



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Rekenmethode omgevingsveiligheid lithiumhoudende energiedragers

Rekenmethode omgevingsveiligheid lithiumhoudende energiedragers

RIVM-rapport 2024-0194

Colofon

© RIVM 2025

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2024-0194

S. Versluis (auteur), RIVM
J.H.J. Wijten (auteur), RIVM
E.J.H. te Rietmole (auteur), RIVM

Contact:

Sylvia Versluis

Milieu en Veiligheid, Centrum Veiligheid, Omgevingsveiligheid
omgevingsveiligheid@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van
Infrastructuur en Waterstaat in het kader van M/260141/25/LI.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Rekenmethode omgevingsveiligheid lithiumhoudende energiedragers

Wanneer veel energie op één plek wordt opgeslagen, kan dat risico's hebben voor de omgeving. Dit geldt ook voor energie die is opgeslagen in batterijen. Stoffen die in batterijen zitten, zoals lithium, kunnen namelijk brandbaar, explosief of giftig zijn. Lithium kan energie goed in een batterij opslaan.

Door de energietransitie zitten er steeds vaker batterijen in producten. Daardoor komen er meer opslagen van batterijen, waarin veel batterijen of producten met batterijen bij elkaar liggen. Ook komen er steeds meer energieopslagsystemen. Dit zijn containers waarin duurzaam opgewekte energie, zoals windenergie en zonne-energie, wordt opgeslagen in batterijen.

Nederland maakt beleid om de risico's van energieopslagsystemen en grote opslagen van batterijen te beperken. Het RIVM heeft een rekenmethode ontwikkeld om de risico's hiervan voor de omgeving te berekenen. Dit heeft het gedaan op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW).

Het RIVM adviseert IenW deze rekenmethode te gebruiken in het genoemde beleid, zodat nieuwe opslagsystemen verantwoord geplaatst kunnen worden. De nieuwe rekenmethode is relevant voor mensen die werken aan plannen voor de ruimtelijke ordening.

Kernwoorden: energieopslagsystemen, opslagen, batterijen, rekenmethode, externe veiligheid, omgevingsveiligheid

Synopsis

Calculation method for third-party risks of lithium-based energy carriers

Storing a considerable amount of energy in one place may pose a risk to residents in the surrounding area. The same applies to energy stored in batteries. This is because substances in batteries, such as lithium, can be flammable, explosive or toxic. Lithium is well suited for storing energy in a battery.

Due to the energy transition, batteries are increasingly used in products. This results in more storage facilities for batteries, where many batteries or products containing batteries are stored together. The number of battery energy storage systems has also increased. Battery energy storage systems are containers in which renewable energy, such as wind and solar energy, is stored in batteries.

The Netherlands is developing policies to limit the risks of battery energy storage systems and large storage facilities containing batteries. The Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has developed a method to calculate the third-party risks of these systems and facilities. It did so at the request of the Ministry of Infrastructure and Water Management. This method can be used to calculate at what distance from homes, schools and hospitals it is safe to install new storage systems.

RIVM advises the Ministry of Infrastructure and Water Management to use this calculation method for the policies referred to above. The new calculation method is relevant for people working on spatial planning projects.

Keywords: battery energy storage systems, storage facilities, batteries, calculation method, third-party risk, risk to the surrounding area

Inhoudsopgave

Samenvatting — 11

1 Inleiding en aanleiding — 13

- 1.1 Aanpak — 13
- 1.2 Afbakening — 14
- 1.3 Begeleidingscommissie en expertsessies — 14
- 1.4 Leeswijzer — 15

2 Rekenmethode deel I: lithiumhoudende energieopslag-systemen — 17

- 2.1 Inleiding — 17
 - 2.1.1 Definities — 18
 - 2.1.2 Parameters — 19
 - 2.1.3 Overzicht scenario's — 19
 - 2.1.4 Leeswijzer — 20
- 2.2 Berekenen risico's van lithiumhoudende EOS'en — 20
- 2.3 Bepaling faalfrequentie — 21
 - 2.3.1 Bepalen faalfrequentie per cel en basisfaalfrequentie EOS — 22
 - 2.3.2 Bepalen faalfrequentie van het EOS — 23
 - 2.3.3 Bepalen faalfrequenties per EOS-faalscenario — 23
- 2.4 Modelparameters — 24
 - 2.4.1 Capaciteit (scenario's 1 en 2) — 24
 - 2.4.2 Het type lithiumhoudende batterij (scenario's 1, 2 en 3) — 24
 - 2.4.3 Snelheid van gasontwikkeling bij vrijkomen giftige wolk (scenario's 1 en 2) — 25
 - 2.4.4 Bepaling gassamenstelling voor berekening giftige wolk (scenario's 1 en 2) — 25
 - 2.4.5 Vrijkomende massa giftige gassen (scenario's 1 en 2) — 26
 - 2.4.6 Duur van het scenario (scenario's 1 en 2) — 27
 - 2.4.7 Energie-inhoud van de explosieve wolk (scenario 3) — 27
- 2.5 Invoerparameters in Safeti-NL — 28
 - 2.5.1 Invoer opgeslagen stoffen — 28
 - 2.5.2 Modelling thermal runaway met ontsteking (scenario 1) — 29
 - 2.5.3 Modelling thermal runaway zonder ontsteking (scenario 2) — 29
- 2.6 Berekenen risico vertraagde ontsteking (Scenario 3) — 30

3 Rekenmethode deel II: Opslag van lithiumhoudende energiedragers — 31

- 3.1 Inleiding — 31
 - 3.1.1 Definities — 32
 - 3.1.2 Parameters — 33
 - 3.1.3 Overzicht scenario's — 33
 - 3.1.4 Leeswijzer — 34
- 3.2 Berekenen risico van opslag lithiumhoudende energiedragers — 34
- 3.3 Bepaling faalfrequentie — 35
 - 3.3.1 Bepalen faalfrequentie per cel en basisfaalfrequentie opslag — 36
 - 3.3.2 Bepalen faalfrequentie van de opslag — 36
 - 3.3.3 Bepalen faalfrequenties per opslag faalscenario — 37
- 3.4 Modelparameters — 38
 - 3.4.1 Capaciteit — 38

3.4.2	Het type lithiumhoudende batterij — 38
3.4.3	Bepaling gassamenstelling voor berekening giftige wolk — 39
3.4.4	Vrijkomende massa giftige wolk — 39
3.4.5	Opmenging in de lijwervel of pluimstijging — 40
3.4.6	Bronterm — 41
3.5	Invoerparameters in Safeti-NL — 42
3.5.1	Invoer opgeslagen stoffen — 42
3.5.2	Invoer gebouw — 42
3.5.3	Modellering thermal runaway met ontsteking (scenario 1a: beheerste brand) — 42
3.5.4	Modellering thermal runaway met ontsteking (scenario 1b: onbeheerste brand) — 44
3.5.5	Modellering thermal runaway zonder ontsteking (scenario 2) — 46
4	Toelichting op de rekenmethode lithiumhoudende energiedragers — 47
4.1	Inleiding — 47
4.2	Toelichting op de rekenmethode voor lithiumhoudende energiewaarsystemen (deel I) — 47
4.2.1	Achtergrondinformatie — 47
4.2.2	Ondergrens energiewaarsystemen (toelichting bij paragraaf 2.1) — 47
4.2.3	Typen lithiumhoudende batterijen (toelichting bij paragraaf 2.1) — 48
4.2.4	Energiewaarsysteem in gebouwen (toelichting bij paragraaf 2.1.1) — 48
4.2.5	EOS-parken (toelichting paragraaf 2.1.1) — 49
4.2.6	Scenario's (toelichting bij paragrafen 2.1.3 en 3.1.3) — 49
4.2.7	Faalfrequenties (toelichting paragraaf 2.3 en 3.3) — 50
4.2.8	Bepalen faalfrequenties mobiele EOS'en (toelichting paragraaf 2.3.2) — 51
4.2.9	Verdeling faalfrequenties over scenario's (toelichting paragraaf 2.3.3) — 51
4.2.10	Perctiel uitgasdebiet en vrijkomende massa gas (toelichting paragrafen 2.4 en 3.4) — 52
4.2.11	Afhankelijkheid uitgasdebiet en vrijkomende massa gas van 'state of charge' (toelichting bij paragraaf 2.4.3) — 52
4.2.12	Bovengrens moduleformaat voor uitgassnelheid (toelichting paragraaf 2.4.3) — 53
4.2.13	Waarde uitgasdebiet (toelichting paragrafen 2.4.3 en 3.4.6) — 53
4.2.14	Giftig mengsel (toelichting paragraaf 2.4.4) — 54
4.2.15	Vrijkomende massa giftige gassen (toelichting paragraaf 2.4.5) — 54
4.2.16	Energie-inhoud van de explosieve wolk (toelichting bij paragraaf 2.4.7) — 54
4.2.17	Mole le Chatelier bij modellering (toelichting bij paragrafen 2.5 en 3.5) — 56
4.2.18	Het leeglaten van de gebouwselectie (toelichting bij paragraaf 2.5) — 56
4.2.19	Uitstroomtemperatuur bij modellering (toelichting bij paragrafen 2.5 en 3.5) — 56
4.2.20	Uitstroomdruk bij modellering (toelichting bij paragrafen 2.5 en 3.5) — 57
4.2.21	Rekenwijze explosierisico (toelichting paragraaf 2.6) — 57
4.3	Toelichting op de rekenmethode voor opslag van lithiumhoudende energiedragers (deel II) — 57
4.3.1	Achtergrondinformatie — 58
4.3.2	Capaciteit van batterijen (toelichting bij paragraaf 3.1.1) — 58

- 4.3.3 Explosierisico opslagen (toelichting bij paragraaf 3.1.3) — 58
- 4.3.4 Lijwervel en pluimstijging (toelichting bij paragraaf 3.4.5) — 58
- 4.3.5 Bronterm (toelichting bij paragraaf 3.4.6) — 60
- 4.3.6 Tijdsduur scenario opslagen (toelichting bij paragraaf 3.5) — 62
- 4.3.7 Uitstroomsnelheid scenario 1 (toelichting bij paragrafen 3.5.3 en 3.5.4) — 62

5 Conclusies en aanbevelingen — 63

6 Referenties — 65

7 Bijlage 1 Vaste-afstandstabellen — 67

- 7.1 Vaste afstandstabellen energieopslagsystemen — 67
 - 7.1.1 Mogelijke verschillen tussen berekeningen en vaste afstandstabellen — 67
 - 7.1.2 Afkapgrenzen vaste-afstandstabellen EOS'en — 67
 - 7.1.3 Omgang met EOS-parken — 68
 - 7.1.4 Vaste-afstandstabellen EOS — 71
- 7.2 Vaste afstandstabellen opslagen van batterijen — 74
 - 7.2.1 Mogelijke verschillen tussen berekeningen en vaste-afstandstabellen — 74
 - 7.2.2 Afkapgrenzen vaste-afstandstabellen opslagen — 75
 - 7.2.3 Vaste-afstandstabellen opslagen van lithiumhoudende energiedragers — 76
- 7.3 Meest recente wetenschappelijke inzichten — 79

8 Bijlage 2 Begeleidingscommissie — 84

- 8.1 Samenstelling begeleidingscommissie — 84
- 8.2 Verslag overleg begeleidingscommissie — 84
 - 8.2.1 Algemeen — 84
 - 8.2.2 EOS'en specifiek — 87
 - 8.2.3 Opslagen specifiek — 91

9 Bijlage 3 Beoordeling van de rekenmethode — 94

- 9.1 Beoordeling uitgangspunten — 95
 - 9.1.1 PGS37-1 als basis — 95
 - 9.1.2 Specificatie naar LFP en NMC — 97
 - 9.1.3 Definities EOS onderdelen — 99
 - 9.1.4 Scenarioboorn EOS'en — 101
 - 9.1.5 Alleen giftige wolk bij brand — 103
 - 9.1.6 Faalfrequenties energieopslagsystemen — 105
 - 9.1.7 Brandoppervlak (rek) — 108
 - 9.1.8 Maximale scenariogrootte bij gifwolk (module) — 110
 - 9.1.9 Uitgasdebiet — 112
 - 9.1.10 Samenstelling giftige wolk — 114
 - 9.1.11 Vrijkomende massa — 116
 - 9.1.12 Afleiding parameters explosief mengsel — 118
 - 9.1.13 Gebruik stoichiometrisch mengsel — 120
 - 9.1.14 Gebruik Safeti-NL bij modellering — 122
 - 9.1.15 Gebruik 'Mole le Chatelier'-methode — 124
 - 9.1.16 Modelleren als drukvat — 126
 - 9.1.17 Horizontale uitstroom — 128
 - 9.1.18 Scenariotype 'Fixed duration release' — 130
 - 9.1.19 Gebruik PGS 2 (Gele boek) — 132

9.1.20	PGS 37-2 als basis — 134
9.1.21	Scenarioboorn opslagen — 136
9.1.22	Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers — 138
9.1.23	Scenarioformaat ontgassen zonder ontsteking op opslageenheid — 141
9.1.24	Bronterm bij brand in opslagen van lithiumhoudende energiedragers — 143
9.1.25	Schatting uitgasdebiet en gasmassa — 145
9.1.26	Verdeling over laadniveaus — 147
9.1.27	Ondergrens intern volume explosie — 150
9.1.28	Niet meenemen lijwervel bij EOS'en — 152
9.1.29	Keuze uitsluiten explosierisico — 154
9.1.30	Combinatie berekening pluimstijging en lijwervel — 156

10 Bijlage 4 Onderzoek faalfrequenties — 159

Samenvatting

In Nederland komt er steeds meer vraag naar energieopslagsystemen. Dit hangt samen met de energietransitie, waarbij een verschuiving plaatsvindt van verbruik van fossiele brandstoffen naar verbruik van duurzame energie, zoals wind- en zonne-energie. De duurzame opwekking van energie hangt af van het weer. Hierdoor vindt de energieproductie niet altijd plaats op de momenten waarop de energie verbruikt wordt en zijn er systemen nodig om de energie te kunnen opslaan.

Ook komen er steeds meer opslagen van batterijen, waarbij grote hoeveelheden batterijen bij elkaar liggen opgeslagen. Dit hangt samen met de elektrificatie, waarbij niet-elektrische systemen en producten vervangen worden door elektrische varianten. Het aantal producten dat werkt op batterijen neemt daardoor toe.

De opslag van veel energie op één plek kan risico's voor mensen in de omgeving met zich meebrengen. Dit geldt ook voor grote hoeveelheden batterijen waarin energie is opgeslagen. Uit divers onderzoek is gebleken dat batterijen bij een incident in 'thermal runaway' kunnen raken, waarbij er een ongecontroleerde toename in temperatuur en druk ontstaat. Hierdoor kan er brand, een explosie of een gifwolk ontstaan. Vooral de effecten van de mogelijke explosie of gifwolk kunnen dusdanig ver reiken dat hierbij in de omgeving van het incident slachtoffers kunnen vallen [1]. De toename van de vraag naar zowel energieopslagsystemen als opslagen van batterijen maakt het steeds belangrijker om bij de plaatsing hiervan rekening te houden met de mogelijke risico's voor de omgeving.

Hoewel de kans op slachtoffers bij een incident met grote hoeveelheden batterijen klein is, maakt het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat beleid waarbij rekening wordt gehouden met mogelijke incidenten met energieopslagsystemen of bij opslagen van batterijen. Om de risico's hiervan voor de omgeving te kunnen inschatten, heeft het RIVM op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een rekenmethode en vaste-afstandstabellen opgesteld. Energieopslagsystemen en opslagen van batterijen zijn in het Besluit activiteiten leefomgeving nog niet aangewezen als milieubelastende activiteit. De voorgestelde rekenmethode is met de publicatie van dit rapport nog niet formeel wettelijk aangewezen. Het biedt alleen inzicht in hoe de risico's berekend kunnen worden.

De in dit rapport voorgestelde rekenmethode is vergeleken met de kwaliteitscriteria [2] die het RIVM heeft opgesteld voor nieuwe rekenmethoden (bijlage 3). Uit de vergelijking blijkt dat de rekenmethode over het algemeen voldoet aan de kwaliteitscriteria. Wel zijn de onzekerheden in de rekenmethode tamelijk groot. Dit komt voort uit de grote variatie aan typen batterijen, systemen en opslagen die er bestaan. Daarnaast hebben de onzekerheden te maken met de beperkte en zeer uiteenlopende data in de literatuur waarop de faalfrequenties en de effectmodellering voor de relatief jonge technologie voor

lithiumhoudende energiedragers zijn gebaseerd. Ook de toekomstbestendigheid van de rekenmethode is een aandachtspunt. De batterijwereld is namelijk nog volop in ontwikkeling. Wanneer de techniek zich dusdanig ontwikkelt dat bijvoorbeeld het type batterij of de opbouw van het systeem significant verandert, is er wellicht een herziening van de rekenmethode nodig.

In dit onderzoek is een rekenmethode opgesteld voor het berekenen van de risico's en effecten van energieopslagsystemen en opslagen van batterijen. Op basis van dit onderzoek wordt het volgende aanbevolen:

1. Vanwege de grootte van de omgevingsveiligheidsrisico's wordt aanbevolen energieopslagsystemen en opslagen van lithiumhoudende energiedragers in het Besluit activiteiten leefomgeving aan te wijzen als milieubelastende activiteit;
2. Vanwege de complexiteit van de berekeningen wordt aanbevolen om de rekenmethode voor energieopslagsystemen en opslagen van lithiumhoudende energiedragers op te laten nemen in het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid en deze samen met de vaste afstandstabellen aan te wijzen voor de desbetreffende activiteiten;
3. Omdat de ontwikkelingen rondom batterijen snel gaan, wordt aangeraden om de methode periodiek, circa eens in de vijf jaar, opnieuw te beoordelen en indien nodig te actualiseren. Er komen namelijk steeds nieuwe technologieën en ook de kennis over de risico's en effecten neemt snel toe. Aanbevolen wordt om deze ontwikkelingen goed te volgen en regelmatig na te gaan of er nieuwe inzichten zijn die aanleiding geven tot actualisatie van de rekenmethode voor energieopslagsystemen en opslagen van batterijen.

1 Inleiding en aanleiding

Bij de energietransitie vindt er onder meer een verschuiving plaats van verbruik van fossiele brandstoffen naar verbruik van duurzame energie, zoals wind- en zonne-energie. In tegenstelling tot de fossiele brandstoffen is de duurzame opwekking van energie niet gebonden aan de vraag naar energie, maar hangt de energieproductie af van het weer. Hierdoor vindt de energieproductie niet altijd plaats op de momenten waarop de energie verbruikt wordt. Daarom komt er steeds meer vraag naar energieopslagsystemen. Dit zijn systemen waarin energie wordt opgeslagen, bijvoorbeeld batterijen.

Door de energietransitie is er ook steeds meer sprake van elektrificatie, waarbij niet-elektrische systemen en producten vervangen worden door elektrische varianten. Het aantal producten dat werkt op batterijen neemt daardoor toe. Hierdoor komen er ook steeds meer opslagen van batterijen.

Het opslaan van veel energie op één plek kan risico's met zich meebrengen voor de omgeving. Uit eerder onderzoek [1] is gebleken dat lithium-ion batterijen bij een incident in 'thermal runaway' kunnen raken, waarbij een ongecontroleerde toename in temperatuur en druk ontstaat. Hierdoor kan brand, een explosie of een gifwolk ontstaan. Vooral de effecten van de mogelijke explosie of gifwolk kunnen dusdanig ver reiken dat hierbij in de omgeving van het incident slachtoffers kunnen vallen.

Hoewel de kans op slachtoffers klein is, vraagt dit wel om voorzorgsmaatregelen. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) maakt daarom beleid waarbij rekening wordt gehouden met mogelijke incidenten met energieopslagsystemen of bij opslagen van batterijen. Om de risico's hiervan voor de omgeving in te kunnen schatten, heeft het RIVM in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een rekenmethode en vaste-afstandstabellen opgesteld. Deze rekenmethode en de vaste-afstandstabellen (bijlage 1) zijn in dit rapport beschreven.

1.1 Aanpak

De rekenmethode is opgesteld aan de hand van de informatie die is verzameld in het eerder uitgevoerde onderzoek door het RIVM naar de risico's van lithium-ion-energieopslagsystemen voor omgevingsveiligheid [1]. Tijdens dat onderzoek is een literatuurstudie uitgevoerd naar specifieke informatie over energieopslagsystemen, incidenten met energieopslagsystemen en stoffen die vrijkomen bij een incident. Met de gevonden informatie zijn in dat onderzoek berekeningen uitgevoerd met het rekenprogramma Safeti-NL dat wordt toegepast om omgevingsveiligheidsrisico's van milieubelastende activiteiten te berekenen. De informatie uit dat onderzoek is in het voorliggende rapport vertaald naar een rekenmethode waarmee de risico's van een specifiek initiatief voor een energieopslagsysteem of opslag van batterijen voor de omgeving berekend kunnen worden.

Daarnaast zijn de faalfrequenties voor energieopslagsystemen en opslagen van batterijen afgeleid door Royal HaskoningDHV. Het onderzoek hiervoor is opgenomen in bijlage 4 Onderzoek faalfrequenties.

1.2 Afbakening

In dit rapport is de rekenmethode weergegeven om de risico's en effecten van enerzijds energieopslagsystemen en anderzijds opslagen van batterijen te kunnen berekenen. De methode voor beide systemen is uitsluitend bedoeld voor lithiumhoudende energiedragers. Hierbij zijn NMC- en LFP-batterijen¹ uitgewerkt, omdat dat momenteel de meest gangbare batterijtypen zijn. Voor andere lithiumhoudende energiedragers staat in de methode beschreven hoe deze gebruikt kunnen worden. Voor andere batterijtypes dan lithiumhoudende energiedragers, zoals redox-flow-batterijen, kan gebruikgemaakt worden van de algemene bepalingen zoals beschreven in module I van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid [3].

Er wordt bij de rekenmethode vanuit gegaan dat de energieopslagsystemen en opslagen van batterijen voldoen aan de uitgangspunten uit de Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 37-1 (energieopslagsystemen) [4] en 37-2 (opslagen) [5]. Dit betekent dat de rekenmethode (deel I) alleen toepasbaar is op energieopslagsystemen met een capaciteit vanaf 20 kWh en dus niet op bijvoorbeeld thuisbatterijen met een beperkte capaciteit. De rekenmethode (deel II) is alleen van toepassing op opslagen van batterijen met brandcompartimenten van maximaal 2.500 m². De methode is niet bedoeld voor toepassing buiten deze grenzen.

1.3 Begeleidingscommissie en expertsessies

Bij het opstellen van de rekenmethode was een begeleidingscommissie betrokken. De commissie bestond uit experts van DCMR, DNV, Energy Storage NL, Evofenedex, NIPV, Omgevingsdienst Flevoland, Gooi en Vechtstreek, Omgevingsdienst Midden- en West Brabant, Oostkracht10 en Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond (zie bijlage 2). In een overleg zijn de concept rekenmethode en een aantal specifieke vragen hierover besproken. Hierna is de rekenmethode (hoofdstukken 2 tot en met 4 in dit rapport) ter beoordeling voorgelegd aan de begeleidingscommissie. Het doel achter het betrekken van de begeleidingscommissie was om de kennis van stakeholders en experts te kunnen gebruiken bij het opstellen van de rekenmethode.

Ook heeft het RIVM samen met het NIPV in een expertsessie de samenstelling afgeleid van het brandbaar gasmengsel dat vrij kan komen bij een thermal runaway. Het doel hiervan was om tot een realistisch 'worst-case'-mengsel te komen, met de explosiegrenzen als bepalende parameters.

Daarnaast heeft het RIVM met het Franse onderzoeksinstituut INERIS een expertsessie gehouden, waarbij de verschillende aannamen in de rekenmethode zijn voorgelegd aan de Franse onderzoekers. Zij hebben

¹ NMC: Lithium-nikkel-mangaan-kobalt-oxide. LFP: lithium-ijzer-fosfaat.

aangegeven dat het gebruik van Safeti-NL als modelbasis voldoende onderbouwd is. Tevens gaven ze aan dat de ordegrrootte van de parameters die het RIVM uit de literatuur heeft afgeleid overeen komen met wat INERIS in praktijktests meet.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Na deze inleiding (hoofdstuk 1) waarin de aanleiding en afbakening zijn beschreven, volgt in hoofdstuk 2 de rekenmethode voor lithiumhoudende energieopslagsystemen. In hoofdstuk 3 volgt de rekenmethode voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers. In hoofdstuk 4 volgt de toelichting op de rekenmethode. In hoofdstuk 5 staan de conclusies en aanbevelingen. In Bijlage 1 worden tabellen met vaste risico- en effectafstanden gegeven voor energieopslagsystemen en opslagen van batterijen.

2 Rekenmethode deel I: lithiumhoudende energieopslagsystemen

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de rekenmethode voor energieopslagsystemen (EOS'en) met lithiumhoudende energiedragers beschreven. De methode is toepasbaar op EOS'en met een capaciteit vanaf 20 kWh. In het Besluit activiteiten leefomgeving zijn energieopslagsystemen nog niet aangewezen als milieubelastende activiteit. De voorgestelde rekenmethode is met de publicatie van dit rapport nog niet wettelijk aangewezen. Het biedt alleen inzicht in hoe de risico's berekend kunnen worden.

De rekenmethode voor lithiumhoudende energieopslagsystemen legt de minimale eisen vast voor de berekeningen van het plaatsgebonden risico (PR) en de aandachtsgebieden (AG) van EOS'en, die aansluiten bij de reële en (in het omgevingsplan of de vergunning) toegelaten situatie. De rekenmethode is een aanvulling op de voorschriften in module I van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid.

De rekenmethoden gaan ervan uit dat een activiteit altijd conform de actuele, best beschikbare technieken wordt verricht. In het geval van energieopslagsystemen gaat het hierbij om het gestelde in PGS37-1 [4]. Daarnaast biedt de rekenmethode op enkele plekken keuzemogelijkheden en moet de opsteller van de risicoanalyse soms uitgangspunten kiezen, als de rekenmethode voor een specifieke situatie onvolledig is. Denk hierbij aan bijvoorbeeld veiligheidssystemen die nog niet ontwikkeld waren bij het opstellen van de rekenmethode. Het is aan te bevelen om keuzen en onderbouwingen af te stemmen met het bevoegd gezag en te rapporteren in de risicoanalyse. In de rapportage moet inzichtelijk worden gemaakt in hoeverre de keuzen invloed hebben op de resultaten van de berekeningen. In alle gevallen adviseert het RIVM om gebruik te maken van de meest actuele inzichten, zoals de meest recente interventiewaarden, probitrelaties en rekenmodellen.

Batterijtechnologieën zijn er in meerdere soorten. Sommige hiervan zijn veelvuldig in gebruik, andere zijn nog in opkomst. Ten tijde van het opstellen van deze rekenmethode waren de meeste EOS'en van het type lithiumhoudende energiedragers en dan specifiek lithium-ijzer-fosfaat (LFP) en lithium-nikkel-mangaan-kobalt-oxide (NMC). De rekenmethode kan uitsluitend worden gehanteerd voor EOS'en met lithiumhoudende energiedragers. Voor EOS'en met andere batterijtypes dan lithiumhoudende energiedragers kan gebruik gemaakt worden van de algemene bepalingen zoals beschreven in module I van het Rekenvoorschrift [3]. Wanneer gebruik wordt gemaakt van andere typen lithiumhoudende energiedragers dan NMC en LFP beschrijft de rekenmethode hoe hiermee omgegaan moet worden.

Aanvullende informatie over de rekenmethode is te vinden in de toelichting op de Rekenmethode Omgevingsveiligheid (zie hoofdstuk 4).

2.1.1

Definities

In de rekenmethode wordt gesproken over batterij, capaciteit, cellen, EOS, modulen en rekken. Hieronder wordt vastgelegd hoe deze termen worden gehanteerd.

Batterij: Elke bron van door rechtstreekse omzetting van chemische energie verkregen elektrische energie, bestaande uit een of meer niet-oplaadbare of oplaadbare batterijcellen of groepen daarvan [4].

Capaciteit: Wanneer in de rekenmethode wordt verwezen naar capaciteit wordt de energie-inhoud bedoeld bij een laadniveau (ook bekend als 'state-of-charge') van 100%, ongeacht het gemiddelde laadniveau van het systeem.

Cellen: Hiermee worden losse batterijcellen bedoeld. Dit kunnen bijvoorbeeld cilindrische, prismatische of pouch-cellen zijn. Als de behuizing van de cel wordt doorbroken, komt de chemische inhoud vrij.

EOS: Een verzameling van rekken met batterijen die zich in een ruimte, gebouw of omgebouwde zeecontainer bevindt. De behuizing van een systeem/installatie is de grens van het systeem. Een EOS-park bestaat dus uit meerdere EOS'en.

Modules: Hiermee wordt een cluster cellen bedoeld die fysiek bij elkaar opgeslagen ligt. De grens van de module wordt gekenmerkt door thermische isolatie, zoals luchtisolatie (voldoende onderlinge afstand), actieve koeling of andere hitte-isolatie. Vaak is een module een lade in een rek.

Rekken: Een rek beslaat alle modulen met batterijen die boven elkaar liggen, ter breedte en diepte van de breedste en diepste module. Een EOS is vaak opgebouwd uit meerdere rekken.

In de rekenmethode wordt tevens onderscheid gemaakt tussen drie verschillende categorieën lithiumhoudende EOS'en. Hieronder is uitgelegd wat onder iedere categorie wordt verstaan:

Type A: Betreedbaar zelfstandig EOS in (omgebouwde) container. Dit zijn EOS'en zoals beschreven in PGS37-1 als Typicals 1 en 2. In deze rekenmethode wordt ervan uitgegaan dat een EOS betreedbaar is als de interne vrije ruimte ten minste 1000 L is (oftewel 1 m³; bijvoorbeeld 0,5 m bij 1 m bij 2 m).

Type B: Niet-betreedbaar zelfstandig EOS. Dit zijn EOS'en zoals beschreven in PGS 37-1 als Typicals 1 en 3. In deze rekenmethode wordt ervan uitgegaan dat een EOS niet-betreedbaar is als de interne vrije ruimte minder dan 1000 L is (oftewel 1 m³).

Type C: Mobiel EOS. Dit zijn EOS'en zoals beschreven in PGS37-1 als Typical 4, bedoeld voor tijdelijk gebruik op de locatie.

Voor Typicals 5 en 6 uit PGS37-1 wordt aangenomen dat het EOS dusdanig in een pand is ingebouwd dat er bij een incident geen gevaar is voor de omgeving. Wanneer deze aanname in twijfel getrokken wordt,

dienen Typical 5 en 6 EOS'en volgens deze rekenmethode berekend te worden als Type A.

