

Thuisbatterijen en brandveiligheid



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweezorg
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2024

Auteur(s)	P. van Rede, B. Riemersma
Met medewerking van	P.J. van der Graaf, L. de Witte, N. Rosmuller, T. Hessels
Contactpersoon	P. van Rede

Opdrachtgever	Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening
Contactpersoon	M. Balk en S. Bakx

Datum	10 december 2024
-------	------------------

Foto cover	Shutterstock
------------	--------------

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

Samenvatting

De thuisbatterij is in opmars in Nederland, mede als gevolg van de toenemende elektrificatie van het energiesysteem en de verwachte afschaffing van de salderingsregeling voor zonnestroom. Dit onderzoek duidt de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen en laat zien welke maatregelen kunnen worden genomen om deze risico's te beperken.

Er is een aantal brandveiligheidsrisico's verbonden aan thuisbatterijen. Deze batterijen, die in essentie lithium-ion accu's zijn, kunnen te maken krijgen met thermal runaway. Dit leidt tot een lastig bestrijdbare brand die zichzelf lang in stand houdt. Daarnaast kunnen er bij brand toxische gassen vrijkomen die in sommige gevallen explosief kunnen zijn. In de Nederlandse (bouw)regelgeving wordt echter (nog) geen rekening gehouden met deze risico's. De hoofdonderzoeksvraag van dit onderzoek luidt dan ook:

Wat zijn de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen in woningen en met welke bouw-kundige, installatietechnische en/of organisatorische maatregelen kunnen deze risico's worden beperkt?

Uit literatuuronderzoek blijkt dat de kans op incidenten wordt verhoogd door de aanwezigheid van een thuisbatterij. Ook de effecten van een brand kunnen groter zijn, vergeleken met een situatie zonder thuisbatterij, met name vanwege de mogelijke snelle brandgroei en het explosierisico. In dit onderzoek wordt gesteld dat een thuisbatterij invloed heeft op de persoonlijke veiligheid van inwoners. Tegelijkertijd wordt de kans op brandoverslag naar aangrenzende woningen niet aanzienlijk verhoogd door de aanwezigheid van een thuisbatterij.

Dit onderzoek draagt een aantal oplossingsrichtingen aan die het brandveiligheidsrisico van thuisbatterijen in een woning kunnen beperken. Om in een huis met een thuisbatterij te komen tot een brandveiligheidsrisico dat grofweg gelijk is aan een situatie zonder thuisbatterij (gebruikelijke woningbrand), worden twee oplossingsrichtingen beschreven die samen moeten leiden tot een voldoende laag brandveiligheidsrisico. Ten eerste moeten thuisbatterijen in een aparte ruimte worden geïnstalleerd (en dus niet in een verblijfsruimte of een vluchtroute); ten tweede moeten de verschijnselen van een thermal runaway kunnen worden gedetecteerd.

Inhoud

Samenvatting	3
Inleiding	6
Aanleiding	6
Doel onderzoek en onderzoeksvragen	6
Afbakening	7
Leeswijzer	7
1 Onderzoeksmethode	8
1.1 Onderzoeksmethode per deelvraag	8
1.2 Doelgerichte aanpak	9
1.2.1 Soort risicoanalyse en referentie	9
1.2.2 Brandveiligheidsrisico's	9
1.2.3 Brandveiligheidsdoelen, subdoelen en acceptatiecriteria	10
1.2.4 Gebeurtenissenboom en oplossingsrichtingen	11
1.3 Kwaliteit van het onderzoek	12
2 Wat zijn thuisbatterijen?	13
2.1 Wat zijn thuisbatterijen?	13
2.2 Werking van een lithium-ion batterij	13
2.3 Waarom batterijen in de woonomgeving?	14
2.4 Typen thuisbatterijen	14
3 Invloed op brandveiligheid	15
3.1 Incidentstatistieken met (thuis)batterijen	15
3.2 Oorzaken van en kans op incidenten met thuisbatterijen	16
3.2.1 Oorzaken van batterijfalen	16
3.2.2 De faalkans van een batterij	16
3.3 Effecten van incidenten met thuisbatterijen	17
3.3.1 Thermal runaway	17
3.3.2 Batterijbrand	18
3.3.3 Explosieve (brandbare) en toxische gaswolk	19
3.3.4 Ervaringen uit de praktijk	20
3.4 Thuisbatterijen in de (bouw)regelgeving	20
3.4.1 Nederland	20
3.4.2 Andere landen	21
3.5 Installatiehandleidingen thuisbatterijen	23
4 Thuisbatterijen en het brandveiligheidsrisico van woningen	24
4.1 Opbouw risicoanalyse	24
4.2 Kans op falen thuisbatterij vergeleken met de kans op een woningbrand	24
4.3 Effecten falen thuisbatterij	26
4.3.1 Persoonlijke veiligheid waarborgen	26
4.3.2 Beschermen eigendommen derden	27
4.4 Conclusie	29

5	Oplossingsrichtingen	31
5.1	Oplossingsrichtingen	31
5.1.1	Voorkomen van <i>thermal runaway</i>	32
5.1.2	Buiten installeren van de thuisbatterij	32
5.1.3	Installeren van de batterij in een aparte ruimte	32
5.1.4	Detecteren en alarmeren van verschijnselen van <i>thermal runaway</i>	32
5.1.5	(nood)ventilatie	33
5.2	Conclusie oplossingsrichtingen	33
6	Conclusie	35
6.1	Thuisbatterijen	35
6.2	Brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen	35
6.3	Voorschriften omtrent thuisbatterijen	36
6.4	Oplossingsrichtingen	37
6.5	Beantwoording hoofdvraag	37
	Referenties	38
	Bijlage 1: Geïnterviewden en Vragenlijst	40
	Interviewdata	40
	Vragenlijst	40
	Bijlage 2: Repressieve ervaringen met branden in thuisbatterijen	42
	Voorbeelden uit Nederland	42
	Voorbeelden uit het buitenland	42
	Ervaringen die blijken uit gehouden interviews	45

Inleiding

Aanleiding

De energietransitie en daarmee de elektrificatie van de Nederlandse samenleving vinden in hoog tempo plaats. Daardoor stijgt ook het gebruik van lithium-ion accu's voor de opslag van energie. In toenemende mate worden deze accu's gebruikt voor het opslaan van energie uit bijvoorbeeld zonnepanelen, zodat deze op een later moment kan worden gebruikt. Dit opslaan van energie gebeurt in huishoudens in kleinschalige energieopslagsystemen (EOS'en), ook wel 'thuisaccu's' of 'thuisbatterijen' genoemd.

De verwachting is dat het gebruik van thuisbatterijen in de komende jaren fors zal toenemen, onder andere vanwege de aanhoudende hoge energieprijzen. Bovendien wordt de salderingsregeling per 1 januari 2027 afgeschaft, wat het voor huishoudens met zonnepanelen aantrekkelijker kan maken om zonnestroom op te slaan in een thuisbatterij in plaats van deze stroom te leveren aan het stroomnetwerk (Oerlemans, 2024). Aan lithium-ion accu's is een aantal risico's verbonden, die met name te maken hebben met de kans op het ontstaan van thermal runaway¹ (Brans, 2023b). De Nederlandse (bouw)regelgeving houdt echter (nog) geen rekening met die risico's. Hierdoor sluiten de voorschriften van de bouwregelgeving mogelijk niet meer aan bij de brandveiligheidsrisico's in de woonomgeving.

Doel onderzoek en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is om de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen in de woonomgeving te inventariseren en analyseren, en om oplossingsrichtingen voor mogelijke maatregelen aan te dragen die de brandveiligheidsrisico's beperken. De hoofdvraag van dit onderzoek luidt:

Wat zijn de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen in woningen en met welke bouwkundige, installatietechnische en/of organisatorische maatregelen kunnen deze risico's worden beperkt?

De hoofdvraag is onderverdeeld in de onderstaande deelvragen:

1. Wat wordt verstaan onder een thuisbatterij?
2. Wat is in de literatuur te vinden over het risico van brand in een thuisbatterij en de maatregelen waarmee dit risico kan worden beperkt?
3. Welke voorschriften of kaders gelden in Nederland en in andere landen ter beperking van de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen?
4. Hoe verhoudt het brandveiligheidsrisico van woningen met een thuisbatterij zich tot het brandveiligheidsrisico van woningen zonder thuisbatterij?
5. Met welke bouwkundige, installatietechnische of organisatorische maatregelen kunnen de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen worden beperkt?

¹ Zie paragraaf 3.3.1 voor een beschrijving van dit verschijnsel.

Afbakening

Dit onderzoek is uitgevoerd vanuit de optiek van de bouwregelgeving. De resultaten van dit onderzoek kunnen dan ook worden gebruikt om te evalueren of aanpassingen of toevoegingen aan de Nederlandse bouwregelgeving nodig zijn. In het onderzoek worden andere relevante factoren (productveiligheid, gebruiksveiligheid enzovoort) wel genoemd als medebepalend voor de brandveilige toepassing van thuisbatterijen en genoemd als randvoorwaarden, maar er is geen inhoudelijk onderzoek naar gedaan. Dit leidt tot de volgende afbakening:

- > Dit onderzoek beperkt zich tot maatregelen die kunnen helpen om de brandveiligheidsdoelen die ten grondslag liggen aan de Nederlandse bouwregelgeving te borgen voor thuisbatterijen (zie paragraaf 1.2.3).
- > In dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat de thuisbatterijen voldoen aan de voorschriften en (Europese) richtlijnen rondom productveiligheid. Dit onderzoek richt zich niet op (eventuele aanpassing van) deze richtlijnen, maar op mogelijke maatregelen en voorzieningen die binnen de kaders van de bouwregelgeving kunnen worden voorgeschreven.
- > Met het oog op het voorgaande punt vallen zelfbouw-batterijen (bijvoorbeeld hergebruikte batterijen die door de consument worden omgebouwd) buiten het onderzoek. Er wordt uitgegaan van een thuisbatterij die onderdeel is van de elektrische installatie in een woning en waarop de installatie-voorschriften van het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) van toepassing zijn.
- > Het is denkbaar dat er gelijktijdig met de installatie van een thuisbatterij ook andere energiebesparende maatregelen worden toegepast. Die maatregelen kunnen ook invloed hebben op de brandveiligheid van de woning. Die invloed is in dit onderzoek niet beoordeeld.
- > Het onderzoek richt zich op lithium-ion batterijen. Batterijcellen met LFP (lithium-ijzer-fosfaat) en NMC (nikkel-mangaan-kobalt) vallen onder deze categorie en worden veel gebruikt in thuisbatterijen (UL Fire Safety Research Institute, 2023). Andere typen batterijen vallen buiten de kaders van dit onderzoek.
- > In het onderzoek is uitgegaan van thuisbatterijen met een vermogen tot 20 kWh, omdat dat een gangbaar maximum is voor thuisbatterijen. Zo houdt de Amerikaanse standaard NFPA 855 bijvoorbeeld een grens van 20 kWh aan. Bovendien is in Nederland voor batterijen met een hogere capaciteit PGS 37-1 beschikbaar, met daarin beschreven risicobeperkende maatregelen. Tot slot gebruikt een gemiddeld Nederlands huishouden circa 7 kWh stroom per dag (Milieu Centraal, z.d.). Dit betekent dat een batterij met een vermogen van ongeveer 20 kWh voor een groot deel van Nederlandse huishoudens genoeg zou zijn om een buffer aan te houden voor circa drie dagen.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 van dit onderzoek wordt de gehanteerde onderzoeksmethode beschreven, waarna in hoofdstuk 2 een toelichting op thuisbatterijen wordt gegeven. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op brandveiligheid op basis van een bureaustudie. In hoofdstuk 4 worden de gegevens uit die bureaustudie gebruikt om een risicoanalyse uit te voeren. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van die analyse vervolgens vertaald naar mogelijke risicobeperkende maatregelen en hun effectiviteit. Hoofdstuk 6 ten slotte bevat de conclusie.

1 Onderzoeksmethode

Dit rapport is tot stand gekomen op basis van onder andere een literatuurstudie en interviews met experts uit het werkveld. Eerdere studies over de batterijveiligheid van accu's die zijn uitgevoerd door het NIPV dienen mede als informatiebron voor dit onderzoek. Daarnaast is literatuur geraadpleegd die is gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften, (internationale) vakbladen en onderzoeksrapporten. De gebruikte casuïstiek is verkregen uit nieuwskanalen en het brandweernetwerk van de onderzoekers van het NIPV.

Naast de literatuurstudie is een aantal interviews afgenomen met een drietal werknemers van brandweerkorpsen uit België en Duitsland. Hen is gevraagd ervaringen te delen met branden waarbij thuisbatterijen zijn betrokken, alsook naar hun kennis van lokale wet- en regelgeving die gericht is op het verkleinen van risico's met thuisbatterijen. De interviews zijn opgenomen, getranscribeerd en gebruikt als aanvulling op de bevindingen uit de literatuurstudie. Doordat er geen tot weinig ervaring is met branden in thuisbatterijen bij de geïnterviewden, is ervoor gekozen de interviews een minder prominente plek te geven in dit onderzoek. Details over de interviews zijn opgenomen in bijlage 1.

1.1 Onderzoeksmethode per deelvraag

Hieronder volgt per deelvraag de gehanteerde onderzoeksaanpak.

1. *Wat wordt verstaan onder een thuisbatterij?*
Nederlandse vakliteratuur, waaronder eigen onderzoek van het NIPV, ligt aan de basis van de beschrijving van een thuisbatterij.
2. *Wat is in de literatuur bekend over het risico van brand in een thuisbatterij, en de maatregelen waarmee dit risico kan worden beperkt?*
De literatuurstudie is uitgevoerd door te zoeken binnen wetenschappelijke tijdschriften, (internationale) vakbladen en onderzoeksrapporten. Hierbij is gebruikgemaakt van publicaties die bekend waren binnen ons netwerk, en er is gericht gezocht naar relevante informatie.
3. *Welke voorschriften of kaders gelden in Nederland en in andere landen ter beperking van de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen?*
Deze deelvraag is beantwoord door buitenlandse wet- en regelgeving te bestuderen. Het betreft landen waar thuisbatterijen reeds veel gebruikt worden (Australië, Verenigde Staten, Duitsland) en directe buurlanden van Nederland (België en Duitsland). Daarnaast zijn drie interviews afgenomen met experts waarin zij bevraagd zijn over onder andere de geldende regelgeving met betrekking tot thuisbatterijen.
4. *Hoe verhoudt het brandveiligheidsrisico van woningen met een thuisbatterij zich tot het brandveiligheidsrisico van woningen zonder thuisbatterij?*

Om deze deelvraag te beantwoorden is een vergelijkende kwalitatieve risicoanalyse uitgevoerd. De aanpak bij en uitgangspunten van deze risicoanalyse worden beschreven in paragraaf 1.2 hieronder.

5. *Met welke bouwkundige, installatietechnische of organisatorische maatregelen kunnen de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen worden beperkt?*

De antwoorden op deelvragen 1 tot en met 4 vormen de basis voor het beantwoorden van deelvraag 5. Ook is gebruikgemaakt van een expertoordeel van de onderzoekers.

