbatterij nuttig kan worden gebruikt voor ruimteverwarming.

De voordelen van dit concept zijn gekwantificeerd middels theoretische analyse, gerichte lab experimenten op kleine schaal, economische analyse en marktonderzoek.

Elestor BV is de enige Europese ontwikkelaar van HBr flowbatterijen². Het grote voordeel van dit batterijtype zit in de zeer lage materiaalkosten. Inherent aan het Elestor werkingsprincipe is dat elektrolyetvloeistof wordt rondgepompt in de flowbatterij. Dit verschilt van conventionele batterijen en maakt het mogelijk om proceswarmte veel efficiënter af te voeren, dan wel toe te voeren aan een warmtepompsysteem.



1 Werkingsprincipe Elestor HBr flowbatterij



2 Elestor HBr flowbatterij systeem

Het verwarmen en verlichten van een woning is mogelijk met een combinatie van (1) zonnepanelen, (2) een warmtepomp en (3) een batterij. Doordat de warmtevraag van appartementen vaak te groot is kan de ondergrondse bron van de warmtepomp afkoelen. De flowbatterij heeft juist een warmteoverschot. Door nu de proceswarmte van de flowbatterij toe te voeren aan de bron van warmtepomp wordt de eerste goedkoper en gaat de tweede langer mee.

Fase	Beschrijving	Resultaat
1	Technische haalbaarheid	Bewezen. De temperatuurniveaus van de flowbatterij en de warmtepomp passen goed.
2	Economische haalbaarheid	Bewezen. Het is economisch haalbaar om een Elestor flowbatterij als cogeneratiesysteem te laten werken.
3	Vorbereiding vervolgproject	Gestart. Het concept zal begin 2018 in een kleinschalige veldtest worden ingezet.

² Kyu Taek Cho, Michael C. Tucker and Adam Z. Weber, *A Review of Hydrogen/Halogen Flow Cells*, Energy Technol. 2016, 4, 655 – 678

2.2 Werkwijze

Het project is uitgevoerd in 3 fases: (1) technische analyse, (2) economische analyse en (3) de voorbereiding van het vervolgproject. De volgende vragen zijn beantwoord:

1. Technische haalbaarheid:
 1. Kan de restwarmte van een HBr flowbatterij worden ingezet om de gebruiksduur van een warmtepompbron te verlengen?
 2. Hoe moet de warmtewisselaar tussen het batterij en warmtepomp systeem worden uitgevoerd?
2. Economische haalbaarheid:
 1. Wegen de meerkosten van de thermische integratie op tegen de opbrengsten?
 2. Hoe verhouden de verwachte kosten van dit geïntegreerde systeem zich tot de huidige (fossiele) energiekosten?
3. Indien het concept zowel technisch als economisch haalbaar blijkt:
 1. Hoe moet een systeem worden gedimensioneerd voor toepassing in een Nederlands appartementencomplex?
 2. Welke partners, welk budget en welke testlocatie zijn benodigd voor een vervolgproject?

Haalbaarheidsvraag 1.1 is beantwoord middels een theoretische analyse van de warmtestromen van en naar de bron van de warmtepomp. Input voor deze analyse waren (A) gegevens van bestaande installaties en (B) metingen aan prototype Elestor batterijen.

Voor het beantwoorden van vraag 1.2 zijn verschillende warmtewisselaars geanalyseerd op prestatie, kosten en levensduur. Dit laatste is belangrijk vanwege de chemische eigenschappen van het door Elestor gebruikte elektrolyt.

Er is een concept systeemontwerp gemaakt voor de economische analyse. Op basis van dit ontwerp werden de meerkosten van de thermische integratie gekwantificeerd.

In fase 2.2 zijn de kosten en opbrengsten van het GLOWFLY-concept vergeleken met die van de conventionele situatie (aardgas en netstroom).

In fase 3.1 is gekeken naar de vergunbaarheid van het GLOWFLY-concept onder de huidige regelgeving. Er is gekeken naar testlocaties voor het beoogde vervolgproject. Een concept projectbegroting is gemaakt.