2.1.2

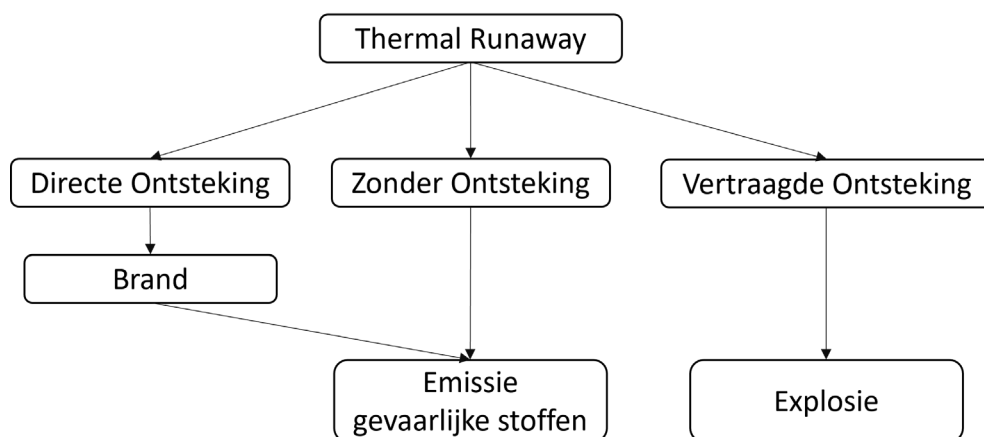
Parameters

E_{gas}	De energie-inhoud van de explosieve wolk [J]
$FF_{\text{basis,EOS}}$	De basisfaalfrequentie van een EOS [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]
$FF_{\text{cel,EOS}}$	De faalfrequentie van een cel in een EOS [$\text{jaar}^{-1} \text{cel}^{-1}$]
FF_{EOS}	De faalfrequentie van een EOS [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]
$FF_{\text{EOS},1}$	De faalfrequentie van scenario 1 bij een EOS [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]
$FF_{\text{EOS},2}$	De faalfrequentie van scenario 2 bij een EOS [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]
$FF_{\text{EOS},3}$	De faalfrequentie van scenario 3 bij een EOS [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]
M_{EOS}	Vrijkomende massa gas uit de batterij als functie van de capaciteit [kg Wh^{-1}]
f_{PR}	Het plaatsgebonden risico van de drie scenario's samen [jaar^{-1}]
$f_{1,2}$	Het plaatsgebonden risico voor scenario's 1 en 2 in [jaar^{-1}]
$m_{\text{EOS},1}$	Vrijkomende massa gas bij scenario 1 [kg]
$m_{\text{EOS},2}$	Vrijkomende massa gas bij scenario 2 [kg]
$N_{\text{cel,EOS}}$	Het aantal cellen in een EOS [cel EOS^{-1}]
P_a	De atmosferische druk [Pa]
P_{trek}	Capaciteit van een rek met batterijen [Wh]
P_{tmodule}	Capaciteit van een module met batterijen [Wh]
r_{AB}	De straal van het explosieaandachtsgebied voor EOS'en [m]
r_{PR}	De straal van de plaatsgebonden risicocontour als gevolg van het explosiescenario bij EOS'en [m]
t_1	Scenarioduur van scenario 1 [s]
t_2	Scenarioduur van scenario 2 [s]
t_v	Verblijfsduur van het Type C- (mobiel) EOS in uren [uur jaar^{-1}]
U_{meng}	De energie-inhoud van het batterijgas, afhankelijk van batterijtype per kubieke meter [J m^{-3}]
V_{EOS}	Uitgasdebiet van de batterij als functie van de capaciteit [$\text{kg s}^{-1} \text{Wh}^{-1}$]
$V_{\text{EOS},1}$	Uitgasdebiet bij scenario 1 [kg s^{-1}]
$V_{\text{EOS},2}$	Uitgasdebiet bij scenario 2 [kg s^{-1}]
V_{sm}	De stoichiometrische mengverhouding van batterijgas [v%]
V_{vrij}	Het interne vrije volume van het EOS [m^3]

2.1.3

Overzicht scenario's

Het omgevingsveiligheidsrisico van een EOS wordt gevormd door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen bij een incident. Normaliter zijn deze stoffen (of precursoren) verpakt in de behuizing van de lithiumhoudende batterijcellen. Bij het falen van de behuizing komen de stoffen vrij. Dit kan gebeuren door een thermal runaway met directe of vertraagde ontsteking of zonder ontsteking (zie Figuur 1). Bij een thermal runaway met directe ontsteking is er sprake van brand. Het gevaar hiervan voor de omgeving wordt gevormd door de giftige stoffen in de rookgassen. Warmtestraling wordt niet meegenomen als risico voor de omgeving [1]. Bij een thermal runaway met vertraagde ontsteking wordt het gevaar voor de omgeving gevormd door de ophoping van brandbare gassen, met een mogelijke explosie tot gevolg. Bij een thermal runaway zonder ontsteking wordt het gevaar voor de omgeving gevormd door het vrijkomen van toxische producten (gifwolk) uit een module. De scenario's zijn samengevat in Figuur 1.



Figuur 1 Scenarioboorn voor EOS'en

2.1.4

Leeswijzer

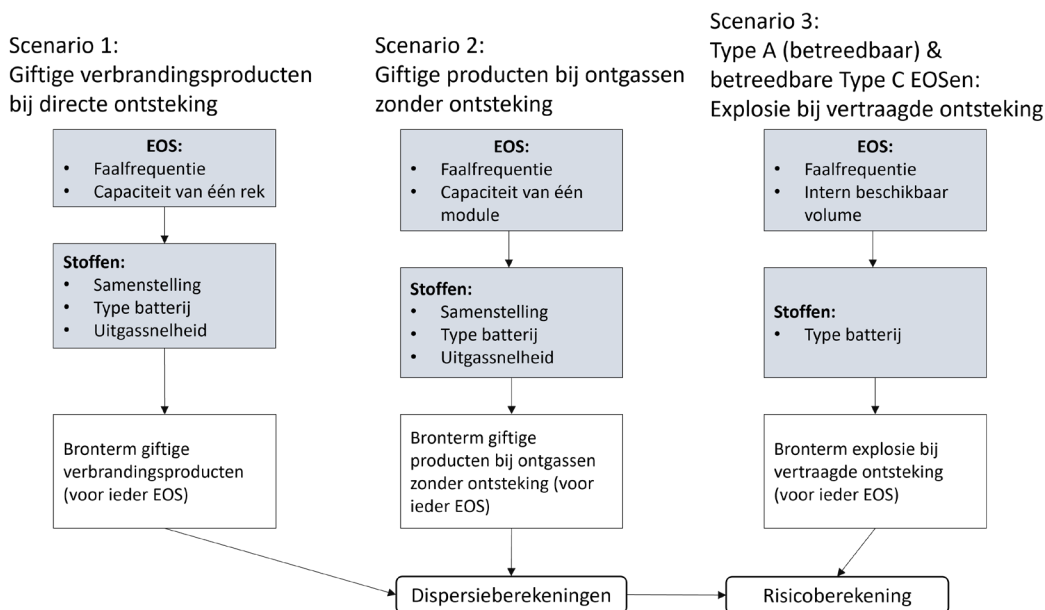
Na deze inleiding op de rekenmethode, waarin de definities, parameters en scenario's zijn beschreven, volgt in paragraaf 2.2 een beknopt stappenplan om tot de risico's van EOS'en te komen. Paragraaf 2.3 beschrijft de faalfrequenties voor energieopslagsystemen. Paragraaf 2.4 behandelt het afleiden van de verschillende modelparameters. In paragraaf 2.5 wordt de invoer in Safeti-NL beschreven voor de verspreiding van giftige producten. In paragraaf 2.6 wordt ten slotte beschreven hoe het effect en het risico van een explosie moeten worden berekend.

2.2

Berekenen risico's van lithiumhoudende EOS'en

In Figuur 2 is in een stroomdiagram uitgewerkt welke gegevens er nodig zijn om de risico's van een EOS voor de omgeving uit te rekenen. Hierbij worden drie typen risico's beschouwd. Deze risico's komen voort uit de scenario's zoals beschreven in paragraaf 2.1.3:

1. Thermal runaway met directe ontsteking: vrijkomen giftige verbrandingsproducten uit een rek;
2. Thermal runaway zonder ontsteking: vrijkomen giftige producten uit een module (ontgassen zonder ontsteking);
3. Thermal runaway met vertraagde ontsteking: explosie.



Blauwe vakken zijn parameters die bepaald moeten worden. Het explosie scenario wordt alleen berekend voor Type A (betreedbare) en betreedbare Type C (mobiele) EOS'en. In het geval van een EOS park worden de berekeningen gedaan 'voor ieder EOS'.

Figuur 2 Stroomdiagram risico- en effectberekening voor de scenario's bij een EOS.

Om de risico's van deze scenario's voor de omgeving te kunnen berekenen, is zowel een kans op voorkomen (faalfrequentie) nodig, als diverse modelparameters. De door Royal HaskoningDHV afgeleide faalfrequenties zijn weergegeven in paragraaf 2.3 en bijlage 4 [6]. Let er hierbij op dat scenario 3 alleen voorkomt bij Type A- en betreedbare Type C-EOS'en. De verschillende modelparameters worden bepaald volgens paragraaf 2.4. Hierbij hoeft paragraaf 2.4.7 alleen gevolgd worden voor Type A en betreedbare Type C-EOS'en.

Nadat alle parameters zijn vastgesteld, worden de effecten en het risico voor scenario's 1 en 2 berekend volgens paragraaf 2.5. Voor Type A en betreedbare Type C-EOS'en wordt ook scenario 3 berekend volgens paragraaf 2.6.

Voor scenario's 1 en 2 kan de plaatsgebonden risicocontour direct in Safeti-NL bepaald worden. Scenario 3 kan niet in Safeti-NL bepaald worden. Voor Type A- en betreedbare Type C-EOS'en geldt daarom dat de 'risk transect' uit de berekening uit paragraaf 2.5 (scenario's 1 en 2) en de blokfunctie uit de berekening uit paragraaf 2.6 (scenario 3) bij elkaar opgeteld moeten worden.

2.3 Bepaling faalfrequentie

Voor het berekenen van de risicocontouren rondom een EOS is een faalfrequentie nodig. De faalfrequentie wordt bepaald volgens drie stappen [6]:

1. bepalen van de faalfrequentie per cel en de basisfaalfrequentie van het EOS (paragraaf 2.3.1);
2. bepalen van de faalfrequentie van het EOS (paragraaf 2.3.2);

3. bepalen van de verdeling van de faalfrequentie over de verschillende gevolgsenario's 1, 2 en 3 (paragraaf 2.3.3).

In de volgende paragrafen worden deze stappen uitgewerkt.

2.3.1

Bepalen faalfrequentie per cel en basisfaalfrequentie EOS

Om de faalfrequentie van een EOS (zie paragraaf 2.3.2) uit te kunnen rekenen, moeten allereerst de volgende faalfrequenties bepaald worden:

- de faalfrequentie ($FF_{\text{cel,EOS}}$) per cel in een EOS die afhankelijk is van het type EOS en het type batterij;
- de basis faalfrequentie van het EOS die onafhankelijk is van het aantal cellen, maar wel afhankelijk is van het type EOS en type batterij.

Uit Tabel 1 wordt de faalfrequentie per cel ($FF_{\text{cel,EOS}}$) geselecteerd die van toepassing is op de EOS. Uit Tabel 2 wordt de basis-faalfrequentie per EOS ($FF_{\text{basis,EOS}}$) geselecteerd die van toepassing is op het EOS. De gereduceerde ('wel gecertificeerd') faalfrequentie per cel en basis-faalfrequentie mogen worden gehanteerd wanneer aangetoond is dat het EOS beveiligd is tegen propagatie van thermal runaway. Dit kan aangetoond worden met een certificaat en testuitslag, bijvoorbeeld een UL9540A test, waaruit blijkt dat het EOS de test voldoende heeft doorstaan om aan de eisen van het certificaat te voldoen.

Tabel 1 De faalfrequentie per cel $FF_{\text{cel,EOS}}$ van EOS'en

			Faalfrequentie per cel, $FF_{\text{cel,EOS}}$ (jaar ⁻¹ cel ⁻¹)
Type A & B EOS	NMC	Niet gecertificeerd	$1,37 \times 10^{-10}$
		Wel gecertificeerd	$1,37 \times 10^{-11}$
	LFP	Niet gecertificeerd	$1,24 \times 10^{-10}$
		Wel gecertificeerd	$1,24 \times 10^{-11}$
Type C EOS	NMC	Niet gecertificeerd	$2,38 \times 10^{-10}$
		Wel gecertificeerd	$2,38 \times 10^{-11}$
	LFP	Niet gecertificeerd	$1,74 \times 10^{-10}$
		Wel gecertificeerd	$1,74 \times 10^{-11}$

Tabel 2 De basis faalfrequentie van het EOS $FF_{\text{basis,EOS}}$

			Basis Faalfrequentie, $FF_{\text{basis,EOS}}$ (jaar ⁻¹ EOS ⁻¹)
Type A & B EOS	NMC	Niet gecertificeerd	$2,12 \times 10^{-6}$
		Wel gecertificeerd	$1,13 \times 10^{-6}$
	LFP	Niet gecertificeerd	$1,06 \times 10^{-6}$
		Wel gecertificeerd	$5,65 \times 10^{-7}$
Type C EOS	NMC	Niet gecertificeerd	$1,13 \times 10^{-5}$
		Wel gecertificeerd	$1,03 \times 10^{-5}$
	LFP	Niet gecertificeerd	$5,65 \times 10^{-6}$
		Wel gecertificeerd	$5,16 \times 10^{-6}$

Opmerkingen:

- Voor andere batterijtypen dan LFP en NMC dient conservatief uitgegaan te worden van de waarden bij NMC.

- Het kan voorkomen dat een EOS meerdere typen batterijen bevat. In dergelijke gevallen dient conservatief van de hoogste waarde voor de basis faalfrequentie uitgegaan te worden. Als de verdeling van batterijtypen bekend is, kan dit in de faalfrequentie per cel meegenomen worden. Zo niet, dan dient in dat geval ook conservatief van de hoogste waarde voor de faalfrequentie per cel uitgegaan te worden.

2.3.2 Bepalen faalfrequentie van het EOS

De faalfrequentie van het EOS wordt bepaald aan de hand van:

Type A en B: $FF_{EOS} = FF_{cel,EOS} \times N_{cel,EOS} + FF_{basis,EOS}$ (1)

Type C: $FF_{EOS} = (FF_{cel,EOS} \times N_{cel,EOS} + FF_{basis,EOS}) \times \left(\frac{t_v}{8766}\right)$ (2)

Waarbij:

FF_{EOS} : Faalfrequentie van het EOS [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]

$FF_{cel,EOS}$: Faalfrequentie van één cel in de EOS [$\text{jaar}^{-1} \text{cel}^{-1}$], zie Tabel 1

$FF_{basis,EOS}$: Basis-faalfrequentie van het EOS onafhankelijk van het aantal cellen [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$], zie Tabel 2

$N_{cel,EOS}$: Aantal cellen in de EOS [cel EOS^{-1}]

t_v : Verblijfsduur van het type C- (mobiel) EOS in uren [uur jaar^{-1}]

2.3.3 Bepalen faalfrequenties per EOS-faalscenario

De faalfrequentie van het EOS (FF_{EOS}) wordt verdeeld over de twee of drie scenario's die van toepassing zijn bij de EOS. De verdeling over de scenario's is afhankelijk van de mitigerende voorzieningen die in het EOS aanwezig zijn. De faalfrequenties voor de verschillende scenario's zijn weergegeven in Tabel 3. De scenario's 1 en 2 en bijbehorende faalfrequenties gelden voor alle typen EOS'en. Scenario 3 en de bijbehorende faalfrequentie geldt voor Type A- en betreedbare Type C-EOS'en.

Tabel 3 Faalfrequenties bij thermal runaway-scenario's 1 ($FF_{EOS,1}$), 2 ($FF_{EOS,2}$) en 3 ($FF_{EOS,3}$)

Categorie van mitigerende voorzieningen	Scenario 1: ontsteking ($FF_{EOS,1}$) [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]	Scenario 2: zonder ontsteking ($FF_{EOS,2}$) [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]	Scenario 3: vertraagde ontsteking ($FF_{EOS,3}$) [$\text{jaar}^{-1} \text{EOS}^{-1}$]
1. Basis-case (geen voorzieningen zoals 2 t/m 4)	$0,45 \times FF_{EOS}$	$0,1 \times FF_{EOS}$	$0,45 \times FF_{EOS}$
2. Aantoonbare brandbeveiligingsvoorzieningen tegen brandpropagatie tussen racks	$0,117 \times FF_{EOS}$	$0,433 \times FF_{EOS}$	$0,45 \times FF_{EOS}$
3. Aantoonbare explosie-preventie-voorzieningen	$0,45 \times FF_{EOS}$	$0,505 \times FF_{EOS}$	$0,045 \times FF_{EOS}$
4. Aantoonbare brandbeveiligings- en explosie-preventievoorzieningen (2 en 3 samen)	$0,117 \times FF_{EOS}$	$0,838 \times FF_{EOS}$	$0,045 \times FF_{EOS}$

Opmerkingen:

- De basis case gaat uit van een EOS die voldoet aan de minimale eisen zoals gesteld in de PGS 37-1;
- Een EOS heeft aantoonbare brandbeveiligingsvoorzieningen als dit gesteld kan worden op basis van de NEN-EN-IEC 62933-5-2 of de UL9540A, zoals aangegeven in maatregel 55 in de PGS37-1.
- Een EOS heeft aantoonbare explosie-preventievoorzieningen als dit gesteld kan worden op basis van maatregel 21 in de PGS37-1.

2.4 Modelparameters

De omvang van het effect bij de verschillende scenario's (paragraaf 2.2) wordt bepaald op basis van:

- de capaciteit van een rek met batterijen (scenario 1);
- de capaciteit van een module met batterijen (scenario 2);
- het type lithiumhoudende batterij dat als energiedrager wordt gebruikt (scenario's 1, 2 en 3);
- het uitgasdebiet (scenario's 1 en 2);
- de samenstelling van het giftige gasmengsel dat vrijkomt en de vrijkomende massa (scenario's 1 en 2);
- de duur van het scenario (scenario's 1 en 2);
- de energie-inhoud van de explosieve wolk (scenario 3).

Deze verschillende modelparameters worden achtereenvolgend in de volgende paragrafen beschreven.

2.4.1 Capaciteit (scenario's 1 en 2)

In de rekenmethode wordt het thermal runaway-scenario met directe ontsteking gekwantificeerd door de capaciteit van een rek met batterijen (scenario 1). Op basis van deze gegevens wordt één brandscenario berekend per energieopslagsysteem. Bij het brandscenario wordt alleen de resulterende gifwolk in beschouwing genomen; de effecten van warmtestraling hoeven voor omgevingsveiligheid niet te worden beschouwd.

Thermal runaway bij lithiumhoudende batterijen kan ook plaatsvinden zonder dat de vrijkomende stoffen direct ontsteken (scenario's 2 en 3). In dit geval is de giftige wolk kouder en stijgt deze minder op. Tevens bestaat het risico dat zich brandbare gassen in het EOS ophopen, die vervolgens explosief kunnen ontsteken. Thermische propagatie van een dergelijk incident zal beperkt blijven tot een module. Bij scenario's 2 moet voor de capaciteit daarom van een module worden uitgegaan. Voor scenario 3 geldt dat iedere module voldoende gas kan ontwikkelen om een EOS met explosief gas te vullen, daarom wordt bij scenario 3 van het interne vrije volume van de EOS uitgegaan.

2.4.2 Het type lithiumhoudende batterij (scenario's 1, 2 en 3)

De rekenmethode is gedetailleerd uitgewerkt voor lithium-nikkel mangaan-kobalt-oxide (NMC) en lithium-ijzer-fosfaat (LFP) batterijen. Voor andere typen lithiumhoudende batterijen staat per rekenstap uitgewerkt welke stappen er moeten worden gevolgd om tot de benodigde informatie te komen.

2.4.3 Snelheid van gasontwikkeling bij vrijkomen giftige wolk (scenario's 1 en 2)

Het debiet van de gasontwikkeling, en daarmee de duur van het incident, is afhankelijk van het type batterij en de hoeveelheid cellen die betrokken raakt bij het incident. Het uitgasdebiet wordt bepaald door de waarde uit Tabel 4 te vermenigvuldigen met de capaciteit van het rek (scenario 1) of de module (scenario 2). Echter, voor modules groter dan 20 kWh wordt het uitgasdebiet niet vermenigvuldigd met de capaciteit van de module, maar met 20 kWh (20.000 Wh)².

$$v_{\text{EOS},1} = v_{\text{EOS}} \times Pt_{\text{rek}} \quad (3)$$

$$v_{\text{EOS},2} = v_{\text{EOS}} \times \min(Pt_{\text{module}}, 20.000) \quad (4)$$

Waarbij:

v_{EOS} :	Uitgasdebiet van de batterij als functie van de capaciteit [kg s ⁻¹ Wh ⁻¹]
$v_{\text{EOS},1}$:	Uitgasdebiet bij scenario 1 [kg s ⁻¹]
$v_{\text{EOS},2}$:	Uitgasdebiet bij scenario 2 [kg s ⁻¹]
Pt_{rek} :	Capaciteit van een rek met batterijen [Wh]
Pt_{module} :	Capaciteit van een module met batterijen [Wh]

Tabel 4 Uitgasdebiet van lithiumhoudende batterijen

	Uitgasdebiet, v_{EOS} (kg s⁻¹ Wh⁻¹)
LFP	7,94x10 ⁻⁶
NMC	1,4x10 ⁻⁵

Opmerkingen:

- Voor andere batterijtypen dan LFP en NMC dient uitgegaan te worden van de waarde voor het uitgasdebiet voor NMC.
- Bij wijze van alternatief mag het uitgasdebiet specifiek voor de batterijen afgeleid worden. Dit kan door middel van:
 - o Literatuuronderzoek waarbij ten minste vier bronnen van verschillende onderzoeksinstanties worden gebruikt.
 - o Metingen uit een (inter)nationaal geaccepteerde testmethode, zoals de UL9540A testmethode.
- Het kan voorkomen dat een EOS meerdere typen batterijen bevat. In dergelijke gevallen dient conservatief van de hoogste waarde voor het uitgasdebiet uitgegaan te worden.

2.4.4 Bepaling gassamenstelling voor berekening giftige wolk (scenario's 1 en 2)

Bij een incident met lithiumhoudende batterijen kunnen meerdere giftige producten vrijkomen die in de rookgassen worden meegevoerd. Giftige producten die meegenomen moeten worden voor lithiumhoudende batterijen zijn CO, NO₂, HCl, HF, HCN en SO₂.

Het mengsel dat vrijkomt verschilt per type lithiumhoudende batterij. Voor LFP en NMC batterijen is dit vastgelegd in Tabel 5. Naast deze giftige stoffen komen voornamelijk CO₂, H₂ en koolwaterstoffen vrij.

² Ter verduidelijking: de totaal vrijkomende massa (paragraaf 2.4.4) wordt wel bepaald met de capaciteit van de module, ook als deze groter is dan 20 kWh.

Deze dragen beperkt bij aan de giftigheid van de wolk en worden daarom in de modellering meegenomen als lucht.

Tabel 5 Samenstelling van de giftige gassen die vrijkomt uit lithiumhoudende batterijen

Giftig mengsel	LFP (mol%)	NMC (mol%)	Andere lithiumhoudende batterijen (mol%)
CO	26,1	38,1	38,1
NO₂	9,7	0	9,7
HCl	2,1	9,7	9,7
HF	3,7	0,7	3,7
HCN	0,7	0	0,7
SO₂	0	0	10,0
Lucht	57,7	51,5	28,1

Opmerkingen:

- Voor andere batterijtypen dan LFP en NMC dient uitgegaan te worden van de waarden uit de laatste kolom.
- Bij wijze van alternatief mag de samenstelling van de giftige gassen die vrijkomt specifiek voor de batterijen afgeleid worden. Dit kan door middel van:
 - o literatuuronderzoek waarbij ten minste vier bronnen van verschillende onderzoeksinstanties worden gebruikt.
 - o metingen uit een (inter)nationaal geaccepteerde testmethode, zoals de UL9540A-testmethode.
 - o Hierbij mag de waarde van een component alleen aangepast worden als deze gemeten is tijdens experimenten die in de literatuur zijn beschreven, of als onderbouwd kan worden dat de stof niet vrij kan komen, omdat de batterij bijvoorbeeld geen zwavel (S) bevat.

2.4.5

Vrijkomende massa giftige gassen (scenario's 1 en 2)

De vrijkomende massa gas is afhankelijk van het type batterij en van de capaciteit. Voor de capaciteit moet de capaciteit van een rek (scenario 1) of module (scenario 2) genomen worden. De vrijkomende massa is per batterijtype uitgeschreven in Tabel 6. De totale massa vrijkomend gas wordt berekend door de waarde uit de tabel te vermenigvuldigen met de capaciteit van een rek (scenario 1) of module (scenario 2).

$$m_{\text{EOS},1} = M_{\text{EOS}} \times Pt_{\text{rek}} \quad (5)$$

$$m_{\text{EOS},2} = M_{\text{EOS}} \times Pt_{\text{module}} \quad (6)$$

Waarbij:

M_{EOS} :	Totaal vrijkomende massa gas uit de batterij als functie van de capaciteit [kg Wh ⁻¹]
$m_{\text{EOS},1}$:	Vrijkomende massa gas bij scenario 1 [kg]
$m_{\text{EOS},2}$:	Vrijkomende massa gas bij scenario 2 [kg]
Pt_{rek} :	Capaciteit van een rek met batterijen [Wh]
Pt_{module} :	Capaciteit van een module met batterijen [Wh]

Tabel 6 Totaal vrijkomende massa gas uit lithiumhoudende batterijen

	Vrijkomende massa $M_{\text{EOS}} \text{ (kg Wh}^{-1}\text{)}$
LFP	$9,36 \times 10^{-4}$
NMC	$7,12 \times 10^{-4}$

Opmerkingen:

- Voor andere batterijtypen dan LFP en NMC dient uitgegaan te worden van de waarden voor vrijkomende massa bij NMC batterijen.
- Bij wijze van alternatief mag de vrijkomende massa specifiek voor de batterijen afgeleid worden. Dit kan door middel van:
 - o literatuuronderzoek waarbij ten minste vier bronnen van verschillende onderzoeksinstanties worden gebruikt.
 - o metingen uit een (inter)nationaal geaccepteerde testmethode, zoals de UL9540A testmethode.
- Het kan voorkomen dat een EOS meerdere typen batterijen bevat. In dergelijke gevallen dient conservatief van de hoogste waarden uitgegaan te worden.

2.4.6 Duur van het scenario (scenario's 1 en 2)

De duur van het scenario wordt bepaald door de vrijkomende massa (paragraaf 2.4.5) te delen door het uitgasdebiet (paragraaf 2.4.3). De duur van het scenario is maximaal 1800 s.

$$t_1 = \min\left(\frac{m_{\text{EOS},1}}{v_{\text{EOS},1}}, 1800\right) \quad (7)$$

$$t_2 = \min\left(\frac{m_{\text{EOS},2}}{v_{\text{EOS},2}}, 1800\right) \quad (8)$$

Waarbij:

t_1 : Scenarioduur van scenario 1 [s]

t_2 : Scenarioduur van scenario 2 [s]

$m_{\text{EOS},1}$: Vrijkomende massa gas bij scenario 1 [kg], zie formule (5)

$m_{\text{EOS},2}$: Vrijkomende massa gas bij scenario 2 [kg], zie formule (6)

$v_{\text{EOS},1}$: Uitgasdebiet bij scenario 1 [kg s⁻¹], zie formule (3)

$v_{\text{EOS},2}$: Uitgasdebiet bij scenario 2 [kg s⁻¹], zie formule (4)

2.4.7 Energie-inhoud van de explosieve wolk (scenario 3)

Bij het ontgassen komen brandbare stoffen vrij. Deze kunnen zich ophopen in het EOS tot een explosieve atmosfeer. Dit geldt alleen voor Type A- en betreedbare Type C-EOS'en. Het berekenen van de explosierisico's dient plaats te vinden met de stoichiometrische mengverhouding (v_{sm}) van 11,5 volumeprocent (LFP) of 15,4 volumeprocent (NMC) van batterijgas met lucht. Het volume aan explosief gas met de grootste explosiekracht wordt bepaald op basis van de stoichiometrische mengverhouding en het interne volume van de EOS. Het interne volume van het EOS is het maximale volume waarin zich batterijgas kan ophopen. De energie-inhoud van de vrijkomende, pure gaswolk (U_{meng}) is afhankelijk van het batterijtype zoals te zien is in Tabel 7.

Bij het interne vrije volume worden alle ruimten van het EOS meegenomen waarin zich het explosief mengsel zou kunnen ophopen. Binnen het EOS kan het explosief mengsel zich bijvoorbeeld via kabelgoten verspreiden [7]. Sluit bij de bepaling van het intern vrije volume van het EOS daarom alleen ruimten uit die aantoonbaar gasdicht zijn afgesloten van de ruimten waarin zich batterijen bevinden.

Tabel 7 Energie-inhoud van het vrijkomende, pure gasmengsel uit lithiumhoudende batterijen per kubieke meter en stoichiometrische mengverhouding in volumepercent

	U_{meng} (J m⁻³)	v_{sm} (v%)
LFP	2,79×10 ⁷	11,5
NMC	2,04×10 ⁷	15,4

De energie-inhoud van de explosieve wolk na menging in de ruimte (E_{gas}) is dan:

$$E_{\text{gas}} = U_{\text{meng}} \times V_{\text{vrij}} \times \frac{v_{\text{sm}}}{100\%} \quad (9)$$

Waarbij:

E_{gas} : De energie-inhoud van de opgebouwde wolk met batterijgas [J]

U_{meng} : De energie-inhoud van het batterijgas, afhankelijk van batterijtype per kubieke meter [J m⁻³]

V_{vrij} : Het interne vrije volume van het EOS [m³]

v_{sm} : De stoichiometrische mengverhouding [v%]

Opmerkingen:

- Voor andere batterijtypen dan LFP en NMC dient voor de energie-inhoud U_{meng} de waarde van LFP-batterijen gehanteerd te worden.
- Bij wijze van alternatief mag de energie-inhoud specifiek voor de batterijen afgeleid worden. Dit kan door middel van:
 - o literatuuronderzoek waarbij ten minste vier bronnen van verschillende onderzoeksinstanties worden gebruikt.
 - o metingen uit een (inter)nationaal geaccepteerde testmethode, zoals de UL9540A testmethode.
- Het kan voorkomen dat een EOS meerdere typen batterijen bevat. In dergelijke gevallen dient conservatief van de hoogste waarde voor de energie-inhoud uitgegaan te worden.
- Als het beschikbare interne volume van het EOS niet bepaald kan worden, dient conservatief uitgegaan te worden van het volledige interne volume van het EOS.

2.5 Invoerparameters in Safeti-NL

De risico's van de scenario's thermal runaway met en zonder ontsteking worden berekend met het softwarepakket Safeti-NL 9.2. Beide scenario's moeten apart worden ingevoerd. Tevens dient ieder EOS apart ingevoerd te worden.

2.5.1 Invoer opgeslagen stoffen

In Safeti-NL moet bij het tabblad <Materials> een 'mixture' worden aangemaakt. De samenstelling van dit mengsel dient te zijn zoals bepaald in paragraaf 2.4.4. Bij het aanmaken van het mengsel dient in het tabblad <Properties> 'Mole le Chatelier' gekozen te worden voor de

2.5.2 *'NLIV mixing rule'* en dient de *'Dose effect method'* op *'Additive interaction'* te staan. Dit mengsel wordt voor beide scenario's benut.
Modelling thermal runaway met ontsteking (scenario 1)
 Het scenario wordt gemodelleerd als een *'outdoor release'* vanuit een drukvat, zonder invloed van het gebouw.

In het tabblad *<models>* wordt een *'pressure vessel'* aangemaakt in het midden van de EOS. In dit drukvat worden onderstaande waarden ingevuld.

- In het tabblad *'Material'* wordt:
 - o het mengsel uit paragraaf 2.5.1 geselecteerd;
 - o de inhoud ($m_{EOS,1}$), bepaald volgens paragraaf 2.4.5, ingevuld;
 - o *'toxic only'* geselecteerd;
 - o een temperatuur van 500 °C ingevuld;
 - o een druk van 0,0001 bar ingevuld.
- In het tabblad *'Scenario'* moet een *'horizontal'* *'outdoor release direction'* geselecteerd zijn.
- In het tabblad *'Bund, building and terrain'* dient bij *'Release building'* de selectie leeg te blijven.

Bij het drukvat wordt een *'Fixed duration release'* toegevoegd. In dit scenario wordt:

- in het tabblad *'Scenario'* de *'release duration'* ingevuld (t_1), bepaald volgens paragraaf 2.4.6;
- in het tabblad *'Risk'* wordt de faalfrequentie van het EOS $FF_{EOS,1}$ ingevoerd zoals bepaald in paragraaf 2.3.
- In het tabblad *'Material'* moet geselecteerd zijn:
 - o het mengsel uit paragraaf 2.5.1;
 - o bij *'Type of risk effects to model'* *'Toxic only'*;
 - o bij *'Phase to be released'* *'Vapour'*.

2.5.3 *Modelling thermal runaway zonder ontsteking (scenario 2)*

Het scenario wordt gemodelleerd als een *'outdoor release'* vanuit een drukvat, zonder invloed van het gebouw.

In het tabblad *<models>* wordt een *'pressure vessel'* aangemaakt in het exacte midden van het EOS. In dit drukvat worden onderstaande waarden ingevuld.

- In het tabblad *'Material'* wordt:
 - o het mengsel uit paragraaf 2.5.1 geselecteerd;
 - o de inhoud ($m_{EOS,2}$), bepaald volgens paragraaf 2.4.5, ingevuld;
 - o *'toxic only'* geselecteerd;
 - o een temperatuur van 50 °C ingevuld;
 - o een druk van 0,0001 bar ingevuld.
- In het tabblad *'Scenario'* moet een *'horizontal'* *'outdoor release direction'* geselecteerd zijn;
- In het tabblad *'Bund, building and terrain'* dient bij *'Release building'* de selectie leeg te blijven.

Bij het drukvat wordt een *'Fixed duration release'* toegevoegd. In dit scenario wordt:

- in het tabblad 'Scenario' de 'Release duration' ingevuld (t_2), bepaald volgens paragraaf 2.4.6;
- in het tabblad 'Risk' de faalfrequentie van het EOS $FF_{EOS,2}$ ingevoerd zoals bepaald in paragraaf 2.3;
- In het tabblad 'Material' moeten geselecteerd zijn:
 - o het mengsel uit paragraaf 2.5.1;
 - o bij 'Type of risk effects to model' 'Toxic only';
 - o bij 'Phase to be released' 'Vapour'.

2.6 Berekenen risico vertraagde ontsteking (Scenario 3)

Het risico van een explosie dient buiten Safeti-NL berekend te worden volgens deze paragraaf. De methode is gebaseerd op paragraaf 5.5 uit PGS2 [8].