1.2 Doelgerichte aanpak

Om deelvraag 4 te beantwoorden wordt in hoofdstuk 4 een kwalitatieve risicoanalyse uitgevoerd op basis van de bevindingen uit de literatuurstudie en interviews. Die risicoanalyse berust op een doelgerichte aanpak van brandveiligheid, waarbij eerst brandveiligheidsdoelen worden vastgesteld. Vervolgens wordt het brandveiligheidsrisico voor die doelen vastgesteld. De resultaten van de risicoanalyse zijn vervolgens vertaald naar mogelijke oplossingsrichtingen. In deze paragraaf worden de methode voor de risicoanalyse toegelicht en de uitgangspunten daarbij beschreven.

Voor meer informatie over een doelgerichte aanpak van brandveiligheid wordt verwezen naar documenten van ISO en SFPE (ISO, 2018; SFPE, 2015).

1.2.1 Soort risicoanalyse en referentie

In dit onderzoek wordt het brandveiligheidsrisico dat veroorzaakt wordt door de introductie van thuisbatterijen in de woning beoordeeld. Daartoe wordt een vergelijking gemaakt tussen een woningbrand waarbij een thuisbatterij betrokken is en een woningbrand in een woning zonder thuisbatterij. Er wordt van uitgegaan dat een thuisbatterij wordt toegevoegd aan een woning waarin reeds brandrisico's aanwezig zijn. Op basis hiervan kan op voorhand worden gesteld dat de introductie van een thuisbatterij in een woning resulteert in een risicotoename. Het doel van de risicoanalyse is om te beoordelen wat deze risicotoename is, en hoe die zich verhoudt tot het risico dat reeds bestaat zonder thuisbatterij.

Vanwege een gebrek aan voldoende kwantitatieve ongevallendata is er gekozen voor een kwalitatieve risicoanalyse waarbij is uitgegaan van de resultaten uit de literatuurstudie en de interviews. Het betreft een analyse die is uitgevoerd op basis van de 'What-if?' (wat als?) - methode (PGS-programmaraad, 2017; SFPE, 2023). De methodiek die hier wordt gehanteerd is een vergelijkende risicoanalyse. De kwalitatieve risicoanalyse wordt op onderdelen waar mogelijk aangevuld met kwantitatieve data.

1.2.2 Brandveiligheidsrisico's

Een brandveiligheidsrisico wordt in dit onderzoek gezien als een combinatie van de kans op en het effect van een bepaald scenario. Daarbij kan een scenario worden gezien als een serie opeenvolgende gebeurtenissen die resulteren in een effect. Voorbeelden van gebeurtenissen zijn:

- > Het sluiten van de deur van de ruimte waarin de brand zich bevindt.
- > Detecteren van de brand.
- > Het uitbreiden van de brand van het eerste brandobject naar andere brandbare objecten.

De gebeurtenissen hebben elk een specifieke kans van optreden (voor brandveiligheidsmaatregelen wordt dit in de literatuur de betrouwbaarheid genoemd). De kans van een scenario kan worden gezien als de vermenigvuldiging van de kansen van de gebeurtenissen.

1.2.3 Brandveiligheidsdoelen, subdoelen en acceptatiecriteria

Bij een doelgerichte aanpak van brandveiligheid worden brandveiligheidsdoelen gekozen, die functioneren als kaders voor de risicobeoordeling. Gelet op het feit dat de nadruk van dit onderzoek ligt op de bouwregelgeving, is er aansluiting gezocht bij de brandveiligheidsdoelen die aan het Bbl ten grondslag liggen. In dit geval is beoordeeld of met de introductie van thuisbatterijen nog aan deze doelen wordt voldaan.

Brandveiligheidsdoelen die ten grondslag liggen aan de bouwregelgeving

In de integrale nota van toelichting op het Bbl staat het volgende beschreven omtrent de brandveiligheidsdoelen die ten grondslag liggen aan de brandveiligheidsvoorschriften:

“Het doel van de brandveiligheidsvoorschriften is ongewijzigd gebleven (ten opzichte van eerdere versies van de bouwregelgeving): het voorkomen van slachtoffers (gewonden en doden) en het voorkomen dat een brand zich uitbreidt naar een ander perceel. Het behouden van het bouwwerk en het voorkomen van schade aan het milieu, monumenten of maatschappelijke maatregelen of belangen zijn geen doelstellingen van dit besluit” (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2024, par. 6.5).

Gebruikte brandveiligheidsdoelen en subdoelen

Bij de risicoanalyse is de beschrijving van het doel van de brandveiligheidsvoorschriften vertaald naar de volgende brandveiligheidsdoelen en subdoelen:

1. *Brandveiligheidsdoel: persoonlijke veiligheid waarborgen*

Subdoel: het beperken van het persoonlijk risico voor bewoners en hulpverleners veroorzaakt door een woningbrand waarbij een thuisbatterij is betrokken.

Dit brandveiligheidsdoel heeft betrekking op personen die kunnen worden blootgesteld aan de gevolgen van een brand. Dit betreffen in de eerste plaats de bewoners van de woningen en in de tweede plaats de hulpverleners die de brand bestrijden of reddingswerkzaamheden uitvoeren.

2. *Brandveiligheidsdoel: beschermen van eigendommen van derden*

Subdoel: het beperken van het risico van brandoverslag naar belendende percelen.

Dit brandveiligheidsdoel heeft betrekking op de verwachte brandgrootte in de brandende woning. De kans op brandoverslag kan immers toenemen bij een grotere brand. Die brandgrootte wordt in dit onderzoek gekarakteriseerd als het verwachte maximale brandvermogen en de ontwikkeling daarvan (Asimakopoulou et al., 2017; Law, 1978). Een hoger brandvermogen resulteert doorgaans in langere en hetere uitlaande vlammen bij een volledig ontwikkelde brand, waardoor het risico van brandoverslag naar een belendend perceel groter is.

Repressief brandweeroptreden en brandoverslag

Brandbestrijding kan het risico van brandoverslag beperken. Bij een offensieve inzet door de brandweer kan het maximale brandvermogen in de brandruimte verminderen, terwijl bij een defensieve inzet de omgeving wordt gekoeld. De effecten van het repressieve optreden van de brandweer zijn in de beoordeling niet meegenomen. Aandachtspunten voor het brandweeroptreden zijn in dit rapport opgenomen in blauwe kaders.

Gebruikte acceptatiecriteria

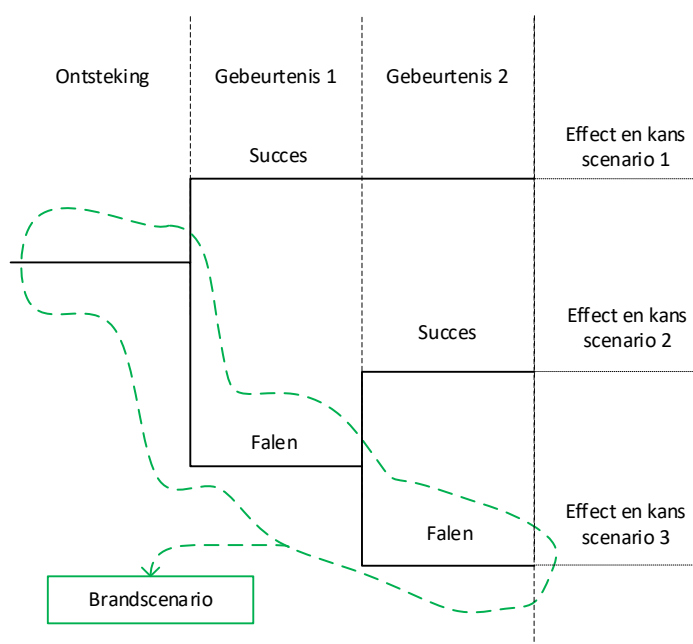
De brandveiligheidsdoelen en subdoelen zijn op zichzelf onvoldoende concreet om gebruikt te worden bij een risicobeoordeling. In dit onderzoek zijn de brandveiligheidsdoelen daarom nader geconcretiseerd naar acceptatiecriteria:

- > Er wordt invulling gegeven aan het brandveiligheidsdoel 'persoonlijke veiligheid waarborgen' als het persoonlijk risico bij een batterijbrand niet groter is dan bij een gebruikelijke woningbrand.
- > Er wordt invulling gegeven aan het brandveiligheidsdoel 'beschermen van eigendommen van derden' als het risico van brandoverslag bij een brand waarbij een thuisbatterij betrokken is niet groter is dan bij een brand waarbij geen thuisbatterij is betrokken.

Door de concrete aard van de acceptatiecriteria is het mogelijk om binnen de kaders van een kwalitatieve risicoanalyse te beoordelen of er aan het subdoel wordt voldaan. Als aan het acceptatiecriterium voldaan wordt, wordt immers ook invulling gegeven aan het brandveiligheidsdoel.

1.2.4 Gebeurtenissenboom en oplossingsrichtingen

Om de resultaten van de risicoanalyse overzichtelijk weer te geven, is de risicoanalyse vertaald naar een gebeurtenissenboom. Er ontstaat zo een overzicht van de meest van belang zijnde gebeurtenissen tijdens de brand. Op basis van die gebeurtenissen kunnen vervolgens oplossingsrichtingen worden gekozen. Een grafische weergave van een gebeurtenissenboom is gegeven in Figuur 1.1. Omdat per brandveiligheidsdoel andere gebeurtenissen relevant kunnen zijn, is voor elk doel een gebeurtenissenboom opgesteld.



Figuur 1.1 Voorbeeld van een gebeurtenissenboom

1.3 Kwaliteit van het onderzoek

In elk onderzoek worden keuzes gemaakt die de uitkomst kunnen beïnvloeden. Daarnaast is er altijd enige mate van onzekerheid in de uitkomsten van een onderzoek. In deze paragraaf worden deze onzekerheden en keuzes besproken en wordt de invloed daarvan op de uitkomsten beschouwd.

Subjectiviteit in kwalitatieve risicoanalyses

Kwalitatieve risicoanalyses berusten doorgaans op een expertoordeel, waardoor er altijd sprake is van subjectiviteit. Dit kan de betrouwbaarheid van de resultaten beïnvloeden. In dit onderzoek zijn de gevolgen van die subjectiviteit beperkt door gebruik te maken van een mix van kwantitatieve data, een literatuurstudie en interviews. Daarnaast zijn de onderzoeksresultaten binnen twee onderzoeksgroepen bij het NIPV getoetst, wat ook bijdraagt aan de betrouwbaarheid.

Het ontbreken van statistische data

De toepassing van energieopslagsystemen en in het bijzonder thuisaccu's is een relatief nieuwe ontwikkeling. Er zijn daarom weinig tot geen data beschikbaar over eventuele risico's die daarmee gepaard gaan (NIPV, 2023). Dit onderzoek is gebaseerd op de huidige stand van zaken. Het beschikbaar komen van nieuwe data in de toekomst kan invloed hebben op de generaliseerbaarheid van de uitkomsten uit dit onderzoek. Nieuwe data kunnen aanleiding zijn om dit rapport te herzien.

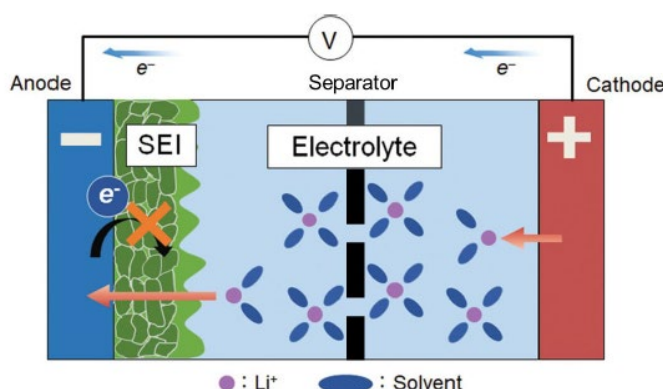
2 Wat zijn thuisbatterijen?

2.1 Wat zijn thuisbatterijen?

Thuisbatterijen zijn energieopslagsystemen die in of rondom woningen worden geïnstalleerd. In dit rapport worden twee belangrijke criteria voor de definitie van thuisbatterij gehanteerd. Ten eerste moet de batterij gebruikt worden in een woonfunctie en zijn mogelijke gebruikers bijvoorbeeld particuliere woningeigenaren, woningcorporaties of woningverhuurders. Ten tweede moet de batterij een capaciteit hebben tussen de 3 kWh en de 20 kWh. De bovengrens van 20 kWh wordt ook aangehouden bij het vaststellen van maatregelen bij vergunningverlening en is mede ingegeven door handreikingen van de Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen (PGS-programmaraad, 2023).

2.2 Werking van een lithium-ion batterij

Een batterijcel is de basis van een thuisbatterij. Meerdere batterijcellen vormen samen een batterijmodule en een verzameling van batterijmodules vormt een batterijpakket. Een thuisbatterij is vergelijkbaar met een batterijpakket, en bestaat dus ook uit modules en cellen. Figuur 2.1 illustreert de werking van een veel voorkomende batterijcel. Het laat aan weerszijden van de elektrolyt de minpool (anode) en pluspool (kathode) zien, waar alle lithiumdeeltjes zich bevinden als de batterij respectievelijk vol of leeg is. Tijdens het op- en ontlaadproces splitst een neutraal lithiatoom zich in een van de polen in een positief lithium ion (Li^+) en een negatief elektron (e^-). Het lithium ion beweegt zich via de elektrolyt. Figuur 2.1. laat dit proces zien voor het opladen van een batterij, waar zowel de lithium ionen als de elektronen zich bewegen van rechts naar links. Het ontladen van een batterij voltrekt zich de andere kant op. Figuur 2.1. laat verder het 'Solid Electrolyte Interphase' (SEI) zien, wat de stabiliteit van de batterijcel waarborgt, evenals de elektrolyt, een doorgeans vloeibaar medium waardoor de lithiumionen heen en weer bewegen. De separator is een membraan dat er voor zorgt dat de anode en de kathode elkaar niet kunnen raken, en zo kortsluiting veroorzaken (Brans, 2023b).



Figuur 2.1 Schematische weergave van een batterij (Brans, 2023b)

Een thuisbatterij bestaat doorgaans uit drie onderdelen. Ten eerste een batterijpakket, waarin de energie wordt opgeslagen. Een dergelijk pakket is een aaneenschakeling van individuele batterijmodules die bestaan uit cellen zoals beschreven in de vorige alinea. Daarnaast is een batterijmanagementsysteem (BMS) aanwezig. Het BMS is software die enkele variabelen zoals voltage, huidige capaciteit en warmte monitort. Het BMS kan het laad- en ontladproces stopzetten wanneer het gevaarlijke condities detecteert. Ten slotte heeft een thuisbatterij vaak een omvormer. Een omvormer zet opgeslagen stroom (gelijkstroom) om in het type stroom dat geschikt is voor huishoudelijke apparatuur (wisselstroom) (Brans, 2023b).

2.3 Waarom batterijen in de woonomgeving?

Thuisbatterijen kunnen een belangrijke rol gaan spelen in het balanceren van vraag en aanbod op elektriciteitsnetten. Zo kunnen huishoudens thuisbatterijen gebruiken om zonnestroom op te slaan die overdag wordt opgewekt om de opgeslagen stroom op een later moment (bijvoorbeeld in de avond en nacht) te gebruiken voor elektrische apparaten.