2.3 Technische haalbaarheid

De optimale werktemperatuur van de Elestor flowbatterij is 40 tot 50°C. Dit bereik komt overeen met de temperatuur van het warmtepompsysteem. De restwarmte is dus bruikbaar, mits de warmte direct en in de nabijheid van de flowbatterij kan worden gebruikt. De uitgangstemperatuur is te laag om warmteopslag of transport over langere afstand economisch rendabel te maken.

De proceswarmte moet uitgewisseld worden van het elektrolyt naar de waterstroom van het warmtepompsysteem. Er is gekeken naar verschillende types warmtewisselaars, het meest geschikte type is geselecteerd voor het demonstratiesysteem.

2.4 Economische haalbaarheid

Het laad-ontlaadrendement van de Elestor opslag varieert met het vermogen. De verliezen (=warmteproductie) bestaan uit:

- Inverterverliezen
- Pompverliezen
- Coulombische verliezen
- Spanningsverliezen

Om na te gaan of de thermische integratie economisch nut heeft zijn de acceptabele kosten voor de warmtewisselaar berekend uitgaande van de te besparen stroomkosten van de warmtepomp. De extra investeringskosten voor de thermische integratie moeten opwegen tegen de waarde van de thermische energie.

Uit het onderzoek blijkt dat de economische baten van de thermische integratie ten minste 5 maal hoger zijn dan de extra investeringskosten.

Voor het kostenvergelijk is uitgegaan van een complex met 109 woningen met een gemiddeld energieverbruik. De terugverdientijd van een duurzame energievoorziening bestaande uit zonnepanelen, een warmtepomp en een flowbatterij is berekend. Met thermische integratie ontstaat besparingen doordat zowel de warmtepomp als het zonnecelsysteem kleiner kunnen worden. De terugverdientijd, vergeleken met een conventioneel systeem, valt binnen de technische levensduur van componenten, als kapitaalkosten niet worden meegenomen in de analyse.

2.5 Conclusies en aanbevelingen

Technische haalbaarheid	
Kan de restwarmte van een HBr flowbatterij worden ingezet om de gebruiksduur van een warmtepompbron te verlengen?	Ja. De optimale werktemperatuur van de Elestor flowbatterij is 40 tot 50°C. Dit bereik komt overeen met de temperatuur van het warmtepompsysteem. De proceswarmte kan dus worden gebruikt, waardoor de warmtepompbron minder wordt belast en de levensduur ervan toeneemt.
Hoe moet de warmtewisselaar tussen het batterij en warmtepomp systeem worden uitgevoerd?	De beste optie is onderzocht en bekend bij Elestor.
Economische haalbaarheid	
Wegen de meerkosten van de thermische integratie op tegen de opbrengsten?	Ja. De economische baten van de thermische integratie zijn ten minste 5 maal hoger dan de extra investeringskosten.
Hoe verhouden de verwachte kosten van dit geïntegreerde systeem zich tot de huidige (fossiele) energiekosten?	Het geïntegreerde systeem heeft een terugverdientijd die binnen de technische levensduur van componenten valt.
Vervolgproject	
Hoe moet een systeem worden gedimensioneerd voor toepassing in een Nederlands appartementencomplex?	Met het in het project ontwikkelde rekenmodel kan een energiesysteem worden gedimensioneerd voor ieder appartementencomplex.
Welke partners, welk budget en welke testlocatie zijn benodigd voor een vervolgproject?	Een vastgoedonderneming of woningcorporatie, een installateur met kennis van zonnepanelen en warmtepompen en Elestor. In principe is ieder appartementencomplex geschikt als testlocatie, omdat retrofit mogelijk is.

Knelpunten voor toepassing zijn de (A) de kapitaalkosten en (B) de nog onbewezen betrouwbaarheid in de praktijk van de flowbatterij over een periode van 20 jaar. Het verdient aanbeveling om (meer) beleid te ontwikkelen waardoor de kapitaalkosten van investeringen in duurzame energie worden verlaagd. Het tweede knelpunt kan worden weggenomen middels een of meerdere demonstratieprojecten waarin zowel de betrouwbaarheid als de winstgevendheid worden aangetoond.