Het explosieaandachtsgebied wordt berekend met:

$$r_{AB} \text{ (m)} = 2,6 \times \left(\frac{E_{gas}(J)}{p_a(\text{Pa})} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$

Waarbij:

r_{AB} :	De straal van de cirkelvormige contour [m]
E_{gas} :	De energie-inhoud van het totale mengsel, bepaald volgens paragraaf 2.4.7 van deze rekenmethode [J]
p_a :	De omgevingsdruk [Pa] (standaard $1,01 \times 10^5$ Pa)

Voor de plaatsgebonden risicocontour (r_{PR}) wordt dezelfde handelingswijze gehanteerd als voor het explosieaandachtsgebied. Deze wordt met onderstaande formule berekend:

$$r_{PR} \text{ (m)} = 1,3 \times \left(\frac{E_{gas}(J)}{p_a(\text{Pa})} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (11)$$

Waarbij:

r_{PR} :	De straal van de plaatsgebonden risicocontour als gevolg van het explosiescenario bij EOS'en
------------	--

Vervolgens wordt de 'risk transect' van de explosie als blokfunctie opgeteld bij de 'risk transect' voor scenario's 1 en 2 uit paragraaf 2.5. De hoogte van de blokfunctie is hierbij gelijk aan $FF_{EOS,3}$. De blokfunctie verspringt naar 0 jaar⁻¹ EOS⁻¹ op afstanden groter dan r_{PR} . Zie ook formule (12). Aldus optellen is niet mogelijk in de huidige versie van Safeti-NL en moet daarom buiten Safeti-NL uitgevoerd worden.

$$f_{PR}(x) = f_{1,2}(x) + \begin{cases} FF_{EOS,3} & \text{als } x \leq r_{PR} \\ 0 & \text{anders} \end{cases} \quad (12)$$

Waarbij:

$f_{PR}(x)$:	Het plaatsgebonden risico van de drie scenario's samen in [jaar ⁻¹] als functie van de afstand x in [m] tot het midden van de EOS.
$f_{1,2}(x)$:	De 'risk transect' uit Safeti-NL; Het plaatsgebonden risico voor scenario's 1 en 2 in [jaar ⁻¹] als functie van de afstand in [m] tot het midden van de EOS.

3 Rekenmethode deel II: Opslag van lithiumhoudende energiedragers

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de rekenmethode voor opslag van lithiumhoudende energiedragers beschreven. De methode is toepasbaar op grootschalige opslagen van lithiumhoudende energiedragers. Het gaat hierbij om opslagen zoals gedefinieerd in Tabel 2 van de PGS37-2 [5]. In het Besluit activiteiten leefomgeving is opslag van lithiumhoudende energiedragers nog niet aangewezen als milieubelastende activiteit. De voorgestelde rekenmethode is met de publicatie van dit rapport nog niet wettelijk aangewezen. Het biedt alleen inzicht in hoe de risico's berekend kunnen worden.

De rekenmethode voor opslag van lithiumhoudende energiedragers legt de minimale eisen vast voor de berekeningen van het plaatsgebonden risico (PR) en de aandachtsgebieden van opslagen van batterijen, die aansluiten bij de reële en (in het omgevingsplan of de vergunning) toegelaten situatie. De rekenmethode is een aanvulling op de voorschriften in module I van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid.

De rekenmethoden gaan ervan uit dat een activiteit altijd conform de actuele best beschikbare technieken wordt verricht. In het geval van opslagen met lithiumhoudende energiedragers gaat het hierbij om het gestelde in PGS37-2. Daarnaast biedt de rekenmethode op enkele plekken keuzemogelijkheden en moet de opsteller van de risicoanalyse soms uitgangspunten kiezen als de rekenmethode voor een specifieke situatie onvolledig is. Denk hierbij aan bijvoorbeeld veiligheidssystemen die nog niet ontwikkeld waren bij het opstellen van de rekenmethode. Het is aan te bevelen om keuzen en onderbouwingen af te stemmen met het bevoegd gezag en te rapporteren in de risicoanalyse. In de rapportage moet inzichtelijk worden gemaakt in hoeverre de keuzes invloed hebben op de resultaten van de berekeningen. In alle gevallen adviseert het RIVM om gebruik te maken van de meest actuele inzichten, zoals de meest recente interventiewaarden, probitrelaties en rekenmodellen.

Batterijtechnologieën zijn er in meerdere soorten. Sommige hiervan zijn veelvuldig in gebruik, andere zijn nog in opkomst. Ten tijde van het opstellen van deze rekenmethode werden, voor zover bekend, voornamelijk lithiumhoudende batterijen, en dan specifiek lithium-ijzer-fosfaat (LFP) en lithium-nikkel-mangaan-kobaltoxide (NMC) in producten gebruikt. De rekenmethode is dan ook gericht op opslagen van deze type batterijen. Wanneer er voornamelijk andere type batterijen worden opgeslagen, beschrijft de rekenmethode bij de desbetreffende parameters hoe hiermee omgegaan moet worden.

Aanvullende informatie over de rekenmethode is te vinden in de toelichting op de Rekenmethode Omgevingsveiligheid (zie hoofdstuk 4).

3.1.1

Definities

In de rekenmethode wordt gesproken over batterij, brandcompartiment, capaciteit, opslag, opslageenheid en opslagvak. Hieronder wordt vastgelegd hoe deze termen worden gehanteerd.

Batterij: Elke bron van door rechtstreekse omzetting van chemische energie verkregen elektrische energie, bestaande uit een of meer niet-oplaadbare of oplaadbare batterijcellen of groepen daarvan [4].

Brandcompartiment: Hiermee wordt een opslagruimte bedoeld die gecompartmenteerd is zoals beschreven in de PGS37-2. De rekenmethode gaat uit van identieke brandcompartimenten. Wanneer dit niet het geval is wordt ieder brandcompartiment als losse opslag behandeld in de rekenmethode.

Capaciteit: Hiermee wordt de energie-inhoud van de batterijen bedoeld bij een laadniveau van 100%, ongeacht het gemiddelde laadniveau van de batterijen. Dit wordt in de rekenmethode als maat gehanteerd voor de hoeveelheid opgeslagen batterijen.

Cellen: Hiermee worden losse batterijcellen bedoeld. Dit kunnen bijvoorbeeld cilindrische, prismatische of pouch cellen zijn. Als de behuizing van de cel wordt doorbroken, komt de chemische inhoud vrij.

Opslag: Hiermee wordt de opslag van lithiumhoudende energiedragers bedoeld. Wanneer over opslagen gesproken wordt, wordt alleen bedoeld op de brandcompartimenten waarin lithiumhoudende energiedragers opgeslagen worden.

Opslageenheid: Hiermee wordt de totale verpakking en inhoud (aan batterijen) bedoeld die zich bijvoorbeeld op één pallet of in een container bevindt. Thermische propagatie wordt als mogelijk aangenomen binnen deze opslageenheid, ook als er geen brand ontstaat. Dit is mogelijk aangezien er weinig afstand is tussen de batterijen, waardoor de warmte van een thermal runaway andere batterijen aanstraalt.

Opslagvak: Hiermee wordt een opslagvak bedoeld zoals deze beschreven is in de PGS 37-2. De rekenmethode gaat uit van identieke opslagvakken in een brandcompartiment. Bij variërende opslagvakken wordt uitgegaan van het grootste opslagvak in het brandcompartiment.

In de rekenmethode wordt tevens onderscheid gemaakt tussen drie verschillende type opslagen, afhankelijk van de staat van de opgeslagen batterijen. Hieronder is uitgelegd wat onder ieder type valt:

Type A opslag: Opslag van nieuwe en remanufactured (technisch nieuwe) energiedragers. Dit komt overeen met de Typical a en b in de PGS 37-2, met uitzondering van gebruikte/in gebruik zijnde energiedragers.

Type B opslag: Opslag van gebruikte/in gebruik zijnde energiedragers en refurbished energiedragers. Dit komt overeen met de Typical a en b (uitsluitend gebruikte/in gebruik zijnde energiedragers) en Typical c.

Type C opslag: Opslag van afgedankte energiedragers. Dit betreft energiedragers die vallen onder Typical's d en e in de PGS 37-2.

3.1.2

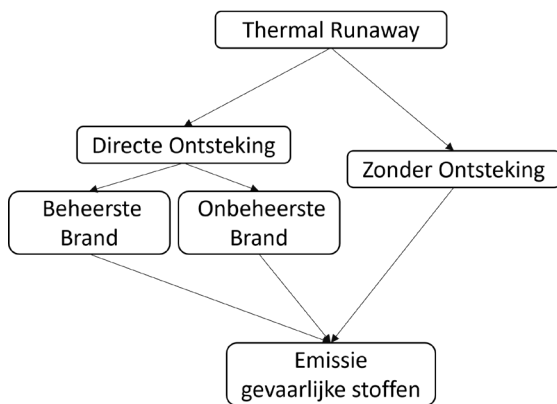
Parameters

A_{BC}	Oppervlak van het brandcompartiment [m^2]
$\bar{A}_{BC}$	Oppervlak van het brandcompartiment, gecorrigeerd voor pluimstijging [m^2]
A_{BO}	Het maximale brandoppervlak waarbij nog opmenging in de lijwervel plaatsvindt bij windsnelheid u [m^2]
A_{OV}	Oppervlak van één opslagvak [m^2]
$FF_{cel,opslag}$	De faalfrequentie van een cel in een opslag [$jaar^{-1} cel^{-1}$]
$FF_{basis,BC}$	De basis-faalfrequentie van een brandcompartiment in een opslag [$jaar^{-1} brandcompartiment^{-1}$]
$FF_{Opslag,1a}$	De faalfrequentie van scenario 1a bij een opslag [$jaar^{-1} opslag^{-1}$]
$FF_{Opslag,1b}$	De faalfrequentie van scenario 1b bij een opslag [$jaar^{-1} opslag^{-1}$]
$FF_{Opslag,2}$	De faalfrequentie van scenario 2 bij een opslag [$jaar^{-1} opslag^{-1}$]
M_{Opslag}	Vrijkomende massa gas uit de batterij als functie van de capaciteit [$kg Wh^{-1}$]
$m_{Opslag,1a}$	Vrijkomende massa gas uit de batterijen bij scenario 1a [kg]
$m_{Opslag,1b}$	Vrijkomende massa gas uit de batterijen bij scenario 1b [kg]
$m_{Opslag,2}$	Vrijkomende massa gas uit de batterijen bij scenario 2 [kg]
$N_{cel,opslag}$	Het aantal cellen in een opslag [$cel opslag^{-1}$]
$N_{BC,Opslag}$	Het aantal identieke brandcompartimenten in een opslag [$BC opslag^{-1}$]
PtA_{BO}	Capaciteit van de batterijen in het brandoppervlak per vierkante meter opslag [$Wh m^{-2}$]
Pt_{BC}	Capaciteit van de batterijen in het brandcompartiment [Wh]
Pt_{OE}	Capaciteit van de batterijen in een opslageenheid [Wh]
Pt_{OV}	Capaciteit van de batterijen in een opslagvak [Wh]
V_{Opslag}	Uitgasdebiet van de batterij als functie van de capaciteit [$kg s^{-1} Wh^{-1}$]
$\Phi_{Opslag,1a}$	Bronterm bij scenario 1a [$kg s^{-1}$]
$\Phi_{Opslag,1b}$	Bronterm bij scenario 1b [$kg s^{-1}$]

3.1.3

Overzicht scenario's

Het omgevingsveiligheidsrisico van een opslag wordt gevormd door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen bij een incident. Normaliter zijn deze stoffen (of precursoren) verpakt in de behuizing van de lithiumhoudende batterijcellen. Bij het falen van de behuizing komen de stoffen vrij. Dit kan gebeuren door een thermal runaway met of zonder ontsteking. Bij een thermal runaway met ontsteking (scenario 1) in de opslag is er sprake van brand. Het gevaar hiervan voor de omgeving wordt gevormd door de giftige stoffen in de rookgassen. Warmtestraling wordt niet meegenomen als risico voor de omgeving. Bij een thermal runaway zonder ontsteking (scenario 2) wordt het gevaar voor de omgeving gevormd door het vrijkomen van giftige stoffen (gifwolk) uit de batterijen. Bij opslagen speelt het explosierisico geen rol. Beide scenario's zijn samengevat in Figuur 3.



Figuur 3 Scenarioboorn voor opslag van lithiumhoudende energiedragers

3.1.4 Leeswijzer

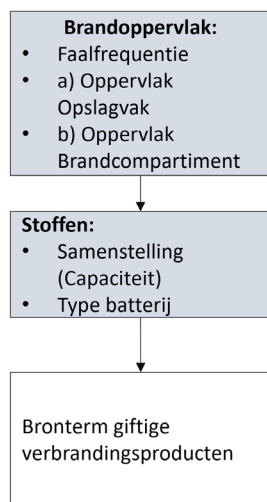
Na deze inleiding op de rekenmethode, waarin de definities, parameters en scenario's zijn beschreven, volgt in paragraaf 3.2 een beknopt stappenplan om tot de risico's van opslag van lithiumhoudende energiedragers te komen. Paragraaf 3.3 beschrijft de faalfrequenties voor de opslagen. Paragraaf 3.4 behandelt het afleiden van de verschillende modelparameters. In paragraaf 3.5 wordt ten slotte de invoer in Safeti-NL beschreven voor de verspreiding van giftige stoffen.

3.2 Berekenen risico van opslag lithiumhoudende energiedragers

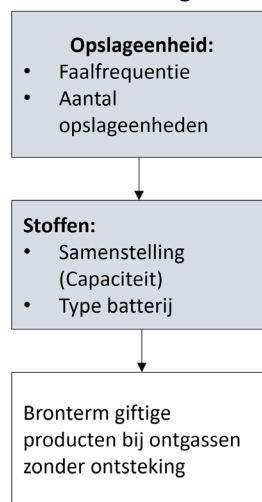
In Figuur 4 is in een stroomdiagram uitgewerkt welke gegevens er nodig zijn om de risico's van opslag van lithiumhoudende batterijen voor de omgeving uit te rekenen. Hierbij worden twee typen risico's beschouwd. Deze risico's komen voort uit de scenario's zoals beschreven in paragraaf 3.1.3:

- 1) Thermal runaway met ontsteking: vrijkomen giftige verbrandingsproducten. Dit scenario is onder te verdelen in:
 - a) Scenario 1a) Beheerste brand: dit is een brand die beperkt wordt tot een oppervlak van maximaal één opslagvak.
 - b) Scenario 1b) Onbeheerste brand: dit is een brand die het gehele brandcompartiment beslaat.
- 2) Scenario 2) Thermal runaway zonder ontsteking: vrijkomen giftige stoffen (ontgassen zonder ontsteking).

Scenario 1:
Giftige verbrandingsproducten



Scenario 2:
Giftige producten bij ontgassen
zonder ontsteking



Dispersieberekeningen

Blauwe vakken zijn parameters die bepaald moeten worden.

Figuur 4 Stroomdiagram risico- en effectberekening voor opslag van lithiumhoudende energiedragers.

Om de risico's van deze scenario's voor de omgeving te kunnen berekenen is zowel een kans op voorkomen (faalfrequentie) nodig, als diverse modelparameters. De door Royal HaskoningDHV afgeleide faalfrequenties zijn weergegeven in paragraaf 3.3 en bijlage 4 [6]. De verschillende modelparameters worden bepaald volgens paragraaf 3.4.

Nadat alle parameters zijn vastgelegd, worden de effecten en het risico voor beide scenario's berekend volgens paragraaf 3.5. De plaatsgebonden risicocontour volgt dan direct uit de berekeningen met Safeti-NL.

3.3 Bepaling faalfrequentie

Voor het berekenen van de risicocontouren rondom een opslag van lithiumhoudende energiedragers is een faalfrequentie nodig. De faalfrequentie wordt bepaald volgens drie stappen:

1. bepalen van de faalfrequentie per cel en de basisfaalfrequentie van de opslag (paragraaf 3.3.1);
2. bepalen van de faalfrequentie van de opslag (paragraaf 3.3.2);
3. bepalen van de verdeling van de faalfrequentie over de verschillende gevolgscenarió's 1a, 1b en 2 (paragraaf 3.3.3).

In de volgende paragrafen worden deze stappen uitgewerkt.

3.3.1

Bepalen faalfrequentie per cel en basisfaalfrequentie opslag

Om de faalfrequentie van de opslag (zie paragraaf 3.3.2) uit te kunnen rekenen, moeten allereerst de volgende faalfrequenties bepaald worden:

- de faalfrequentie ($FF_{\text{cel,Opslag}}$) per cel in een opslag die afhankelijk is van het type opslag en het type batterij.
- de basis faalfrequentie van de opslag die onafhankelijk is van het aantal cellen, maar wel afhankelijk is van het type opslag en type batterij.

Uit Tabel 8 wordt de faalfrequentie per cel ($FF_{\text{cel,Opslag}}$) geselecteerd die van toepassing is op de opslag. Uit Tabel 9 wordt de basis faalfrequentie per brandcompartiment ($FF_{\text{basis,BC}}$) geselecteerd die van toepassing is op de opslag.

De gereduceerde ('wel gecertificeerd') faalfrequentie per cel en basis faalfrequentie mogen worden gehanteerd wanneer aangetoond is dat de opgeslagen batterijen beveiligd zijn tegen propagatie van thermal runaway. Dit kan aangetoond worden met een certificaat en testuitslag waaruit blijkt dat de batterijen de testen voldoende hebben doorstaan om aan de eisen van het certificaat te voldoen. Voor opslag van afgedankte batterijen (Type C) speelt certificatie geen rol.

Tabel 8 De faalfrequentie per cel $FF_{\text{cel,opslag}}$ in een opslag

		Faalfrequentie per cel, $FF_{\text{cel,opslag}}$ (jaar ⁻¹ cel ⁻¹)
Type A Opslag	Niet gecertificeerd	$1,00 \times 10^{-9}$
	Wel gecertificeerd	$1,00 \times 10^{-10}$
Type B Opslag	Niet gecertificeerd	$5,00 \times 10^{-9}$
	Wel gecertificeerd	$5,00 \times 10^{-10}$
Type C Opslag		$1,00 \times 10^{-8}$

Tabel 9 De basis faalfrequentie van een brandcompartiment $FF_{\text{basis,BC}}$

		Faalfrequentie per brandcompartiment, $FF_{\text{basis,BC}}$ (jaar ⁻¹ brandcompartiment ⁻¹)
Type A Opslag	Niet gecertificeerd	$3,28 \times 10^{-6}$
	Wel gecertificeerd	$2,38 \times 10^{-6}$
Type B Opslag	Niet gecertificeerd	$1,64 \times 10^{-5}$
	Wel gecertificeerd	$1,19 \times 10^{-5}$
Type C Opslag		$2,95 \times 10^{-5}$

Opmerkingen:

- Bij opslag van meerdere type batterijen in één brandcompartiment (nieuw, gebruikt, afgedankt) wordt van het meest conservatieve type uitgegaan ($C > B > A$).
- Wanneer het aantal cellen onbekend is, kan deze berekend worden met 26 cellen kg⁻¹ (NMC) of 33 cellen kg⁻¹ (LFP). Het betreft dan de massa van de energiedragers.

3.3.2

Bepalen faalfrequentie van de opslag

Bij het bepalen van de faalfrequentie van de opslag wordt uitgegaan van identieke opslagvakken en brandcompartimenten. Wanneer dit niet het geval is, dient ieder brandcompartiment als losse opslag behandeld te

worden en dient in de rekenmethode uitgegaan te worden van het grootste opslagvak in het brandcompartiment.

De faalfrequentie van de opslag wordt bepaald aan de hand van:

$$FF_{\text{Opslag}} = FF_{\text{cel,opslag}} \times N_{\text{cel,opslag}} + FF_{\text{basis,BC}} \times N_{\text{BC,opslag}} \quad (13)$$

Waarbij:

FF_{Opslag} :	Faalfrequentie van de opslag [$\text{jaar}^{-1} \text{ opslag}^{-1}$]
$FF_{\text{cel,opslag}}$:	Faalfrequentie van één cel in de opslag [$\text{jaar}^{-1} \text{ cel}^{-1}$]
$FF_{\text{basis,BC}}$:	Faalfrequentie van een brandcompartiment onafhankelijk van het aantal batterijcellen [$\text{jaar}^{-1} \text{ BC}^{-1}$]
$N_{\text{cel,opslag}}$:	Aantal cellen in de opslag [cel opslag^{-1}]
$N_{\text{BC,Opslag}}$:	Aantal identieke brandcompartimenten in de opslag [BC opslag^{-1}]

3.3.3 Bepalen faalfrequenties per opslag faalscenario

De faalfrequentie van de opslag (FF_{Opslag}) wordt verdeeld over de drie scenario's (1a, 1b en 2) die van toepassing zijn bij de opslag. De verdeling over de scenario's is afhankelijk van de mitigerende voorzieningen die in de opslag aanwezig zijn. Dit betreft de aanwezigheid van een gecertificeerde vast opgestelde, automatische brandbeheersings- en blusinstallatie (VBB). De faalfrequenties voor scenario's 1a, 1b en 2 zijn weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Faalfrequenties bij scenario 1a ($FF_{\text{Opslag,1a}}$) en b ($FF_{\text{Opslag,1b}}$) en bij scenario 2 ($FF_{\text{Opslag,2}}$)

Categorie van mitigerende voorzieningen	Scenario 1a: beheerste brand bij opslagen ($FF_{\text{Opslag,1a}}$) [$\text{jaar}^{-1} \text{ opslag}^{-1}$]	Scenario 1b: onbeheerste brand bij opslagen ($FF_{\text{Opslag,1b}}$) [$\text{jaar}^{-1} \text{ opslag}^{-1}$]	Scenario 2: thermal runaway zonder ontsteking bij opslagen ($FF_{\text{Opslag,2}}$) [$\text{jaar}^{-1} \text{ opslag}^{-1}$]
1. Basiscase (geen voorzieningen zoals categorie 2 of 3)	$0 \times FF_{\text{Opslag}}$	$1 \times FF_{\text{Opslag}}$	$0 \times FF_{\text{Opslag}}$
2. VBB*-systeem gecertificeerd met maximaal oppervlak van het brandcompartiment	$0,9 \times FF_{\text{Opslag}}$	$0,05 \times FF_{\text{Opslag}}$	$0,05 \times FF_{\text{Opslag}}$
3. VBB*-systeem gecertificeerd met maximaal oppervlak van een opslagvak	$0,05 \times FF_{\text{Opslag}}$	$0,05 \times FF_{\text{Opslag}}$	$0,9 \times FF_{\text{Opslag}}$

*Vast opgestelde brandbeheersings- en brandblussysteem

Opmerkingen:

- De basiscase gaat uit van een opslag die voldoet aan de minimale eisen, zoals gesteld in de PGS 37-2;
- Een PGS 37-2-opslag moet CCV-gecertificeerd zijn wanneer deze voldoet aan bepaalde kenmerken, zoals aangegeven in maatregel 61 in de PGS37-2. Aanvullend hierop, wanneer uit de certificatie blijkt dat het VBB van dusdanige kwaliteit is dat een brand beperkt blijft tot het oppervlak van een brandcompartiment, of van een opslagvak, kan gebruik gemaakt worden van de hogere veiligheidsniveaus zoals in de tabel beschreven.

3.4 Modelparameters

De omvang van het effect bij de verschillende scenario's (paragraaf 3.2) wordt bepaald op basis van:

- de capaciteit van alle batterijen in één opslagvak (scenario 1a) of in het brandcompartiment (scenario 1b);
- het oppervlak van één opslagvak (scenario 1a) of het brandcompartiment (scenario 1b);
- de capaciteit van de batterijen in een opslageenheid (scenario 2);
- het type lithiumhoudende batterij dat als energiedrager wordt gebruikt (scenario's 1 en 2);
- de samenstelling van het giftige gasmengsel dat vrijkomt (scenario's 1 en 2).

Deze verschillende modelparameters worden achtereenvolgens in de volgende paragrafen beschreven.

3.4.1 Capaciteit

In de rekenmethode wordt het scenario thermal runaway met ontsteking gekwantificeerd door alle batterijen in één opslagvak (scenario 1a) of in het gehele brandcompartiment (scenario 1b). Thermal runaway bij lithiumhoudende batterijen kan ook plaatsvinden zonder dat de vrijkomende stoffen ontsteken (scenario 2). Thermische propagatie van een dergelijk incident zal beperkt blijven tot een opslageenheid, zoals gedefinieerd in paragraaf 3.1.1.

Voor scenario's 1a, 1b en 2 moet het aantal batterijen worden uitgedrukt in maximale capaciteit. Hierbij wordt de capaciteit bedoeld wanneer de batterijen op een laadniveau van 100% zijn. Het daadwerkelijke laadniveau van de batterijen in de opslag is niet relevant. De capaciteit wordt benut als een maat voor de hoeveelheid batterijen.

3.4.2 Het type lithiumhoudende batterij

De rekenmethode is gedetailleerd uitgewerkt voor lithium-nikkel-mangaan-kobaltoxide (NMC-) en lithium-ijzer-fosfaat (LFP-) batterijen. Voor andere typen lithiumhoudende batterijen staat per rekenstap uitgewerkt welke stappen er moeten worden gevolgd om tot de benodigde informatie te komen.

3.4.3

Bepaling gassamenstelling voor berekening giftige wolk

Bij een incident met lithiumhoudende batterijen kunnen er meerdere giftige producten vrijkomen die in de rookgassen worden meegevoerd. Giftige producten die meegenomen moeten worden voor lithiumhoudende batterijen zijn CO, NO₂, HCl, HF, HCN en SO₂. Het mengsel dat vrijkomt verschilt per type lithiumhoudende batterij. Voor LFP en NMC batterijen is dit vastgelegd in de onderstaande Tabel 11. Naast deze giftige stoffen komen voornamelijk CO₂, H₂ en koolwaterstoffen vrij. Deze dragen beperkt bij aan de giftigheid van de wolk en worden daarom in de modellering meegenomen als lucht.

Tabel 11 Samenstelling van giftige gassen die vrijkomen uit lithiumhoudende batterijen

Giftig mengsel	LFP (mol%)	NMC (mol%)	Andere lithiumhoudende batterijen (mol%)
CO	26,1	38,1	38,1
NO₂	9,7	0	9,7
HCl	2,1	9,7	9,7
HF	3,7	0,7	3,7
HCN	0,7	0	0,7
SO₂	0	0	10,0
Lucht	57,7	51,5	28,1

Opmerkingen:

- Voor andere batterijtypen dan LFP en NMC dient uitgegaan te worden van de waarden uit de laatste kolom.
- Alternatief mag de samenstelling van de giftige gassen die vrijkomt specifiek voor de batterijen afgeleid worden. Dit kan door middel van:
 - o literatuuronderzoek waarbij ten minste vier bronnen van verschillende onderzoeksinstanties worden gebruikt.
 - o metingen uit een (inter)nationaal geaccepteerde testmethode.
 - o hierbij mag de waarde van een component uitsluitend vervangen worden als deze ook in het gebruikte onderzoek gemeten is, of als onderbouwd kan worden dat de stof niet kan vrijkomen, omdat de batterij bijvoorbeeld geen zwavel (S) bevat.

3.4.4

Vrijkomende massa giftige wolk

De vrijkomende massa van het gas is afhankelijk van het type batterij en van de capaciteit. Voor de totale capaciteit moet de capaciteit van alle batterijen in het brandoppervlak (scenario 1) of in één opslageenheid (scenario 2) genomen worden, zoals gedefinieerd in paragraaf 3.1.1. De vrijkomende massa is per batterijtype uitgeschreven in Tabel 12. De totale massa vrijkomend gas wordt berekend door de waarde uit de tabel te vermenigvuldigen met de capaciteit van de batterijen in het brandoppervlak (scenario 1) of in één opslageenheid (scenario 2).

Met één opslageenheid wordt de totale verpakking en inhoud (aan batterijen) bedoeld die zich bijvoorbeeld op één pallet of in een

container bevindt. Thermische propagatie wordt als mogelijk aangenomen binnen deze opslageenheid ook als er geen brand ontstaat. Dit is mogelijk aangezien er weinig afstand is tussen de batterijen, waardoor de warmte van een thermal runaway andere batterijen aanstraalt.

Het brandoppervlak is ofwel één opslagvak (scenario 1a) ofwel het gehele brandcompartiment (scenario 1b)

$$m_{\text{Opslag},1a} = M_{\text{Opslag}} \times Pt_{\text{OV}} \quad (14)$$

$$m_{\text{Opslag},1b} = M_{\text{Opslag}} \times Pt_{\text{BC}} \quad (15)$$

$$m_{\text{Opslag},2} = M_{\text{Opslag}} \times Pt_{\text{OE}} \quad (16)$$

Waarbij:

M_{Opslag} :	Totaal vrijkomende massa gas uit de batterij als functie van de capaciteit [kg Wh ⁻¹]
$m_{\text{Opslag},1a}$:	Vrijkomende massa gas bij scenario 1a [kg]
$m_{\text{Opslag},1b}$:	Vrijkomende massa gas bij scenario 1b [kg]
$m_{\text{Opslag},2}$:	Vrijkomende massa gas bij scenario 2 [kg]
Pt_{OV} :	Capaciteit van de batterijen in één opslagvak [Wh]
Pt_{BC} :	Capaciteit van de batterijen in het brandcompartiment [Wh]
Pt_{OE} :	Capaciteit van de batterijen in een opslageenheid [Wh].

Tabel 12 Totaal vrijkomende massa gas uit lithiumhoudende batterijen

	Vrijkomende massa M_{Opslag} (kg Wh ⁻¹)
LFP	$9,36 \times 10^{-4}$
NMC	$7,12 \times 10^{-4}$

Opmerkingen:

- Bij andere batterijtypen dan LFP en NMC dient uitgegaan te worden van de waarden voor vrijkomende massa bij LFP-batterijen.
- Bij wijze van alternatief mag de vrijkomende massa specifiek voor de batterijen afgeleid worden. Dit kan door middel van:
 - o Literatuuronderzoek waarbij ten minste vier bronnen van verschillende onderzoeksinstanties worden gebruikt.
 - o Metingen uit een (inter)nationaal geaccepteerde testmethode.
- Het kan voorkomen dat de opslag meerdere typen batterijen bevat. In dergelijke gevallen dient conservatief van de hoogste waarden uitgegaan te worden.

3.4.5 Opmenging in de lijwervel of pluimstijging

De dynamiek van de rookpluim bij brand (scenario 1) is afhankelijk van de windsnelheid, het brandoppervlak en de afmetingen van het opslaggebouw. Bereken het maximale brandoppervlak waarbij nog opmenging in de lijwervel plaatsvindt (A_{Bo}) voor iedere te modelleren windsnelheid met onderstaande formule.

$$A_{BO} = 0,202 \times u^3 \times H \quad (17)$$

Waarbij:

A_{BO} : Het maximale brandoppervlak waarbij nog opmenging in de lijwervel plaatsvindt bij windsnelheid u [m^2]
 u : De windsnelheid [m s^{-1}]
 H : De hoogte van het gebouw [m]

Het vergelijken van de grenswaarde A_{BO} met het brandoppervlak bepaalt of er gerekend moet worden met pluimstijging of met opmenging in de lijwervel. Deze keuze moet gemaakt worden per windsnelheid in Safeti-NL ($1,5 \text{ m s}^{-1}$, 3 m s^{-1} , 5 m s^{-1} , 9 m s^{-1}). Concreet betekent dit dat wanneer $A_{OV} \leq A_{BO}$ bij scenario 1a, of $A_{BC} \leq A_{BO}$ bij scenario 1b, er opmenging plaatsvindt in de lijwervel. Anders is er sprake van pluimstijging. Het kan voorkomen dat de windsnelheden waarbij opmenging in de lijwervel plaatsvindt per scenario (1a en 1b) verschillen.