Er is een sterke toename van het aantal thuisbatterijen in Europa (Energy Storage NL, 2022). Deze groei is vooral zichtbaar buiten Nederland. Zo zijn thuisbatterijen in Duitsland erg populair: zowel het aantal thuisbatterijen als de totaal opgestelde capaciteit verdubbelde daar in 2023. Begin 2024 was er sprake van meer dan een miljoen thuisbatterijen, die bij elkaar goed waren voor een capaciteit van circa 12 gWh (Bundesverband Solarwirtschaft e. V., 2024). De populariteit van thuisbatterijen in Nederland wordt geremd door een hoge aanschafsprijs en de mogelijkheid voor consumenten om opgewekte zonnestroom te salderen in plaats van op te slaan. Via de salderingsregeling kunnen huishoudens hun jaarlijkse productie van zonnestroom in mindering brengen op hun jaarlijkse volledige stroomconsumptie. Dit houdt in dat het voor huishoudens niet loont om het stroomgebruik af te stemmen op de stroom-opwek. De salderingsregeling wordt naar verwachting echter per 1 januari 2027 stopgezet (PVV et al., 2024). Het zal dan lonender zijn om het stroomgebruik af te stemmen op de energiemarkt en thuisbatterijen kunnen hierbij helpen.

2.4 Typen thuisbatterijen

Er bestaan veel soorten lithium-ion batterijen. In dit rapport wordt onderscheid gemaakt tussen twee typen: NMC en LFP. Het grootste verschil hiertussen is het materiaal dat wordt gebruikt voor de kathode. Een NMC-batterij heeft een kathode van nikkel (Ni), mangaan (Mn), en kobalt (Co). De kathode van een LFP-batterij is vervaardigd van lithium-ijzerfosfaat (LiFePO₄). Van de twee soorten staat de NMC-batterij bekend om haar (relatief) grote energiedichtheid, terwijl de LFP-batterij doorgaans stabiel en dus veiliger is (Office for Product Safety & Standards, 2023). De stabiliteit van een batterij heeft onder meer te maken met de bestendigheid tegen de kwaliteitsdegradatie die gepaard gaat met laad- en ontladcycli.

In Nederland worden beide typen batterij aangeboden door leveranciers. In paragraaf 3.5 worden voor verschillende producten de handleidingen en installatierichtlijnen beoordeeld en onderling vergeleken.

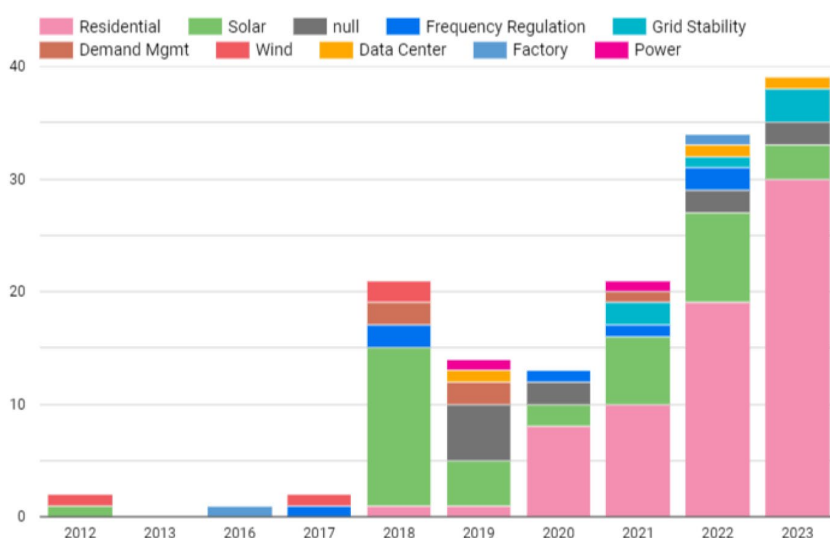
3 Invloed op brandveiligheid

In dit hoofdstuk wordt op basis van een literatuurstudie de invloed van thuisbatterijen op de brandveiligheid van woningen beschreven. Daarnaast wordt besproken welke regels gelden voor de brandveiligheid voor thuisbatterijen in een aantal landen. Ten slotte wordt ingegaan op de installatierichtlijnen van de fabrikant voor een drietal specifieke typen thuisbatterijen. De informatie uit dit hoofdstuk dient als input voor de risicoanalyse in hoofdstuk 4.

Tenzij dat specifiek is aangegeven, wordt er in dit hoofdstuk geen onderscheid gemaakt tussen NMC- of LFP-batterijen. Beide types batterijen worden namelijk vaak samen beschouwd in rapportages met data over incidenten en onderzoek. Ook geldt voor beide batterijen dezelfde (product)regelgeving. Bovendien gelden voor beide batterijtypen dezelfde veiligheidsvraagstukken.

3.1 Incidentstatistieken met (thuis)batterijen

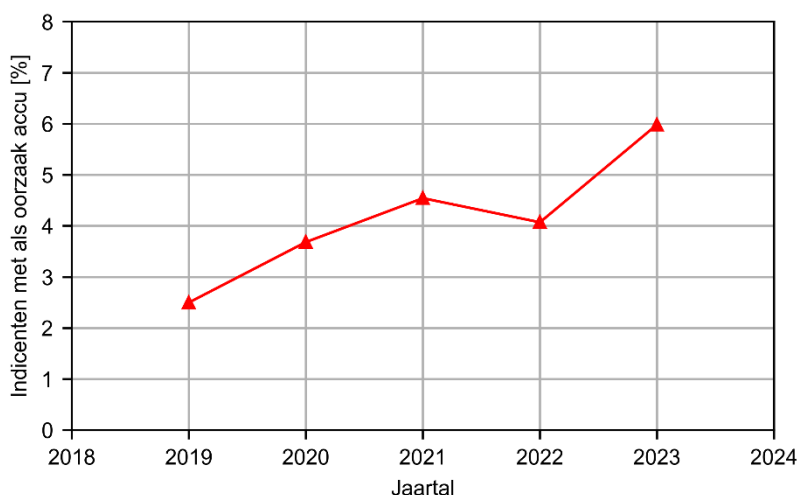
Uit data over incidenten met thuisbatterijen blijkt dat er sprake is van een toename van dergelijke incidenten. Het UL Fire Safety Research Institute heeft een overzicht gemaakt van wereldwijde incidenten met thuisbatterijen. Het observeert een stijgende trend, zoals weergegeven in figuur 3.1 (Schraiber et al., 2023). Een toenemend deel van deze incidenten betreft incidenten met elektriciteitsopslagsystemen in de woonomgeving. Er wordt gesteld dat de opwaartse trend onder meer toe te schrijven is aan de groeiende toepassing van PV-systemen (zonnepanelen), waardoor de opslag van elektrische energie interessant is.



Figuur 3.1 Incidenten waarbij batterijen zijn betrokken; in roze zijn de incidenten in de woonomgeving weergegeven (Schraiber et al., 2023)

Incidentendata in Nederland

In Nederland zijn, voor zover bij het NIPV bekend, nog geen incidenten voorgevallen waarbij een thuisbatterij betrokken is geweest die binnen de kaders van dit onderzoek valt. In 2023 heeft er wel een incident plaatsgevonden met een zelfgebouwde thuisbatterij. Dat incident is beschreven in Bijlage 2. Incidentstatistieken laten wel een toename van incidenten zien waarin een accu (in het algemeen) een aandeel had (zie figuur 3.2). Het ligt in de lijn der verwachting dat het aantal incidenten met thuisbatterijen ook zal toenemen naarmate zij vaker worden toegepast in Nederland. Daarbij moet wel worden vermeld dat het een te grove generalisatie is om thuisbatterijen gelijk te stellen aan elke andere soort accu die kan worden aangetroffen in de leefomgeving. Per toepassing verschillen immers aspecten zoals intrinsieke veiligheid, batterijchemie en het eindgebruik.



Figuur 3.2 Incidenten (als percentage van het totaal aantal incidenten waar stichting Salvage bij betrokken was) in Nederland waarbij een accu de vermoedelijke oorzaak van het incident was (Stichting Salvage, 2023)

3.2 Oorzaken van en kans op incidenten met thuisbatterijen

3.2.1 Oorzaken van batterijfalen

De oorzaken van incidenten met (thuis)batterijen laten zich grofweg onderverdelen in drie groepen (NIPV, 2023):

- > *Elektrische oorzaak*: bijvoorbeeld beschadiging door overlading van de accu.
- > *Mechanische oorzaak*: denk aan beschadiging door bijvoorbeeld het doorboren van de accu.
- > *Thermische oorzaak*: oververhitting door bijvoorbeeld een brand in de omgeving van de batterij.

Daarnaast kunnen fouten tijdens de installatie of het onderhoud van de batterij resulteren in een incident. Ook veroudering en fabricagefouten kunnen invloed hebben op de kans op het ontstaan van een incident.

3.2.2 De faalkans van een batterij

Er zijn momenteel te weinig gegevens om de faalkans van een thuisbatterij betrouwbaar in te kunnen schatten (NIPV, 2023). De enige informatie omtrent de faalkans van (generieke)

lithium-ion batterijen met een adequaat BMS laat een faalkans van circa $1,4 \cdot 10^{-4}$ per jaar zien (DNV-GL, 2019, p. 184). Voor batterijen waarin geen veiligheidssysteem aanwezig is, wordt een faalkans van $2,3 \cdot 10^{-2}$ per jaar genoemd. De kans op falen van batterijen met een goedwerkend veiligheidssysteem is volgens de publicatie dus een factor 150 kleiner dan bij batterijen zonder veiligheidssysteem. De data van het onderzoek van DNV-GL hebben betrekking op lithium-ion batterijen in het algemeen en zijn bij publicatie van dit rapport vijf jaar oud. Zij moeten daarom worden gezien als indicatief. Bovendien zullen commerciële thuisbatterijen die binnen de scope van dit rapport vallen altijd voorzien zijn van een veiligheidssysteem.

Veiligheidssystemen in batterijen

Lithium-ion batterijen worden doorgaans voorzien van verschillende veiligheidssystemen, waaronder:

- > (fysieke) barrières die de kans op uitbreiding van thermal runaway van de ene naar de andere batterijmodule verkleinen door modules onderling te isoleren.
- > een BMS dat de staat van de batterij monitort en indien nodig de batterij of delen daarvan afschakelt.

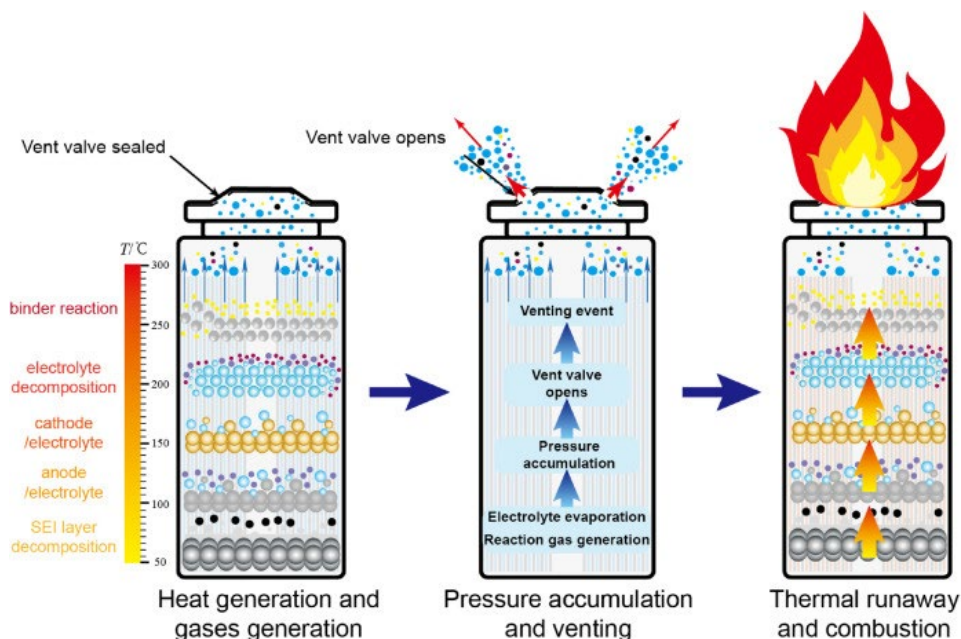
3.3 Effecten van incidenten met thuisbatterijen

Het belangrijkste brandveiligheidsrisico van lithium-ion batterijen betreft een thermal runaway in de batterijcel. Als gevolg daarvan kan vervolgens een batterijbrand, een explosie en/of een toxische gaswolk ontstaan. In het vervolg van deze paragraaf wordt elk van die verschijnselen kort beschreven.

3.3.1 Thermal runaway

Een beschadiging van de (thuis)batterij kan resulteren in een verstoring van het elektrochemische proces. Daardoor ontstaan er chemische reacties waarbij warmte vrijkomt (exotherme reacties). Daarnaast worden brandbare en toxische gassen geproduceerd. De warmte die vrijkomt, versterkt de ongewenste chemische reacties in de batterijcel, waardoor er nog meer warmte wordt geproduceerd. Het betreft een proces dat zichzelf door de warmteontwikkeling in stand houdt en versterkt (een 'feedback loop'). Dit proces wordt thermal runaway genoemd (Brans, 2023a)

Als gevolg van de toename in temperatuur ontstaat er drukopbouw in de batterijcel. Door die drukopbouw breekt de omhulling van de batterij open en stromen de warmte en brandbare en toxische gassen naar de ruimte waarin de batterij zich bevindt. Door de thermal runaway kunnen andere delen van de batterij (batterijcellen) opwarmen en beschadigd raken, waardoor deze ook verstoord worden en in thermal runaway komen. Er ontstaat dan propagatie van het incident over de cellen en modules in het batterijpakket. Het proces van thermal runaway gaat door zolang er energie in de batterij aanwezig is en de batterij instabiel is. Het proces is weergegeven in figuur 3.3



Figuur 3.3 Schematische weergave van thermal runaway waarbij de ontsnappende gassen ontsteken (Kong et al., 2022)

3.3.2 Batterijbrand

Bij een batterijbrand ontsteken de brandbare gassen die uit de thuisbatterij ontsnappen. Er ontstaat een fakkel die zich met tussenpozen uitbreidt over de rest van de batterij, doordat die bij de thermal runaway betrokken raakt.

Brandvermogen van een thuisbatterij

Uit experimenteel onderzoek blijkt dat het maximale brandvermogen van verschillende combinaties batterijmodules met een capaciteit van 5 tot 22 kWh (vergelijkbaar met een thuisbatterij) tussen de 0,8 en 3,4 MW bedraagt, en dat het maximum vermogen snel na het ontstaan van het incident bereikt wordt (Voigt et al., 2021). Er bestaat wel veel spreiding tussen deze meetresultaten, waardoor de onzekerheid groot is. Dit maximale vermogen is vergelijkbaar met een brand in een bank. In het geval van een bank wordt het maximale vermogen echter minder snel bereikt (Babrauskas, 2016).

Hoe de batterijbrand en de zich daarop volgende woningbrand ontwikkelen, is sterk afhankelijk van de ventilatieomstandigheden in de woning, zoals hieronder wordt toegelicht.