Het perspectief voor toepassing is goed omdat er steeds meer warmtepompsystemen worden geïnstalleerd. Het is waarschijnlijk dat de vraag naar lokale elektriciteitsopslag gaat stijgen als de huidige salderingsregeling wordt beperkt of afgeschaft. Het GLOWFLY concept zal van beide ontwikkelingen profiteren.

3 Bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling

Het slim combineren van elektriciteitsopslag en ruimteverwarming kan leiden tot een kostendoorbraak in het volledig CO₂ vrij verlichten en verwarmen van meergezinswoningen. De thermische integratie van een flowbatterij met een warmtepomp is kosteneffectief. Er ontstaan besparingen doordat de warmtepomp kleiner kan worden uitgevoerd en daardoor ook minder elektrische energie nodig heeft. Maar het verschil in terugverdiensijd van het complete energiesysteem is echter beperkt. Het is dus niet te verwachten dat de mogelijkheid voor thermische integratie van warmtepomp en flowbatterij op zichzelf doorslaggevend zal zijn voor de investeringsbeslissing van een gebouweigenaar. Het is wel zo dat als de investering toch gedaan wordt, het verstandig is om ook te kiezen voor thermische integratie.

De terugverdiensijd, vergeleken met een conventioneel systeem, valt binnen de technische levensduur van componenten, als kapitaalkosten niet worden meegenomen in de analyse.

4 Mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten

Met het in het project ontwikkelde rekenmodel kan een energiesysteem worden gedimensioneerd voor ieder appartementencomplex. Er is gekeken naar de vergunbaarheid van de Elestor HBr opslagtechnologie in de gebouwde omgeving. Hierbij zijn geen barrières gevonden. Elestor heeft ook al twee vergunningen ontvangen voor pilotsystemen (zie afbeelding 2).

De opbrengsten van het systeem kunnen in de praktijk hoger uitvallen dan in deze studie is berekend. Vier voorbeelden van mogelijke opbrengsten die niet zijn meegenomen zijn: (1) Een volledig duurzaam appartementencomplex heeft alleen al vanwege het betere imago een hogere marktwaarde. (2) Als een batterij is geïnstalleerd kunnen neveninkomsten komen uit elektriciteitshandel in de *day-ahead* markt, de *intraday* markt of in *primary frequency control*. (3) Afhankelijk van de manier waarop en de snelheid waarmee klimaatwetgeving wordt ingevoerd zijn extra besparingen mogelijk t.o.v. conventionele energievoorziening. Bijvoorbeeld door invoering van (significant hogere) CO₂ beprijzing. (4) Appartementgebouwen zijn vrijwel altijd voorzien van een lift. De vermogenspieken van de lift zijn bepalend voor kosten van stroomaansluiting. Al met een relatief kleine batterij kan het vermogen van de netaansluiting worden verlaagd van het piekvermogen van de lift naar het gemiddelde vermogen van de woningen. Dankzij het lagere vermogen is de netaansluiting veel voordeliger.

5 Publicaties

De GLOWFLY resultaten zijn gepresenteerd aan de 70 deelnemers van de Workshop Systeemintegratie in Nieuwegein op 29 november. De presentatie is te vinden op [https://topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Systeemintegratie/Top%20sector%20P%20oster%20\(2\).pdf](https://topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Systeemintegratie/Top%20sector%20P%20oster%20(2).pdf) en is als bijlage toegevoegd.

Het onderzoek en de resultaten ervan zijn genoemd tijdens gesprekken met o.a. vastgoedeigenaren en warmtepompinstallateurs n.a.v. presentaties bij onder andere:

- *The Economic Board* (Arnhem, 5 Oktober 2017): lezing voor een publiek van 300 personen.
- *Vakbeurs Energie* (Den Bosch, 10-12 Oktober): beursstand, in totaal 11500 bezoekers.
- *InnoEnergy Business Booster* (Amsterdam, 25-26 Oktober): beursstand, in totaal 700 bezoekers.
- *Flexcon*, internationale conferentie over flexibele energie (Amsterdam, 21 november): lezing voor een publiek van 300 personen.
- VPRO Tegenlicht Meet Up 'Op energiemissie' (Amsterdam, 13 december): pitchpresentatie als één van de vijf winnaars van VPRO Tegenlicht's 'Groene techpioniers' voor een publiek van 400 mensen.