In het geval dat voor alle Safeti-NL-windsnelheden in scenario 1b gerekend moet worden met pluimstijging, kan gerekend worden met het kleinste oppervlakte waarvoor nog pluimstijging optreedt in plaats van te rekenen met A_{BC} . Het invullen van de windsnelheid 9 m s^{-1} in formule (5) levert daarmee een bovengrens op voor A_{BC} . Oftewel, het brandoppervlak $\bar{A}_{BC}$ voor het brandcompartiment, gecorrigeerd voor pluimstijging, is gegeven door:

$$\bar{A}_{BC} = \min(A_{BC}, 147 \times H) \quad (18)$$

3.4.6 Bronterm

De bronterm bij brand (scenario 1) is afhankelijk van de hoeveelheid batterijen die aanwezig is in het brandoppervlak. De bronterm wordt bepaald door het uitgasdebiet uit Tabel 13 te vermenigvuldigen met de aanwezige capaciteit van de batterijen per vierkante meter en met het oppervlak. Hierbij dient uitgegaan te worden van de capaciteit van de batterijen wanneer deze zich op een laadniveau van 100% bevinden. Het daadwerkelijke laadniveau van de batterijen in de opslag is niet relevant. De bronterm wordt berekend voor een capaciteit van maximaal $1,04 \times 10^5 \text{ Wh m}^{-2}$. Bij grotere hoeveelheden batterijen zal de bronterm niet meer toenemen. Het resulterende getal wordt vervolgens vermenigvuldigd met het brandoppervlak van het scenario.

$$\phi_{\text{Opslag},1a} = v_{\text{Opslag}} \times \min(PtA_{BO}, 104.000) \times A_{OV} \quad (19)$$

$$\phi_{\text{Opslag},1b} = v_{\text{Opslag}} \times \min(PtA_{BO}, 104.000) \times \bar{A}_{BC} \quad (20)$$

Waarbij:

v_{Opslag} : Uitgasdebiet van de batterijen per capaciteit [$\text{kg s}^{-1} \text{ Wh}^{-1}$]
 $\phi_{\text{Opslag},1a}$: Bronterm bij scenario 1a [kg s^{-1}]
 $\phi_{\text{Opslag},1b}$: Bronterm bij scenario 1b [kg s^{-1}]
 PtA_{BO} : Capaciteit van de batterijen per vierkante meter opslag [Wh m^{-2}]
 A_{OV} : Oppervlak van één opslagvak [m^2]
 $\bar{A}_{BC}$: Oppervlak van het brandcompartiment, gecorrigeerd voor pluimstijging [m^2]

Tabel 13 Uitgasdebiet van batterijen

	Uitgasdebiet $v_{\text{Opslag}}(\text{kg s}^{-1} \text{Wh}^{-1})$
LFP	$5,20 \times 10^{-7}$
NMC	$3,96 \times 10^{-7}$

Opmerkingen:

- Bij andere batterijtypen dan LFP en NMC dient uitgegaan te worden van de waarden van het uitgasdebiet bij LFP batterijen.
- Wanneer de vrijkomende massa (paragraaf 3.4.4) via een alternatieve route bepaald is, dan is v_{Opslag} gelijk aan $M_{\text{Opslag}}/1800$ s. Een andere wijze van de vrijkomende massa bepalen kan door middel van:
 - o literatuuronderzoek waarbij ten minste vier bronnen van verschillende onderzoeksinstanties worden gebruikt;
 - o metingen uit een (inter)nationaal geaccepteerde testmethode.

3.5 Invoerparameters in Safeti-NL

De risico's van de scenario's thermal runaway met en zonder ontsteking worden berekend met het softwarepakket Safeti-NL 9.2. Alle scenario's moeten apart worden ingevoerd. Voor iedere opslag dient de invoer te gebeuren zoals gedefinieerd in paragraaf 3.1.1.

3.5.1 Invoer opgeslagen stoffen

In Safeti-NL moet bij het tabblad <Materials> een 'mixture' worden aangemaakt. De samenstelling van dit mengsel dient te zijn zoals bepaald in paragraaf 3.4.3. Bij het aanmaken van het mengsel dient in het tabblad <Properties> 'Mole le Chatelier' gekozen te worden voor de 'NLIV mixing rule', en dient het 'Dose effect method' op 'Additive interaction' te staan. Dit mengsel wordt voor beide scenario's benut.

3.5.2 Invoer gebouw

In Safeti-NL moet bij het tabblad <Map> onderdeel 'buildings' een gebouw worden ingevoerd. Hiervoor geldt dat het blok zo volledig mogelijk overlap moet vertonen met de werkelijke ligging van het gebouw. Een ingevoerd gebouw kan in Safeti-NL maximaal 50 m bij 50 m zijn. Bij grotere gebouwen vertoont het vlak zoveel mogelijk overlap met de voorziening.

3.5.3 Modelleren thermal runaway met ontsteking (scenario 1a: beheerste brand)

Het scenario wordt gemodelleerd als een 'outdoor release' vanuit een drukvat.

In het tabblad <models> worden twee 'pressure vessels' aangemaakt in het midden van het brandcompartiment in de opslag. In beide drukvaten worden onderstaande waarden ingevuld.

- In het tabblad 'Material' wordt:
 - o het mengsel uit paragraaf 3.5.1 geselecteerd;
 - o de massa in één opslagvak ($m_{\text{Opslag},1a}$), bepaald volgens paragraaf 3.4.4, ingevuld;
 - o 'toxic only' geselecteerd;
 - o een temperatuur van 500 °C ingevuld;

- o een druk van 0,0001 bar ingevuld.
- In het tabblad '*Scenario*' moet een '*horizontal*' '*outdoor release direction*' geselecteerd zijn;

In één drukvat rekenen met '*Pluimstijging*':

- In het tabblad '*Bund, building and terrain*' dient bij '*Release building*' de selectie leeg te blijven.

In het andere drukvat rekenen met '*Lijwervel*':

- In het tabblad '*Bund, building and terrain*' dient het gebouw uit paragraaf 3.5.2 geselecteerd te worden. De selectie voor '*In-Building Release*' dient gevuld te zijn. Controleer dat '*Building wake effect*' op '*Roof/lee*' staat.

Bij ieder drukvat wordt een '*User defined source*' toegevoegd. In dit scenario wordt:

- in het tabblad '*Scenario*' '*Leak*' geselecteerd;
- bij de '*Release observers*':
 - o een '*Release time*' van 0 s en 1800 s voor respectievelijk '*observer*' 1 en 2 ingevoerd;
 - o bij '*Release phase*' '*Vapour*' geselecteerd voor beide rijen;
 - o bij '*Mass flow*' de bronterm voor één opslagvak $\Phi_{\text{Opslag,1a}}$ ingevuld voor beide rijen, zoals bepaald in paragraaf 3.4.6;
 - o bij '*Final velocity*' 4 m s^{-1} ingevuld voor beide rijen;
 - o bij '*Final temperature*' $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ingevuld voor beide rijen;
 - o bij '*Pre-dilution air rate*' 0 ingevuld voor beide rijen.
- In het tabblad '*Risk*' wordt de faalfrequentie $FF_{\text{Opslag,1a}}$ ingevoerd, zoals bepaald in paragraaf 3.3. Bij ieder drukvat wordt de faalfrequentie van de opslag $FF_{\text{Opslag,1a}}$ ingevoerd; deze wordt niet verdeeld over de vaten. Correctie voor voorkomen van windsnelheden gebeurt aan de hand van de '*Combinations*' zoals hieronder beschreven.

Maak, in tegenstelling tot de gebruikelijke invoer, vier runrows aan:

- Een *runrow* '*Pluimstijging dag*';
- Een *runrow* '*Pluimstijging nacht*';
- Een *runrow* '*Lijwervel dag*';
- Een *runrow* '*Lijwervel nacht*'.
- Selecteer in de *runrows* voor pluimstijging het vat '*Pluimstijging*'.
- Selecteer in de *runrows* voor opmenging in de lijwervel het vat '*Lijwervel*'.
- Selecteer in de *runrows* voor pluimstijging onder '*Weathers*' de windsnelheden waarvoor in paragraaf 3.4.5 is bepaald dat pluimstijging optreedt.
- Selecteer in de *runrows* voor opmenging in de lijwervel onder '*Weathers*' de windsnelheden waarvoor in paragraaf 3.4.5 is bepaald dat opmenging in de lijwervel optreedt.

Open onder 'Input' 'Weather' de folders voor dag-weer en nacht-weer door op de folder te dubbelklikken. Kopieer de tabel met 'Total of probabilities selected for calculation' naar een rekenprogramma als Excel. Voer het volgende uit voor dag-weer en nacht-weer los van elkaar:

- Controleer of de waarden uit de weermap bestaan uit percentages (waarden sommeren tot 100) of factoren (waarden sommeren tot 1). Deel in het geval van percentages iedere tabelwaarde door 100.
- Sommeer de kansen bij alle windsnelheden waarbij pluimstijging optreedt, voor alle windrichtingen.
- Sommeer de kansen bij alle windsnelheden waarbij opmenging in de lijwervel optreedt, voor alle windrichtingen.

Voor dag-weer:

- Vermenigvuldig de kans van optreden van windsnelheden waarbij pluimstijging optreedt met 0,44. Voer de uitkomst in onder 'Combinations' in Safeti-NL bij de runrow 'Pluimstijging dag'.
- Vermenigvuldig de kans van optreden van windsnelheden waarbij opmenging in de lijwervel optreedt met 0,44. Voer de uitkomst in onder 'Combinations' in Safeti-NL bij de runrow 'Lijwervel dag'.

Voor nacht-weer:

- Vermenigvuldig de kans van optreden van windsnelheden waarbij pluimstijging optreedt met 0,56. Voer de uitkomst in onder 'Combinations' in Safeti-NL bij de runrow 'Pluimstijging nacht'.
- Vermenigvuldig de kans van optreden van windsnelheden waarbij opmenging in de lijwervel optreedt met 0,56. Voer de uitkomst in onder 'Combinations' in Safeti-NL bij de runrow 'Lijwervel nacht'.

De vier *runrows* moeten opgeteld tot een totaal van 1 komen.

3.5.4 *Modelling thermal runaway met ontsteking (scenario 1b: onbeheerste brand)*

Het scenario wordt gemodelleerd als een 'outdoor release' vanuit een drukvat.

In het tabblad <models> worden twee 'pressure vessels' aangemaakt in het exacte midden van het brandcompartiment in de opslag. In dit drukvat worden onderstaande waarden ingevuld:

- In het tabblad 'Material' wordt:
 - o het mengsel uit paragraaf 3.5.1 geselecteerd;
 - o de massa in één brandcompartiment ($m_{\text{Opslag,1b}}$), bepaald volgens paragraaf 3.4.4, ingevuld;
 - o 'toxic only' geselecteerd;
 - o een temperatuur van 500 °C ingevuld;
 - o een druk van 0,0001 bar ingevuld.
- In het tabblad 'Scenario' moet een 'horizontal' 'outdoor release direction' geselecteerd zijn;

In één drukvat rekenen met 'Pluimstijging':

- In het tabblad 'Bund, building and terrain' dient bij 'Release building' de selectie leeg te blijven.

In het andere drukvat rekenen met 'Lijwervel':

- In het tabblad '*Bund, building and terrain*' dient het gebouw uit paragraaf 3.5.2 geselecteerd te worden. De selectie voor '*In-Building Release*' dient gevuld te zijn. Controleer dat '*Building wake effect*' op '*Roof/lee*' staat.

Bij ieder drukvat wordt een '*User defined source*' toegevoegd. In dit scenario wordt:

- in het tabblad '*Scenario*' '*Leak*' geselecteerd;
- bij de '*Release observers*':
 - o een '*Release time*' van 0 s en 1800 s voor respectievelijk '*observer*' 1 en 2 ingevoerd;
 - o bij '*Release phase*' '*Vapour*' geselecteerd voor beide rijen;
 - o bij '*Mass flow*' de bronterm voor één opslagvak $\Phi_{\text{Opslag,1b}}$ ingevuld voor beide rijen, zoals bepaald in paragraaf 3.4.6;
 - o bij '*Final velocity*' 4 m s^{-1} ingevuld voor beide rijen;
 - o bij '*Final temperature*' $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ingevuld voor beide rijen;
 - o bij '*Pre-dilution air rate*' 0 ingevuld voor beide rijen.
- In het tabblad '*Risk*' wordt de faalfrequentie $FF_{\text{Opslag,1b}}$ ingevoerd, zoals bepaald in paragraaf 3.3. Bij ieder drukvat wordt de faalfrequentie van de opslag $FF_{\text{Opslag,1b}}$ ingevoerd, deze wordt niet verdeeld over de vaten. Correctie voor voorkomen van windsnelheden gebeurt aan de hand van de '*Combinations*' zoals hieronder beschreven.

Maak, in tegenstelling tot gebruikelijke invoer, vier runrows aan:

- Een *runrow* 'Pluimstijging dag';
- Een *runrow* 'Pluimstijging nacht';
- Een *runrow* 'Lijwervel dag';
- Een *runrow* 'Lijwervel nacht'.
- Selecteer in de runrows voor pluimstijging het vat 'Pluimstijging'.
- Selecteer in de *runrows* voor opmenging in de lijwervel het vat 'Lijwervel'.
- Selecteer in de *runrows* voor pluimstijging onder '*Weathers*' de windsnelheden waarvoor in paragraaf 3.4.5 bepaald is dat pluimstijging optreedt.
- Selecteer in de *runrows* voor opmenging in de lijwervel onder '*Weathers*' de windsnelheden waarvoor in paragraaf 3.4.5 bepaald is dat opmenging in de lijwervel optreedt.

Open onder '*Input*' '*Weather*' de folders voor dag-weer en nacht-weer door op de folder te dubbelklikken. Kopieer de tabel met '*Total of probabilities selected for calculation*' naar een rekenprogramma als Excel. Voer het volgende uit voor dag-weer en nacht-weer afzonderlijk:

- Controleer of de waarden uit de weermap bestaan uit percentages (waarden sommeren tot 100) of factoren (waardes sommeren tot 1). Wanneer er sprake is van percentages, deel iedere tabelwaarde door 100.
- Sommeer de kansen bij alle windsnelheden waarbij pluimstijging optreedt, voor alle windrichtingen.
- Sommeer de kansen bij alle windsnelheden waarbij opmenging in de lijwervel optreedt, voor alle windrichtingen.

Voor dag-weer:

- Vermenigvuldig de kans van optreden van windsnelheden waarbij pluimstijging optreedt met 0,44. Voer de uitkomst in onder '*Combinations*' in Safeti-NL bij de runrow 'Pluimstijging dag'.
- Vermenigvuldig de kans van optreden van windsnelheden waarbij opmenging in de lijwervel optreedt met 0,44. Voer de uitkomst in onder '*Combinations*' in Safeti-NL bij de runrow 'Lijwervel dag'.

Voor nacht-weer:

- Vermenigvuldig de kans van optreden van windsnelheden waarbij pluimstijging optreedt met 0,56. Voer de uitkomst in onder '*Combinations*' in Safeti-NL bij de runrow 'Pluimstijging nacht'.
- Vermenigvuldig de kans van optreden van windsnelheden waarbij opmenging in de lijwervel optreedt met 0,56. Voer de uitkomst in onder '*Combinations*' in Safeti-NL bij de runrow 'Lijwervel nacht'.

De vier *runrows* moeten opgeteld tot een totaal van 1 komen.

3.5.5

Modelling thermal runaway zonder ontsteking (scenario 2)

Het scenario wordt gemodelleerd als een 'outdoor release' vanuit een drukvat.

In het tabblad <*models*> wordt een '*pressure vessel*' aangemaakt in het exacte midden van de opslag. In dit drukvat worden onderstaande waarden ingevuld.

- In het tabblad '*Material*' wordt:
 - o het mengsel uit paragraaf 3.5.1 geselecteerd;
 - o de massa ($m_{\text{Opslag},2}$), bepaald volgens paragraaf 3.4.4, ingevuld;
 - o '*toxic only*' geselecteerd;
 - o een temperatuur van 50 °C ingevuld;
 - o Een druk van 0,0001 bar ingevuld.
- In het tabblad '*Scenario*' moet een '*horizontal*' '*outdoor release direction*' geselecteerd zijn;
- In het tabblad '*Bund, building and terrain*' dient bij '*Release building*' de selectie leeg te blijven.

Bij het drukvat wordt een '*Fixed duration release*' toegevoegd. In dit scenario wordt:

- in het tabblad '*Scenario*' een *release duration* van 1800 s ingevuld;
- in het tabblad '*Risk*' de faalfrequentie $FF_{\text{Opslag},2}$ ingevuld.;
- in het tabblad '*Material*':
 - o het mengsel uit paragraaf 3.5.1 ingevuld;
 - o bij '*Type of risk effects to model*' '*Toxic only*' geselecteerd;
 - o bij '*Phase to be released*' '*Vapour*' geselecteerd.

4 Toelichting op de rekenmethode lithiumhoudende energiedragers

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat de toelichting op de rekenmethode lithiumhoudende energiedragers deel I: lithiumhoudende energieopslagsystemen, zoals beschreven in hoofdstuk 2, en deel II: opslag van lithiumhoudende energiedragers, zoals beschreven in hoofdstuk 3.

4.2 Toelichting op de rekenmethode voor lithiumhoudende energieopslagsystemen (deel I)

De rekenmethode beschrijft hoe het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden voor energieopslagsystemen bepaald moeten worden.

4.2.1 *Achtergrondinformatie*

In 2024 heeft het RIVM een onderzoek uitgevoerd naar de relevantie van energieopslagsystemen voor omgevingsveiligheid [1]. Dat briefrapport bevat de achtergrondinformatie voor de rekenmethode. Het gaat hierbij om informatie over:

- giftige en brandbare stoffen die bij een incident kunnen vrijkomen;
- gassamenstelling;
- explosielimiet;
- snelheid waarmee het gas vrijkomt;
- totale gasuitstoot;
- gastemperatuur;
- uitstroomrichting.

Voor meer informatie over deze parameters en de wijze van afleiding wordt verwezen naar het briefrapport. De gassamenstelling van de brandbare stoffen en het explosielimiet zijn na publicatie van het briefrapport nog geüpdatet. De herziene waarden en onderbouwing daarvan zijn te vinden in paragraaf 4.2.15. Ook de waarden van het uitgasdebiet en de totale gasuitstoot zijn herzien ten opzichte van het briefrapport. De waarden bij verschillende laadniveaus zijn nu samengevoegd. Meer informatie hierover is te vinden in paragraaf 4.2.10.

4.2.2 *Ondergrens energieopslagsystemen (toelichting bij paragraaf 2.1)*

De rekenmethode is toepasbaar op energieopslagsystemen met een capaciteit vanaf 20 kWh. Dit is gelijk aan de grenstelling in de PGS37-1 [4]. Kleinere EOS'en vallen in de categorie thuisbatterijen en hebben over het algemeen geen industriële of bedrijfsmatige toepassing, waar bij omgevingsveiligheid naar wordt gekeken. Daarnaast zijn thuisbatterijen vaak in een gebouw geplaatst. Er zijn wel voorbeelden van incidenten met thuisbatterijen, waarbij een brand of explosie heeft plaatsgevonden of waarbij giftige gassen vrijkwamen. Ook aan deze systemen zijn dus risico's verbonden. Eventuele hiervoor nog te

ontwikkelen veiligheidseisen zullen vallen onder de bouwregelgeving of productveiligheid. De rekenmethode is hier dus niet op gericht.

4.2.3 *Typen lithiumhoudende batterijen (toelichting bij paragraaf 2.1)*

Er zijn veel verschillende typen lithiumhoudende batterijen. De meest voorkomende op het moment van opstellen van de rekenmethode zijn lithium-ijzer-fosfaat (LFP) en lithium-nikkel-kobalt-mangaanoxide (NMC). Ieder batterijtype heeft afwijkend gedrag tijdens een incident [9-11]. In de rekenmethode zijn enkel waardes voor NMC en LFP-batterijtypen uitgewerkt. Voor andere typen lithiumhoudende batterijen was de hoeveelheid informatie die beschikbaar was in de literatuur beperkt, waardoor het niet mogelijk was om hiervoor waarden af te leiden. Bij iedere parameter staat beschreven welke waarde gebruikt moet worden bij andere typen batterijen. Dit is steeds de meest conservatieve waarde. Telkens staat ook beschreven dat bij wijze van alternatief andere waarden mogen worden afgeleid. Voor een dergelijke afleiding wordt één van de twee volgende routes aanbevolen:

Literatuuronderzoek: Er is veel literatuur in omloop rondom de veiligheid van batterijen, en dit neemt naar verwachting nog significant toe na het publiceren van de rekenmethode. Waarden kunnen uit de literatuur worden afgeleid. Aanbevolen wordt hiervoor ten minste vier bronnen te bestuderen die de batterijchemie in kwestie behandelen. Bij voorkeur zijn dit bronnen van verschillende onderzoeksinstanties.

Veiligheidsstudies: Het betreft dan veiligheidsstudies op het specifieke batterijmodel. De test is bij voorkeur uitgevoerd volgens een (inter)nationaal onderschreven testmethode zoals de UL 9540A voor EOS'en. Let er hierbij op dat, zoals vastgelegd in de rekenmethode, giftige stoffen uit Tabel 5 alleen uitgesloten mogen worden als daadwerkelijk gemeten wordt dat deze niet vrijkomen. Hiertoe kan bijvoorbeeld ook '*principle of exclusion*' worden gehanteerd: als de hoeveelheid gas die vrijkomt gemeten is en als van ieder component ook de massa gemeten is, waaruit blijkt dat het volledige gasmengsel bekend is, kan aangenomen worden dat er geen andere stoffen in het gasmengsel aanwezig zijn.

4.2.4 *Energieopslagsysteem in gebouwen (toelichting bij paragraaf 2.1.1)*

Voor Typical 5 en 6 uit PGS37-1 wordt ervan uitgegaan dat het energieopslagsysteem zich bevindt in een gebouw van een dusdanig volume dat vrijkomende giftige en brandbare gassen zodanig verdunnen in het gebouw en/of de ventilatie dat de wolk geen risico vormt voor de omgeving wanneer deze in de buitenlucht komt. Ook is ervan uitgegaan dat er niet voldoende ophoping plaats kan vinden van brandbare stoffen, zodat ook de explosiegrens niet bereikt wordt. Zelfs als dit wel mogelijk is (bijvoorbeeld door gebrek aan ventilatie), is de aanname dat het energieopslagsysteem dusdanig in het gebouw staat dat de explosie-effecten door het gebouw zelf worden opgevangen. Mochten er redenen zijn om deze aannamen in twijfel te trekken dan moet, zoals beschreven in de rekenmethode, het energieopslagsysteem berekend worden als zijnde een Type A-EOS.

4.2.5 EOS-parken (toelichting paragraaf 2.1.1)

Op een EOS-park staan meerdere energieopslagsystemen. Elk energieopslagsysteem op een EOS-park moet als een losstaand systeem gezien worden en als dusdanig worden berekend. Elk energieopslagsysteem is dus onderhevig aan de faalfrequenties, zoals genoemd in hoofdstuk 2.3 van de rekenmethode. Faalfrequenties worden dus niet over meerdere systemen verdeeld.

Bij het uitrekenen van de risico's van een EOS-park zullen de systemen aan de rand van het park de voornaamste rol spelen. Voor een eerste indruk van het risico dat en de effecten die een park voor de omgeving heeft, kan dus gerekend worden met de systemen aan de rand van het park. Let hierbij wel op: systemen die dan niet meegenomen worden, kunnen nog wel invloed hebben op de plaatsgebonden risicocontouren, waardoor deze mogelijk (beperkt) toenemen.

4.2.6 Scenario's (toelichting bij paragrafen 2.1.3 en 3.1.3)

In RIVM-briefrapport 2024-0012 wordt in detail uitgewerkt hoe de keuze tot de verschillende scenario's tot stand is gekomen [1]. De incidentscenario's met lithiumhoudende batterijen gaan gepaard met thermal runaway. In de PGS 37-1 is de volgende omschrijving van een thermal runaway gegeven [12]:

"Een thermal runaway is een ongecontroleerde toename in temperatuur als gevolg van een grotere warmteproductie dan warmteafvoer. De temperatuuroptename is bij een thermal runaway het gevolg van een positief feedbackmechanisme. Een toename in de temperatuur leidt tot een toename van de reactiesnelheid en bijgevolg tot een toename van de warmteproductie. Als deze extra warmte niet of niet snel genoeg afgevoerd kan worden, stijgt de temperatuur van het reactiemengsel, waardoor de reactiesnelheid en de warmteproductie verder toenemen. Een thermal runaway-reactie leidt tot een zeer snelle toename van de druk en de temperatuur en bijgevolg een ontleding, een explosie en/of brand van de energiedrager, waarbij zeer giftige pyrolyseproducten vrijkomen."

Een thermal runaway houdt zichzelf in stand en door aanstralen van naastgelegen batterijen (thermische propagatie) kunnen ook deze batterijen in thermal runaway raken.

Bij thermal runaway zijn drie mogelijke gevolgscenario's van belang voor de omgevingsveiligheid: directe ontsteking (brand met giftige verbrandingsproducten), vertraagde ontsteking (explosie) of zonder ontsteking (gifwolk).

Door de thermal runaway verschillen batterijbranden wat betreft intensiteit en duur van andere branden. Dit uit zich, op basis van de huidige kennis, echter vooral in gevolgen voor de brandbestrijding en de veiligheid van bijvoorbeeld brandbestrijders of werknemers in een opslag. In het RIVM-briefrapport is gevonden dat gebouwbranden als gevolg van batterijbranden wat betreft de warmtestraling en het brandgedrag (brandsnelheid, overslag naar naastliggende gebouwen), vanuit het perspectief van omgevingsveiligheid, vergelijkbaar zijn met andere gebouwbranden [1]. Daarom wordt de warmtestraling niet

meegenomen in het bepalen van de risico's voor omgevingsveiligheid. Dit is gelijk aan de modellering van bijvoorbeeld incidenten bij PGS 15-opslagen. Het vrijkomen van een gifwolk bij brand wordt wel meegenomen.

Op basis van incidenten en brandexperimenten is geconcludeerd dat het brandverloop bij een energieopslagsysteem dusdanig is dat er op de piek van de brand effectief één rek aan batterijen verbrandt. Dit betekent niet dat er niet meer verbrandt, maar dat door het brandverloop een deel van de batterijen uitgebrand zal zijn, terwijl andere nog niet in brand zijn gevlogen.

Bij thermal runaway met vertraagde ontsteking of zonder ontsteking, wordt ervan uitgegaan dat de batterijen dusdanig warm worden dat er thermische propagatie plaatsvindt naar direct naastgelegen batterijen. De batterijen worden echter niet dusdanig warm dat batterijen die verder weg gelegen zijn voldoende opwarmen om in thermal runaway te raken. Daarom is ervoor gekozen deze scenario's te beperken tot een omvang van één module. Let er hierbij op dat de definitie van 'module' in de rekenmethode een bepaalde thermische bescherming vereist die nodig is voor deze aanname.

Scenario's 2 en 3 starten dus vanuit hetzelfde punt waarbij er geen directe ontsteking plaatsvindt. Scenario 2 gaat ervan uit dat er geen ontsteking plaatsvindt, zodat de vrijkomende stoffen niet verbranden en zich giftige stoffen in de omgeving kunnen verspreiden. Bij scenario 3 wordt uitgegaan van een uitstoot van grotendeels brandbare gassen die opgesloten zijn in de EOS, waardoor een explosieve atmosfeer ontstaat [13]. Van de beperkte hoeveelheid giftige stoffen die vrijkomt, verbrandt het grootste deel bij de explosie. Daarom kan voor scenario 3 het aandeel van de giftige stoffen in het risico worden verwaarloosd.

4.2.7 *Faalfrequenties (toelichting paragraaf 2.3 en 3.3)*

Royal HaskoningDHV heeft in 2024 faalfrequenties afgeleid voor zowel energieopslagsystemen als opslagen van lithiumhoudende batterijen. Dat rapport is gebruikt om de faalfrequentiemethodiek in de rekenmethode te beschrijven [6].

In het rapport van Royal HaskoningDHV wordt gewerkt met de aanname dat er 5000 (bij een energieopslagsysteem) dan wel 500 (bij een opslag) batterijen in een systeem zitten. In de rekenmethode is de formule aangepast, zodat de faalfrequentie uitgerekend kan worden als functie van het aantal batterijcellen. In de rekenmethode is een faalfrequentie per cel bepaald voor de onderdelen technisch falen van energiedragers en van het '*battery operating system*', die vermenigvuldigd moet worden met het aantal cellen in het systeem om de faalfrequenties van het gehele systeem te bepalen.

In de rapportage van Royal HaskoningDHV wordt in de formule de optie gegeven om te delen door het aantal levensjaren. In de rekenmethode wordt conservatief uitgegaan van één levensjaar. Dit is te onderbouwen door het feit dat veel incidenten in het eerste levensjaar van het systeem plaatsvinden [14]. Dit is een conservatieve keuze, aangezien we niet weten hoe de risico's zich in de tijd ontwikkelen bij systemen die

er langer dan tien jaar zijn. Voor de andere faalmodi, zoals operationele fouten, externe brand en mechanische impact, is aangenomen dat deze onafhankelijk zijn van het aantal cellen in het systeem.

De uiteindelijke waarden voor de basisfaalrequenties per cel worden verkregen door de waarden voor het technisch falen van energiedragers en het technisch falen van het '*battery operating system*' (BOS) (alleen bij EOS'en) uit tabel 6-1 dan wel 7-1 van het rapport van Royal HaskoningDHV te vermenigvuldigen met de faalfrequenties van de beveiligingssystemen uit tabellen 6-3 dan wel 7-3 van hetzelfde rapport. Hierna worden de frequenties van deze twee faalmodi gesommeerd. De resulterende getallen zijn afgeleid per 5000 (EOS) of 500 (opslagen) onderdelen. In de formules in de rekenmethode zijn de faalfrequenties al door 5000 (EOS) en 500 (opslagen) gedeeld om zo tot een frequentie per cel te komen.

De basisfaalfrequentie van het EOS of de opslag bestaat uit de faalmodi waarvan wordt aangenomen dat het aantal onderdelen niet van significante invloed is op de kans: operationele fouten, externe brand en mechanische impact. Daarom is het product van de initiële frequentie (tabellen 6-1 en 7-1) genomen met de faalfrequentie van de beveiliging (tabellen 6-3 en 7-3). Deze resulterende getallen zijn vervolgens gesommeerd om tot de getallen in de tabellen te komen.

Zoals beschreven in het rapport van Royal HaskoningDHV wordt de lagere faalkans van LFP-batterijen meegenomen door een factor 0,5 toe te passen op alle faalmodi behalve het technisch falen van energiedragers. Certificatie is goed voor een factor 0,1 op alle faalmodi.

4.2.8 *Bepalen faalfrequenties mobiele EOS'en (toelichting paragraaf 2.3.2)*

Voor mobiele EOS'en wordt de duur van de aanwezigheid van een systeem op een bepaalde locatie meegenomen in uren. Omdat alle faalfrequenties zijn afgeleid op de schaal van 'jaar' wordt gedeeld door 8766 uur jaar⁻¹ (365,25 x 24).

4.2.9 *Verdeling faalfrequenties over scenario's (toelichting paragraaf 2.3.3)*

Paragraaf 2.3.2 in de rekenmethode geeft de frequentie dat er iets misgaat in een EOS dat escaleert tot de schaal die relevant is voor omgevingsveiligheid. Welk van de scenario's plaatsvindt, is dan nog niet bepaald. Er wordt naar drie scenario's gekeken: geen ontsteking, vertraagde ontsteking en directe ontsteking. Het is in de praktijk mogelijk dat alle drie de situaties zich voordoen; echter zal dan voor de risicoberekening één van de situaties leidend zijn. Royal HaskoningDHV heeft daarom een verdeling gemaakt van de faalfrequenties over de drie situaties, afhankelijk van de aanwezige veiligheidssystemen [6].

De faalfrequentie van het EOS uit paragraaf 2.3.2 van de rekenmethode blijft constant en wordt niet verlaagd door de verdeling in paragraaf 2.3.3. Dit komt doordat aangenomen wordt dat de voorzieningen die de verdeling bepalen niet preventief maar mitigerend van aard zijn. Oftewel, het stopt de thermal runaway niet, het bepaalt alleen hoe het incident escaleert.

De verdeling is gemaakt met de aanname dat een explosie kan plaatsvinden. In sommige situaties (Type B- en niet-betreedbare Type C-EOS'en) wordt het explosierisico echter niet meegenomen. Hierbij is er geen indicatie dat de onderlinge verhouding tussen geen ontsteking, vertraagde ontsteking en directe ontsteking anders zou zijn. Een explosie kan in deze situatie immers nog steeds plaatsvinden, maar de effecten zullen beperkt zijn. Daarom is de berekening voor die situaties hetzelfde en tellen de factoren van de scenario's die wel worden meegenomen niet op tot 1. Zoals ook in paragraaf 4.2.6 is beschreven, wordt in het geval van de vertraagde ontsteking uitgegaan van een wolk die grotendeels uit brandbare stoffen bestaat [13]. De beperkte hoeveelheid giftige stoffen in dit scenario zullen grotendeels verbranden en verspreid worden door de drukgolf, zodat bij dit scenario het aandeel van giftige stoffen in het risico verwaarloosbaar is.

4.2.10 *Percentiel uitgasdebiet en vrijkomende massa gas (toelichting paragrafen 2.4 en 3.4)*

Het uitgasdebiet is voor EOS'en weergegeven in Tabel 4 en voor opslagen in Tabel 13. De totaal vrijkomende massa gas is voor EOS'en weergegeven in Tabel 6 en voor opslagen in Tabel 12. De waarden in deze tabellen zijn de P50 waarden uit het RIVM-briefrapport 2024-0012 [1].

Tijdens het onderzoek naar de relevantie van energieopslagsystemen voor omgevingsveiligheid (RIVM-briefrapport 2024-0012) bleek dat de data die in de literatuur te vinden zijn over vrijkomende stoffen bij incidenten met lithiumhoudende batterijen beperkt zijn en dat die data die gevonden zijn, flink uiteenlopen. Daarom is in de dataset in dat onderzoek gewerkt met percentielen volgens het protocol aanpassen rekenmethode EV [15]. Zowel de 50%- (P50) als de 95%- (P95) percentielen zijn bekeken (een percentiel van 95% betekent dat in de dataset 95% van de getallen kleiner is dan deze waarde en dat 5% groter is).