Voldoende ventilatie

Als er sprake is van voldoende ventilatie, kan de brand zich ontwikkelen tot een volledig ontwikkelde brand (flashover). Uit experimenten blijkt dat in het geval van een brand in een accu van een e-scooter een flashover in een woning kan optreden binnen één minuut. Een flashover treedt in een gebruikelijke woningbrand, waarbij de brand ontstaat in meubilair, doorgaans binnen 3 en 5 minuten na ontsteking van de brand op (Madrzykowski & Weinschenk, 2023). Na de flashover levert de batterij vaak nog maar beperkte bijdrage aan het totale brandvermogen van de brand (Schraiber et al., 2023), maar kan na bestrijding van de brand wel voor herontsteking zorgen, omdat het thermal-runaway-proces in de batterij niet eenvoudig kan worden gestopt.²

² In het *Literatuuronderzoek naar de brandeffecten van Lithium-ion batterijbranden* zijn de brandeffecten van lithium-ion batterijbranden in meer detail beschreven (Vos et al., 2024).

Flashover

Bij een flashover of vlamoverslag raken alle brandbare materialen in de ruimte waarin de brand is ontstaan in een korte tijd betrokken bij de brand als gevolg van een hoge thermische belasting, bijvoorbeeld door hete rook die warmte uitstraalt.

Onvoldoende ventilatie

Als er onvoldoende ventilatie aanwezig is, raakt de brand waarbij de batterij betrokken is ondergeventileerd. Bij een ongeventileerde brand zullen de brandbare gassen afkomstig van de batterij niet direct kunnen ontbranden, omdat er onvoldoende zuurstof in de ruimte is. Dit beperkt het brandvermogen van de brand. De gassen kunnen alsnog ontbranden als er plots voldoende zuurstof beschikbaar komt. Dit kan zorgen voor een hoger persoonlijk risico tijdens repressief ingrijpen.

Naast bovenstaande situaties waarin de thermal runaway zich stapsgewijs uitbreidt over de thuisbatterij, is het mogelijk dat een thuisbatterij betrokken raakt bij een brand die elders is ontstaan in de woning. De kans bestaat dan dat een aantal (of alle) cellen door een thermische belasting van een brand gelijktijdig instabiel worden en in thermal runaway komen. Dit kan resulteren in kortstondig hogere brandvermogens dan genoemd in het eerste blauwe kader in deze paragraaf.

Tijdens een batterijbrand kunnen brandende brokstukken of batterijcellen wegschieten. Die brokstukken of cellen kunnen brandbare materialen elders in de ruimte doen ontsteken, waardoor secundaire branden ontstaan en de brand snel in omvang groeit.

3.3.3 Explosieve (brandbare) en toxische gaswolk

Wanneer de gassen die bij een thermal runaway uit de batterij ontsnappen niet direct ontsteken, hopen ze zich op in de ruimte waarin de batterij zich bevindt. Als de concentraties van de brandbare gassen zich binnen de brandbaarheidsgrenzen van het gasmengsel bevinden, ontstaat er een brandbaar mengsel. Indien dat ontsteekt, kan dit resulteren in een gaswolkontbranding of -explosie met hoge temperaturen en (over)drukken in de brandruimte tot gevolg. Door de explosie kan de omhulling en constructie van de ruimte beschadigen en door de hoge temperaturen kunnen eventuele brandbare materialen in de ruimte ontbranden, waardoor er direct na de explosie een woningbrand kan ontstaan (Schraiber et al., 2023). Bovendien kan de explosie bewoners en brandweerlieden bedreigen. Gassen die worden geproduceerd bij een typische thermal runaway zijn onder andere waterstof, benzeen, koolstofdioxide, koolstofmonoxide, waterstoffluoride en waterstofcyanide en verschillende koolwaterstoffen. Met name waterstof en benzeen zijn brandbaar en leveren explosiegevaar op (Brans, 2023b).

De ontbrandingsgrenzen van brandbare gassen worden aangegeven door de onderste ontbrandingsgrens (LFL) en onder de bovenste ontbrandingsgrens (UFL). Wanneer de concentratie buiten deze grenzen ligt, kan deze bij de aanwezigheid van een ontstekingsbron ontbranden. De waarden voor die explosiegrenzen wisselen sterk per batterijchemie (Baird et al., 2020) en zijn moeilijk experimenteel vast te stellen. Voor gasmengsels afkomstig van gangbare lithium-ion-batterijen worden een LFL van 5-10 vol% en een UFL van 35-50 vol% genoemd als gangbare waarden (DNV-GL, 2019; Schraiber et al., 2023). In vergelijking met andere brandbare gassen is dit een relatief breed ontstekingsgebied. Dit komt met name door de aanwezigheid van waterstof in het

gasmengsel. Daarnaast is zelfontbranding mogelijk als het gasmengsel wordt opgewarmd tot de zelfontbrandingstemperatuur

Tevens kunnen er toxische gassen in het gasmengsel aanwezig zijn, zoals koolmonoxide (CO), waterstoffluoride (HFL) en waterstofcyanide (HCN) (Larsson et al., 2017; Schraiber et al., 2023). De toxische gassen in de damp kunnen concentraties bereiken die reeds bij een korte blootstellingsduur al gevaarlijk zijn voor personen die daaraan worden blootgesteld (NIPV, 2023).

Kans op een batterijbrand, explosie of toxische gaswolk

Uit onderzoek van het UL Fire Safety Research Institute blijkt dat van de 60 incidenten met thuisbatterijen die zijn gedocumenteerd, er in circa 75% van de gevallen sprake was van een batterijbrand en in circa 18% van een explosief mengsel dat tot ontbranding is gekomen. In de resterende 7% van de gevallen was sprake van een toxische wolk (Schraiber et al., 2023).

3.3.4 Ervaringen uit de praktijk

De effecten die zijn behandeld in de voorgaande paragrafen worden geïllustreerd door allerlei casuïstiek. In Bijlage 2 worden voorbeelden uit Nederland en andere landen gegeven. Hierbij wordt duidelijk dat incidenten grote gevolgen kunnen hebben. Zo worden er voorbeelden gegeven van een huis dat na een brand in een thuisbatterij onbewoonbaar is verklaard, en een ontsteking van opgehoopte gassen waarbij een garagedeur uit de wandopening gedrukt wordt en wordt weggeslingerd tot een afstand van 9 meter van de woning. Daarnaast blijkt uit de casuïstiek dat het bestrijden van een incident met een thuisbatterij doorgaans gepaard gaat met het demonteren van de batterij van de achterwand. De batterij wordt vervolgens in dompelbad geplaatst om deze voldoende te koelen. In bijlage 2 zijn ook de resultaten van interviews met specialisten uit België en Duitsland opgenomen.

3.4 Thuisbatterijen in de (bouw)regelgeving

3.4.1 Nederland

In de Nederlandse bouwregelgeving zijn geen specifieke eisen gesteld aan de kwaliteit of de installatie van thuisbatterijen in woningen. Omdat een thuisbatterij onderdeel is van een laagspannings-installatie, moet deze voldoen aan de voorwaarden die zijn opgenomen in de NEN 1010 (NEN, 2020). De NEN 1010 is verplicht gesteld in het Bbl (Artikel 3.106 voor bestaande bouw en artikel 4.199 voor nieuw te bouwen bouwwerken). In de NEN 1010 staat beschreven wat de kwaliteit van een laagspanningsinstallatie moet zijn, maar er zijn geen specifieke eisen voor thuisbatterijen opgenomen. Ook vanuit Europese regelgeving volgen geen regels die van toepassing zijn op (thuis)batterijveiligheid. De Batterijenrichtlijn (2006/66/EC) regelt andere zaken, zoals het verbod op bepaalde stoffen en de voorwaarden omtrent recycling. Wat betreft productveiligheidseisen vallen batterijen onder de meer algemene richtlijn voor productveiligheid (2001/95/EG).

PGS 37-1

In PGS 37-1 (PGS-programmaraad, 2023) worden eisen gesteld aan EOS'en met een capaciteit groter dan 20 kWh. PGS 37-1 is zodoende met name bedoeld voor grootschalige(r) energieopslag dan doorgaans in woningen wordt toegepast. Hoewel de PGS-richtlijn nog niet is aangestuurd in de regelgeving en thuisbatterijen buiten het toepassingsgebied liggen, kan deze wel worden gebruikt als kennisdocument en inspiratiebron voor maatregelen om de risico's van thuisbatterijen te beperken.

De eisen uit PGS 37-1 zijn gebaseerd op best beschikbare technieken en een risicoanalyse waarbij verschillende scenario's systematisch zijn afgewogen. Het proces om te komen tot het opstellen van de richtlijn is door nationale deskundigen doorlopen. Door de kans en de consequentie van een scenario op waarde te schatten, is het totale risico van dat scenario ingeschat. Op basis van de uitkomst van de risicoanalyse zijn (brand)veiligheidsmaatregelen voorgesteld. Deze hebben onder meer betrekking op:

- > traceerbaarheid van de onderdelen van het EOS
- > plaatsing van het EOS
- > klimaatbeheersing
- > brandwerendheid rondom het EOS
- > ventilatie en (bij afschakeling van het EOS) noodventilatie.

3.4.2 Andere landen

In de volgende paragrafen wordt de regelgeving uit een aantal andere landen nader toegelicht.

Verenigde Staten

In de Verenigde Staten is NFPA 855 de federale standaard voor batterijen. De *Standard for the Installation of Energy Storage Systems* is een standaard die onder andere is ontwikkeld voor het ontwerp, de installatie en het onderhoud van batterijen, en omvat een hoofdstuk gericht op thuisbatterijen (installaties tot 20 kWh) (NFPA, 2023). Dit onderdeel van de standaard stelt de volgende eisen aan thuisbatterijen.

- > Batterijen mogen geïnstalleerd worden in aangrenzende garages, vrijstaande garages, in binnenruimtes aan buitenwanden mits de batterij tenminste 914 mm (3 voet) van deuren of ramen is geplaatst, en buiten op een afstand van tenminste 914 mm van deuren of ramen, meterkasten en opslagruimtes
- > De ruimte waarin de thuisbatterij hangt, moet zijn afgetimmerd met gipsplaat. Wanneer de batterij in een ruimte met slechts een balkenconstructie wordt gehangen, moeten wanden en plafond worden beschermd door ten minste 16 mm gipsplaat
- > De batterij moet beschermd zijn tegen de impact van voertuigen wanneer deze bijvoorbeeld in een garage staat waar ook een auto in- en uitrijdt.
- > Onderling verbonden rookmelders moeten zijn geïnstalleerd in het huis, net als in de ruimte waarin het EOS zich bevindt. Wanneer een rookmelder niet mogelijk is, moet er hittedetectie worden gebruikt.

België

Net als Nederland kent België geen specifieke eisen voor (thuis)batterijen. In België moeten batterijen voldoen aan een Algemeen Reglement voor Elektrische Installaties (AREI). Hierin staat onder andere dat elektrische apparatuur periodiek gekeurd moet worden. Deze periode is vastgesteld op 25 jaar. Ter vergelijking: een boiler moet jaarlijks of tweejaarlijks gekeurd worden. Het AREI specificeert verder dat de batterij bij ingebruikname gekeurd moet worden door een gediplomeerd elektricien. Er bestaat geen lijst met installatiemaatregelen.

Duitsland

Duitsland kent een veiligheidsrichtlijn voor thuisbatterijen die is opgesteld door een aantal publieke en private organisaties. Deze richtlijn beschrijft mogelijke risico's, en stelt beheersmaatregelen voor die gericht zijn op specifieke oorzaken (Bundesverband Energiespeicher, 2014). De beheersmaatregelen zijn in veel gevallen gekoppeld aan nationale standaarden, zoals het testen en certificeren van batterijen (VDE AR 2510-2/-50)

of persoonlijke beschermingsmiddelen tegen elektrische schokken (DIN VDE 0100-410). Ook hier bestaat er dus geen lijst met installatiemaatregelen zoals in de NFPA 855.

Australië

Australië kent de standaard AS 5139 voor stationaire batterijen. In Australië wordt er een onderscheid gemaakt tussen drie categorieën batterijen. Twee van deze drie komen voor op de lijst met batterijen die zijn goedgekeurd door het Clean energy council; de laatste niet. Categorie 1 (goedgekeurde batterijen met geïntegreerde omvormer) kent tien pagina's met installatievoorschriften. Voor categorie 2 (goedgekeurde batterijen zonder geïntegreerde omvormer) gelden dezelfde eisen als die gelden voor categorie 1, en zijn er aanvullend eisen gesteld aan bedrading. Voor categorie 3 gelden naast de eisen voor categorie 2 ook eisen aan onder andere de behuizing van de batterij en ventilatie van de ruimte waarin deze is geïnstalleerd.

Voorschriften omtrent thuisbatterijen in Australië

Voor alle categorieën batterijen geldt dat deze niet geïnstalleerd mogen worden op een aantal locaties. Het gaat om bewoonbare ruimtes (bijvoorbeeld woon- en slaapkamer), zolderruimtes of nissen in de muur, onder trappen of in doorgaande wandelgangen, in evacuatie routes of nabij brandbare materialen. Bovendien schrijft de standaard minimumafstanden voor tussen de batterij en ramen, deuren en apparaten zoals boilers en airconditioningunits. Deze afstand moet minstens 600 millimeter bedragen aan de zijkanten van de batterij, en 900 millimeter aan de bovenkant. Wanneer de batterij tegen de muur is gemonteerd en zich aan de achterkant van de muur een bewoonbare ruimte bevindt, dient de muur een brandwerende barrière te bevatten van minimaal 600 millimeter aan de weerskanten van de batterij en 900 millimeter aan de bovenkant. Een batterij in de garage moet voorzien zijn van een extra barrière om te voorkomen dat een auto er tegenaan rijdt (zie ook Figuur 3.6).



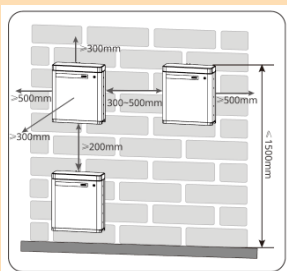
Figuur 3.6 Een beschermende constructie moet extra bescherming bieden aan een thuisbatterij wanneer de batterij het risico loopt op externe impact (bron: <https://renew.org.au/renew-magazine/solar-batteries/new-battery-installation-rules/>)

3.5 Installatiehandleidingen thuisbatterijen

Deze paragraaf beschrijft globaal een aantal installatiehandleidingen van NMC- of LFP-batterijen van een aantal veelvoorkomende merken die een capaciteit hebben tussen 3 kWh en 20 kWh. Het betreft de volgende batterijtypen:

- > Solar Edge Home Battery (48V en 400V) (leverbaar als NMC of LFP) (Solar Edge, 2023)
- > LG RESU LV (geldig voor de versie 3.3; 6.5; 10; en PLUS) (NMC) (LG, 2018)
- > GOODWE Lynx Home U Series (LFP) (Goodwe, 2023).