6 Contact

De contactpersoon voor meer informatie is:

- Wiebrand Kout, CTO Elestor BV
- Wiebrand.Kout@Elestor.nl, +31 (0)6 24421517
- Bezoekadres: Westervoortsedijk 73, gebouw BF, 6827 AV Arnhem
- Postadres: Postbus 882, 6800 AW Arnhem
- Adres tot 4 januari 2018: Utrechtseweg 310-B31, 6812 AR Arnhem

7 Dankwoord

Het project GLOWFLY is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Elestor en G. Goudsmit Beheer zijn RVO dankbaar voor de geboden mogelijkheid om het project uit te kunnen voeren, en zijn daarom graag bereid om mee te werken aan publicaties of bijeenkomsten van RVO.nl en/of de topsectoren.

8 Bijlage: Posterpresentatie Workshop Systeemintegratie

GLOWFLY: Geïntegreerde Lokale Opslag
met Warmtepomp en Flowbatterij

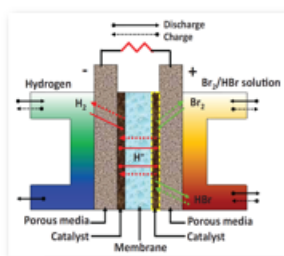


Project Leader:
Contact person:
E-mail:
Partners:
Looptijd:

Elestor BV
Wiebrand Kout
Wiebrand.Kout@Elestor.nl
G. Goudsmit Exploitatie BV
2016 – 2017

Doel van de studie/innovatie:

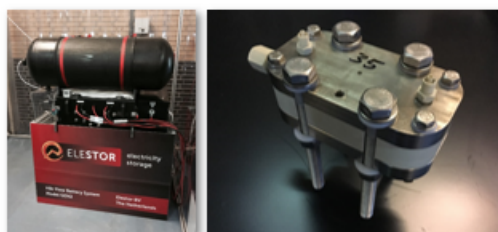
Onderzoek naar de thermische integratie van de Elestor HBr flowbatterij met een warmtepomp, zodat de proceswarmte van de flowbatterij nuttig kan worden gebruikt voor ruimteverwarming. Het doel van GLOWFLY is deze voordelen te kwantificeren middels theoretische analyse, gerichte labexperimenten op kleine schaal, economische analyse en marktonderzoek.



Achtergrond studie/innovatie:

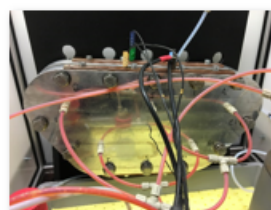
Het verwarmen en verlichten van een woning is mogelijk met een combinatie van (1) zonnepanelen, (2) een warmtepomp en (3) een batterij. Doordat de warmtevraag van appartementen vaak te groot is kan de ondergrondse bron van de warmtepomp afkoelen. De flowbatterij heeft juist een warmteoverschot. Door nu de proceswarmte van de flowbatterij toe te voeren aan de bron van warmtepomp wordt de eerste goedkoper en gaat de tweede langer mee.


ELESTOR

 electricity
storage


Rol in systeemintegratie:

GLOWFLY onderzoekt een innovatief technisch concept waarbij elektriciteitsopslag en warmtepompen op een innovatieve wijze worden geïntegreerd. Het project heeft een sterke focus op de kosten van het systeem. Het slim combineren van elektriciteitsopslag en ruimteverwarming kan leiden tot een kostendoorbraak in het volledig CO₂ vrij verlichten en verwarmen van meergezinswoningen.



Huidige status:

Fase	Beschrijving	Resultaat
1	Technische haalbaarheid	Bewezen. De temperaturniveaus van de flowbatterij en de warmtepomp passen goed.
2	Economische haalbaarheid	Bewezen. Het is economisch haalbaar om een Elestor flowbatterij als cogeneratiesysteem te laten werken.
3	Vorbereiding vervolgproject	Gestart. Het concept zal vanaf januari 2018 in een kleinschalige veldtest worden ingezet.