Het RIVM adviseert om in de rekenmethode uit te gaan van de P50-waarden. Er zijn meerdere parameters en gemaakte keuzen in de rekenmethode die onafhankelijk zijn van de percentielkeuze. Deze gemaakte keuzen zijn conservatief genomen. Door bij het uitgasdebiet en de vrijkomende massa gas voor een conservatief percentiel (P95) te kiezen, worden de uitkomsten extreem conservatief ten opzichte van de situaties die te zien zijn bij incidenten en tests. Ook bij het kiezen van de mediaan (P50) zullen de uitkomsten nog steeds conservatief zijn ten opzichte van de observaties die gedaan zijn bij deze incidenten en tests. Deze keuze is weliswaar minder conservatief voor het uitgasdebiet en de vrijkomende massa gas, maar voorkomt dat er teveel conservatieve keuzen gestapeld worden en het risico extreem overschat wordt. Het ministerie van IenW heeft dit advies overgenomen en heeft de keuze gemaakt voor de P50-waarden.

4.2.11 *Afhankelijkheid uitgasdebiet en vrijkomende massa gas van 'state of charge' (toelichting bij paragraaf 2.4.3)*

De omvang van de effecten van een incident met een energieopslagsysteem op de omgeving, en dan specifiek het uitgasdebiet en de vrijkomende massa gas, is afhankelijk van de 'state

of charge' van de batterijen. In de literatuur (zie RIVM-briefrapport 2024-0012) zijn waarden gevonden voor batterijen met een *state-of-charge* van 50% en van 100%. Niet bij alle typen batterijen is een laadniveau van 100% *worst-case*. Bij LFP-batterijen is een lager laadniveau *worst-case*. Daarbij komt dat de datasets in de literatuur te klein zijn om een duidelijk onderscheid in laadniveaus te kunnen vaststellen. In de rekenmethode is het onderscheid in laadniveaus daarom achterwege gelaten. Alle data (zie RIVM-briefrapport 2024-0012) per laadniveau zijn samengevoegd tot één dataset waarvan vervolgens de P50 bepaald is.

4.2.12 *Bovengrens moduleformaat voor uitgassnelheid (toelichting paragraaf 2.4.3)*

Voor het berekenen van de snelheid van de gasuitstoot voor een uitgassende module wordt aangenomen dat de thermische propagatie binnen de module instantaan is. Oftewel, elke batterij begint op hetzelfde moment met uitgassen. Deze conservatieve aanname is gedaan omdat de thermische propagatie lastig te voorspellen is als gevolg van de soms grote verschillen in opbouw van een module. Daarnaast kan dit simuleren dat de gassen in een module opbouwen voordat deze als een grote puf vrijkomen uit de module.

Deze aanname wordt echter steeds minder realistisch naarmate de modulen groter worden. Daarom is gekozen om een afkapgrens van 20 kWh te hanteren. Deze afkapgrens is gelijk aan de minimum grens voor EOS'en die is gesteld in de PGS 37-1. Hierbij wordt aangenomen dat de uitstoot van gassen op dezelfde snelheid gaat als 20 kWh aan batterijen gedurende het incident uitgassen. Het incident duurt dan langer naarmate er zich meer batterijen in de module bevinden.

4.2.13 *Waarde uitgasdebiet (toelichting paragrafen 2.4.3 en 3.4.6)*

Voor het uitgasdebiet is een andere aanpak gehanteerd bij EOS'en dan bij opslagen van batterijen om de waarden te berekenen. Voor het uitgasdebiet bij EOS'en, v_{EOS} , is de P50 van literatuurwaarden uit het RIVM briefrapport 2024-0012 genomen als uitgasdebiet [1]. Deze zijn omgerekend van $[mL s^{-1} Wh^{-1}]$ naar $[kg s^{-1} Wh^{-1}]$ met behulp van de ideale gaswet (101325 Pa, 293 K) met het molgewicht van de giftige mengsels (Tabel 11). Hierbij wordt instantane thermische propagatie aangenomen (zie ook paragraaf 4.2.11).

Bij opslagen is de verwachting dat de aanname voor instantane propagatie te conservatief is. Daarom wordt bij het uitgasdebiet bij opslagen, v_{opslag} , aangenomen dat een betrokken batterij gedurende dertig minuten uitgast. Oftewel $v_{opslag} = \frac{M_{opslag}}{1800}$. Hierbij is voor dertig minuten gekozen om aan te sluiten bij de lengte van het scenario. Het betekent in essentie dat iedere cel die betrokken raakt bij het incident gedurende het incident volledig uitgast en bijdraagt aan het risico. In paragraaf 4.3.5 wordt uitgelegd hoe de bronterm berekend wordt die effectief een maat geeft voor hoeveel cellen er bij het incident betrokken raken.

4.2.14 Giftig mengsel (toelichting paragraaf 2.4.4)

De samenstelling van het giftige mengsel is in detail toegelicht in het RIVM briefrapport 2024-0012. In de rekenmethode is specifiek toegevoegd dat voor batterijen anders dan LFP en NMC ook de stof SO₂ meegenomen moet worden [16]. Dit is omdat in de literatuur te vinden is dat deze stof ook vrij kan komen. Er is in de rekenmethode gespecificeerd dat met voldoende onderbouwing deze stof achterwege gelaten kan worden.

4.2.15 Vrijkomende massa giftige gassen (toelichting paragraaf 2.4.5)

Voor de totale vrijkomende massa zijn de literatuurwaarden voor uitgasvolumes uit het RIVM briefrapport 2024-0012 genomen en met de ideale gaswet omgerekend naar [kg Wh⁻¹] (101325 Pa, 293 K) met het molgewicht van de giftige mengsels (Tabel 11). Alle data uit het briefrapport zijn gebruikt als één dataset per batterijchemie (NMC of LFP), ongeacht het laadniveau. Hierbij is de P50 toegepast.

4.2.16 Energie-inhoud van de explosieve wolk (toelichting bij paragraaf 2.4.7)

Voor het explosiescenario zijn in overleg tussen het NIPV en het RIVM versimpelde, 'realistic worst-case' brandbare mengsels vastgesteld. Deze zijn te vinden in Tabel 14. Bij het berekenen van het explosierisico wordt conservatief aangenomen dat alleen brandbare gassen in de ruimte blijven hangen, het aandeel giftige gassen wordt hierbij niet meegenomen.

Tabel 14 Versimpeld, realistic worst-case mengsel voor brandbare stoffen uitgestoten bij een thermal runaway.

Brandbaar gas	LFP (v%)	NMC (v%)
Waterstof	45	45
Methaan	0	14
Ethaan	23,1	7
Ethyleen	13,7	7
CO	18,2	27
Explosiegrenzen	LFP (%)	NMC (%)
LEL	3,9	4,7
UEL	32,4	37,7

De onderste explosiegrens (LEL) en bovenste explosiegrens (UEL) zijn bepaald met de Mole le Chatelier-methode

Uit deze mengsels zijn de onderste explosiegrens (LEL) en bovenste explosiegrens (UEL) bepaald volgens de Mole le Chatelier-methode. Deze benaderen de waarden die in de literatuur gevonden zijn (zie RIVM 2024-0012 voor een lijst met literatuurwaarden) [1, 13, 17].

Veel literatuur beschrijft voor de gasmengsels alleen de totale hoeveelheid koolwaterstoffen ('total hydrocarbons', THC). Dit is voor deze rekenmethode uitgewerkt in de afzonderlijke stoffen methaan, ethaan en ethyleen. Bij het bepalen van de hoeveelheden voor deze stoffen is het benaderen van conservatieve waarden voor de LEL en UEL het uitgangspunt geweest. Er is voor gekozen om de waarden voor THC wel zo goed mogelijk te benaderen. In de realiteit komt er een complex mengsel van koolwaterstoffen vrij bij elk van de batterijtypen. Zo kan bij een LFP incident wel degelijk methaan vrijkomen. In RIVM 2024-

0012 is in meer detail uitgewerkt welke brandbare stoffen zoal vrij kunnen komen volgens de literatuur [1, 18]. Tevens zijn voor het afleiden van dit mengsel stoffen achterwege gelaten die niet of maar beperkt bijdragen aan de explosie-effecten, zoals waterstoffluoride of lithiumhydroxide.

De energie-inhoud van dit mengsel is bepaald met de waarden per brandbare stof zoals getoond in Tabel 15. Dit zijn de waarden die ook in Safeti-NL gebruikt worden. Deze zijn middels de ideale gaswet omgerekend naar J m^{-3} (101325 Pa, 293K)

Tabel 15 Energie inhoud van de verschillende gassen in het brandbare mengsel

Brandbaar gas	Energie-inhoud (J mol^{-1})
Waterstof	241820
Methaan	802620
Ethaan	1428640
Ethyleen	1323000
CO	283000

Het risico op een explosie doet zich voor als het gasmengsel zich tussen de LEL en UEL bevindt. Voor het explosiescenario nemen we aan dat het mengsel zich tot boven de UEL heeft kunnen opbouwen, waarna lucht inmengt en de stoichiometrische mengverhouding bereikt wordt. Wanneer deze mengverhouding bereikt is, vindt de explosieve ontsteking plaats.

De stoichiometrische mengverhouding wordt gehanteerd omdat hierbij de krachtigste explosie kan plaatsvinden, waarbij de volledige energie-inhoud uit Tabel 15 vrijkomt als gevolg van volledige verbranding. Voor het bepalen van de stoichiometrische mengverhouding is het gehalte zuurstof van belang om bovengenoemde stoffen tot water (H_2O) en koolstofdioxide (CO_2) om te zetten (zie Tabel 16).

Tabel 16 Verhouding batterijgas en zuurstof voor een stoichiometrische mengverhouding.

Stof	LFP	O ₂ gehalte (LFP)	NMC	O ₂ gehalte (NMC)	Chemische formule
Waterstof	0,45	0,225	0,45	0,225	$2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$
Methaan	0	0	0,14	0,28	$\text{CH}_4 + 2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
Ethaan	0,231	0,8085	0,07	0,245	$2 \text{ C}_2\text{H}_6 + 7 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
Ethyleen	0,137	0,411	0,07	0,21	$\text{C}_2\text{H}_4 + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
CO	0,182	0,091	0,27	0,135	$2 \text{ CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2$
Totaal	1	1,5355	1	1,095	

In de bovenstaande tabel wordt de verhouding zuurstof:batterijgas weergegeven. Voor de uiteindelijke stoichiometrische mengverhouding moet meegenomen worden dat maar een deel van lucht uit zuurstof bestaat. Daarom is het zuurstofgehalte met vijf vermenigvuldigd, voordat het volumepercentage batterijgas wordt uitgerekend.

Voor LFP volgt dan een verhouding 1:7,68, oftewel $1/8,68 \cdot 100\% = 11,5 \text{ v\%}$.

Voor NMC volgt dan een verhouding 1:5,48, oftewel $1/6,48 \cdot 100\% = 15,4 \text{ v\%}$.

In de rekenmethode wordt ervan uitgegaan dat het explosierisico alleen relevant is voor betreedbare energieopslagsystemen. Dit omdat in niet-betreedbare energieopslagsystemen te weinig intern volume aanwezig is om een significante hoeveelheid gassen in op te bouwen. Voor de grens tussen betreedbare en niet-betreedbare energieopslagsystemen wordt een vrij intern volume aangehouden van 1000 L. Dit is gebaseerd op een ruimte van 0,5 m bij 1 m bij 2 m (1 m^3), waarin een persoon aanwezig kan zijn en nog enige bewegingsvrijheid heeft. De inschatting is dat bij een volume kleiner dan 1000 L, het risico van een explosie op de omgeving dusdanig beperkt is, dat dit niet meer meegenomen hoeft te worden in de beoordeling van de risico's voor omgevingsveiligheid. Let er hierbij op dat het gaat om het totale vrije volume dat aanwezig is. Ook de ruimte boven de rekken telt hier bijvoorbeeld in mee. Het gaat er niet om dat er daadwerkelijk een persoon in het energieopslagsysteem moet kunnen staan, maar dat er voldoende ruimte is voor brandbare gassen om zich op te kunnen bouwen.

Let wel dat het risico op explosie ook in de situaties met een beperkt vrij intern volume wel bestaat, en dus relevant is voor incidentbestrijders.

4.2.17 *Mole le Chatelier bij modellering (toelichting bij paragrafen 2.5 en 3.5)*
Bij de modellering van de giftige gasmengsels wordt gebruikgemaakt van de Mole le Chatelier-sommethode. In de standaardmethode wordt het gehele mengsel berekend met de LBW-waarde van de stof met de laagste waarde. Dit zal voor dit mengsel erg conservatief uitpakken. De Mole le Chatelier-sommethode berekent een LBW-waarde waarbij de LBW waarde van iedere stof in het mengsel gewogen meegenomen wordt. Op deze manier kan worden meegenomen dat een deel van het mengsel uit stoffen bestaat die niet giftig zijn. Het mengsel zelf is conservatief opgesteld, dus de uitkomsten worden alsnog conservatief berekend.

4.2.18 *Het leeglaten van de gebouwselectie (toelichting bij paragraaf 2.5)*
Bij de modellering van een energieopslagsysteem in Safeti-NL wordt de gebouwinvloed niet meegenomen. Safeti-NL is namelijk zo ingericht er bij de selectie van een gebouw wordt gerekend met een lijwervel, en daarbij wordt de aanname gedaan dat het gas afkoelt door opmenging in de lijwervel. Pluimstijging wordt dan niet meegenomen.

De lijwervel bij een container met batterijen zal zeer beperkt zijn en pluimstijging treedt op door de warmte-inhoud van de brand. Om pluimstijging juist mee te nemen, blijft de gebouwselectie leeg.

4.2.19 *Uitstroomtemperatuur bij modellering (toelichting bij paragrafen 2.5 en 3.5)*
Bij de modellering wordt $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ gehanteerd voor uitstroom zonder ontsteking. In de literatuur zijn temperaturen van $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $313 \text{ }^{\circ}\text{C}$ gevonden die aan thermal runaway worden verbonden. Dit is uitgewerkt

in het RIVM briefrapport 2024-0012. Het is vaak onduidelijk of bij een dergelijke meting het gas al de mogelijkheid heeft gehad om af te koelen door de afstand tot het thermokoppel. De meeste gevonden waarden zijn warmer dan 50 °C. Een lagere temperatuur is conservatiever omdat het gas dan dicht bij de grond blijft hangen (minder pluimstijging). Er is gekozen om een modelleertemperatuur te hanteren van 50 °C.

Voor de situatie bij ontsteking ontstaat er warmte door de vlammen. Door wervelingen zal de rookpluim afkoelen. Er is onvoldoende literatuurinformatie gevonden over de temperatuur in de pluim bij dit soort grootschalige batterijbranden. Hierom is gekozen om een factor tien hogere temperatuur te hanteren dan bij het scenario zonder ontsteking: 500 °C.

4.2.20 *Uitstroomdruk bij modellering (toelichting bij paragrafen 2.5 en 3.5)*
Bij de modellering wordt 0,0001 barg gehanteerd als druk. De uitstroom bij incidenten heeft namelijk wel een impuls, maar deze impuls is beperkt. Bij hogere drukwaarden wordt het gas met een hoge snelheid uitgestoten, bijvoorbeeld $>100 \text{ m s}^{-1}$ bij 0,1 barg. Bij 0,0001 barg wordt het gas uitgestoten met een snelheid in de orde van $4\text{--}7 \text{ m s}^{-1}$. Bij lagere drukwaarden wordt door Safeti-NL geen uitstroomsnelheid, en daarmee geen uitstroom, meer berekend. Hiermee is 0,0001 barg de beste benadering die er in het model beschikbaar is.

4.2.21 *Rekenwijze explosierisico (toelichting paragraaf 2.6)*
In paragraaf 2.6 van de rekenmethode is de rekenwijze voor het bepalen van het explosierisico weergegeven. De rekenwijze is gebaseerd op de multi-energy-berekening beschreven in de PGS 2. Hierbij wordt uitgegaan van een explosieklasse 10. Dan volgt uit de figuren een geschaalde piek overdruk ps' van 0,1 (formule 5.3 van de PGS 2). Het aflezen in figuur 5.8A van de PGS 2 voor een overdruk van 0,1 bar (explosieaandachtsgebied) geeft een geschaalde afstand r' van 2,6 (formule (10)). Het aflezen voor een overdruk van 0,3 bar ($PR 10^{-6} \text{ jaar}^{-1}$ contour) geeft een geschaalde afstand r' van 1,3 (formule (11)).

Bij het bepalen van de letaliteit van een explosie wordt aangenomen dat 0,3 bar overdruk altijd dodelijk is en dat lagere waarden nooit dodelijk zijn. Deze aanname wordt ook in Safeti-NL gedaan. Het plaatsgebonden risico van scenario 3 als functie van de afstand wordt daarmee blokvormig en heeft een hoogte van $FF_{EOS,3}$. Het optellen van het plaatsgebonden risico voor scenario 3 bij het risico van scenario 1 en 2 (in de vorm van een 'risk transect') kan op het moment van schrijven niet worden uitgevoerd binnen Safeti-NL. Deze optelling zal buiten het programma moeten worden uitgevoerd.

4.3 Toelichting op de rekenmethode voor opslag van lithiumhoudende energiedragers (deel II)

De rekenmethode beschrijft hoe het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden voor opslagen van lithiumhoudende batterijen bepaald moeten worden.

4.3.1 *Achtergrondinformatie*

In 2024 heeft het RIVM een onderzoek uitgevoerd naar de relevantie van energieopslagsystemen voor omgevingsveiligheid (RIVM-briefrapport 2024-0012). Dat briefrapport bevat de achtergrondinformatie voor de rekenmethode, ook voor het deel over opslagen van lithiumhoudende energiedragers. Het gaat hierbij om informatie over:

- giftige stoffen die bij een incident vrij kunnen komen;
- gassamenstelling;
- snelheid waarmee het gas vrijkomt;
- totale gasuitstoot;
- gastemperatuur;
- uitstroomrichting.

Voor meer informatie over de parameters en de wijze van afleiding wordt verwezen naar het briefrapport.

Veel toelichting op de rekenmethode voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers is gelijk aan de toelichting op de rekenmethode voor energieopslagsystemen. Een groot deel van de toelichting is daarom, ook voor opslagen, uitgewerkt in paragraaf 4.2. Een aantal aspecten die specifiek zijn voor opslagen, worden hieronder toegelicht.

4.3.2 *Capaciteit van batterijen (toelichting bij paragraaf 3.1.1)*

Tijdens de opslag van batterijen zijn de batterijen vaak niet volledig opgeladen. Bij de berekeningen wordt echter uitgegaan van de capaciteit van batterijen alsof deze 100% opgeladen zijn. Dit komt omdat deze Wh-waarde wordt gehanteerd voor het uitrekenen van de totale gasuitstoot en de bronterm van de gasuitstoot en een maat is voor de hoeveelheid (gevaarlijke) stoffen in de cellen. Deze waarden schalen met het aantal batterijen dat betrokken is bij een incident. Hierbij is de capaciteit op 100% in Wh gehanteerd als maat voor de hoeveelheid aanwezige batterijen.

4.3.3 *Explosierisico opslagen (toelichting bij paragraaf 3.1.3)*

Voor opslagen van lithiumhoudende batterijen wordt er van uitgegaan dat de gebouwen van dusdanige omvang zijn dat de LEL niet bereikt wordt. Deze aanname is gebaseerd op een voorbeeldberekening: wanneer 20 kWh aan batterijen uitgaat, wordt maximaal 36,8 m³ gas gevormd. Gezien de LEL van LFP zou dit explosief kunnen zijn in een ruimte van 944 m³. Dit betekent dat een gebouw van 10 m bij 10 m bij 10 m al te groot is om een explosieve waarde te bereiken. Typische waarden in opslaggebouwen zijn vloeroppervlakten van meer dan 100 m² (10 m bij 10 m) en vaak zijn de gebouwen hoger dan 10 m. Daarnaast is er in dergelijke gebouwen vaak ventilatie aanwezig die zorgt voor verdunning van het batterijgas (langzaam). Op basis van deze gegevens wordt aangenomen dat het explosierisico bij opslagen van lithiumhoudende batterijen voldoende beperkt is ($<10^{-9}$ jaar⁻¹). Om deze reden wordt het explosierisico niet meegenomen in de beoordeling van de risico's voor omgevingsveiligheid.

4.3.4 *Lijwervel en pluimstijging (toelichting bij paragraaf 3.4.5)*

Voor opslagen wordt gerekend met een combinatie van inmenging in de lijwervel door de rookpluim en met pluimstijging [19-21]. In versie 9.2

van Safeti-NL is de modellering zodanig dat, wanneer met inmenging in de lijwervel wordt gerekend, de pluim door de inmenging volledig afkoelt, onafhankelijk van de begintemperatuur. Dit zorgt ervoor dat met name voor lagere windsnelheden rekenen met lijwervel te conservatief is. Echter, alleen rekenen met pluimstijging is ook niet wenselijk. Bij opslagen van een typisch formaat en hoge windsnelheden, zou het risico namelijk worden onderschat. Daarom wordt een methode gevolgd om te bepalen wanneer er gerekend moet worden met pluimstijging en wanneer er gerekend moet worden met inmenging in de lijwervel.

Formule (5) is als volgt afgeleid. Gestart wordt met onderstaande vergelijking voor het optreden van pluimstijging zoals beschreven in Laheij en Kooi 2021 [21]:

$$\frac{8,9 \times Q_{conv}}{u^3 \times H} \geq 0,18$$

Waarbij:

Q_{conv} : De convectiewarmte [MW]
 u : De windsnelheid [m s^{-1}]
 H : Hoogte van het gebouw [m]

Q_{conv} wordt uitgerekend met:

$$Q_{conv} = q_m \times \phi_{max} \times A_{BO}$$

Waarbij:

q_m : De convectiewarmte per massa [MJ kg^{-1}]
 ϕ_{max} : De maximale bronterm [$\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$]
 A_{BO} : Het brandoppervlak [m^2]

Voor de convectiewarmte per massa wordt 2 MJ kg^{-1} aangehouden. Voor de maximale bronterm wordt $0,05 \text{ kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ aangehouden. Dat is de maximale bronterm voor LFP batterijen op één significant cijfer afgerond. Met deze waarden meegenomen, leiden bovenstaande vergelijkingen tot:

$$\frac{0,89 \times A_{BO}}{u^3 \times H} \geq 0,18$$

Ten slotte volgt een laatste omschrijf stap om de variabele A_{BO} te isoleren. Tevens wordt hier het ' $\geq$ ' teken vervangen met een '='-teken, omdat in de rekenmethode gekeken wordt naar het oppervlak dat bij het uiterste hoort:

$$A_{BO} = 0,202 \times u^3 \times H$$

Het brandoppervlak dat uit deze berekening volgt, is het maximale brandoppervlak waarbij nog inmenging in de lijwervel plaatsvindt bij dat gegeven weertype. Is het brandoppervlak in het scenario groter, dan komt er genoeg warmte vrij om tot pluimstijging te leiden. Is het brandoppervlak in het scenario kleiner, dan treedt opmenging in de lijwervel op. Hierbij wordt uitgegaan van een absolute overgang tussen

opmenging in de lijwervel en pluimstijging. Dit is een versimpeling omwille van de modellering. In de werkelijkheid zal deze overgang geleidelijk zijn.

Branden met een kleiner brandoppervlak voldoen eerder aan de voorwaarde van opmenging in de lijwervel. Daarom is het mogelijk dat het verkleinen van het brandoppervlak leidt tot grotere contouren.

4.3.5 *Bronterm (toelichting bij paragraaf 3.4.6)*

Voor de bronterm wordt uitgegaan van een constant uitgasdebiet en een uitgasduur van 1800 s (zie paragraaf 4.2.12).

Hoewel de batterijcapaciteit per oppervlakte variabel is, betekent een toename van deze capaciteit niet altijd een toename in letaliteit bij brand. Namelijk, door de vaste uitgasduur resulteert een grotere capaciteit in een hogere brandsnelheid. Dit betekent dat de temperatuur van het vrijkomende gas hoger is. Deze hogere temperatuur zorgt voor meer pluimstijging. Voldoende pluimstijging compenseert de toename van het vrijkomen van gas in termen van letaliteit. Daarom is de batterijcapaciteit per oppervlakte in de formule begrensd.

Om de hoogte van deze grens vast te stellen, moet ten eerste een schatting gemaakt worden van de brandsnelheid. Ten tweede is er voor het optreden van pluimstijging een schatting nodig voor de hoeveelheid hitte-energie. Ten aanzien van de brandsnelheid wordt de waarde voor spuitbussen gehanteerd, volgens de rekenmethode voor PGS 15-opslagen bedraagt die $0,1 \text{ kg s}^{-1} \text{ m}^{-2}$. Pluimstijging wordt verwacht bij een temperatuurstijging van $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$. De soortelijke warmte van het materiaal dat verhit wordt door de brand is geschat op $4179 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Dat is de soortelijke warmte³ van water, waarvan er veel vrijkomt bij brand.

Samengevat, als er zo veel batterijen opgeslagen worden per vierkante meter dat ze voldoende hitte kunnen produceren om bij de genoemde brandsnelheid na een half uur water met $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ te verhitten, wordt er significante pluimstijging verwacht. Daarom zal in het brandscenario een toename in het aantal batterijen per vierkante meter niet zorgen voor meer gevaar voor de omgeving. Aldus wordt de capaciteitsgrens:

$$0,1(\text{kg s}^{-1} \text{ m}^{-2}) \times 1800(\text{s}) \times 4179(\text{J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}) \times 500(^{\circ}\text{C}) \\ = 3,76 \times 10^8 \text{ J m}^{-2} = 104 \text{ kWh m}^{-2}.$$

Bovenstaande berekening is een grove benadering met veel onzekerheden. Bij deze benadering wordt er vanuit gegaan dat de onzekerheden elkaar voldoende uitmiddelen.

Er zijn onzekerheden welke tot een onderschatting leiden:

- Er wordt uitgegaan van de massa die verbrandt. Bij verbranding (ontleding) bindt echter (met name) zuurstof aan deze massa om de verbrandingsgassen te vormen. Daarmee is de ontstane massa gassen merkbaar hoger. Deze is echter lastig te bepalen

³ Andere voorbeeldmaterialen die hitte op kunnen nemen in een opslagbrand, zijn lucht ($1000 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), hout ($1760 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) of aluminium stellingen.

door de variabiliteit in de werkelijke samenstelling van de gevormde gassen bij batterijen.

- Er zijn meer materialen die verbranden en gassen vormen: onder andere verpakkingsmaterialen, stellages, omhulsels van de batterijen. De aanwezigheid hiervan is echter sterk afhankelijk van de indeling van de opslag waardoor er geen representatieve waarde kan worden gehanteerd in deze berekening.
- Ook de al aanwezige lucht zal moeten worden verwarmd. De hoeveelheid die verwarmd moet worden is sterk afhankelijk van de aerodynamica in en rondom de opslag en daarmee afhankelijk van de opbouw en indeling van deze. Hierdoor kan ook hiervoor geen goede representatieve waarde worden gehanteerd.
- Een deel van de warmte zal gaan zitten in de omgeving, bijvoorbeeld stellages, het gebouw en de grond. Ook voor deze waarde is dit erg afhankelijk van de opbouw en indeling van de opslag.

Er zijn daar tegenover ook onzekerheden, en conservatieve keuzes, welke tot een overschatting leiden:

- De geleverde hitte-energie van een batterij bij een brand wordt gelijk verondersteld aan de elektrische energie van de batterij op een laadniveau van 100%. Dit komt overeen met circa $600\text{--}800 \text{ J g}^{-1}$. Dit is op basis van de, in de rekenmethode, gehanteerde typische capaciteit per gewicht (160 Wh/kg voor LFP, 220 Wh/kg voor NMC). In realiteit hangt de geleverde hitte-energie af van onder andere: het werkelijke laadniveau, de chemische samenstelling van de batterij, de opbouw van de batterij, enzovoort. Waarden voor hitte-energie in de literatuur lopen ver uiteen. Bijvoorbeeld de verbrandingswarmte van puur elektrolyt wordt gerapporteerd als 21.000 J g^{-1} [22]. De verwachting is dat de werkelijk geleverde hitte-energie van een batterij hoger is dan de gebruikte $600\text{--}800 \text{ J g}^{-1}$.
- Er zal ook verbrandingswarmte vrijkomen van andere materialen die verbranden zoals verpakkingsmateriaal en het gebouw zelf. Dit is afhankelijk van de opbouw en indeling van de opslag en daarom is er geen representatieve waarde om te hanteren.
- De berekening wordt uitgevoerd met de soortelijke warmte van water ($4179 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$). De soortelijke warmte van andere gassen die verwarmd moeten worden zijn vaak lager, zoals bijvoorbeeld bij lucht ($1000 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) of CO_2 ($840 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Bij het bepalen van de bronterm is er expliciet voor gekozen om bepaalde parameters niet mee te nemen, waaronder parameters die wel terugkomen in de rekenmethode voor PGS15-opslagen.

- De survivalfractie: er wordt geen onderscheid gemaakt in verbrande/onverbrande gassen, omdat beide in het afleiden van het gasmengsel al zijn meegenomen.
- De massafractie: in de rekenmethode voor opslag van lithiumhoudende energiedragers wordt met de capaciteit (Wh) gerekend als maat voor de hoeveelheid aanwezige batterijen. Het totale gewicht in de opslag wordt niet meegenomen en zal dus ook niet tot overschatting leiden.
- De fractie werkzame stof: in de rekenmethode voor opslag van lithiumhoudende energiedragers is bepaald welke uitstoot aan

giftige gassen uit batterijen vrijkomt. Dit is dus al de volledige giftige fractie waarmee gerekend wordt. De exacte energiedichtheid (Wh kg^{-1}) varieert per batterijtype en fabrikant. Dit betekent dat wanneer de rekenmethode met kg opslag in plaats van met capaciteit was opgesteld, de energiedichtheid een parameter in de berekening was geworden.

- De stapelhoogte: De stapelhoogte van batterijen is beperkt tot 4,60m (maatregel 21 uit de PGS37-2), of er zijn aanvullende veiligheidsmaatregelen (maatregel 22 uit de PGS37-2). Verondersteld wordt dat de eventuele toename in brandeffecten bij stapels hoger dan 4,60 m gecompenseerd wordt door de vereiste (aanvullende) maatregelen.

4.3.6 *Tijdsduur scenario opslagen (toelichting bij paragraaf 3.5)*

Voor opslagen van lithiumhoudende batterijen wordt aangenomen dat de brandverspreiding relatief snel kan gaan, onder andere door het 'rocketeer-effect' van de batterijen. Daarentegen zal een dergelijke brand gedurende (zeer) lange tijd branden [22, 23]. De aanname is dat na dertig minuten de brand zich zo heeft ontwikkeld, dat er dusdanig significante pluimstijging optreedt dat er geen gevaarlijke concentraties meer zijn op leefniveau.

Dit geldt voor branden die geëscaleerd zijn. Branden die beheerst worden door bijvoorbeeld een sprinklerinstallatie zijn meegenomen aan de hand van de reductie in faalfrequentie in bijvoorbeeld Tabel 10.

4.3.7 *Uitstroomsnelheid scenario 1 (toelichting bij paragrafen 3.5.3 en 3.5.4)*

Een 'Final velocity' van 4 m s^{-1} wordt gehanteerd bij de scenario's 1a en 1b uit de rekenmethode, om aan te sluiten bij de andere scenario's waar deze snelheid aan de hand van de druk van het vat wordt uitgerekend (paragraaf 4.2.19).

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek is een rekenmethode opgesteld voor het berekenen van de risico's en effecten van energieopslagsystemen en opslagen van batterijen. In bijlage 1 is deze rekenmethode vertaald in vaste-afstandstabellen.

De voorgestelde rekenmethode is vergeleken met de kwaliteitscriteria [2] die het RIVM heeft opgesteld voor nieuwe rekenmethoden (bijlage 3). Uit de vergelijking blijkt dat de rekenmethode over het algemeen voldoet aan de kwaliteitscriteria. Wel zijn de onzekerheden in de rekenmethode tamelijk groot. Deze komen voort uit de grote variatie aan typen batterijen, systemen en opslagen. Daarnaast zijn de onzekerheden een gevolg van de beperkte en zeer uiteenlopende data in de literatuur waarop de faalfrequenties en de effectmodellering voor de relatief jonge technologie voor lithiumhoudende energiedragers zijn gebaseerd. Ook de toekomstbestendigheid van de rekenmethode is een aandachtspunt. De batterijwereld is nog volop in ontwikkeling. Wanneer de techniek zich dusdanig ontwikkelt dat bijvoorbeeld het type batterij of de opbouw van het systeem significant verandert, is er wellicht een herziening van de rekenmethode nodig.