Tabel 3.1 Installatiehandleidingen van drie typen thuisbatterijen

	GW Lynx (LFP)	LG Resu LV (NMC)	Solar Edge (LFP/NMC)
Optimale temperatuur	20 °C – 40 °C	15 °C – 30 °C	-
Vermijden	Direct(e) regen en zonlicht, sterke interferentie, locaties die kunnen overstromen	Stof en vuil	Direct(e) regen en zonlicht; gebieden met een luchtvochtigheid van meer dan 90 %
Uit de buurt van	Ontvlambare of explosieve goederen/gassen	Zee (om zout water en een hoge luchtvochtigheid te mijden); ontvlambare of explosieve goederen; corrosieve gassen	Ontvlambare of explosieve goederen / gassen
Afstanden			9mm tussen het batterijpakket en de muur; 9 mm rondom het batterijpakket voor goede koeling
			O.a. 20 cm tussen batterijpakketten; 100 cm van nooduitgangen; 30cm van andere batterijen of warmtebronnen
Overig		Gebouw is bestand tegen aardbevingen; grond is plat en waterpas	Niet meer dan 5 batterijen per omvormer; niet meer dan 3 per toren; niet installeren in gebieden waar extra maatregelen tegen aardbevingen van kracht zijn

Deze tabel laat zien dat de installatiehandleidingen van verschillende batterijproducenten verschillen. Het wordt niet duidelijk waarop verschillende waarden en afstanden zijn gebaseerd. Hoewel er ook overeenkomsten zijn tussen de beschreven handleidingen, valt op dat de (detail)invulling (sterk) varieert. Zo geven alle handleidingen aan dat de batterij geïnstalleerd moet worden op een locatie waar de temperatuur niet te hoog en niet te laag is, maar worden geen exacte waarden gegeven. Twee handleidingen geven als richtlijn om de batterij beschermd tegen directe regen en direct zonlicht te installeren. Gecombineerd met een optimale temperatuur die minimaal 15 °C bedraagt, ligt installatie in een geklimatiseerde ruimte voor de hand. Verder wordt bij alle batterijen een afstand gehanteerd tussen de batterij en bijvoorbeeld warmtebronnen en vluchtroutes, maar deze afstand verschilt.

4 Thuisbatterijen en het brandveiligheidsrisico van woningen

Uit het vorige hoofdstuk blijkt dat er incidenten zijn waarbij thuisbatterijen betrokken zijn en dat thuisbatterijen invloed hebben op het brandveiligheidsrisico van woningen. Het brandveiligheidsrisico wordt bepaald door een combinatie van de kans op het falen van de thuisbatterij en de consequenties van dit falen ($\text{risico} = \text{kans} \times \text{consequentie}$). Wat de gevolgen van incidenten met thuisbatterijen zijn, wordt in dit hoofdstuk verkennend onderzocht. Daarvoor zijn de kans op en consequenties van een incident met een thuisbatterij vergeleken met die van een gebruikelijke woningbrand zonder thuisbatterij.

4.1 Opbouw risicoanalyse

In dit hoofdstuk wordt eerst op basis van de literatuurstudie ingeschat wat de kans op falen van een thuisbatterij is. Die kans wordt vergeleken met de kans op een gebruikelijke woningbrand. Vervolgens worden de mogelijke consequenties van de twee incidenttypen onderling vergeleken. Bij de beoordeling van die consequenties is een onderverdeling gemaakt naar de brandveiligheidsdoelen en subdoelen zoals beschreven in paragraaf 1.2.3.

4.2 Kans op falen thuisbatterij vergeleken met de kans op een woningbrand

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om de kans op het falen van een thuisbatterij nauwkeurig te bepalen. Om toch een inschatting te kunnen maken, zijn in dit onderzoek eerst de schaarse data bestudeerd die wel beschikbaar zijn (zie paragraaf 3.1). Deze data zijn vervolgens vergeleken met gegevens over woningbranden waar geen thuisbatterij bij betrokken is geweest. Zo wordt een inschatting gemaakt van de verhoging van de kans op een incident door aanwezigheid van een thuisbatterij.

Beperkingen van brandstatistieken

Brandstatistieken zijn moeilijk af te leiden uit casuïstiek en vaak bedoeld voor een specifieke toepassing, waardoor ze niet zonder meer elders kunnen worden toegepast. De hier gepresenteerde data moeten daarom worden beschouwd als indicatief.

Tabel 4.1 Kans op incidenten met thuisbatterijen en op het ontstaan van een woningbrand

Aspect	Kans/jaar	Bron
Falen batterij zonder veiligheidsmaatregelen	$0,23 \cdot 10^{-1}$	(DNV-GL, 2019)
Falen batterij met veiligheidsmaatregelen, zie blauw kader in paragraaf 3.2.2.	$0,14 \cdot 10^{-3}$ (= $0,014 \cdot 10^{-2}$)	
Ontstaan woningbrand zonder thuisbatterij (3 verschillende bronnen)	> $0,3 \cdot 10^{-2}$ > $0,21 \cdot 10^{-2*}$ > $0,13 \cdot 10^{-2}$	(British Standards Institution, 2019; NRC CNRC, 2005; Sandberg, 2004)
* de bron geeft een ontstaanskans van $2,1 \cdot 10^{-5}$ /jaar $\cdot$ m ² . In deze tabel is uitgegaan van een woning met een oppervlakte van 100 m ² .		

Uit de bovenstaande tabel 4.1 blijkt dat met name het falen van thuisbatterijen zonder veiligheidsmaatregelen fors kan bijdragen aan de kans op een incident of woningbrand. In dat geval wordt de kans ongeveer tienmaal zo hoog. Als er sprake is van een batterij met een goedwerkend veiligheidssysteem, wordt de kans op een incident of woningbrand met ongeveer 0,1-maal verhoogd. Hieruit blijkt het belang van een goedwerkend veiligheidssysteem van de batterij.

In tabel 4.2 is de kans op het falen van een batterij vergeleken met het falen van gebruikelijke apparatuur in de woonomgeving. Daaruit blijkt dat de kans op het falen van een batterij naar verhouding groter is dan de kans op brand in een van de andere apparaten. Op basis hiervan kan worden gesteld dat de toename van de kans op een incident niet verwaarloosbaar laag is.

Tabel 4.2 De kans op falen van een thuisbatterij en kans op brand als gevolg van gebruikelijke apparatuur in de woonomgeving

Apparaat	Faal-/ontstekingskans	Bron
(Thuis)batterij met veiligheidsmaatregelen, zie blauw kader in paragraaf 3.2.2	$0,14 \cdot 10^{-3}$	Zie eerder
Vaatwasser	$0,31 \cdot 10^{-4}$	(Beasley et al., 2018)
Wasdroger	$0,31 \cdot 10^{-4}$	
Wasmachine	$0,25 \cdot 10^{-4}$	
Koelkast/diepvries	$0,15 \cdot 10^{-4}$	

4.3 Effecten falen thuisbatterij

De uitgevoerde experimenten door DNV en het UL Fire Safety Research Institute (DNV-GL, 2019; Schraiber et al., 2023) geven inzicht in de effecten van een incident met een (thuis-) batterij. Bij de analyse van deze effecten wordt per brandveiligheidsdoel (zie paragraaf 1.2.3) een vergelijking gemaakt met de effecten die kunnen worden verwacht bij een gebruikelijke woningbrand.

4.3.1 Persoonlijke veiligheid waarborgen

Uit de bevindingen zie zijn beschreven in hoofdstuk 3 kan het volgende worden opgemaakt waar het gaat om gevolgen voor de persoonlijke veiligheid van de bewoners bij een incident met een thuisbatterij:

- > In vergelijking met een gebruikelijke woningbrand kan een batterijbrand resulteren in een snellere branduitbreiding en flashover, waardoor de kans op slachtoffers groter is.
- > Een batterij die in thermal runaway raakt, maar waarvan de gassen niet direct ontbranden, kan zorgen voor een toxische omgeving die niet altijd goed te signaleren of detecteren is, zeker als er geen direct zicht is op de batterij of als de aanwezige personen niet alert zijn (bijvoorbeeld als ze slapen). Die gassen kunnen later alsnog ontbranden als de juiste mengverhouding tussen brandstof, zuurstof en energie aanwezig is. Dit zorgt voor een groter persoonlijk risico ten opzichte van een gebruikelijke woningbrand, zowel voor de bewoners van het pand als voor de hulpverleners.
- > Een incident waarbij de batterij niet direct betrokken is, zal zich in de eerste fase van de brand ontwikkelen als een gebruikelijke woningbrand, waardoor de gevolgen voor de persoonlijke veiligheid vergelijkbaar zijn. Aangestraald worden door het batterijpakket wanneer dat in zijn geheel betrokken is geraakt bij de brand, is voor de ontvluchttingsfase niet relevant, want de bewoners zullen het pand reeds verlaten (moeten) hebben.

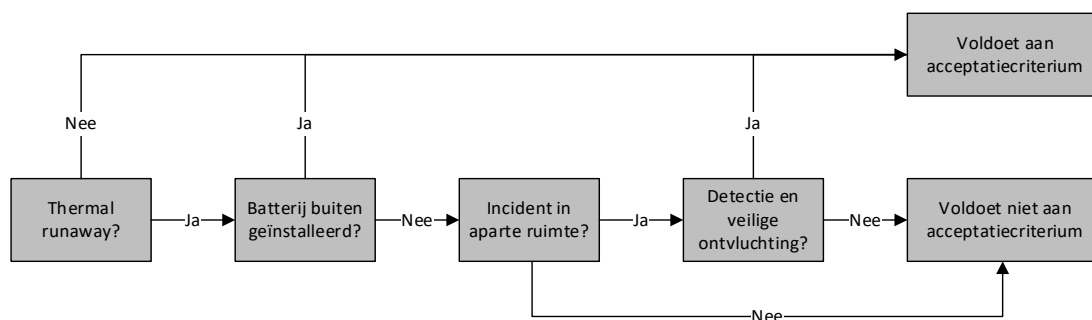
Beoordeling acceptatiecriterium, subdoel en brandveiligheidsdoel

Op basis van voornoemde kan worden gesteld dat de effecten met betrekking tot het aspect 'persoonlijke veiligheid' van een incident met een thuisbatterij groter kunnen zijn dan van een gebruikelijke woningbrand. Er wordt daarom niet voldaan aan het acceptatiecriterium, waardoor ook het subdoel en brandveiligheidsdoel niet worden behaald.

Gebeurtenisboom brandveiligheidsdoel 'persoonlijke veiligheid'

De conclusies uit de risicoanalyse zijn in figuur 4.1 op de volgende pagina geschematiseerd in een gebeurtenisboom. Deze analyse is als volgt opgebouwd:

1. Het beginpunt is het ontstaan van een thermal runaway in een thuisbatterij.
2. Als de batterij buiten is geïnstalleerd, is het niet aannemelijk dat het incident de bewoners van de woning direct bedreigt, zodat wordt voldaan aan het brandveiligheidsdoel.
3. Als de batterij binnen is geïnstalleerd en in een verblijfs- of verkeersruimte hangt, is het aannemelijk dat de bewoners snel worden blootgesteld aan de verschijnselen van de thermal runaway. Er wordt dan niet voldaan aan het brandveiligheidsdoel. Als de batterij in een aparte ruimte hangt die geen verblijfs- of verkeersruimte is, is de kans op blootstelling van de bewoners kleiner. Daarbij wordt opgemerkt dat er zelfs bij een gesloten deur nog sprake kan zijn van verspreiding van giftige gassen. Deze gassen kunnen immers door drukverschillen door openingen rond deuren, doorvoeren en ventilatiesystemen worden verspreid.
4. Als het incident wordt ontdekt (bijvoorbeeld door een detectie-installatie of door waarneming), kunnen bewoners starten met vluchten en de woning verlaten.



Figuur 4.1 Gebeurtenissenboom voor het doel 'persoonlijke veiligheid'

4.3.2 Beschermen eigendommen derden

Uit de bevindingen zie zijn beschreven in hoofdstuk 3 kan het volgende worden opgemerkt over het risico van brandoverslag naar belendende percelen bij een incident met een thuisbatterij:

- > In vergelijking met een gebruikelijke woningbrand ontwikkelt een brand waarbij een batterij het eerste brandobject is zich sneller dan een brand waar bijvoorbeeld een regulier meubelstuk zoals een bank het eerste brandobject is. Een batterijbrand kenmerkt zich door het hoge initiële brandvermogen en de fakkelachtige vlammen. Hierdoor is het aannemelijk dat een batterijbrand zich sneller uitbreidt naar andere brandbare materialen dan een gebruikelijke woningbrand. Het risico van snelle branduitbreiding binnen de woning is dus groter bij een batterijbrand dan bij een gebruikelijke woningbrand.
- > Anderzijds kan worden gesteld dat, als een batterij niet het eerste object is dat gaat branden, de brand zich niet sneller ontwikkelt dan een gebruikelijke woningbrand. Als alle cellen in een thuisbatterij gelijktijdig instabiel worden door opwarming door de brand en in thermal runaway raken, kan de bijdrage van de batterij groter zijn. Deze grotere bijdrage is echter kortstondig van aard.
- > Als de ontsnappende gassen uit de batterij niet direct ontbranden, maar op een later tijdstip ontsteken, kan een (lokale) explosie ontstaan die een drukgolf veroorzaakt. Een explosie kan vaak in een volledig ontwikkelde brand in de ruimte resulteren.
- > Of de brand zich ook daadwerkelijk kan uitbreiden naar het buurperceel is afhankelijk van verschillende aspecten, zoals de afstand tussen de woning en het buurperceel, de locatie van de gevelopeningen en het materiaal waarvan de gevels gemaakt zijn. Deze aspecten gelden ook voor een gebruikelijke woningbrand.

Op basis van voornoemde kan worden gesteld dat de thuisbatterij het brandgedrag in een woning of ruimte beïnvloedt. Met name de snelle brandontwikkeling en neveneffecten van een rookgasontbranding zijn hierbij van belang. Desondanks heeft een batterijbrand een relatief beperkt brandvermogen in vergelijking met een volledig ontwikkelde woningbrand. Op basis hiervan wordt gesteld dat het risico van brandoverslag in het geval van een brand waarbij een thuisbatterij betrokken is, niet noemenswaardig hoger is.

Beoordeling acceptatiecriterium, subdoel en brandveiligheidsdoel

Bezien vanuit de relatief kleine bijdrage van de thuisbatterij aan het brandvermogen, is het risico van branduitbreiding naar een naastgelegen perceel in het geval van een batterijbrand niet noemenswaardig hoger dan bij een gebruikelijke woningbrand. Er wordt daarom voldaan

aan het acceptatiecriterium, waardoor ook het subdoel en brandveiligheidsdoel worden behaald.

Gebeurtenisboom 'beschermen eigendommen derden'

De conclusies uit de risicoanalyse zijn in figuur 4.2 vertaald naar een gebeurtenisboom. De analyse is als volgt opgebouwd:

1. Het beginpunt is het ontstaan van een thermal runaway in een thuisbatterij.
2. Als de batterij buiten is geïnstalleerd, is het niet aannemelijk dat er een scenario ontstaat waarbij brandoverslag naar het belendende perceel realistisch is. Het risico van brandoverslag is dan, in vergelijking met een reguliere woningbrand, voldoende laag.

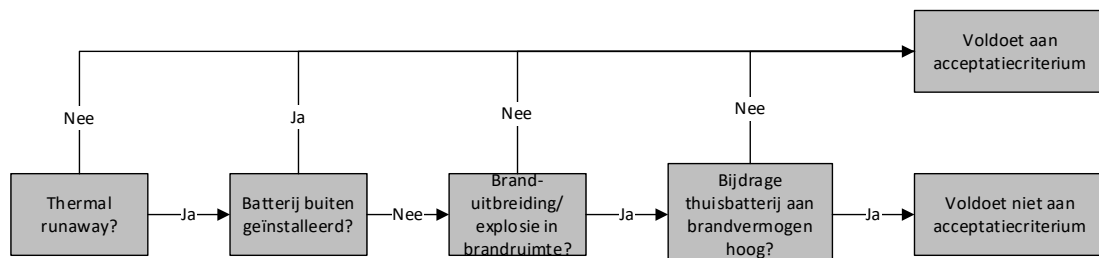
Bij een scenario met een batterijbrand zijn de volgende gebeurtenissen van belang:

3. De brand kan zich mogelijk uitbreiden naar brandbaar materiaal in de directe omgeving van de batterij. De kans op een snelgroeiende brand is dan groot. Als de brand beperkt blijft tot de batterij, is de kans op brandoverslag naar een ander perceel beperkt. Het risico van brandoverslag is dan in vergelijking met een reguliere woningbrand voldoende laag.
4. Het ligt het voor de hand dat de brand zich snel ontwikkelt tot een volledig ontwikkelde brand in de brandruimte of in de woning. De bijdrage van de batterij aan het brandvermogen van de woningbrand is beperkt. Het overslaan van de brand is vanaf dit moment een realistisch scenario. Desondanks zijn er geen redenen om aan te nemen dat het risico hoger is dan bij een reguliere woningbrand.

Als de gassen niet direct ontbranden, ontstaat er een scenario met een explosierisico. De volgende gebeurtenissen zijn dan van belang:

5. Als de concentratie van de brandbare gassen in de ruimte toeneemt tot boven de onderste brandbaarheidsgrens (LFL) of onder de bovenste brandbaarheidsgrens (UFL), ontstaat er een explosief mengsel.
6. Bij de aanwezigheid van een ontstekingsbron ontsteekt het gasmengsel en ontstaat er een (lokale) explosie. Die explosie heeft primair gevolgen voor de persoonlijke veiligheid van bewoners en hulpverleners. De gevolgen voor het risico van brandoverslag zijn alleen relevant als er een secundaire brand ontstaat en deze zich ontwikkelt tot een volledig ontwikkelde woningbrand. Het overslaan van de brand naar een ander perceel is vanaf dit moment een realistisch scenario, maar er zijn geen redenen om aan te nemen dat het risico hoger is dan het geval is bij een reguliere woningbrand. Het extra brandvermogen van de batterij is immers beperkt.

Voornoemde gebeurtenissen zijn in figuur 4.2 weergegeven in een gebeurtenissenboom. Het onderscheid tussen het scenario met een batterijbrand en het scenario met een explosie is gemaakt in de derde gebeurtenis. Uiteindelijk is in beide scenario's de bijdrage aan het brandvermogen van de thuisbatterij bepalend voor het extra risico van brandoverslag. Er zijn geen redenen om aan te nemen dat dat brandvermogen resulteert in een significant ander scenario dan het geval is bij een reguliere woningbrand.



Figuur 4.2 Gebeurtenisboom voor het doel 'beschermen eigendommen derden'

Repressief optreden bij thuisbatterijen

Als de brandweer effectief kan optreden tijdens een incident, wordt de kans op uitbreiding van de brand naar het buurperceel beperkt (zie paragraaf 1.2.3). Het verhogen van de kans op succesvol repressief ingrijpen verhoogt dan de kans dat het brandveiligheidsdoel wordt bereikt.

Uit de casuïstiek en interviews (zie Bijlage 2) kan het volgende worden geleerd over de effectiviteit van het repressief optreden bij een incident met een thuisbatterij:

- > In vergelijking met een gebruikelijke woningbrand zijn incidenten met thuisbatterijen minder voorspelbaar. Dit komt met name door het risico van explosies tijdens en mogelijke herontsteking van de batterij na bestrijding. Daarnaast is het tijdens de inzet niet altijd vast te stellen of een thuisbatterij betrokken is bij de brand. Hierdoor is de brand lastiger te bestrijden dan een gebruikelijke woningbrand, hetgeen resulteert in een verhoogd persoonlijk risico voor brandweerpersoneel bij een offensieve inzet.
- > Een brand in een batterij is in de woning moeilijk te bestrijden, omdat koeling van het pakket nauwelijks mogelijk is door de waterdichte omhulling van de batterij. Bovendien zit de batterij altijd stevig gemonteerd op de ondergrond of aan de muur, waardoor deze moeilijk te verwijderen is. In veel gevallen zal het verwijderen van de batterij uit de woning echter noodzakelijk zijn om de brand volledig te kunnen bestrijden. Het kan zijn dat daar specialistisch gereedschap voor nodig is. Het is momenteel onduidelijk of het demonteren van de batterij tijdens de repressie of tijdens de nazorg moet gebeuren en bij wie die taak belegd is (brandweer of derde partij). Dit in tegenstelling tot een gebruikelijke woningbrand, waarbij de brandweer vaak zelfstandig kan optreden en de brand kan bestrijden.
- > Het stoppen van de stroom brandbare gassen van een thuisbatterij die in thermal runaway is geraakt, is tijdens het incident vaak onmogelijk. In meer conventionele installaties in de woonomgeving, zoals gasgestookte ketels, is dit wel mogelijk door de gasaansluiting af te sluiten. Als gevolg hiervan is een incident met een thuisbatterij moeilijker te bestrijden dan een gebruikelijke woningbrand.

De introductie van thuisbatterijen zorgt dus voor meer complexiteit met betrekking tot de brandweerinzet dan een gebruikelijke woningbrand.

4.4 Conclusie

Samenvattend kan worden gesteld dat de kans op een woningbrand toeneemt wanneer een thuisbatterij wordt geïnstalleerd. Er zijn echter onvoldoende gegevens voorhanden om een sluitend oordeel te geven over de verhoging van deze kans. Volgens een aangehaald onderzoek van DNV uit 2019 bedraagt deze toename ongeveer 10 % als de batterij is voorzien van de veiligheidssystemen zoals beschreven in paragraaf 3.2. In vergelijking met andere huishoudelijke apparatuur zoals koelkasten of vaatwassers, is de toename van de kans op een brand met een thuisbatterij niet verwaarloosbaar laag.

Persoonlijke veiligheid waarborgen

Betrokken op het aspect 'persoonlijke veiligheid' is het risico van een brand waarbij een thuisbatterij betrokken is naar verwachting hoger dan het geval is bij een gebruikelijke woningbrand. Er wordt niet voldaan aan het acceptatiecriterium en daardoor niet aan het brandveiligheidsdoel. Dit komt met name door de snelle brandontwikkeling en de mogelijkheid van explosiegevaar. Dit risico geldt zowel voor de bewoners als voor hulpverleners.

Beschermen van eigendommen van derden

Betrokken op het aspect 'beschermen van eigendommen van derden' is het risico naar verwachting niet noemenswaardig hoger dan het geval is bij een gebruikelijke woningbrand. Dit komt met name omdat het brandvermogen van een thuisbatterij in relatie tot het brandvermogen van een ontwikkelde woningbrand niet bijzonder hoog is. Hierdoor nemen de effecten in relatie tot de gevolgen voor de omgeving niet noemenswaardig toe. Er wordt voldaan aan het acceptatiecriterium en daardoor aan het brandveiligheidsdoel

Het brandweeroptreden bij thuisbatterijen

Een brand in een (thuis)batterij is onvoorspelbaar door de mogelijkheid op herontsteking van de batterij. Daarnaast kan er sprake zijn van een explosief gasmengsel, waardoor voorzichtigheid bij de bestrijding nodig is. Om een brand in een batterij te kunnen afblussen, is vaak specialistisch gereedschap nodig, omdat de batterij gedemonteerd moet worden. De bereikbaarheid van de batterij tijdens de brandbestrijding is van belang.

In de onderstaande tabel 4.3 zijn de conclusies van de risicoanalyse samengevat. Zowel de kans als de consequentie zijn kwalitatief vergeleken met de huidige situatie. Daarbij is de volgende waardering gebruikt:

- ++ Kans, effect of risico is veel groter dan bij een gebruikelijke woningbrand
- + Kans, effect of risico is groter dan bij een gebruikelijke woningbrand
- 0 referentie = gebruikelijke woningbrand.

Tabel 4.3 Samenvattende tabel van kans, effect en brandveiligheidsrisico voor een scenario waarbij een thuisbatterij betrokken is vergeleken met een gebruikelijke woningbrand

Brandveiligheidsdoel	Kans op incident referentie	Kans op incident met thuisbatterij	Effecten referentie	Effecten met thuisbatterij	Brandveiligheidsrisico = kans*consequentie
Persoonlijke veiligheid waarborgen	0	+	0	++	+
Beschermen eigendommen derden	0	+	0	0	0

5 Oplossingsrichtingen

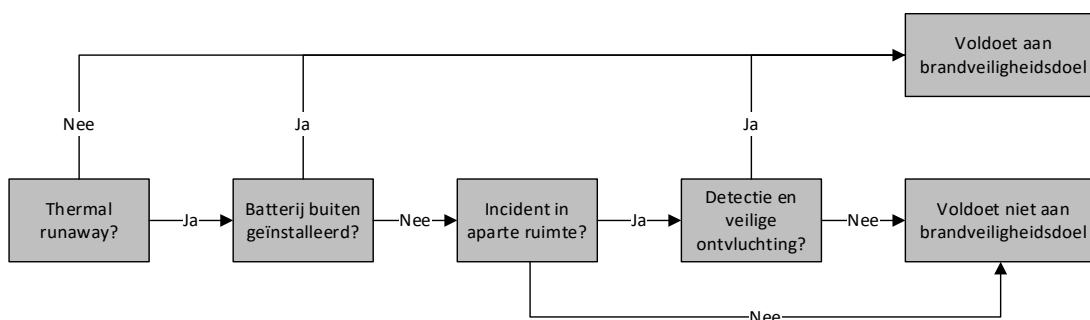
Uit het vorige hoofdstuk blijkt dat door de introductie van thuisbatterijen het brandveiligheidsrisico in woningen betrokken op het brandveiligheidsdoel 'persoonlijke veiligheid waarborgen' toeneemt. In dit hoofdstuk worden de conclusies van de risicoanalyse voor dat brandveiligheidsdoel vertaald naar oplossingsrichtingen. Bij de vertaling is de gebeurtenissenboom voor dat brandveiligheidsdoel gebruikt.

'Beschermen van eigendommen van derden'

Het brandveiligheidsrisico voor het brandveiligheidsdoel 'beschermen van eigendommen van derden' neemt volgens de conclusie van de risicoanalyse niet noemenswaardig toe. Er zijn daarom voor dit risico geen oplossingsrichtingen voorgesteld.

5.1 Oplossingsrichtingen

De gebeurtenissenboom voor 'persoonlijk veiligheid waarborgen' is hieronder nogmaals opgenomen (figuur 5.1). Daaruit blijken de gebeurtenissen die relevant zijn om te voldoen aan het brandveiligheidsdoel.



Figuur 5.1 Gebeurtenissenboom voor het doel 'persoonlijke veiligheid'

Aan de gebeurtenissen kunnen maatregelen worden gekoppeld die het brandveiligheidsrisico verlagen. Dit zijn:

- > Het voorkomen van thermal runaway.
- > Het buiten installeren van de thuisbatterij.
- > Het installeren van de thuisbatterij in een aparte ruimte.
- > Het detecteren van de verschijnselen van thermal runaway.

Voornoemde maatregelen zijn met name gericht op het beperken van het risico in het geval van een batterijbrand. Voor het beperken van de gevolgen van een toxische en explosieve wolk kan daarnaast nog worden overwogen om (nood) ventilatie aan te brengen in de ruimte waarin de thuisbatterij is geïnstalleerd.

5.1.1 Voorkomen van thermal runaway

Het voorkomen van thermal runaway of het verlagen van de kans daarop is een maatregel waarvoor aanpassingen aan de batterij zelf nodig zijn. Dit valt buiten de kaders van dit onderzoek en wordt daarom hier niet behandeld, maar separaat verderop in deze paragraaf.

5.1.2 Buiten installeren van de thuisbatterij

Door de batterij buiten de woning te installeren, is het niet aannemelijk dat een incident de bewoners zal bedreigen. De verbrandingsproducten of onverbrande toxische en brandbare gassen kunnen vrij afstromen naar de buitenlucht. In dat geval zijn de bereikbaarheid en bestrijdbaarheid van de brand door de brandweer ook goed respectievelijk veilig mogelijk, omdat er weinig blootstelling aan verhoogde temperaturen of giftige gassen wordt verwacht.

Het is echter zeer de vraag of een thuisbatterij wel in de buitenlucht kan worden geplaatst vanwege de temperaturen waaraan het product wordt blootgesteld. Deze oplossingsrichting wordt zodoende niet als realistisch verondersteld.

5.1.3 Installeren van de batterij in een aparte ruimte

Door de batterij te installeren in een aparte ruimte wordt het risico beperkt dat bewoners bij thermal runaway snel worden blootgesteld aan de toxische (verbrandings)gassen. Het incident blijft in eerste instantie beperkt tot de ruimte waarin de batterij hangt, waardoor personen tijd hebben om veilig te vluchten. De aparte ruimte kan een technische ruimte zijn, maar ook een ruimte waar geen verblijf plaatsvindt en waar geen vluchtroute doorheen voert, zoals een garage of een schuur. Hoewel de verspreiding van toxische (verbrandings)gassen in eerste instantie beperkt blijft tot de brandruimte, is het wel mogelijk dat deze zich verder verspreiden door kieren, naden en ventilatiesystemen.

Omdat de batterij in een aparte ruimte hangt, is er geen zicht op het eventuele incident. Het incident kan zich in dit geval verder ontwikkelen zonder dat de bewoners gealarmeerd worden. Zij kunnen dan alsnog worden blootgesteld aan de toxische (verbrandings)gassen die van het incident afkomstig zijn.

In nieuwbouwwoningen is vaak al sprake van een aparte technische ruimte. De batterij kan daar worden opgenomen. In bestaande woningen is een dergelijke technische ruimte niet altijd aanwezig.

5.1.4 Detecteren en alarmeren van verschijnselen van thermal runaway

Door een incident automatisch te detecteren en bewoners te alarmeren, kunnen die in een vroegtijdig stadium van het incident starten met vluchten. De kans op een veilige ontvluchting neemt hierdoor toe. Enige mate van blootstelling aan de toxische (verbrandings)gassen is echter mogelijk. Het detecteren van een incident waarbij de uittredende gassen ontbranden, is mogelijk met een optische rookdetector in de ruimte waarin de thuisbatterij is gesitueerd. De gebruikelijke NEN 2555-melders kunnen daarvoor worden gebruikt. Voor een aantal mogelijkheden om thermal runaway te detecteren is nog aanvullend onderzoek nodig.

Opties voor het detecteren van thermal runaway

- > Onafhankelijk van de vraag of de uittredende gassen ontsteken, kan thermal runaway worden gedetecteerd door het BMS van de thuisbatterij als deze functionaliteit aanwezig is. Het BMS stuurt het alarmeringssysteem in de woning dan aan, waardoor personen worden gealarmeerd. Het is op dit moment niet gebruikelijk dat het BMS communiceert met een branddetectie en –

alarmeringsinstallatie in de woonomgeving (Schraiber et al., 2023). Voor de implementatie hiervan is nader onderzoek nodig.