Op basis van dit onderzoek wordt het volgende aanbevolen:

1. Vanwege de grootte van de omgevingsveiligheidsrisico's wordt aanbevolen energieopslagsystemen en opslagen van lithiumhoudende energiedragers in het Besluit activiteiten leefomgeving aan te wijzen als milieubelastende activiteit;
2. Vanwege de complexiteit van de berekeningen wordt aanbevolen om de rekenmethode voor energieopslagsystemen en opslagen van lithiumhoudende energiedragers op te laten nemen in het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid en deze samen met de vaste afstandstabellen aan te wijzen voor de desbetreffende activiteiten;
3. Omdat de ontwikkelingen rondom batterijen snel gaan, wordt aangeraden de methode periodiek, circa eens in de vijf jaar, opnieuw te beoordelen en indien nodig te actualiseren. Er ontstaan namelijk voortdurend nieuwe technologieën en ook de kennis over de risico's en effecten neemt snel toe. Aanbevolen wordt om deze ontwikkelingen goed te volgen en regelmatig na te gaan of er nieuwe inzichten zijn die aanleiding geven tot actualisatie van de rekenmethode voor energieopslagsystemen en opslagen van batterijen.

6 Referenties

1. RIVM, *Onderzoek relevantie energieopslagsystemen voor omgevingsveiligheid*, 2024.
2. A.M.C. Boxman, et al., *Advies aandachtsgebieden - Beschouwing van voorstel alternatieve benadering voor de berekening van aandachtsgebieden*, 2022-0012, 2022.
3. RIVM, *Module I van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid*. januari 2025.
4. *Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 37-1 Lithiumhoudende energiedragers: energieopslagsystemen (EOS) Richtlijn voor de veilige opslag van elektriciteit in energieopslagsystemen*. 2023. <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/pgs37-1/>.
5. *Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 37-2 Lithiumhoudende energiedragers: Opslag*. 2023. <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/pgs37-2/>.
6. M. Seyfi, J. Van Dijk, en K. Van Tol, *Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers*, 2024.
7. *Accident analysis of Beijing Jimei Dahongmen 25 MWh DC solar storage-charging integrated station project*, 2021.
8. *Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 2, Methods for the calculation of physical effects ('Gele boek')*, 2005.
9. H. Brans, *Verkenning toekomstige batterijtypen en veiligheid*, 2023.
10. J. Vos, H. Brans, en J. Reinders, *Literatuuronderzoek naar de brandeffecten van Lithium-ion batterijbranden*, 2024.
11. RHDHV, *Safe and Sustainable by Design voor Batterijen*, 2023.
12. PGS. PGS 37-1. Beschikbaar via <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/online/pgs-37-1/>. (Geraadpleegd 06-10-2023).
13. S. Wang, et al., *A review on mechanisms, characteristics and relating hazards of vent gases from thermally abused Li-ion batteries*. Journal of Energy Storage, 2024. **84**: p. 110892.
14. EPRI. *BESS Failure Incident Database*. Beschikbaar via https://storagewiki.epri.com/index.php/BESS_Failure_Incident_Database. (Geraadpleegd 18-2-2025).
15. L. Gooijer, G.M.H. Laheij, en A.G. Wolting, *Protocol aanpassing rekenmethodieken Externe veiligheid*, RIVM-Rapport 620550009/2012, 2012.
16. P. Ribière, et al., *Investigation on the fire-induced hazards of Li-ion battery cells by fire calorimetry*. Energy & Environmental Science, 2012. **5**(1): p. 5271-5280.
17. H. Wang, et al., *Fire and explosion characteristics of vent gas from lithium-ion batteries after thermal runaway: A comparative study*. eTransportation, 2022. **13**: p. 100190.
18. A.R. Baird, et al., *Explosion hazards from lithium-ion battery vent gas*. Journal of Power Sources, 2020. **446**: p. 227257.
19. P.U.d. Haag, *Aandachtsgebieden PGS15 opslagen*, 2022.
20. RIVM, *Warmte, pluimstijging en depositie bij brand Advies voor de uitbreiding van Pluimradar*, 2024.

21. E. Kooi en G. Laheij, *Review of the Dutch calculation method to assess off-site risks for chemical warehouse fires*, 2021-0120, 2021.
22. B. Ditch en J. De Vries, *Flammability Characterization of Lithium-ion Batteries in Bulk Storage*, 2013.
23. J. Franco, P. Henry, en A. Maniez, *Incendie d'une usine en Aveyron : 3 000 m2 contenant 900 tonnes de batteries ravagés par les flammes à Viviez, ce que l'on sait*, in *La Dépêche*. 2024: Sainte Bernadette.
24. Ruijten M.M.W.M., et al., *Method for derivation of probit functions for acute inhalation toxicity*, RIVM Report 2015-0102 2015.
25. RIVM. *Statusoverzicht probitrelaties*. Beschikbaar via <https://www.rivm.nl/probitrelaties/statusoverzicht-probitrelaties>. (Geraadpleegd 18-02-2025).
26. C. Gold, *Modelling Source Terms for Battery-Related Hazards*. Oktober 2024, Gexcon: FABIG Webcast: Harnessing History: Safe Design and Operation of Future Energy Systems.

7 Bijlage 1 Vaste-afstandstabellen

7.1 Vaste afstandstabellen energieopslagsystemen

In deze bijlage worden tabellen weergegeven met vaste afstanden voor typische uitvoeringen van EOS'en, van 50 MWh (per container/gebouw) en kleiner. De afstanden zijn conservatief afgeleid en kunnen worden gehanteerd als alternatief voor het berekenen van de effecten en risico's zoals in dit rapport is beschreven.

De vaste-afstandstabellen kunnen worden toegepast op losse EOS'en, gemeten vanaf het midden van de EOS. Wanneer er meer EOS'en dicht bij elkaar staan, zoals op een EOS-park, geldt de afstand vanaf iedere EOS.

7.1.1 *Mogelijke verschillen tussen berekeningen en vaste afstandstabellen*

Er kunnen verschillen bestaan tussen de waarden in de vaste-afstandstabellen en de uitkomsten wanneer er voor een specifieke casus gerekend wordt. Dergelijke verschillen zijn het gevolg van de stapeling van conservatieve aannamen in de vaste-afstandstabellen. Bij het opstellen van de vaste-afstandstabellen zijn steeds de meest conservatieve keuzen gehanteerd en zijn de conservatieve parameters uit de rekenmethode gebruikt. De stapeling van conservatieve aannamen in de vaste-afstandstabellen is nodig om de veiligheid van het gebruik van deze tabellen te garanderen voor iedere casus.

Daarnaast speelt mee dat de technologie van lithiumhoudende energiedragers relatief nieuw is. Daardoor kan het voorkomen dat door technologische ontwikkelingen zelf afgeleide parameters afwijken van de waarden die zijn gehanteerd voor het opstellen van de tabellen.

7.1.2 *Afkapgrenzen vaste-afstandstabellen EOS'en*

De afkapgrens voor de vaste-afstandstabellen bij het explosieaandachtsgebied is gekozen op een vrije interne ruimte van 10 m³. Hiervoor is de inhoud van een zeecontainer berekend (5,9 m bij 2,4 m bij 2,4 m) op 34 m³. Aangezien dit de vrije interne ruimte zou zijn bij een lege container, is de verwachting dat 10 m³ een geschikte maat is, ook voor ruimere containers met EOS'en. Uit de praktijk komt het signaal dat EOS'en vooral voller gebouwd worden en dat er daarmee minder interne vrije ruimte zal zijn. De verwachting is daarom dat een hogere waarde niet voor zal komen. Mocht dit wel het geval zijn, dan zal voor de risicoanalyse van een dergelijk systeem rekenen noodzakelijk zijn.

Voor het formaat van modules is gekozen voor 100 kWh. Op het moment van schrijven lijkt de ontwikkeltrend te zijn dat de modules steeds groter worden; huidige modules kunnen al 50 kWh groot zijn. De verwachting is dat ontwikkelingen nog door zullen gaan, dus is de grens van 100 kWh genomen om toekomstige ontwikkelingen tot een zekere hoogte mee te kunnen nemen. Mochten de modules groter zijn, dan is een doorrekening noodzakelijk.

Voor rekken is een capaciteit van 500 kWh genomen. Mochten de rekken groter zijn, dan is een doorrekening noodzakelijk.

Het aantal cellen is berekend met energiedichtheden van $4,8 \text{ Wh cel}^{-1}$ (LFP) of $8,6 \text{ Wh cel}^{-1}$ (NMC) [1]. Door de totale capaciteit van een EOS (bijvoorbeeld van 5 MWh) te delen door de energiedichtheid volgt een $N_{\text{cel,EOS}}$ (in het voorbeeld van 1×10^6 (LFP) of 6×10^5 (NMC)).

Voor het berekenen van de faalfrequentie is gerekend met de vier verschillende veiligheidsniveaus. De keuze voor een veiligheidsniveau heeft alleen invloed op de verdeling van de faalfrequentie over de scenario's. Het is mogelijk dat een hoger veiligheidsniveau leidt tot grotere afstanden, omdat brand voorkomen wordt en daarom de gassen kouder zijn. Koudere gassen blijven langer op leefniveau hangen, waardoor er grotere contouren worden berekend.

In de vaste-afstandstabellen is de ' $2,54 \times \text{LBW outdoor}$ '-methode gehanteerd om tot de gifwolkaandachtsgebieden te komen. In paragraaf 7.3 worden de berekeningen herhaald, met de ' Indoor LBW-dosis '-methode.

7.1.3 Omgang met EOS-parken

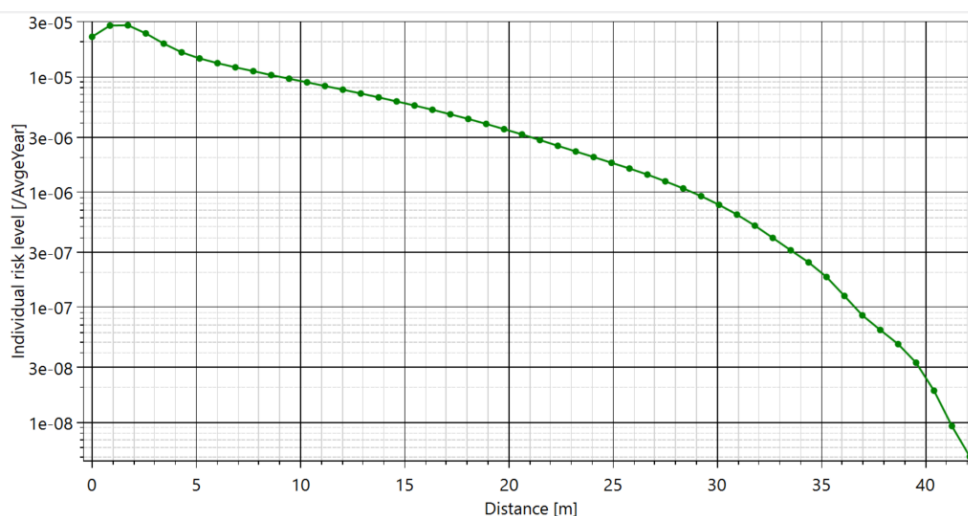
De vaste-afstandstabellen zijn voor één enkel EOS bepaald. Bij een EOS-park draagt ieder EOS aan het risico bij. Een EOS-park kan praktisch uit elke hoeveelheid EOS'en bestaan, tot wel tientallen of honderden EOS'en. De variatie hierin is groot en is daarmee lastig te vangen in tabellen. Om de contour van een EOS-park te bepalen, volstaat het om de contouren van de individuele EOS'en te gebruiken. Met andere woorden, een locatie ligt binnen de contour van een EOS-park wanneer deze in de contour van een van de aanwezige EOS'en ligt.

Voor de aandachtsgebieden is deze aanpak simpel te onderbouwen: het aandachtsgebied wordt bepaald op basis van het grootste effectgebied, ongeacht de kans op falen. Dit volgt uit de aanname dat incidenten beperkt blijven tot een enkel EOS. In het zeldzame geval dat er bij een incident meerdere EOS'en betrokken zijn, zal de uitbreiding naar deze schaal dusdanig lang duren dat de effecten van het initiërende EOS al grotendeels weg zijn, wanneer het volgende EOS effecten op de omgeving genereert.

Voor het plaatsgebonden risico is iets meer onderbouwing nodig. Figuur 5 vertoont de ' risk transect ' van een groot EOS met minimale veiligheidsvoorzieningen. Merk op dat deze lijn in toenemende mate daalt en is weergegeven op een logaritmische schaal.

Bij het onderzoeken van het risico van een EOS-park is het voldoende om te kijken naar het risico in de buurt van een EOS aan de rand van het park. Middenin het park zal het risico niet zodanig veranderen dat dit buiten de inrichting effect heeft op de contour. Er wordt vanuit gegaan dat de EOS'en in het park in een vierkant raster staan. Een significante toename van het risico van een EOS in een park ten opzichte van individuele EOS'en ontstaat doordat meer dan de helft van het risico afkomstig is van de direct aanliggende EOS'en. Dit volgt uit de exponentiele afname van risico over de afstand. Een EOS aan de rand

heeft hooguit vijf buren (orthogonaal en diagonaal). Daarmee is het risico van het cluster (het EOS en diens buren) maximaal zes keer groter dan het risico van een enkel EOS. Het vermenigvuldigen van het risico ('*individual risk level*') in Figuur 5 met een factor 6 levert een PR 10^{-6} -contour op van 35 m. Met deze conservatieve afchatting is dat een toename van de PR-contour met $35 - 28 = 7$ m. Dit valt binnen de onzekerheidsmarge van de rekenmethode en is daarom niet significant.

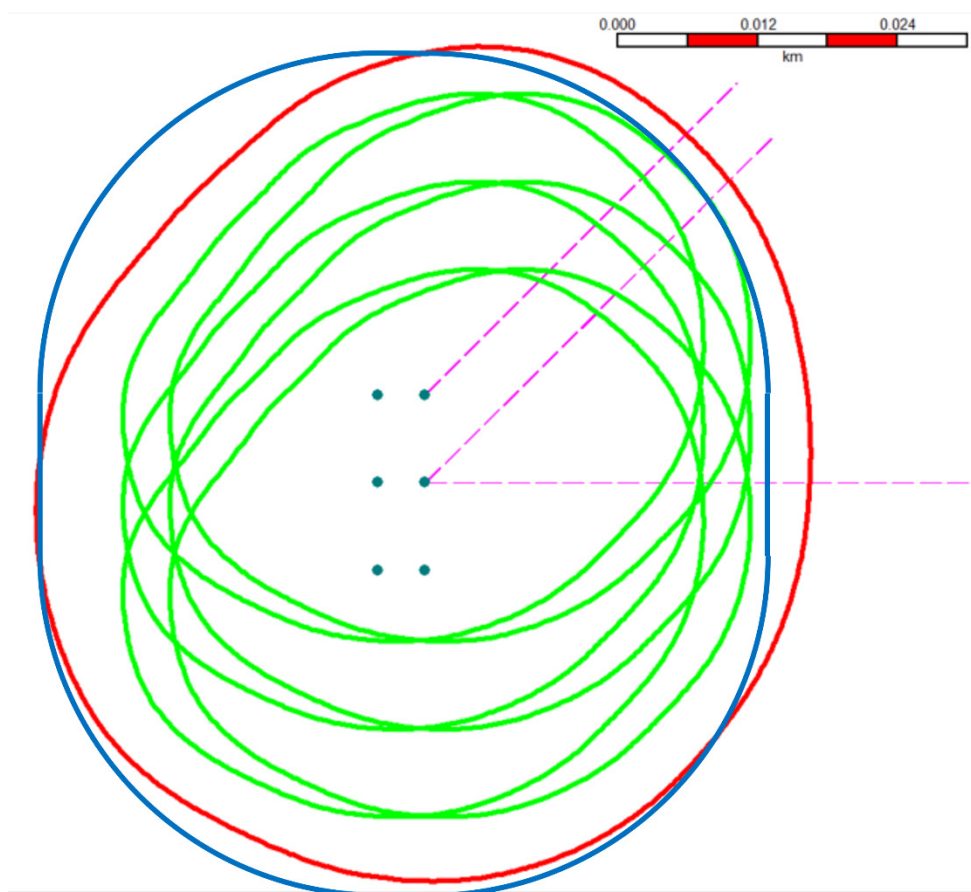


Figuur 5 De risk transect van een voorbeeldberekening voor een enkel EOS.

Naast de wiskundige onderbouwing dat de PR-contour van EOS-parken te benaderen is aan de hand van de individuele PR-contouren, is dit ook terug te zien in plots in Safeti-NL. Als voorbeeld zijn met Safeti-NL twee parken uitgerekend. Een park met zes EOS'en (Figuur 6) en met vijftien EOS'en (Figuur 7). Het formaat van een gemiddeld EOS is in de orde van enkele meters en er moet op een park een afstand van ten minste 1,5 m aangehouden worden tussen de EOS'en [4].

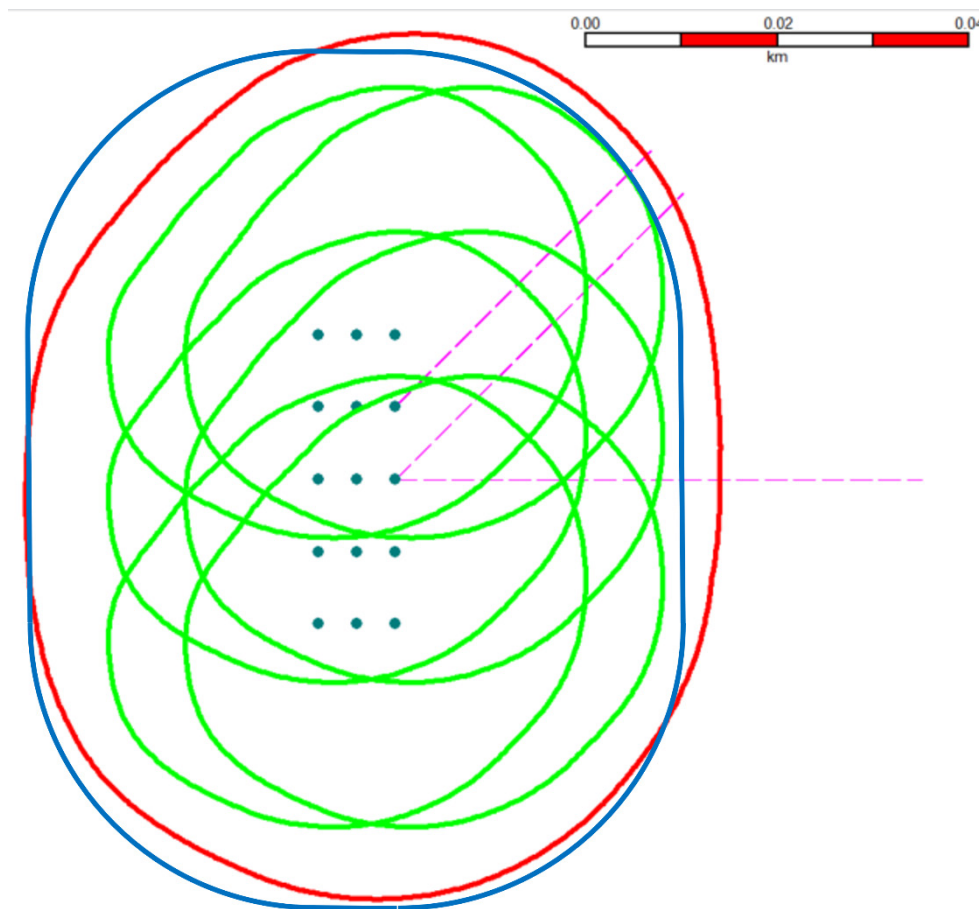
In onderstaande figuren is in rood de contour geplot wanneer in Safeti-NL de risico's van de enkele EOS'en worden opgeteld. In blauw is de contour geplot die volgt wanneer voor ieder EOS de bijbehorende vaste afstand uit de vaste-afstandstabellen wordt benut⁴. Alle vaste afstanden zijn berekend met gemiddeld Nederlands weer, waarbij de hoogste afstand wordt gevonden in de noordoostelijke richting. Het is te zien dat de blauwe contour, afhankelijk van de richting iets lager of hoger uitkomt dan de gesommeerde rode contour. Dit verschil beslaat enkele meters. Het verschil valt weg in de resolutie van de vaste-afstandstabellen waar afgerond is op vijftallen.

⁴ Dit is voordat deze afstand naar boven is afgerond, zodat de overlap met de groene contouren van de losse EOS'en duidelijker is.



De blauwe lijn toont de contour die volgt na gebruik van de vaste-afstandstabellen. De roze lijnen gaan naar het oosten of noordoosten en dienen als geleiding voor het oog. De risicoafstanden worden bepaald op basis van de afstand tussen de contour en het midden van het EOS in noordoostelijke richting. Ieder punt is de positie van het middelpunt van een EOS; ze liggen verticaal 7,5 m uit elkaar en horizontaal 4 m uit elkaar.

Figuur 6 GIS-weergave van de PR 10^{-6} jaar $^{-1}$ contouren bij een voorbeeldberekening voor een EOS-park met 6 EOS'en met in groen de contouren van een enkel EOS en in rood de contour wanneer de EOS'en gecumuleerd berekend worden.



De blauwe lijn toont de contour die volgt na gebruik van de vaste afstandstabellen. De rode lijnen gaan naar het oosten of noordoosten en dienen als geleiding voor het oog. De risicoafstanden worden bepaald op basis van de afstand tussen de contour en het midden van het EOS in noordoostelijke richting. Elk punt is de positie van het middelpunt van een EOS en liggen verticaal 7,5 m uit elkaar en horizontaal 4 m uit elkaar.

Figuur 7 GIS-weergave van de PR 10-6 jaar-1 contouren bij een voorbeeldberekening voor een EOS-park met 15 EOS'en, met in groen de contouren van een enkel EOS en in rood de contour wanneer de EOS'en gecumuleerd berekend worden.

7.1.4 Vaste-afstandstabellen EOS

Om gebruik te kunnen maken van de vaste afstandstabellen moet een EOS over een certificaat en testuitslag beschikken, een UL9540A test of gelijkwaardig, waaruit blijkt dat het EOS de testen voldoende heeft doorstaan om aan de eisen van het certificaat te voldoen. Voor een EOS dat niet gecertificeerd is, is rekenen noodzakelijk.

Voor EOS'en zijn drie tabellen afgeleid met meerdere afstandswaarden. Uit deze tabellen moeten de juiste waarden geselecteerd worden, passend bij het systeem. De gevonden afstand geldt vanaf het midden van het EOS.

Een EOS is een verzameling van rekken met batterijen die zich in een ruimte, gebouw of omgebouwde zeecontainer bevindt. De behuizing van een systeem/installatie is de grens van het systeem. Een EOS-park bestaat dus uit meerdere EOS'en. In het geval van een EOS-park wordt

iedere container/gebouw los behandeld. De gevonden afstand(en) geldt dan voor iedere container. Hierbij vindt geen optelling plaats.

Hieronder volgt een stappenplan om tot de selectie van de juiste waarden te komen:

1. Bepaal het type EOS en vindt de bijbehorende tabel. De andere tabellen zijn in dit geval niet van toepassing. Let op: de typen zijn niet gelijk aan de typicals in PGS 37-1.
 - a. Type A: dit betreft een stationair EOS dat betreedbaar is. Een EOS is betreedbaar als de interne vrije ruimte ten minste 1 m³ beslaat (Tabel 17).
 - b. Type B: dit betreft een stationair EOS dat niet betreedbaar is. Een EOS is niet betreedbaar als de interne vrije ruimte minder dan 1 m³ beslaat (Tabel 18).
 - c. Type C: dit betreft een mobiele EOS (Tabel 19).
2. Bepaal het veiligheidsniveau van het EOS. Selecteer hiermee de juiste set van 4 rijen uit de tabel.
 - a. Veiligheidsniveau 1: het EOS voldoet aan de minimale eisen van de PGS37-1.
 - b. Veiligheidsniveau 2: het EOS voldoet aan veiligheidsniveau 1 en heeft aanvullend daarop aantoonbare brandbeveiligingsvoorzieningen tegen brandpropagatie tussen racks. Dit is aantoonbaar wanneer het gesteld kan worden op basis van de NEN-EN-IEC 62933-5-2, UL9540A of gelijkwaardig, zoals aangegeven in maatregel 55 in de PGS37-1.
 - c. Veiligheidsniveau 3: het EOS voldoet aan veiligheidsniveau 1 en heeft aanvullend daarbij aantoonbare explosie preventievoorzieningen zoals aangegeven in maatregel 21 in de PGS37-1.
 - d. Veiligheidsniveau 4: het EOS voldoet aan alle eisen gesteld in veiligheidsniveau 1, 2 en 3.
3. Bepaal de capaciteit van het EOS en selecteer de bijbehorende rij. Rond hierbij waarden naar boven af wanneer de exacte waarde niet in de tabel staat. Ter herhaling: voor een EOS-park wordt gekeken naar de losse containers/gebouwen op het park om de capaciteit te bepalen. De capaciteit wordt bepaald bij een laadniveau van 100%. Let hierbij op het verschil tussen capaciteit (Wh/kWh/MWh) en vermogen (W/kW/MW).
4. Bepaal of het EOS LFP- of NMC-batterijen bevat. Wanneer dit onbekend is, neem dan de grootste afstanden per contour uit de volledige rij.
5. Lees de vaste afstanden GAG (gifwolkaandachtsgebied), EAG (explosieaandachtsgebied) en PR (de PR 10⁻⁶ per jaar-contour) af.
 - a. Type B-EOS'en hebben geen explosieaandachtsgebied.
 - b. Wanneer een Type C-EOS niet betreedbaar is, oftewel de interne vrije ruimte minder dan 1 m³ beslaat, heeft het EOS geen explosieaandachtsgebied.
 - c. Wanneer het een Type C-EOS betreft, kan de verblijfsduur van grote invloed zijn. Voor EOS'en met een verblijfstijd korter dan 12 dagen is de PR 10⁻⁶ per jaar-contour kleiner dan 10 m.

Tabel 17 Vaste afstanden voor type A-EOS'en met modules van maximaal 100 kWh en rekken van maximaal 500 kWh

Type A		LFP			NMC		
Veiligheids-niveau	Capaciteit (MWh)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)
1	5	90	20	15	60	20	10
	10	90	20	25	60	20	10
	30	90	20	35	60	20	10
	50	90	20	35	60	20	10
2	5	90	20	15	60	20	10
	10	90	20	25	60	20	10
	30	90	20	30	60	20	10
	50	90	20	35	60	20	10
3	5	90	20	20	60	20	5
	10	90	20	30	60	20	5
	30	90	20	35	60	20	5
	50	90	20	40	60	20	5
4	5	90	20	20	60	20	5
	10	90	20	30	60	20	5
	30	90	20	35	60	20	5
	50	90	20	40	60	20	5

In de tabel zijn het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van concentratie, het explosieaandachtsgebied (EAG) en de PR 10^{-6} jaar⁻¹ contour (PR) opgenomen.

Tabel 18 Vaste afstanden voor type B-EOS'en met modules van maximaal 100 kWh en rekken van maximaal 500 kWh

Type B		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Capaciteit (MWh)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
1	5	90	15	60	5
	10	90	25	60	5
	30	90	35	60	5
	50	90	35	60	5
2	5	90	15	60	5
	10	90	25	60	5
	30	90	30	60	5
	50	90	35	60	5
3	5	90	20	60	5
	10	90	30	60	5
	30	90	35	60	5
	50	90	40	60	5
4	5	90	20	60	5
	10	90	30	60	5
	30	90	35	60	5
	50	90	40	60	5

In de tabel zijn het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van concentratie en de PR 10^{-6} jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen.

Tabel 19 Vaste afstanden voor type C-EOS'en met modules van maximaal 100 kWh en rekken van maximaal 500 kWh

Type C		LFP			NMC		
Veiligheids-niveau	Capaciteit (MWh)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)
1	5	90	20	20	60	20	10
	10	90	20	25	60	20	10
	30	90	20	35	60	20	10
	50	90	20	40	60	20	10
2	5	90	20	20	60	20	10
	10	90	20	25	60	20	10
	30	90	20	35	60	20	10
	50	90	20	40	60	20	10
3	5	90	20	25	60	20	10
	10	90	20	30	60	20	10
	30	90	20	40	60	20	10
	50	90	20	40	60	20	10
4	5	90	20	25	60	20	10
	10	90	20	30	60	20	10
	30	90	20	40	60	20	10
	50	90	20	40	60	20	10

In de tabel zijn het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van concentratie, het explosieaandachtsgebied (EAG) en de PR 10^{-6} jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen.

7.2 Vaste afstandstabellen opslagen van batterijen

In deze paragraaf worden tabellen weergegeven met vaste afstanden voor typische uitvoeringen van opslagen van lithiumhoudende batterijen. Deze afstanden zijn conservatief afgeleid en kunnen worden gehanteerd al alternatief voor het berekenen van de effecten en risico's zoals in dit rapport is beschreven.

De vaste-afstandstabellen zijn opgesteld voor opslagen met brandcompartimenten van maximaal 2500 m². De tabellen kunnen niet worden toegepast op opslagen met grotere brandcompartimenten. Als er meer brandcompartimenten zijn gelden de afstanden voor ieder brandcompartiment apart.

In de vaste-afstandstabellen is de '*2,54 x LBW outdoor*'-methode gehanteerd om tot de gifwolkaandachtsgebieden te komen. Alle contouren worden gemeten vanaf het midden van het brandcompartiment. In paragraaf 7.3 worden de berekeningen herhaald op basis van de '*Indoor LBW-dose*' methode.

7.2.1 Mogelijke verschillen tussen berekeningen en vaste-afstandstabellen

Er kunnen verschillen bestaan tussen de waarden in de vaste-afstandstabellen en de uitkomsten wanneer voor een specifieke casus gerekend wordt. Dergelijke verschillen zijn het gevolg van de stapeling van conservatieve aannamen in de vaste-afstandstabellen. Bij het opstellen van de vaste afstandstabellen zijn telkens de meest conservatieve keuzen gemaakt en zijn de conservatieve parameters uit de rekenmethode gehanteerd. De stapeling van conservatieve

aannames in de vaste afstandstabellen is nodig om de veiligheid van het gebruik van deze tabellen voor iedere casus te garanderen.

Daarnaast speelt mee dat de technologie van lithiumhoudende energiedragers relatief nieuw is. Daardoor kan het voorkomen dat door technologische ontwikkelingen zelf afgeleide parameters afwijken van de waarden die zijn gehanteerd voor het opstellen van de tabellen.

7.2.2 *Afkapgrenzen vaste-afstandstabellen opslagen*

Voor de afkapgrenzen bij de vaste-afstandstabellen voor opslagen van lithiumhoudende batterijen is een aantal aannames gedaan. Er is uitgegaan van een energiedichtheid van 220 Wh kg^{-1} voor NMC- en 160 Wh kg^{-1} voor LFP-batterijen. Dit zijn typische, maximale waarden voor de energiedichtheid van deze type batterijen. Voor het berekenen van het totaal aantal cellen is uitgegaan van een NMC-cel (pouch) van 227 Wh cel^{-1} [1].

In dit onderdeel wordt, wanneer een gewicht genoemd wordt, uitsluitend de massa van de batterijen bedoeld. Wanneer de batterij zich in een product bevindt, zoals bijvoorbeeld in een fiets, auto of laptop, telt alleen de batterij; het gewicht van het product telt niet mee. Er kan ook met de capaciteit van de opgeslagen batterijen gerekend worden, zoals uitgelegd in stap 3 in paragraaf 6.2.3.

Voor de opslageenheden is uitgegaan van een maximale belading van een pallet van 1.000 kg. Voor brandcompartimenten is een maximum van 2.500 m^2 aangehouden (PGS37-2). Aangenomen wordt dat, in het maximum van 4,6 m hoog stapelen, drie volgeladen pallets verticaal kunnen voorkomen (maatregel 22, PGS 37-2). Een opslagvak bedraagt maximaal 300 m^2 (maatregel 38, PGS 37-2). Daaromheen loopt een gangpad van minstens 3,5 m. Dan wordt aangenomen dat er per 21 m bij 21 m (441 m^2) 714 pallets aanwezig kunnen zijn: voor afmetingen van 1 m bij 1,2 m, 3 hoog gestapeld in een vak van ongeveer 17 m bij 17 m (289 m^2) passen er 17 pallets in de breedte en 14 in de lengte. $14 \times 17 \times 3 = 714$ pallets.

In een brandcompartiment zullen zich, naar verwachting, maximaal 5 van dit soort vakken bevinden; oftewel 3.570 pallets. Als deze alle vol beladen zijn, is er in een opslagvak 3.570.000 kg aan batterijen aanwezig. Dit is, afgerond naar beneden gehanteerd als maximale opslagcapaciteit van een brandcompartiment. Als er meer batterijen opgeslagen worden in een brandcompartiment, is een doorrekening noodzakelijk.

Voor de hoogte van het gebouw bestaat er geen eenduidig conservatieve keuze. Om die reden wordt uitgegaan van een gebouw met een hoogte van 17 m, het gemiddelde van 8 m en 25 m [19]. Dit zal niet in alle gevallen de meest conservatieve optie zijn. Echter zijn de andere keuzen die zijn gemaakt voor deze tabellen conservatief waardoor de waarden in de tabellen nog steeds als conservatief gezien kunnen worden. Voor het oppervlak wordt 50 m bij 50 m gehanteerd. Een ventilatie van 10 verversingen per uur is gehanteerd (maatregel 73 uit PGS37-2) [5].