- > Het detecteren van een incident waarbij de uittredende gassen niet ontbranden is niet altijd mogelijk met conventionele gasdetectieapparatuur. CO-detectie kan worden overwogen, maar niet zeker is of in het gasmengsel altijd CO voorkomt. Mogelijk kan het gasmengsel met meer gespecialiseerde apparatuur wel worden gedetecteerd (Schraiber et al., 2023). Daarvoor is meer onderzoek nodig. Een incident waarbij de brandbare gassen niet direct ontbranden, is echter wel zeldzamer dan een batterijbrand (zie paragraaf 3.3).

5.1.5 (Nood)ventilatie

Door te voorzien in voldoende ventilatie nadat er thermal runaway is gedetecteerd, kunnen verbrandingsproducten beheerst worden afgevoerd, zodat een ongecontroleerde verspreiding daarvan buiten de ruimte wordt beperkt. De hoeveelheid geproduceerde toxische gassen bij een thermal runaway varieert per incident en batterijtype. Zodoende varieert ook de noodzakelijke hoeveelheid ventilatie per incident en batterijtype. Als er geen verbranding optreedt, maar de brandbare gassen in de ruimte blijven hangen, kan het ventileren van de ruimte het risico van een explosie beperken. Het is dan van belang dat de gasconcentraties in de ruimte buiten het verbrandingsbereik (onder de LFL of onder de UFL) van het gasmengsel blijven. Er bestaat echter veel onzekerheid over het verbrandingsbereik van gassen afkomstig van lithium-ion accu's. Daarnaast kan het ventileren van de ruimte waarin de batterij hangt ook voor extra risico zorgen, met name als de brand ondergeventileerd raakt. Het plots toevoeren van extra zuurstof kan dan resulteren in het ontbranden van de niet-verbrande brandbare gassen.

Ventilatievoud van de ruimte

In het rapport *Veiligheidsprincipes kleinschalige EOS'en* (Instituut Fysieke Veiligheid (IFV), 2021) wordt voor het ventileren van een ruimte waarin een thuisbatterij aanwezig is een ventilatievoud van 6 geadviseerd. Voor kleinere ruimten wordt een ventilatievoud van 20 geadviseerd.

Het is, met uitzondering van een ruimte met een opstelplaats van een gasmeter, momenteel niet verplicht de ruimte waarin technische apparatuur staat opgesteld in woningen (voldoende) te ventileren. Het realiseren van voldoende ventilatie kan vooral in bestaande woningen om aanpassingen vragen.

5.2 Conclusie

De oplossingsrichtingen uit de vorige paragraaf dragen allemaal bij aan het beperken van het brandveiligheidsrisico dat wordt geïntroduceerd door de thuisbatterij. Hierbij wordt het volgende overwogen:

- > Het buiten plaatsen van de thuisbatterij wordt niet als realistische optie gezien. De thuisbatterij moet namelijk meestal in een geklimatiseerde ruimte hangen.
- > Als de batterij in een aparte ruimte hangt, wordt vergaande blootstelling aan toxische (verbrandings)gassen initieel voorkomen. Er is echter geen zicht op het incident, waardoor dit zich ongehinderd kan ontwikkelen. Blootstelling later tijdens het incident is wel mogelijk, doordat de gassen zich verspreiden door naden en kierren.
- > Het detecteren van thermal runaway en daaropvolgende alarmering zorgen ervoor dat bewoners snel kunnen beginnen met vluchten. Omdat een incident met een batterij zich

vaak snel ontwikkelt, kan blootstelling aan giftige (verbrandings)gassen echter niet geheel worden voorkomen.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat het combineren van maatregelen noodzakelijk is om het extra brandveiligheidsrisico dat wordt veroorzaakt door de thuisbatterij voldoende te beperken, zodat wordt voldaan aan het acceptatiecriterium. Door de thuisbatterij in een aparte ruimte te installeren en het optreden van thermal runaway te kunnen detecteren wordt het brandveiligheidsrisico grofweg gelijk aan het brandveiligheidsrisico bij een gebruikelijke woningbrand.

Andere opties buiten de kaders van dit onderzoek

Er bestaan andere oplossingsrichtingen die het brandveiligheidsrisico van een thuisbatterij kunnen verlagen, maar die buiten de kaders van dit onderzoek vallen. De opties zijn:

1. De veiligheid van thuisbatterijen verhogen

Het beperken van de kans op een incident met een thuisbatterij door deze (brand)veiliger te maken geeft potentieel meer risicoreductie dan de maatregelen die hierboven beschreven zijn. Ditzelfde geldt voor het verbeteren van de kwaliteit van de installatie en montage van thuisbatterijen. Het voorschrijven van een verplicht BMS dat de status van de batterij monitort en de batterij afschakelt als een incident wordt gedetecteerd, ligt voor de hand. Hoewel een BMS niet wordt verplicht in de nieuwe Europese batterijregelgeving, kent de batterijverordening al een aantal veiligheidscriteria waarvoor een dergelijk BMS indirect noodzakelijk is (zie bijvoorbeeld Bijlage V van de Batterijverordening).

2. Het brandweeroptreden vereenvoudigen

Naast de oplossingsrichtingen die zijn opgenomen in dit hoofdstuk, kan het brandweeroptreden bij branden met een thuisbatterij worden vereenvoudigd. Hiermee worden zowel de persoonlijke veiligheid van de hulpverleners als het risico van brandoverslag beperkt (zie paragraaf 1.2.3). Er kan worden gedacht aan:

- > het markeren van de ruimte waarin de batterij is opgesteld met bijvoorbeeld een sticker, zodat de brandweer weet wat zij kan verwachten.
- > het optimaliseren van de toegankelijkheid van de ruimte waarin de batterij is opgesteld, bijvoorbeeld door deze ruimte van buitenaf toegankelijk te maken of de batterij in een rechtstreeks toegankelijke ruimte te installeren.
- > het opnemen van woningen met thuisbatterijen in een register dat toegankelijk is voor de brandweer, zodat zij (kan) weten dat er mogelijk een batterij bij het incident betrokken is.

3. Het accepteren van het brandveiligheidsrisico

Als geen maatregelen worden genomen, kan ervoor worden gekozen om het extra brandveiligheidsrisico dat door de thuisbatterij wordt geïntroduceerd te accepteren. Hierdoor neemt de brandveiligheid van woningen echter af.

6 Conclusie

In dit hoofdstuk worden de verschillende deelvragen en de hoofdvraag van dit onderzoek beantwoord.

6.1 Thuisbatterijen

Wat wordt verstaan onder een thuisbatterij?

Thuisbatterijen zijn energieopslagsystemen die in of rondom woningen worden geïnstalleerd. In dit rapport worden twee belangrijke criteria gehanteerd: ten eerste moet de batterij gebruikt worden voor een woonfunctie, en ten tweede moet de batterij een capaciteit hebben tussen de 3 kWh en de 20 kWh.

6.2 Brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen

Wat is in de literatuur bekend over het risico van brand in een thuisbatterij en de maatregelen waarmee het risico kan worden beperkt?

En

Hoe verhoudt het brandveiligheidsrisico van woningen met een thuisbatterij zich tot het brandveiligheidsrisico van woningen zonder thuisbatterij?

Er zijn weinig gegevens voorhanden in de literatuur over de ontstaanskans van een incident met een thuisbatterij. Het ligt echter voor de hand dat het toevoegen van een batterij zal leiden tot een toename van de kans op een woningbrand. In dit onderzoek wordt een rapport van DNV-GL aangehaald dat stelt dat de kans op brand met circa 10 % toeneemt na de installatie van een batterij. Vanwege de beperkte hoeveelheid data is de genoemde 10 % onzeker en moet worden gezien als slechts een indicatie. Daarbij geldt dat de faalkans van een thuisbatterij volgens het rapport van DNV-GL groter is dan die van andere huishoudelijke apparaten.

De belangrijkste effecten van incidenten met thuisbatterijen zijn gelegen in de kans op het ontstaan van een thermal runaway. De effecten en brandveiligheidsrisico's van de thermal runaway zijn als volgt, per brandveiligheidsdoel:

Persoonlijke veiligheid waarborgen

Een batterijbrand (met thermal runaway) kan zorgen voor een snelle brandontwikkeling, waardoor bewoners sneller worden bedreigd dan bij een gebruikelijke woningbrand. Als gevolg daarvan is ook het persoonlijk risico groter dan het geval is bij een gebruikelijke woningbrand.

Een batterijbrand (met thermal runaway) kan leiden tot blootstelling van bewoners aan een toxische of explosieve gaswolk. Het persoonlijk risico is daardoor eveneens groter dan het geval is bij een gebruikelijke woningbrand.

Beschermen van eigendommen van derden

Het is niet realistisch te veronderstellen dat het extra brandvermogen als gevolg van de thuisbatterij resulteert in een verhoogd risico van brandoverslag.

Vanuit repressief perspectief

Doordat een thermal runaway niet stopt nadat het incident in eerste instantie is bestreden, is herontsteking mogelijk. Uit casuïstiek blijkt dat in veel gevallen verwijdering van de batterij uit de woning door de brandweer noodzakelijk is om het incident helemaal te stoppen. Dit is niet altijd goed mogelijk, omdat de batterijen stevig bevestigd zijn. Daarnaast kan het explosiegevaar resulteren in een verhoogd persoonlijke risico voor de hulpverleners.

Mogelijke maatregelen

Uit de literatuur blijkt dat het brandveiligheidsrisico van een thuisbatterij kan worden beperkt met de volgende maatregelen:

1. Vroegtijdige detectie van thermal runaway of de gevolgen daarvan.
2. Het beperken van de branduitbreiding buiten de batterij door geen brandbare materialen op te slaan in de omgeving van de batterij.
3. Het beperken van explosiegevaar door de ruimte goed te ventileren.
4. Het plaatsen van de thuisbatterij in aparte ruimtes of bijgebouwen zoals garages of schuren.

6.3 Voorschriften omtrent thuisbatterijen

Welke voorschriften of kaders gelden in Nederland en in andere landen ter beperking van de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen ?

Risicobeperkende voorschriften of kaders in Nederland

Behalve publiekrechtelijke voorschriften die gelden voor elektrische apparatuur in laagspanningsinstallaties (Bbl, NEN 1010), gelden er in Nederland geen publiekrechtelijke voorschriften voor de installatie of het gebruik van thuisbatterijen. Er zijn wel installatierichtlijnen voor thuisbatterijen die worden voorgeschreven door batterijfabrikanten. Deze hebben overeenkomsten met voorschriften en kaders die gelden buiten Nederland.

Dit rapport laat een aantal voorbeelden zien van veiligheidsvoorschriften en kaders die gelden buiten Nederland. Dit zijn onder andere:

- > Afstand bewaren tussen thuisbatterijen en vluchtwegen.
- > Afstand bewaren tussen thuisbatterijen en hittebronnen.
- > Een extra barrière creëren tussen een thuisbatterij en een parkeerplek wanneer de batterij en de auto zich in dezelfde ruimte bevinden.
- > Het huis voorzien van rookmelders.
- > Thuisbatterijen niet installeren in verblijfsruimtes of vluchtroutes.

6.4 Oplossingsrichtingen

Met welke maatregelen kunnen de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen worden beperkt ?

In dit onderzoek is geconstateerd dat er maatregelen mogelijk zijn om de persoonlijke veiligheid van de bewoners te verbeteren. Daarbij worden de volgende maatregelen aangedragen:

- > Thuisbatterijen in een aparte ruimte installeren.
- > Detecteren van verschijnselen van thermal runaway.
- > Ventileren van de ruimte waarin de thuisbatterij is geïnstalleerd.

Er is geconcludeerd dat een combinatie van deze oplossingsrichtingen noodzakelijk is. Alleen op die manier wordt het persoonlijk risico dat wordt geïntroduceerd door de thuisbatterij vergelijkbaar met dat van een gebruikelijke woningbrand (zonder thuisbatterij).

6.5 Beantwoording hoofdvraag

De hoofdvraag in dit onderzoek luidt:

Wat zijn de brandveiligheidsrisico's van thuisbatterijen in woningen en met welke (bouwkundige, installatietechnische en/of organisatorische) maatregelen kunnen dergelijke risico's worden beperkt?

Uit literatuuronderzoek blijkt dat de kans op een incident door de thuisbatterij met ongeveer 10 % wordt verhoogd in vergelijking met een situatie zonder thuisbatterij. Wat betreft de mogelijke effecten van incidenten met de thuisbatterij is het volgende geconstateerd:

- > Het ligt in de lijn der verwachting dat de aanwezigheid van een thuisbatterij ten opzichte van geen batterij additionele risico's voor de persoonlijke veiligheid met zich meebrengt voor de bewoners van een woning (brandveiligheidsdoel: persoonlijke veiligheid waarborgen).
- > Het ligt in de lijn der verwachting dat de thuisbatterij niet zorgt voor een noemenswaardige toename van het brandoverslagrisico (brandveiligheidsdoel: beschermen van eigendommen van derden).

Dit onderzoek draagt een aantal oplossingsrichtingen aan die het brandveiligheidsrisico van thuisbatterijen beperken. Om te komen tot een brandveiligheidsrisico van een situatie met een thuisbatterij dat grofweg gelijk is aan een situatie zonder thuisbatterij, worden de volgende maatregelen voorgesteld:

- > het installeren van de thuisbatterij in een aparte ruimte (geen verblijfsruimte of vluchtroute), en
- > het detecteren van verschijnselen afkomstig van thermal runaway in die ruimte.