In alle gevallen is het maximum voor de opgeslagen capaciteit per vierkante meter ($1,04 \times 10^5 \text{ Wh m}^{-2}$) aangehouden. De berekeningen of opmenging in de lijwervel of pluimstijging optreedt is op twee significante cijfers afgerond voordat de vergelijking met het brandoppervlak is gemaakt.

7.2.3

Vaste-afstandstabellen opslagen van lithiumhoudende energiedragers

Voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers zijn drie tabellen afgeleid met meerdere afstandswaarden. Uit deze tabellen moeten de juiste waarden geselecteerd worden, passend bij de opslag. De gevonden afstand geldt vanaf het exacte centrum van een brandcompartiment. Wanneer een opslag meerdere brandcompartimenten bevat, gelden de afstanden voor ieder brandcompartiment afzonderlijk, hierbij vindt geen optelling plaats. De afstanden gelden alleen voor de brandcompartimenten waar lithiumhoudende energiedragers worden opgeslagen.

Hier volgt een stappenplan om tot de selectie van de juiste waarden te komen:

1. Bepaal het type opslag en vindt de bijbehorende tabel. De andere tabellen zijn in dit geval niet van toepassing. Let op: de typen zijn niet gelijk aan de typicals in de PGS37-2. Wanneer meerdere typen van toepassing zijn, moet uitgegaan worden van het type waarbij de grootste afstanden gevonden worden.
 - a. Type A: dit betreft een opslag met nieuwe en/of remanufactured (technisch nieuwe) energiedragers (Tabel 20).
 - b. Type B: dit betreft een opslag met gebruikte/in gebruik zijnde energiedragers en refurbished energiedragers (Tabel 21).
 - c. Type C: dit betreft een opslag met afgedankte energiedragers (Tabel 22).
2. Bepaal het veiligheidsniveau van de opslag. Selecteer hiermee de juiste set van 3 rijen uit de tabel.
 - a. Veiligheidsniveau 1: de opslag voldoet aan de minimale eisen van de PGS 37-2.
 - b. Veiligheidsniveau 2: de opslag voldoet aan veiligheidsniveau 1 en heeft aanvullend daarop een CCV-certificatie, zoals aangegeven in PGS 37-2. Uit het certificaat moet duidelijk blijken dat er een vast opgesteld brandbeheersings- en brandblussysteem is die de brand tot een oppervlak van ten hoogste het brandcompartiment kan beperken.
 - c. Veiligheidsniveau 3: de opslag voldoet aan veiligheidsniveau 1 en heeft aanvullend daarbij een CCV-certificatie, zoals aangegeven in PGS 37-2. Uit het certificaat moet duidelijk blijken dat er een vast opgesteld brandbeheersings- en brandblussysteem is die de brand tot een oppervlak van ten hoogste één opslagvak kan beperken.
3. Bepaal het gewicht aan opgeslagen lithiumhoudende energiedragers per brandcompartiment. Het gewicht betreft hier alleen de batterij, het gewicht van de producten waarin de batterij zich bevindt wordt niet meegenomen. Selecteer de passende rij in de tabel, rond hierbij waarden naar boven af wanneer de exacte waarde niet in de tabel staat. Eventueel kan de capaciteit worden gebruikt:

- a. voor NMC batterijen: gebruik de energiedichtheid van 220 Wh kg⁻¹ om het gewicht aan batterijen te bepalen;
 - b. voor LFP batterijen: gebruik de energiedichtheid van 160 Wh kg⁻¹ om het gewicht aan batterijen te bepalen;
 - c. bij een mix van batterijen, of andere soorten batterijen: gebruik de energiedichtheid van 160 Wh kg⁻¹ om het gewicht aan batterijen te bepalen.
4. Bepaal of de opslag LFP- of NMC-batterijen bevat. Wanneer dit onbekend is, of gemengd, neem dan de grootste afstanden per contour uit de volledige rij.
 5. Lees de vaste afstanden GAG (gifwolkaandachtsgebied) en PR (de PR 10⁻⁶ per jaar-contour) af.

Tabel 20 Vaste afstanden voor brandcompartimenten in type A-opslagen van lithiumhoudende energiedragers van maximaal 2500 m². In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van concentratie en de PR 10⁻⁶ jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen.

Type A		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Opslag (ton)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
1	10	760	35	120	20
	50	760	130	120	30
	100	760	150	120	40
	500	760	170	120	75
	1000	760	180	120	90
	3500	760	195	120	110
2	10	760	70 ^a	120	5
	50	760	105	120	10
	100	760	115	120	15
	500	760	145	120	40
	1000	760	160	120	60
	3500	760	190	120	70
3	10	760	5	120	0
	50	760	10	120	10
	100	760	45	120	15
	500	760	110	120	25
	1000	760	135	120	30
	3500	760	160	120	55

- a) De afstand voor 10 ton bij veiligheidsniveau 2 is hoger dan bij veiligheidsniveau 1 ten gevolge van het feit dat pluimstijging minder vaak voorkomt. In deze specifieke casus is dit effect exact te zien rondom de 10⁻⁶ jaar⁻¹ grens.

Tabel 21 Vaste afstanden voor brandcompartimenten in type B-opslagen van lithiumhoudende energiedragers van maximaal 2500 m². In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van concentratie en de PR 10⁻⁶ jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen.

Type B		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Opslag (ton)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
1	10	760	140	120	35
	50	760	165	120	60
	100	760	170	120	75
	500	760	190	120	105
	1000	760	605	120	115
	3500	760	925	120	120
2	10	760	110	120	10
	50	760	135	120	20
	100	760	145	120	45
	500	760	180	120	70
	1000	760	195	120	75
	3500	760	215	120	90
3	10	760	15	120	10
	50	760	85	120	20
	100	760	110	120	25
	500	760	155	120	50
	1000	760	165	120	65
	3500	760	185	120	90

Tabel 22 Vaste afstanden voor brandcompartimenten in type C opslagen van lithiumhoudende energiedragers van maximaal 2500 m². In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van concentratie en de PR 10⁻⁶ jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen.

Type C		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Opslag (ton)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
1	10	760	155	120	45
	50	760	175	120	75
	100	760	180	120	90
	500	760	605	120	115
	1000	760	810	120	115
	3500	760	1060	120	120
2	10	760	120	120	15
	50	760	145	120	45
	100	760	160	120	60
	500	760	195	120	75
	1000	760	210	120	75
	3500	760	240	120	100
3	10	760	60	120	15
	50	760	115	120	25
	100	760	135	120	30
	500	760	165	120	65

Type C		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Opslag (ton)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
	1000	760	175	120	75
	3500	760	190	120	100

7.3 Meest recente wetenschappelijke inzichten

De tabellen in paragrafen 6.1 en 6.2 zijn opgesteld met de voorgeschreven parameters voor de probitwaarden van stoffen. Ook is hiervoor de 2,54xLBW methode toegepast om het gifwolkaandachtsgebied af te leiden. Voor beide zijn recentere wetenschappelijke inzichten beschikbaar.

Voor de probitwaarden zijn door een toetsgroep probitrelaties nieuwe waarden vastgesteld [24, 25]. Voor het bepalen van het gifwolkaandachtsgebied is een nieuwe methode afgeleid op basis van de dosis binnenshuis, de '*Indoor LBW dose*'. Hierdoor kunnen verschillen ontstaan in het gifwolkaandachtsgebied en de PR 10^{-6} jaar⁻¹ contouren.

De contouren voor het gifwolkaandachtsgebied zijn voor alle waarden die in de tabellen voorkomen onafhankelijk van de keuze gemaakt voor de probitwaarden. Deze kunnen dus ook benut worden als ervoor gekozen wordt om alleen de nieuwe methode voor het gifwolkaandachtsgebied te benutten, maar de oude probitwaarden te hanteren.

In deze paragraaf zijn bovenstaande tabellen nogmaals weergegeven maar nu gevuld aan de hand van berekeningen op basis van de '*Indoor LBW dose*' en gebruik makend van de recenter afgeleide probitwaarden.

De gifwolkaandachtsgebieden met de '*Indoor LBW dose*'-methode zijn significant kleiner voor EOS'en dan de aandachtsgebieden die berekend worden met de 2,54xLBW dosis. Dit komt door de relatief korte tijdsduur van de scenario's bij EOS'en.

*Tabel 23 Vaste afstanden voor type A-EOS'en met modulen van maximaal 100 kWh en rekken van maximaal 500 kWh. In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van de '*Indoor LBW dose*', het explosieaandachtsgebied (EAG) en de PR 10^{-6} jaar⁻¹ contour (PR) opgenomen. Deze zijn berekend met behulp van de probitwaarden afgeleid door de toetsgroep.*

Type A		LFP			NMC		
Veiligheids-niveau	Capaciteit (MWh)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)
1	5	20	20	15	10	20	10
	10	20	20	25	10	20	10
	30	20	20	35	10	20	10
	50	20	20	40	10	20	10
2	5	20	20	15	10	20	10
	10	20	20	20	10	20	10
	30	20	20	35	10	20	10
	50	20	20	40	10	20	10
3	5	20	20	20	10	20	5

Type A		LFP			NMC		
Veiligheids-niveau	Capaciteit (MWh)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)
	10	20	20	30	10	20	5
	30	20	20	40	10	20	10
	50	20	20	40	10	20	10
4	5	20	20	20	10	20	5
	10	20	20	30	10	20	5
	30	20	20	40	10	20	5
	50	20	20	40	10	20	10

Tabel 24 Vaste afstanden voor type B-EOS'en met modules van maximaal 100 kWh en rekken van maximaal 500 kWh. In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van de 'Indoor LBW dose' en de PR 10^{-6} jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen. Deze zijn berekend met behulp van de probitwaardes afgeleid door de toetsgroep.

Type B		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Capaciteit (MWh)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
1	5	20	15	10	5
	10	20	25	10	5
	30	20	35	10	5
	50	20	40	10	5
2	5	20	15	10	5
	10	20	20	10	5
	30	20	35	10	5
	50	20	40	10	5
3	5	20	20	10	5
	10	20	30	10	5
	30	20	40	10	10
	50	20	40	10	10
4	5	20	20	10	5
	10	20	30	10	5
	30	20	40	10	5
	50	20	40	10	10

Tabel 25 Vaste afstanden voor type-C EOS'en met modules van maximaal 100 kWh en rekken van maximaal 500 kWh. In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van de 'Indoor LBW dose', het explosieaandachtsgebied (EAG) en de PR 10^{-6} jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen. Deze zijn berekend met behulp van de probitwaardes afgeleid door de toetsgroep.

Type C		LFP			NMC		
Veiligheids-niveau	Capaciteit (MWh)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)	GAG (m)	EAG (m)	PR (m)
1	5	20	20	20	10	20	10
	10	20	20	30	10	20	10
	30	20	20	35	10	20	10
	50	20	20	40	10	20	10
2	5	20	20	20	10	20	10
	10	20	20	25	10	20	10
	30	20	20	35	10	20	10
	50	20	20	40	10	20	10
3	5	20	20	25	10	20	10
	10	20	20	30	10	20	10
	30	20	20	40	10	20	10
	50	20	20	45	10	20	10
4	5	20	20	25	10	20	10
	10	20	20	30	10	20	10
	30	20	20	40	10	20	10
	50	20	20	45	10	20	10

Tabel 26 Vaste afstanden voor brandcompartimenten in type A-opslagen van lithiumhoudende energiedragers van maximaal 2500 m². In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van de 'Indoor LBW dose' en de PR 10^{-6} jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen.

Type A		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Opslag (ton)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
1	10	1085	35	145	20
	50	1085	125	145	35
	100	1085	150	145	40
	500	1085	195	145	60
	1000	1085	210	145	65
	3500	1085	805	145	75
2	10	1085	65 ^a	145	5
	50	1085	105	145	10
	100	1085	125	145	15
	500	1085	190	145	25
	1000	1085	235 ^a	145	35
	3500	1085	315	145	50
3	10	1085	5	145	0
	50	1085	15	145	10
	100	1085	15	145	15
	500	1085	110	145	25
	1000	1085	140	145	35

Type A		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Opslag (ton)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
	3500	1085	180	145	50

- a) De afstand voor 10 ton en 1000 ton bij veiligheidsniveau 2 is hoger dan bij veiligheidsniveau 1 als gevolg van het minder voorkomen van pluimstijging. In deze specifieke casus is dit effect exact te zien rondom de 10^{-6} jaar⁻¹-grens.

Tabel 27 Vaste afstanden voor brandcompartimenten in type B-opslagen van lithiumhoudende energiedragers van maximaal 2500 m². In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van de 'Indoor LBW dose' en de PR 10^{-6} jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen.

Type B		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Opslag (ton)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
1	10	1085	140	145	35
	50	1085	180	145	50
	100	1085	195	145	60
	500	1085	595	145	75
	1000	1085	975	145	80
	3500	1085	1595	145	80
2	10	1085	115	145	10
	50	1085	160	145	20
	100	1085	195	145	25
	500	1085	290	145	45
	1000	1085	335	145	50
	3500	1085	395	145	65
3	10	1085	15	145	10
	50	1085	85	145	20
	100	1085	115	145	25
	500	1085	170	145	45
	1000	1085	195	145	50
	3500	1085	250	145	65

Tabel 28 Vaste afstanden voor brandcompartimenten in type C-opslagen van lithiumhoudende energiedragers van maximaal 2500 m². In de tabel is het gifwolkaandachtsgebied (GAG) op basis van de 'Indoor LBW dose' en de PR 10⁻⁶ jaar⁻¹-contour (PR) opgenomen.

Type C		LFP		NMC	
Veiligheids-niveau	Opslag (ton)	GAG (m)	PR (m)	GAG (m)	PR (m)
1	10	1085	160	145	45
	50	1085	195	145	60
	100	1085	215	145	65
	500	1085	975	145	80
	1000	1085	1305	145	80
	3500	1085	1965	145	85
2	10	1085	135	145	15
	50	1085	195	145	25
	100	1085	235 ^a	145	35
	500	1085	335	145	50
	1000	1085	370	145	60
	3500	1085	515	145	70
3	10	1085	55	145	15
	50	1085	115	145	25
	100	1085	140	145	35
	500	1085	195	145	50
	1000	1085	220	145	60
	3500	1085	295	145	70

- a) De afstand voor 100 ton bij veiligheidsniveau 2 is hoger dan bij veiligheidsniveau 1 als gevolg van het minder voorkomen van pluimstijging. In deze specifieke casus is dit effect exact te zien rondom de 10⁻⁶ jaar⁻¹-grens.

8 Bijlage 2 Begeleidingscommissie

8.1 Samenstelling begeleidingscommissie

Bij het opstellen van de rekenmethode is een begeleidingscommissie betrokken. De volgende personen hebben deelgenomen aan de begeleidingscommissie:

Persoon	Organisatie
Thed van Harn	Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
Henk Brans	Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
Arie van den Berg	Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond
Henry Hiltjesdam	Omgevingsdienst Flevoland, Gooi en Vechtstreek
Julien le Roy	DCMR Milieudienst Rijnmond
Jos van de Burgt	DNV
Rudy Bos	Omgevingsdienst Midden- en West Brabant
George Rutten	Oostkracht 10
Sascha Schmitter	Energy Storage NL
Pascal Smetzers	Evofenedex

8.2 Verslag overleg begeleidingscommissie

Op 2 oktober 2024 heeft het RIVM in een overleg met de begeleidingscommissie de concept-rekenmethode en een aantal specifieke vragen hierover besproken. Hieronder volgt het bespreekdocument met de vragen en overwegingen die aan de begeleidingscommissie zijn voorgelegd. In het document is tevens beknopt weergegeven wat de reactie van de begeleidingscommissie was en hoe het RIVM dit vervolgens in de rekenmethode heeft verwerkt.

8.2.1 Algemeen

In de rekenmethode beoogt het RIVM gebruik te maken van het rekenprogramma Safeti-NL. Safeti-NL is ontwikkeld voor risicoberekeningen met uitstroom uit vaten of buisleidingen. Het is minder geschikt voor berekeningen aan dampende/brandende gebouwen met een verwaarloosbaar drukverschil ten opzichte van buiten. De wens is echter om voor omgevingsveiligheid te consolideren naar één rekenpakket, wat Safeti-NL de voorkeursoptie maakt. Het RIVM is parallel hieraan bezig met een vergelijking tussen de uitkomsten van Safeti-NL en van modellen die mogelijk meer geschikt zijn voor deze situatie (OPS⁵). Het RIVM heeft het gebruik van Safeti-NL ook voorgelegd aan experts van INERIS (Frans onderzoeksinstituut dat een vergelijkbare rol heeft als het RIVM). Zij konden zich vinden in het gebruik van een op PHAST gebaseerd model als Safeti-NL. Het RIVM stelt daarom voor om Safeti-NL als rekenmodel te gebruiken in de rekenmethode. De wijze van invoeren zal dan vergelijkbaar zijn met wat beschreven is in het RIVM-briefrapport 2024-0012. Voor het explosierisico blijft een handmatige berekening noodzakelijk, omdat hiervoor geen goede methode beschikbaar is in Safeti-NL.

⁵ <https://www.rivm.nl/operationele-prioritaire-stoffen-model>

Vraag 1: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in het gebruik van Safeti-NL als rekenmodel in de rekenmethode voor het berekenen van de giftige effecten en risico's?

De begeleidingscommissie gaf aan in principe voorkeur te hebben voor zo min mogelijk variatie in modellen. Daarentegen is het zo dat als een ander model echt betere resultaten geeft, dat model de voorkeur heeft.

Tevens werd aangegeven dat het explosierisico handmatig bepaald moet worden, waardoor er toch twee systemen naast elkaar bestaan. Het RIVM gaf aan dat dit klopt, maar dat het aantal systemen waarbij een explosie kan plaatsvinden beperkt is. Het gaat hierbij vooral om de mobiele EOS'en. Dit zijn echter wel de systemen die in woonwijken worden geplaatst.

Op basis van het overleg met de begeleidingscommissie is het RIVM verder gegaan met de vergelijking tussen Safeti-NL en OPS. Uiteindelijk is besloten dat Safeti-NL voldoende betrouwbare resultaten geeft om er de risicoberekeningen voor lithiumhoudende energiedragers mee uit te voeren.

De begeleidingscommissie stelde tevens de vraag waarom de term 'lithiumhoudend' gebruikt wordt in plaats van 'lithiumion-houdend'. Het RIVM gaf hierop aan dat voor de eenduidigheid is aangesloten bij de term uit de PGS 37-1 en 37-2.

Er zijn veel parameters betrokken bij deze rekenmethode. In het RIVM-briefrapport 2024-0012 zijn twee statistieken afgeleid: het 50 percentiel (P50) en het 95 percentiel (P95). Het RIVM adviseert het ministerie uit te gaan van het 50 percentiel, hoewel deze minder conservatief is. Bij een conservatieve schatting (P95) geldt dat de conservativiteit optelt door de vele parameters. Daarnaast is de P95 gevoeliger voor uitschieters in kleine datasets. Dat is ook hier het geval. In de rekenmethode worden meerdere conservatieve aannames gedaan die onafhankelijk zijn van de keuze in statistische centrumwaarde. Daarmee verwacht het RIVM dat risico- en effectberekeningen met de P50 alsnog conservatief zijn.

Vraag 2: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in het advies om de minder conservatieve P50 aan te houden bij de verschillende parameters?

De reactie van de begeleidingscommissie op dit punt was verdeeld. Een deel van de begeleidingscommissie ging mee in het advies om de P50 te hanteren. Het belangrijkste argument hiervoor is de opeenstapeling van conservatieve aannames, waardoor het geheel wellicht te conservatief wordt. Een ander deel van de begeleidingscommissie gaf juist aan liever aan te sluiten bij de meest conservatieve keuze (P95), omdat de systemen ook in woonwijken en dus mogelijk dichtbij woningen worden geplaatst.

De te hanteren statistiek is een beleidskeuze. Op basis van de reactie van de begeleidingscommissie is de keuze opnieuw voorgelegd aan

IenW. Hierbij zijn de argumenten van de begeleidingscommissie weergegeven, is een vergelijking gemaakt met andere rekenmethoden en de onzekerheden die daar inzitten en zijn consequenties van de keuze weergegeven door voorbeeldberekeningen, zodat het ministerie een meer onderbouwde keuze kan maken. Het ministerie heeft er uiteindelijk voor gekozen om de P50 te hanteren.

In overleg met het NIPV is het brandbare gasmengsel, dat gebruikt wordt voor de berekening van het explosierisico, afgestemd om tot een '*realistic worst-case*'-mengsel te komen. Dit mengsel is gebaseerd op de literatuur en komt wat betreft de '*upper explosion limit*' (UEL) beter overeen met wat in de meeste literatuur gevonden wordt. Dit mengsel beoogt niet een chemisch realistische weergave te zijn van batterijgas, maar om het brandgedrag zo goed mogelijk te beschrijven. Dit mengsel is weergegeven in Tabel 29.

Tabel 29 Brandbare gasmengsel voor explosierisico

Brandbaar gas	LFP (v%)	NMC (v%)
Waterstof	45	45
Methaan	0	14
Ethaan	23,1	7
Ethyleen	13,7	7
CO	18,2	27
Explosiegrenzen	LFP (v%)	NMC (v%)
LEL	3,9	4,7
UEL	32,4	37,7

Vraag 3: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in het gebruik van dit gasmengsel om de explosieve energie-inhoud af te leiden voor het berekenen van explosie-effecten en -risico's?

De begeleidingscommissie gaf aan dat er ook veel CO₂ vrijkomt bij batterijbranden. Het RIVM is zich daarvan bewust, maar conservatief wordt er vanuit gegaan dat CO₂ het gebouw uitgaat en het achterblijvende mengsel volledig explosief is.

Bovendien gaf de begeleidingscommissie aan dat met dit gasmengsel de samenstelling onafhankelijk wordt van de 'state of charge' (SoC). Het RIVM bevestigde dit. Het is bekend dat dit niet realistisch is, maar aan de hand van literatuur is er geen goed onderscheid te maken in verschillende gasmengsels op basis van de state of charge. Worst-case is daarom voor dit mengsel gekozen.

Na de nadere uitleg gaf de begeleidingscommissie aan dat ze zich kan vinden in dit gasmengsel. Dit gasmengsel zal dan ook in de rekenmethode worden toegepast.

De batterijtechnologie is nog volop in ontwikkeling en er komen steeds meer, of betere, veiligheidssystemen. Dergelijke veiligheidssystemen worden onderdeel van de faalfrequentie-afleiding. Dit gebeurt ofwel door de veiligheidssystemen direct in de faalfrequentie te verwerken, ofwel door de optie om de faalfrequentie achteraf te reduceren. Het RIVM gaat

er dan vanuit dat effecten niet kleiner worden als gevolg van de veiligheidssystemen, alleen de kans. Hierdoor zullen de aandachtsgebieden dus niet wijzigen als gevolg van veiligheidssystemen.

Vraag 4: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in deze omgang met de effecten van veiligheidssystemen?

De begeleidingscommissie gaf aan dat er normaal gesproken in de rekenmethoden vanuit gegaan wordt dat de best beschikbare techniek is toegepast. In dit geval zou dat betekenen dat batterijen voldoen aan PGS 37 en dus ook aan de veiligheidsmaatregelen die daarin worden genoemd. Het RIVM gaf daarop aan dat er gekeken wordt naar een basis-faalfrequentie voor systemen die voldoen aan de PGS 37. Die basis-faalfrequentie kan nog worden aangepast aan de hand van aanvullende veiligheidssystemen, bovenop de PGS.

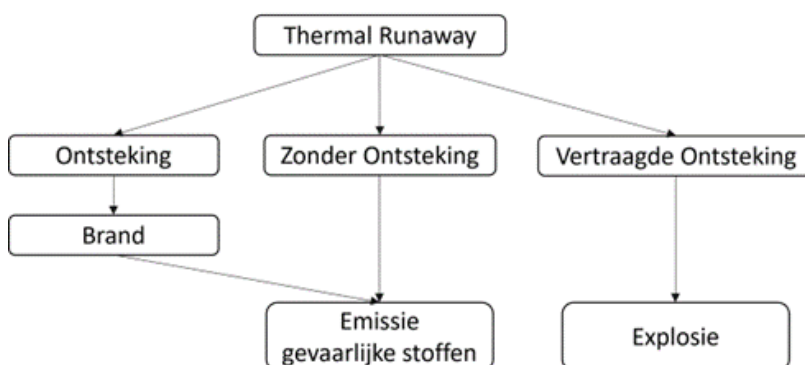
Na deze nadere uitleg gaf de begeleidingscommissie aan zich te kunnen vinden in het meenemen van veiligheidsmaatregelen in de faalfrequenties.

Daarnaast gaf de begeleidingscommissie aan dat EOS'en nog sterk in ontwikkeling zijn. Daarop werd de vraag gesteld of de rekenmethode dynamisch is. Het RIVM gaf hierop aan dat de vaste-afstandstabellen niet dynamisch zullen zijn. De rekenmethode is dynamischer. In de rekenmethode wordt aangegeven dat in overleg met het bevoegd gezag afgeweken mag worden van de PGS'en, maar dat de rekenmethode dan niet is gevalideerd. In dit geval is het aan de opsteller van de risicoanalyse, in samenspraak met het bevoegd gezag, om te bepalen hoe de risico's berekend moeten worden.

8.2.2

EOS'en specifiek

Voor EOS'en willen we de volgende scenarioboom hanteren:



Figuur 8 Scenarioboom voor EOS'en

Deze scenarioboom is vergelijkbaar met die in het RIVM-briefrapport 2024-0012, nu wordt echter ook de wolk met giftige stoffen tijdens een brand meegenomen, wat in het briefrapport niet is gedaan. De route vertraagde ontsteking, explosie wordt alleen gevolgd voor betreedbare (mobiele) EOS'en. Het RIVM wil in de definities vaststellen dat een EOS

betreedbaar is wanneer het interne vrije volume minstens 1 m³ (1000 L) is. Dit komt overeen met een ruimte van 0,5m bij 1m bij 2m. Bij lagere volumes wordt ervan uitgegaan dat het explosierisico dusdanig klein is, dat dit geen groot effect meer heeft op de omgeving.

Vraag 5: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in de scenarioboorn?

Uit de begeleidingscommissie kwam de reactie dat als er vanuit gegaan wordt dat een explosie geen risico vormt bij niet-betreedbare EOS'en omdat de contour kleiner is dan bij een gifwolk, er ook geen explosieaandachtsgebied wordt berekend. Het RIVM gaf hierop als reactie dat dit klopt. Het explosierisico van een niet-betreedbaar EOS is dusdanig beperkt dat pas bij een geheel EOS-park een explosieaandachtsgebied berekend wordt en er dan sprake is van een afstand van 3-5 m. Dit valt binnen de begrenzing van het park. Aldus kan gesteld worden dat het explosierisico voor niet-betreedbare EOS'en niet relevant is voor omgevingsveiligheid.

Na de nadere uitleg gaf de begeleidingscommissie aan dat ze zich kon vinden in de scenarioboorn. In de rekenmethode zal deze scenarioboorn dan ook gehanteerd worden. Tevens wordt de reden waarom het explosierisico voor niet-betreedbare EOS'en niet relevant is, opgenomen in de toelichting.

Vraag 6: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in de begrenzing van 1 m³ vrije ruimte voor het explosierisico?

Uit de begeleidingscommissie kwam de vraag of het er bij de begrenzing om gaat dat er een persoon het EOS in kan. Het RIVM gaf ter verduidelijking aan dat het er om gaat dat er een dusdanige vrije ruimte in het EOS aanwezig is dat er een persoon in zou passen, zodat er ruimte is waar gas zich kan opbouwen. Ook de ruimte boven de rekken telt dus mee.

Na de nadere uitleg gaf de begeleidingscommissie aan dat ze zich kan vinden in deze aanname. In de rekenmethode wordt de begrenzing van 1m³ vrije ruimte voor het explosierisico dan ook gehanteerd. Tevens wordt hierbij duidelijk aangegeven dat het om de totale vrije ruimte gaat waarin zich gas kan opbouwen.

In het RIVM-briefrapport 2024-0012 zijn waar mogelijk parameters afgeleid voor verschillende SoC. Dit onderscheid is gemaakt op 50% en 100% SoC. EOS'en kunnen zich echter op allerlei laadniveaus bevinden, afhankelijk van onder andere de rol die ze spelen in het stroomnet. De risico's van een EOS zijn afhankelijk van dit laadniveau. Het RIVM beoogt in de rekenmethode op te nemen om de risico's en effecten uit te rekenen verdeeld over de tijd dat het EOS zich bevindt op bepaalde laadniveaus. Dit wil het RIVM doen door de laadniveaus vast te stellen op <75% SoC en ≥75% SoC. Ook beschrijft het RIVM wat te doen als de laadniveau-verdeling over de tijd niet bekend is.

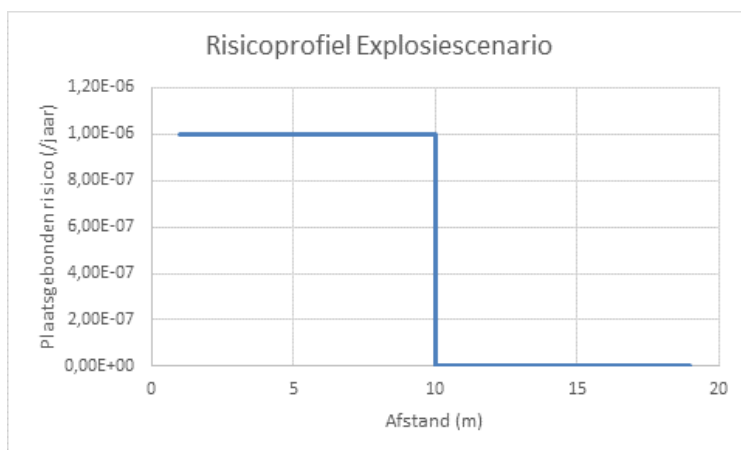
Vraag 7: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in het onderscheid maken op laadniveau?

De begeleidingscommissie gaf aan dat met het onderscheid in laadniveau flink wordt afgeweken van de werkwijze in andere rekenmethoden. Bij andere rekenmethoden mag alleen met andere vulgraden dan volledig gevuld gerekend worden als dat in de vergunning geregeld is. Ook voor batterijen zou er dus van uitgegaan moeten worden dat alleen met een andere SoC dan de meest conservatieve waarde gerekend mag worden als deze SoC in de vergunning is vastgelegd.

Ook werd aangegeven dat een EOS in gebruik meerdere keren per dag vol of leeg kan zijn. Leeg is daarbij nooit 0% en vol nooit 100% (eerder 95%). Daarnaast zijn er opslagen van mobiele systemen, waar de systemen nagenoeg leeg zijn, dus waarbij een lagere SoC gehanteerd zou kunnen worden, nog veel lager dan 75%. Daarentegen zijn er ook voorbeelden van opslagen voor het verhuur van EOS'en waar juist volgeladen EOS'en opgeslagen staan.

Op basis van de discussie heeft het RIVM besloten in de rekenmethode uit te gaan van één waarde voor de uitgassnelheid en het uitgasvolume, onafhankelijk van de *state of charge*. Aangezien het per type batterij afhankelijk is welke SoC conservatief is, is er voor gekozen de volledige dataset uit het uitgevoerde literatuuronderzoek te hanteren, waarin verschillende SoC zijn meegenomen.

De berekening van het explosierisico leidt tot een blokfunctie:



Figuur 9 Blokfunctie explosiescenario

Dit is een gevolg van de aard van de berekening en geen realistische weergave van het daadwerkelijke risico. Het is op dit moment echter het best beschikbare. Door de vorm van de blokfunctie wil het RIVM in de rekenmethode opnemen dat de PR 10^{-6} jaar⁻¹-contour de maximale afstand is van de berekeningen van het explosierisico en van het gif-risico uit Safeti-NL. Sommatie is niet nodig omdat het altijd óf $+10^{-6}$ jaar⁻¹ is, óf $+0$ jaar⁻¹.

Vraag 8: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in deze benadering van het risico?

De begeleidingscommissie gaf aan dat deze werkwijze om een goede en duidelijke motivering vraagt. Doelgroepen moeten kunnen begrijpen wat hier precies wordt bedoeld.

Op basis van de reactie van de begeleidingscommissie heeft het RIVM in de toelichting op de rekenmethode de uitleg over de blokfunctie uitgebreid.

Vanuit meerdere stakeholders klinkt de wens om tot vaste afstandstabellen te komen, omdat dit processen flink kan versimpelen en versnellen. Vanuit weer andere, en soms dezelfde, stakeholders krijgen we ook te horen dat vaste-afstandstabellen lastig zijn, omdat systemen zo sterk uiteenlopend zijn. Het RIVM beoogt te adviseren aan het ministerie om zowel vaste-afstandstabellen als de rekenmethode aan te wijzen. In dit geval zullen de vaste-afstandstabellen dusdanig conservatief worden bepaald dat de berekende risico's van de systemen binnen de afstanden vallen, terwijl de rekenmethode het mogelijk maakt om maatwerk toe te passen voor de ruimtelijk uitdagende projecten. Vaste-afstandstabellen wil het RIVM dan onderscheiden op: batterijtype, de hoeveelheid batterijen in het systeem (capaciteit) en het type systeem. De tabellen worden dan opgesteld met conservatieve aannamen.