Referenties

- Asimakopoulou, E. K., Kolaitis, D. I., & Founti, M. A. (2017). Assessment of Fire Engineering Design Correlations Used to Describe the Geometry and Thermal Characteristics of Externally Venting Flames. *Fire Technology*, 53(2), 709–739. <https://doi.org/10.1007/s10694-016-0594-2>
- Babrauskas, V. (2016). Heat release rates. In M. J. Hurley (Red.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (5de ed., pp. 799–905). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0>
- Baird, A. R., Archibald, E. J., Marr, K. C., & Ezekoye, O. A. (2020). Explosion hazards from lithium-ion battery vent gas. *Journal of Power Sources*, 446(November 2019), 227257. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.227257>
- Beasley, M. G., Holborn, P. G., Ingram, J. M., & Maidment, G. G. (2018). Causes, consequences and prevention of refrigeration fires in residential dwellings. *Fire Safety Journal*, 102(October), 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2018.11.001>
- Brandweer Twente. (2023). *Het verhaal van... Brand in thuisbatterij*.
- Brans, H. (2023a). *Verkenning toekomstige batterijtypen en veiligheid*. NIPV.
- Brans, H. (2023b). *Verkenning toekomstige batterijtypen en veiligheid*. NIPV
- British Standards Institution. (2019). *PD 7974-7 (2019) - Application of fire safety engineering principles to the design of buildings*.
- Bundesverband Energiespeicher. (2014). *Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher*.
- Bundesverband Solarwirtschaft e. V. (2024). *Speicherkapazität von Solarbatterien 2023 verdoppelt*.
- DNV-GL. (2019). *Technical Reference for Li-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression*.
- Energy storage NL. (2022). *Europese Markt voor Thuisbatterijen Groeit Hard*.
- Goodwe. (2023). *User Manual - Rechargeable Lithium Ion Battery System*.
- Instituut Fysieke Veiligheid (IFV). (2021). *Veiligheidsprincipes kleinschalige EOS 'en (<20 kWh)*.
- ISO. (2018). *NEN-ISO 23932-1*. ISO.
- Kong, D., Wang, G., Ping, P., & Wen, J. (2022). A coupled conjugate heat transfer and CFD model for the thermal runaway evolution and jet fire of 18650 lithium-ion battery under thermal abuse. *eTransportation*, 12, 100157. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.etrans.2022.100157>
- Larsson, F., Andersson, P., Blomqvist, P., & Mellander, B. E. (2017). Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires. *Scientific Reports*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09784-z>
- Law, M. (1978). Fire Safety of External Building Elements - the Design Approach. *Engineering Journal*, 15(2), 59–74. <https://doi.org/10.62913/engj.v15i2.308>
- LG. (2018). *Installation Manual for RESU LV*.
- Madrzykowski, D., & Weinschenk, C. (2023). *Fire Safety of Batteries and Micro-mobility Devices*. Fire Protection Engineering. https://www.fireprotectionengineering-digital.com/fireprotectionengineering/library/item/q4_2023/4155029/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=TXFIR4231206002&utm_content=gtxcel
- Milieu Centraal. (z.d.). *Gemiddeld Energieverbruik*.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2024). *Integrale nota van toelichting Bbl - toelichting op de staatsbladen*. <https://www.bouwbesluitonline.nl/docs/wet/bbl-nvt/toelichting-op-de-staatsbladen>
- NEN. (2020). *NEN 1010:2020 (nl)*.
- NFPA. (2023). *Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems*.
- NIPV. (2023). *Li-ion thuisbatterij in woning*. Scenarioboek.
- NRC CNRC. (2005). *International Fire Engineering Guidelines*.
- Oerlemans, A. (2024, februari). Thuisbatterij : speeltje voor de rijken of belangrijke spil in

- energietransitie ? Half miljoen thuisbatterijen in Duitsland. *Change Inc.*
- Office for Product Safety & Standards. (2023). *A Study on the Safety of Second-life Batteries in Battery Energy Storage Systems*. January.
- PGS-programmaraad. (2017). Handreiking Generieke Risicobenadering.
<http://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/handreikingen/page-2018-03-13-140757.html>
- PGS-programmaraad. (2023). *PGS 37-1*. Lithiumhoudende energiedragers: energieopslagsystemen (EOS).
<https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/online/pgs-37-1/2023/0-2-juli-2023#voorwoord-1>
- PVV, VVD, NSC, & BBB. (2024). *Budgettaire bijlage hoofdlijnenakkoord*.
- Sandberg, M. (2004). *Statistical determination of fire frequencies*. Lund University
- Schraiber, A., Barowy, A., Gaudet, B., & Kimmerly, V. (2023). *Considerations for Fire Service Response to Residential Battery Energy Storage System Incidents*. International Association of Fire Fighters. https://www.iaff.org/wp-content/uploads/IAFF_DOE_ResidentialESSConsiderations_Final.pdf
- SFPE. (2015). *SFPE Guide to Performance-Based Fire Safety Design*.
- SFPE. (2023). *SFPE Guide to Fire Risk Assessment* (2nd edition). SFPE.
- Solar Edge. (2023). *Home Battery 48V Installation Guide*.
- Stichting Salvage. (2023). *Statistieken accubranden*.
- UL Fire Safety Research Institute. (2023). *Considerations for Fire Service Response to Residential Battery Energy Storage System Incidents*.
- Voigt, S., Sträubig, F., Palis, S., Kwade, A., & Knaust, C. (2021). Experimental comparison of Oxygen Consumption Calorimetry and Sensible Enthalpy Rise Approach for determining the heat release rate of large-scale lithium-ion battery fires. *Fire Safety Journal*, 126, 103447. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103447>
- Vos, J., Brans, H., & Reinders, J. (2024). *Literatuuronderzoek naar de brandeffecten van Lithium-ion batterijbranden*. NIPV.

Bijlage 1: Geïnterviewden en Vragenlijst

Voor dit rapport zijn professionals met (mogelijke) ervaring met bestrijding van brand in thuisbatterijen geïnterviewd. Hieronder staat overzicht van de geïnterviewden, evenals de vragenlijst die is daarvoor is gebruikt. De resultaten van de interviews worden samengevat in Bijlage 2.

Interviewdata

Interview	Datum	Functie
1	08-12-2023	Hoofd brandonderzoeksgroep (Universiteit Karlsruhe)
2	13-12-2023	Majoor (Brandweer Brussel) ³
3	13-12-2023	Officier (Brandweer Antwerpen)

Vragenlijst

Blok 1: Persoonlijke gegevens

1. Functie / repressieve ervaring / etc.

Blok 2: Vragen over de installatie en eventuele richtlijnen voor een thuisbatterij?

2. Bestaan er nationaal of regionaal geldende eisen/richtlijnen voor de plaatsing van een thuisbatterij?
 - a. Wat zeggen deze eisen over de optimale plaatsing van een thuisbatterij ten behoeve van de veiligheid van de gebruiker en de incidentbestrijder?
 - b. Wordt in deze eisen naar uw mening voldoende rekening gehouden met het brandgedrag van thuisbatterijen?
 - c. Worden er eisen gesteld aan de installatie van de thuisbatterij? Bijvoorbeeld door het verplicht stellen van een erkend installateur?
 - d. Worden er eisen gesteld aan de ruimte waarin een batterij zich bevindt, bijvoorbeeld de plaatsing van een rook- of koolmonoxidemelder?
3. Bestaan er nationaal of regionaal geldende richtlijnen voor het onderhoud van een thuisbatterij?

Blok 3: Vragen over praktijkervaringen branden in thuisbatterijen

4. Heeft u ervaring met branden in thuisbatterijen?

³ Van dit interview is een gespreksverslag aanwezig in plaats van een opname en een transcriptie

5. Wat kunt u vertellen over de aanleiding van deze branden?
6. Wat kunt u vertellen over het verloop van deze branden?
 - a. Is er een thermal runaway opgetreden?
 - b. Zijn er toxische gassen vrijgekomen?
 - c. Is er een explosie geweest?
7. Wat kunt u vertellen over de bestrijding van deze branden?
 - a. Is de bestrijding van een thuisbrand waar een thuisbatterij bij is betrokken anders dan een thuisbrand waar geen thuisbatterij bij is betrokken?
 - b. Hoe heeft het eventueel optreden van een thermal runaway het blusproces beïnvloed?
8. Wat kunt u vertellen over de consequenties van deze branden?
 - a. Zijn er slachtoffers gevallen?
 - b. Wat was het schadebeeld?

Blok 4: Vragen over de brandweerinzet bij een incident met een thuisbatterij

9. Bestaan er nationale of regionale protocollen voor de brandweerinzet bij de brand van een thuisbatterij?
10. Is het brandweerpersoneel op de hoogte van het brandgedrag van (thuis)batterijen?
 - a. Hoe wordt deze kennis geborgd?
11. Bestaan er nationale of regionale protocollen voor de nazorg na een (thuis)batterijbrand?
12. Gaat u vergelijkbaar met de brand om als met een gaslek?

Bijlage 2: Repressieve ervaringen met branden in thuisbatterijen

Voorbeelden uit Nederland

In Nederland is er tot op heden weinig ervaring met incidenten met thuisbatterijen. Bij het NIPV is één gedocumenteerd voorbeeld bekend. Dit wordt hieronder als eerste beschreven. Daarna worden enige voorbeelden uit het buitenland behandeld, en ten slotte ervaringen die blijken uit de interviews.

Losser, Overijssel

Bij een incident op 13 september 2023 in Losser ontstaat er brand in een grote thuisbatterij. De batterij voldoet niet aan de criteria die in dit rapport worden gehanteerd. De batterij in kwestie is namelijk een zelfgebouwde batterij van 56 kWh. Desalniettemin wordt deze casus hier toegelicht vanwege de opgedane kennis en informatie.

De betreffende batterij stond in een garage nabij een auto. De batterijbrand straalde de auto aan op het moment dat de brandweer ter plaatse kwam. Tijdens de bestrijding lag de focus op het blussen van de batterijbrand en het voorkomen van verdere uitbreiding richting de nabij geparkeerde auto en het woonhuis. Directe omwonenden kregen het advies om ramen en deuren te sluiten in verband met mogelijke schadelijke stoffen. Na het blussen van de brand werd de thuisbatterij in een afvalcontainer geplaatst op de oprit van de woning. Vervolgens werd er een dompelcontainer aangevraagd die normaal gesproken dienst doet voor het onderdompelen van brandende elektrische auto's.

De thuisbatterij was gekoppeld aan zonnepanelen. Door de brand raakten kabels beschadigd, waardoor de zonnepanelen niet langer veilig konden worden gebruikt. De eigenaar van de woning heeft zelf gezorgd voor het afknippen en isoleren van alle beschadigde kabels. De gemeente heeft de volgende dag de installatie gecontroleerd (Brandweer Twente, 2023).

Voorbeelden uit het buitenland

Er is steeds meer casuïstiek beschikbaar over brandweerinzetten bij incidenten met thuisbatterijen in het buitenland. Deze is afkomstig uit bijvoorbeeld Duitsland en de Verenigde Staten. Het rapport van het UL Fire Safety Research Institute (Schraiber et al., 2023) geeft tevens een aantal praktijkvoorbeelden.

Bodnegg, Zuid-Duitsland

Bij een incident op 3 maart 2022 in Zuid-Duitsland in Bodnegg explodeerde door onbekende oorzaak een thuisbatterij (capaciteit onbekend) in een kelder.⁴ De explosie leidde tot een drukgolf die ramen en deuren naar buiten duwde en de dakconstructie optilde. De brandweerinzet bestond uit ten minste drie tankautospuiten die waren verdeeld over de kelder, de zolder en één buiten ter bewaking. Na het uitschakelen van de stroom en het ontmantelen van de thuisbatterij werd de batterij geblust en naar buiten gedragen door brandweerpersoneel met ademluchtapparatuur om de brand daar verder te bestrijden. Buiten vond herontsteking van de uitgassende batterij plaats. Vervolgens werd de batterij ondergedompeld in water. Het huis werd onbewoonbaar verklaard.



Figuur B2.1 De thuisbatterij ontbrandt opnieuw nadat deze naar buiten is getransporteerd (Batterijbrand in Bodnegg, foto via feuerwehr.de⁴)

Santa Rosa, Californië

Bij een incident op 29 juni 2023 in Santa Rosa in Californië werd een batterijbrand in een vroeg stadium beheerst door een sprinklerinstallatie. De batterij in kwestie was een Tesla Powerwall, die doorgaans een capaciteit heeft van 13,5 kWh. Deze brand ontstond in een garage door vermoedelijk een elektrische oorzaak.⁵ De brandweer was snel ter plaatse met drie tankautospuiten. Een ploeg werd ingezet voor de brand, terwijl de andere ploegen zochten naar bewoners. De brand kon beperkt worden gehouden tot de thuisbatterij, maar deze brandde nog minstens een uur door. Uiteindelijk werd de batterij naar buiten gebracht om de brand beter te kunnen bestrijden, aldaar geopend en volledig geblust.

⁴ <http://www.feuerwehr.de/einsatz/berichte/einsatz.php?n=63124>.

⁵ <https://www.pressdemocrat.com/article/news/fire-causing-20000-in-damage-to-santa-rosa-home-originated-in-tesla-in-wa/?artslide=0>.



Figuur B2.2 Een zwartgeblakerde thuisbatterij hangt nog in de garage (Santa Rosa, foto via [pressdemocrat.com](https://www.pressdemocrat.com)⁵)

Erie, Colorado

Bij een incident op 12 april 2023 in Erie ontstond een brand in een elektrisch (hybride) voertuig dat aan het opladen was in een garage. Hoewel het hier dus gaat om een autobatterij en niet om een thuisbatterij, wordt dit incident hier wel genoemd. Het gaat hier namelijk om een batterij die qua grootte valt binnen de scope van dit onderzoek (circa 17 kWh). De lokale brandweer werd ingeschakeld, nadat een rookmelder was afgegaan. Vanwege de afwezigheid van zichtbare rook doorzocht de brandweer eerst het woonhuis, voordat ze binnen de garage een dichte rookwolk uit een hybride Jeep Wrangler zag komen. De brandweer begon het rookmengsel te koelen met water, waarop een explosie volgde. In de incidentomschrijving wordt geen causaal verband tussen beide zaken gelegd. De explosie zorgde ervoor dat de garagedeur zo'n 9 meter de tuin in werd geslingerd.⁶ Niemand raakte gewond, en het huis bleef vrijwel onbeschadigd.



⁶ <https://twitter.com/MVFireRescue/status/1645910121271406593>.

Figuur B2.3 De garagedeur die uit de voegen is geslingerd door een batterijexplosie. De oorspronkelijke locatie van de garagedeur is afgesloten met een geel lint (foto via twitter.com⁶).

Ervaringen die blijken uit gehouden interviews

Uit het drietal interviews dat is afgenomen in België en Duitsland blijkt dat er bij de (professionele) hulpverlening nog weinig praktische ervaringen zijn met branden in thuisbatterijen.

De twee interviews met Belgische beroepsbrandweerlieden uit Brussel en Antwerpen geven geen inzicht in praktische ervaringen met thuisbatterijincidenten. Er bestaat wel ervaring met batterijbranden in (bijvoorbeeld) elektrische voertuigen, en deze kennis wordt meegenomen voor mogelijke toekomstige inzetten bij incidenten met thuisbatterijen. Zo wordt het belang benadrukt van het koelen van de batterij om eventuele uitbreiding van het incident tegen te gaan. Tevens moet er goed geventileerd worden, zodat eventuele opgehoopte gassen kunnen ontsnappen. Een mogelijke batterijbrand kan worden opgespoord met een warmtebeeldcamera en moet worden verholpen door de batterij te demonteren en buiten in een bak water te leggen. Veel reguliere procedures blijven relevant, omdat de brandweer van tevoren vaak niet weet of een thuisbatterij betrokken is bij een woningbrand.

Dit beeld wordt bevestigd in het interview met een Duitse ervaringsexpert. Deze expert is het hoofd van de onderzoeksafdeling die zich bezighoudt met batterijveiligheid en ervaring heeft met het brandgedrag van thuisbatterijen. Tevens staat hij in nauw contact met brandweerpersoneel, en is zo goed op de hoogte van zowel de theoretische als de praktische kant van batterijveiligheid. In zijn beleving zijn er in Duitsland goede richtlijnen voor de veiligheid van thuisbatterijen (meer hierover is te vinden in paragraaf 3.4.2.).

In Duitsland is er meer ervaring met thuisbatterijincidenten dan in België; de vorige paragraaf beschreef al een brand in Bodnegg. Net als in België bestaat er in Duitsland bij hulpdiensten geen generieke handleiding voor het bestrijden van incidenten met thuisbatterijen. Volgens de door ons geraadpleegde expert is explosiegevaar de grootste zorg. Wanneer het brandweerpersoneel arriveert bij een incident waar zich een explosief mengsel van brandbare gassen en lucht heeft ontwikkeld, kan het gevaarlijk zijn om de woning te betreden.