Vraag 9: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in het advies om zowel vaste-afstandstabellen als de rekenmethode aan te wijzen?

De begeleidingscommissie gaf aan dat als naar de PGS 15 wordt gekeken, waarbij er naast een vaste-afstandstabel ook de mogelijkheid bestaat om te rekenen, er voornamelijk gerekend wordt. Dit wordt echter niet als belemmerend ervaren. Daarbij werd erop gewezen dat bij Seveso-bedrijven ook sprake kan zijn van opslag van lithiumhoudende batterijen. Voor Seveso-bedrijven moet sowieso gerekend kunnen worden. De begeleidingscommissie kan zich dan ook vinden in het aanwijzen van zowel de rekenmethode als de vaste-afstandstabellen.

Het voorstel van het RIVM aan IenW om zowel vaste-afstandstabellen als de rekenmethode aan te wijzen blijft na overleg met de begeleidingscommissie ongewijzigd.

Vraag 10: Heeft de begeleidingscommissie suggesties voor typische systeemgroottes (Wh) om op te nemen in de vaste afstandstabellen?

De begeleidingscommissie heeft geen typische systeemgroottes aangedragen. Wel werd gevraagd of er een ondergrens gehanteerd zal worden in systeemgrootte, omdat een thuisbatterij ook een EOS is. Het RIVM gaf hierop aan dat wordt aangesloten bij de PGS37-1, waarbij een ondergrens van 20kWh wordt gehanteerd.

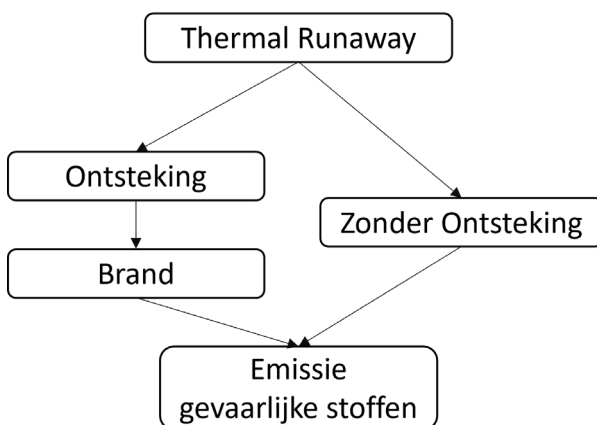
Tevens werd door de begeleidingscommissie aangegeven dat ze de voorkeur heeft om de vaste afstandstabellen simpel te houden. Aan de andere kant werd echter aangegeven dat als er te weinig onderscheid in type systemen wordt meegenomen in de tabellen, dit erg conservatief wordt en er juist veel gerekend zal gaan worden. Erkend werd dat dit een lastige keuze is.

Het RIVM werd er tevens op gewezen dat er bevoegde gezagen zijn die eisen de conservatieve afstanden uit de tabellen aan te houden. Het RIVM gaf hierop aan voornemens te zijn om in de rekenmethode op te nemen dat berekende afstanden boven de afstanden uit de tabel gaan. Uiteindelijk is er voor gekozen dit niet te doen, omdat deze afweging bij het bevoegd gezag moet liggen.

8.2.3

Opslagen specifiek

Voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers volgt het RIVM een vergelijkbare scenarioboom als voor EOS'en. Er zijn echter geen situaties waarbij het explosierisico wordt meegenomen. Voor dergelijke opslagen is het namelijk zo dat het intern volume meestal zo groot is dat de onderste explosiegrens niet gehaald zal worden. Ook zijn dergelijke opslagen meestal (zo niet altijd) geventileerd wat de opbouw van brandbare gassen nog meer hindert. Met het oog op deze gegevens acht het RIVM de kans op een explosie dusdanig klein ($<10^{-9}$ /jaar) dat deze niet relevant is voor omgevingsveiligheid.



Figuur 10 Scenarioboom voor opslagen

Vraag 10: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in de scenarioboorn voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers?

De begeleidingscommissie gaf aan dat het lastig is om alleen thermal runaway als basis te nemen voor een incident. Er kunnen ook afvalbranden zijn die uiteindelijk een thermal runaway in een batterij veroorzaken. Het RIVM gaf aan dat dit wordt meegenomen als mogelijke oorzaak, maar dat het uiteindelijk zal leiden tot het scenario brand.

Na deze nadere uitleg gaf de begeleidingscommissie aan zich te kunnen vinden in de scenarioboorn. In de rekenmethode zal deze scenarioboorn daarom worden gehanteerd.

Voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers beoogt het RIVM de route thermal runaway naar ontsteking te begrenzen op een brandomvang van een geheel brandcompartiment. Het RIVM doet daarbij de conservatieve aanname dat alle batterijen in dit compartiment in dertig minuten opbranden. Voor de thermal runaway zonder ontsteking beperkt het RIVM het scenario tot één grootverpakking. Hierbij wordt in de definitie vastgelegd dat een grootverpakking bijvoorbeeld de inhoud is van één pallet, waarbij energiedragers dusdanig dicht bij elkaar liggen dat de opwarming van één cel kan leiden tot thermische propagatie.

Vraag 11: Kan de begeleidingscommissie zich vinden in deze scenariogroottes?

De begeleidingscommissie gaf aan van mening te zijn dat de aanname dat alle batterijen in een brandcompartiment in 30 minuten opbranden veel te conservatief is. Batterijopslagen zijn heel anders dan PGS 15-opslagen; daarom wordt betwijfeld of deze aanname te verdedigen is. De maximale opslagcapaciteit is niet leidend in hoe snel batterijen opbranden. De begeleidingscommissie raadt sterk aan op zoek te gaan naar een bronterm.

Tevens werd aangegeven dat een term als 'grootverpakking' voorbij gaat aan bedrijven die batterijen inzamelen. Daar worden batterijen onbeschermd in bakken opgeslagen. Hierbij zou ook propagatie tussen de bakken kunnen plaatsvinden door het rocketeer-effect van batterijen. Opslagen van batterijen zijn er in veel, zeer uiteenlopende vormen met allemaal andere effecten. EOS'en worden opgeslagen in loodsen, maar er komen ook pallets met auto-accu's en schoenen voor.

Naar aanleiding van de discussie met de begeleidingscommissie is het RIVM op zoek gegaan naar informatie aan de hand waarvan een bronterm afgeleid kan worden, die gehanteerd kan worden in de rekenmethode. Tevens is gezocht naar een andere term dan 'grootverpakking'. Hiervoor is uiteindelijk 'opslageenheid' gekozen.

Voor de vaste-afstandstabellen voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers hebben we twee waarden nodig, de hoeveelheid

batterijen in één grootverpakking (lees: pallet), en de hoeveelheid batterijen in een volledig brandcompartiment.

Vraag 12: Heeft de begeleidingscommissie suggesties voor typische opslaghoeveelheden (Wh of kg) om op te nemen in de vaste-afstandstabellen?

De begeleidingscommissie gaf aan dat typische opslaghoeveelheden afhangen van het soort product dat opgeslagen ligt. Bij afvalopslag is er veel meer Wh per m³ opgeslagen dan wanneer laptops netjes worden opgestapeld. Bij afvalopslagen is 2000 ton de ondergrens. De opslagen zijn dus heel divers. Als wordt overgestapt op een bronterm, ben je van deze discussie af.

Naar aanleiding van de discussie met de begeleidingscommissie is het RIVM op zoek gegaan naar informatie aan de hand waarvan een bronterm afgeleid kan worden, die gehanteerd kan worden in de rekenmethode.

9 Bijlage 3 Beoordeling van de rekenmethode

De in dit rapport voorgestelde rekenmethode is vergeleken met de kwaliteitscriteria die het RIVM heeft opgesteld voor nieuwe rekenmethoden [2]. Uit de vergelijking blijkt dat de rekenmethode over het algemeen voldoet aan de kwaliteitscriteria. Wel zijn de onzekerheden in de rekenmethode tamelijk groot.

De onzekerheden in de rekenmethode bestaan de vraag uit welke stoffen er vrijkomen in welke hoeveelheden en in welke samenstelling. Ook zit er onzekerheid in de snelheid van de gasontwikkeling tijdens een incident, en daarmee in de duur van het scenario en in de energie-inhoud van een explosieve wolk.

De onzekerheden komen voort uit de grote variatie aan bestaande type batterijen, systemen en opslagen. Het type batterij en het laadniveau van een batterij zijn bijvoorbeeld van invloed op de stoffen die bij een incident kunnen vrijkomen. Daarnaast kunnen batterijen hetzij los worden opgeslagen hetzij als onderdeel van een product. Dit is van invloed op de hoeveelheid batterijen die in een opslagvak aanwezig kunnen zijn, de snelheid waarmee een incident zich kan ontwikkelen en de stoffen die kunnen vrijkomen. Ook kan dit van invloed zijn op de mate waarin het rocketeer-effect in een opslag kan voorkomen.

Daarnaast speelt een rol dat grootschalige energieopslag een relatief jonge technologie is. Hierdoor zijn er beperkt data in de literatuur te vinden waarop de faalfrequenties en effectmodellering gebaseerd kunnen worden. De faalfrequenties zijn daarom voornamelijk gebaseerd op 'expert judgement'. Verschillen in faalfrequenties tussen gecertificeerde of niet-gecertificeerde systemen, mobiele of stationaire EOS'en en opslagen van nieuwe, remanufactured of refurbished batterijen zijn daarom kwalitatief bepaald.

De data die in de literatuur te vinden zijn over de mogelijke effecten bij een incident lopen sterk uiteen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de typen stoffen, de hoeveelheden en samenstelling van de stoffen die bij een incident kunnen vrijkomen. Dit kan onder andere verklaard worden doordat bijvoorbeeld het laadniveau van invloed is op de vrijkomende stoffen, maar ook doordat bij tests in de literatuur niet altijd alle stoffen gemeten worden. Vanwege de uiteenlopende data, zijn er keuzen gemaakt in hoe hiermee omgegaan kon worden, om de verschillende parameters van de rekenmethode te bepalen. Over het algemeen zijn hierin conservatieve keuzen gemaakt, waardoor de gehele rekenmethode ook conservatief bepaald is. Daarnaast wordt de mogelijkheid geboden in de rekenmethode verschillende parameters af te leiden die specifiek zijn voor de batterijen van het beoogde systeem, zodat de rekenmethode maatwerk toestaat.

De uiteenlopende data in de literatuur waarop de parameters van de rekenmethode zijn gebaseerd, zijn ook van invloed op de toekomstbestendigheid van de rekenmethode. Het gevolg hiervan is namelijk zelfs dat het toevoegen van enkele datapunten al effect kan

hebben op de berekende risico's. De toekomstbestendigheid van de rekenmethode hangt daarnaast samen met de batterijwereld die nog volop in ontwikkeling is. Wanneer de techniek zich dusdanig ontwikkelt dat bijvoorbeeld het type batterij of de opbouw van het systeem significant verandert, is er wellicht een herziening van de rekenmethode nodig. De aandachtspunten in de rekenmethode staan in de oranje cellen weergegeven.

9.1 Beoordeling uitgangspunten

9.1.1 PGS37-1 als basis

Ontvankelijkheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-1 als basis H2.1
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie de contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM hanteert als algemeen uitgangspunt voor de rekenmethoden dat systemen voldoen aan de PGS'en. Dit geldt ook voor energieopslagsystemen. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	PGS 37-1 is openbaar beschikbaar en raadpleegbaar.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-1 als basis H2.1
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Het doel van de PGS 37-1 is om de stand der techniek te presenteren. Hier wordt in de rekenmethode bij aangesloten.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Het uitgangspunt dat systemen voldoen aan de PGS 37-1 stelt het RIVM in staat om bepaalde aannamen over de systemen met een zekere onderbouwing te kunnen doen. Dit zorgt er voor dat onzekerheden in de rekenmethode worden verkleind.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-1 als basis H2.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	PGS 37-1 is een openbaar beschikbaar en te raadplegen document.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De verwachting is dat de aannamen in de rekenmethode op basis van de PGS niet ondermijnd zullen worden door eventuele aanpassingen in de PGS.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De PGS beschrijft de stand der techniek. Er wordt hiermee met de rekenmethode aangesloten bij de typen systemen die nu in Nederland gerealiseerd worden.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. Daarnaast worden voor opslagen van batterijen vergelijkbare aannamen gedaan.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-1 als basis H2.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Het ministerie van IenW is voornemens de PGS aan te wijzen in de wet. Door in de rekenmethode aan te sluiten bij de stand der techniek die in de PGS wordt beschreven, kunnen de relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Het ministerie is voornemens de PGS aan te wijzen in de wet. Door in de rekenmethode aan te sluiten bij de stand der techniek die in de PGS wordt beschreven, komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De verwachting is dat de aannames in de rekenmethode op basis van de PGS niet ondermijnd zullen worden door eventuele aanpassingen.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-1 als basis H2.1
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Het gebruik van PGS37-1 als basis wordt beschreven in de rekenmethode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De PGS37-1 is de stand der techniek. Meerdere stakeholders zijn het erover eens geworden dat dit haalbaar en veilig genoeg is.

9.1.2

*Specificatie naar LFP en NMC***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Specificatie naar LFP en NMC H2.1
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze voor de batterijtypen LFP en NMC onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In het RIVM-briefrapport 2024-0012 is in paragraaf 3.2 beschreven waarom ervoor gekozen is om alleen de batterijtypen LFP en NMC mee te nemen in de rekenmethode.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Specificatie naar LFP en NMC H2.1
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De keuze om alleen LFP- en NMC-batterijen mee te nemen in de risicoberekeningen is gebaseerd op beschikbare kennis over batterijen. LFP en NMC zijn volgens meerdere bronnen de meest voorkomende batterijtypen. Dit is ook getoetst bij de begeleidingscommissie. Dit maakt dit uitgangspunt actueel en representatief.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De parameters voor modellering zijn afhankelijk van het type batterij. Deze kunnen significant verschillen. De rekenmethode biedt de vrijheid om eigen parameters af te leiden wanneer andere typen batterijen dan NMC- of LFP- worden gebruikt.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Specificatie naar LFP en NMC H2.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De keuze om alleen LFP- en NMC-batterijen mee te nemen in een risicoberekening is duidelijk beschreven in het RIVM-briefrapport 2024-0012 en in de toelichting op de rekenmethode. Dit zijn allebei openbare documenten.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Door vast te leggen dat alleen LFP- en NMC-batterijen worden beschouwd bij een risicoberekening, worden de berekeningen reproduceerbaar.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De risicobepalende parameters zijn sterk afhankelijk van het type batterij. Op basis van de literatuur lijken de parameters behorende bij NMC te suggereren dat dit een van de risicovollere typen is. Het is echter niet uit te sluiten dat er lithiumhoudende batterijen zijn/komen die risicovoller zijn en onder de huidige rekenmethode dan met onderschattende parameters doorgerekend worden.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. De keuze om te focussen op LFP en NMC is terug te vinden in de literatuur, is bevestigd vanuit de praktijk, is beaamd door de begeleidingscommissie en wordt ook gehanteerd door onder andere INERIS (onderzoeksinstituut in Frankrijk) en in het rekenprogramma EFFECTS (EFFECTS is een ander risicomodel, vergelijkbaar met Safeti-NL).

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Specificatie naar LFP en NMC H2.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De rekenmethode geeft de ruimte om parameters af te leiden voor andere type batterijen dan LFP en NMC. Voor LFP en NMC zijn de parameters specifiek uitgewerkt. Hiermee kunnen de relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De rekenmethode geeft de ruimte om specifiekere parameters af te leiden dan de conservatieve parameters die in de rekenmethode zijn opgenomen. In de praktijk valt echter te verwachten dat regelmatig gebruikgemaakt zal worden van de parameters die getoond zijn in de rekenmethode. De

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Specificatie naar LFP en NMC H2.1
	keuzen die hierin gemaakt worden, kunnen leiden tot verschillen in uitkomsten voor vergelijkbare systemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	Het is te verwachten dat in de toekomst de wens geuit wordt om de rekenmethode meer te uniformeren of juist uit te breiden met andere batterijtechnologieën. Daar komt bij dat de batterijwereld nog volop in ontwikkeling is en dat de meest gebruikte typen batterijen in een later stadium kunnen veranderen. Op dat moment zullen de parameters ook aangepast moeten worden. Daarom is aanbevolen om de rekenmethode periodiek, circa eens in de vijf jaar, opnieuw te beoordelen en indien nodig te actualiseren.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt voor de batterijtypen alleen uitgegaan van LFP en NMC. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Dit voorstel is goed uitvoerbaar en uitlegbaar. Er zijn parameters vastgesteld die voor ieder systeem mogen worden gehanteerd. Echter, als de middelen beschikbaar zijn, mogen ook parameters afgeleid worden die beter passen bij het systeem in kwestie.

9.1.3

Definities EOS onderdelen

Ontvankelijkheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Definities EOS-onderdelen H2.1.1
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de definities van de verschillende onderdelen van energieopslagsystemen opgenomen. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In RIVM-briefrapport 2024-0012 zijn in paragraaf 3.3 de onderdelen van een energieopslagsysteem duidelijk beschreven, met als doel om de eenduidigheid te vergroten.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Definities EOS-onderdelen H2.1.1
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De beschrijving van de definities in de rekenmethode is gemaakt op basis van de huidige opbouw van energieopslagsystemen en is daarmee actueel en representatief.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De definitielegging in de rekenmethode is relevant omdat de termen in de praktijk wisselend gehanteerd worden en er anders onduidelijkheid ontstaat.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Definities EOS-onderdelen H2.1.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De definitielegging is duidelijk beschreven in de rekenmethode met als achterliggende gedachte de scheiding van onderdelen.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Door de definitielegging worden risicoberekeningen voor energieopslagsystemen reproduceerbaar, omdat de definitie van de onderdelen concreet omschreven is.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Bij de definitielegging is aangesloten bij de stand der techniek van de energieopslagsystemen.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De definities zijn gerelateerd aan compartimentering binnen de systemen. Dit komt ook terug bij andere methodieken, waarbij bijvoorbeeld met brandcompartimenten wordt gewerkt.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Definities EOS-onderdelen H2.1.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Duidelijke definities zijn nodig voor het correcte gebruik van de rekenmethode.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Duidelijke definities zijn nodig voor het correcte gebruik van de rekenmethode en daarmee voor de wettelijke doorwerking daarvan.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De definitielegging is passend bij de huidige gerealiseerde energieopslagsystemen. Wanneer de techniek zich dusdanig doorontwikkelt dat de opbouw van een energieopslagsysteem met (lithiumhoudende) batterijen significant verandert, is wellicht herziening van de definities nodig.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	De definities van energieopslagsystemen worden beschreven in de rekenmethode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De definitielegging sluit aan bij de huidige gerealiseerde energieopslagsystemen. Daarmee zijn de definities uitvoerbaar en uitlegbaar.

9.1.4

*Scenarioboorn EOS'en***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenarioboorn EOS'en H2.1.3
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de rekenmethode de scenarioboorn voor incidenten met energieopslagsystemen opgenomen. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	De scenarioboorn voor incidenten met energieopslagsystemen is beschreven en weergegeven in de rekenmethode in paragraaf 2.1.3.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenarioboorn EOS'en H2.1.3
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De scenarioboorn sluit aan bij de incidenten die in de praktijk gezien zijn bij energieopslagsystemen. Daarmee zijn de beschreven scenario's actueel en representatief.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De scenarioboorn vormt de basis voor de risicoberekeningen voor energieopslagsystemen. Het is daarom relevant dat de belangrijke risico's voor omgevingsveiligheid hierin zijn opgenomen.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenarioboorn EOS'en H2.1.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De achtergrond van de scenarioboorn en de scenarioboorn zelf zijn duidelijk beschreven in het RIVM-briefrapport 2024-0012 en in de rekenmethode. Dit zijn beide openbare documenten.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Door de duidelijke omschrijving van de scenarioboorn worden risicoberekeningen voor energieopslagsystemen reproduceerbaar. Een wijziging in de scenarioboorn zal naar verwachting grote gevolgen hebben voor de berekende risico's. Een dergelijke wijziging wordt echter niet verwacht.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De uitgangspunten in de scenarioboorn zijn conservatief omdat ervan wordt uitgegaan dat alle effecten (incident met directe of vertraagde ontsteking of zonder ontsteking) kunnen optreden.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. Daarnaast worden voor opslagen van batterijen de gifwolkeffecten op vergelijkbare wijze berekend.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenarioboorn EOS'en H2.1.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De scenario's uit de scenarioboorn vormen de basis voor de risicoberekeningen. Hierdoor kunnen alle relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De scenario's uit de scenarioboorn vormen de basis voor de risicoberekeningen. Hierdoor komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De scenario's zijn bepaald voor energieopslagsystemen met lithiumhoudende batterijen zoals de systemen nu gebouwd worden. Als de opbouw van een energieopslagsysteem significant verandert kan dit impact hebben op de scenario's. Als andere batterij technologieën (zoals redox-flow, gesmolten zout, enzovoort) gaan overheersen op de markt, zijn er andere scenario's nodig.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	De scenarioboorn voor incidenten met energieopslagsystemen wordt beschreven in de rekenmethode. Het benodigde tijdspad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De scenarioboorn sluit aan bij de incidenten die in de praktijk gezien zijn bij energieopslagsystemen. Daarmee is dit uitvoerbaar en uitlegbaar.

9.1.5

*Alleen giftige wolk bij brand***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Bij brand alleen giftige wolk H2.1.3
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze onderbouwd om bij brand alleen de giftige wolk en niet de warmtestraling mee te nemen voor de effecten op de omgeving. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In het RIVM-briefrapport 2024-0012 is in paragraaf 5.1 beschreven waarom gekozen is om bij brand alleen de giftige wolk en niet de warmtestraling mee te nemen voor de effecten op de omgeving.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Bij brand alleen giftige wolk H2.1.3
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Er is gebruikgemaakt van recente literatuur over brandtests en incidenten met energieopslagsystemen om tot de keuze te komen om bij brand alleen de giftige wolk mee te nemen. Dit is ook getoetst bij de begeleidingscommissie.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Deze keuze is onderbouwd met een uitgebreid literatuuronderzoek. Hier wordt weinig onzekerheid in verwacht.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Bij brand alleen giftige wolk H2.1.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	In het RIVM-briefrapport 2024-0012 zijn meerdere literatuurbronnen aangehaald waarop de keuze is gebaseerd. Daarmee is de onderbouwing FAIR.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De keuze is gemaakt op basis van meerdere literatuurbronnen. Kleine aanpassingen in de uitgangspunten en data zullen niet leiden tot een verandering van de conclusie.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	In essentie is de keuze niet conservatief. De keuze is echter voldoende onderbouwd, onder andere aan de hand van incidenten. Oftewel het tevens meenemen van warmtestraling bij brand is te conservatief.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. Een soortgelijke aanpak wordt gehanteerd in de rekenmethode voor PGS-15 opslagen. Ook hier wordt bij brand alleen gekeken naar de giftige wolk.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Bij brand alleen giftige wolk H2.1.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De rekenmethode moet een conservatieve, maar niet te conservatieve schatting geven van de risico's. Als gevolg van de keuze om bij brand alleen de giftige wolk mee te nemen, worden alleen de relevante risico's meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De rekenmethode moet een conservatieve, maar niet te conservatieve schatting geven van de risico's. Als gevolg van de keuze om bij brand alleen de giftige wolk mee te nemen, komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De keuze is gemaakt voor energieopslagsystemen met lithiumhoudende batterijen zoals die nu gebouwd worden. Als de opbouw van een energieopslagsysteem significant verandert, kan dit impact hebben op deze keuze.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt bij brand alleen uitgegaan van een giftige wolk en niet van de warmtestraling. Deze keuze bespaart kosten en tijd.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De keuze beperkt de hoeveelheid scenario's die doorgerekend moeten worden en verbetert daarmee de uitvoerbaarheid.

9.1.6

*Faalfrequenties energieopslagsystemen***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Faalfrequenties energieopslagsystemen H2.3
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	In het rapport 'Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers' (Bijlage 4 Onderzoek faalfrequenties) dat op verzoek van het RIVM door RHDHV is opgesteld, zijn de faalfrequenties voor energieopslagsystemen afgeleid. Vragen of verzoeken om verduidelijkingen kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In het rapport 'Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers' is in hoofdstuk 6 eenduidig en volledig beschreven hoe tot de faalfrequenties voor energieopslagsystemen is gekomen.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Faalfrequenties energieopslagsystemen H2.3
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Bij het afleiden van faalfrequenties wordt de voorkeur gegeven aan een analyse van incidentencasuïstiek. Dit is niet mogelijk gebleken omdat er onvoldoende casuïstiek is voor een statistisch onderbouwde afleiding. Dan kan alternatief naar een analogon gezocht worden; dit is deels gedaan met de faalfrequenties die in de PGS 15 zijn gehanteerd. Ten slotte is er de mogelijkheid om op basis van expert judgement faalfrequenties af te leiden. Dit is gedaan voor het overgrote deel van de faalfrequentie-afleiding. Dit is de minst wenselijke optie omdat dit het minst objectief is. Het is echter de optie die gekozen wordt als er voor de alternatieven onvoldoende informatie is. Daarmee is de faalfrequentie-afleiding verricht volgens de meest representatieve methode die er op dit moment beschikbaar is.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De faalfrequentie is een integrale parameter in de risicoberekening. Daarmee is het relevant.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Faalfrequenties energieopslagsystemen H2.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	Het afleiding van de faalfrequentie is in zijn volledigheid beschreven in het RHDHV-rapport 'Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers'.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De resultaten zijn met name gebaseerd op expert judgement. Dat is inherent gevoelig voor aanpassingen in de uitgangspunten.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Er is conservatief van uitgegaan dat het falen van een EOS op grootschalig thermal runaway niveau zal leiden tot een incident dat impact heeft op de omgeving.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Faalfrequenties energieopslagsystemen H2.3
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Bij het afleiden van de faalfrequenties is de standaard-aanpak volgens het protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid gehanteerd [15].

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Faalfrequenties energieopslagsystemen H2.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De faalfrequentie is een essentiële parameter voor het berekenen van de risicocontouren die gevraagd worden in de wet- en regelgeving. Met de faalfrequenties kunnen alle relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De faalfrequentie is een bepalende parameter in de uitkomsten van de PR-contouren. Met de faalfrequenties komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De verwachting is dat de afgeleide faalfrequenties toekomstbestendig zijn, totdat er voldoende incidentcasuïstiek is om aan de hand van die data een faalfrequentie af te kunnen leiden.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	De faalfrequenties voor energieopslagsystemen worden beschreven in de rekenmethode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De afleiding van de faalfrequentie is in detail beschreven in het RHDHV-rapport 'Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers'. Hoe met deze afleiding is omgegaan om tot de beschrijving in de rekenmethode te komen, is beschreven in de toelichting op de rekenmethode.

9.1.7

*Brandoppervlak (rek)***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Brandoppervlak (rek) H2.4.1
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze voor het brandoppervlak bij incidenten met energieopslagsystemen onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In het RIVM-briefrapport 2024-0012 is in hoofdstuk 5 beschreven waarom gekozen is voor een brandoppervlak van een rek bij een incident met een energieopslagsysteem.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Brandoppervlak (rek) H2.4.1
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Het maximale brandoppervlak is gebaseerd op het brandverloop bij incidenten en tests. Dit is ook getoetst bij de begeleidingscommissie. Hiermee is dit actueel en representatief.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De keuze voor het brandoppervlak is van invloed op de uitkomsten van de risicoberekeningen. Het is daarom relevant om de maximale omvang hiervan vast te leggen.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Brandoppervlak (rek) H2.4.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De aanname voor de maximale omvang van het brandoppervlak is beschreven in het RIVM-briefrapport 2024-0012. Dit rapport is openbaar.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De keuze voor het brandoppervlak is van invloed op de uitkomsten van de risicoberekeningen. Door vastlegging van de maximale omvang van het brandoppervlak worden de risicoberekeningen voor energieopslagsystemen reproduceerbaar.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Brandoppervlak (rek) H2.4.1
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De aanname voor de maximale omvang van het brandoppervlak is waarschijnlijk conservatief. Er wordt van uitgegaan dat een heel rek met batterijen in één keer brandt en leidt tot de maximale uitstoot van giftige gassen.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Brandoppervlak (rek) H2.4.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Het brandoppervlak is een noodzakelijke parameter voor het berekenen van de risico's. Hiermee kunnen alle relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Het formaat van het scenario is maatgevend voor het risico. Hiermee komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De maximale omvang van het brandoppervlak is bepaald voor energieopslagsystemen met lithiumhoudende batterijen zoals die nu gebouwd worden. Als de opbouw van een energieopslagsysteem significant verandert, kan dit impact hebben op de scenario's. Bij andere batterij technologieën (zoals redox-flow, gesmolten zout, enzovoort) kan een ander brandverloop ontstaan.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt voor het scenario brand uitgegaan van een maximaal brandoppervlak van een rek. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is naar verwachting goed uitvoerbaar; deze parameter is beschikbaar bij de meeste systemen.

9.1.8

*Maximale scenariogrootte bij gifwolk (module)***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Maximale scenariogrootte bij gifwolk (module) H2.4.1
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze voor de maximale scenariogrootte bij incidenten met energieopslagsystemen onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In het RIVM-briefrapport 2024-0012 is in hoofdstuk 5 beschreven waarom gekozen is voor een maximale scenariogrootte van een module bij een gifwolk.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Maximale scenariogrootte bij gifwolk (module) H2.4.1
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De keuze is gebaseerd op een aantal incidenten en op aannamen over de thermal runaway die aan de hand van literatuur zijn onderbouwd.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De keuze is onderbouwd aan de hand van beschrijvingen van incidenten en literatuur. Hierdoor wordt hier niet veel onzekerheid in verwacht.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Maximale scenariogrootte bij gifwolk (module) H2.4.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De aannamen en onderbouwing zijn duidelijk beschreven in het openbare RIVM-briefrapport 2024-0012.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De keuze is gebaseerd op duidelijk beschreven uitgangspunten. Wanneer deze uitgangspunten veranderen, kan het zijn dat er een andere keuze gemaakt moet worden.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Maximale scenariogrootte bij gifwolk (module) H2.4.1
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De keuze voor incidenten op moduleniveau is conservatief omdat ervan uitgegaan wordt dat thermische propagatie tot 20 kWh instantaan is. Het uitgassen zal in de praktijk merkbaar trager zijn.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. Daarnaast is deze aanpak gelijk aan de begrenzing van de omvang van het scenario tot één opslageenheid bij een opslag.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Maximale scenariogrootte bij gifwolk (module) H2.4.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Voor de modellering is het noodzakelijk om de maximale omvang van het incident vast te leggen. Doordat dit is bepaald, kunnen alle relevante risico's meegenomen worden bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze voor de maximale omvang van het incident heeft een significante impact op de resultaten van de risicocontouren. Hiermee komt dus specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De keuze is gemaakt voor energieopslagsystemen met lithiumhoudende batterijen zoals de systemen nu gebouwd worden. Als de opbouw van een energieopslagsysteem significant verandert kan dit impact hebben op de scenario's. Als andere batterij technologieën (zoals redox-flow, gesmolten zout, enzovoort) gaan overheersen op de markt zijn andere scenario's nodig.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt gebruik gemaakt van een maximale scenariogrootte voor het gifwolkscenario van een module. Het benodigde tijdspad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is duidelijk uitgelegd in het RIVM-briefrapport 2024-0012 en in de toelichting op de rekenmethode. Het voorstel is naar verwachting uitvoerbaar omdat het een systeemparemeter betreft die bekend zou moeten zijn.

9.1.9

*Uitgasdebiet***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Uitgasdebiet H2.4.3
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in brieffrapport 2024-0012 de keuze voor het uitgasdebiet onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In bijlage 1 van het rapport 2024-0012 is in detail beschreven hoe tot het uitgasdebiet is gekomen. In de toelichting op de rekenmethode is beschreven dat het onderscheid in laadniveau niet langer wordt meegenomen.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Uitgasdebiet H2.4.3
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Er waren in de literatuur weinig data te vinden over het uitgasdebiet. De parameters zijn daardoor afgeleid van een zeer beperkt aantal datapunten. Dit maakt de parameter onzeker.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De afleiding van het uitgasdebiet is voor een deel van de waarden gebaseerd op enkele datapunten. Daarmee is de parameter onzeker. Het uitgasdebiet is echter wel noodzakelijk voor de risicoberekeningen.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Uitgasdebiet H2.4.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De wijze van afleiding van het uitgasdebiet en de gebruikte literatuur is duidelijk opgenomen in het RIVM-brieffrapport 2024-0012 en in de toelichting op de rekenmethode.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Omdat deze parameter is afgeleid van relatief weinig datapunten, kan het toevoegen van een nieuw datapunt de waarde significant veranderen.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Uitgasdebiet H2.4.3
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Waar mogelijk is gekozen voor het maximale uitgasdebiet dat gerapporteerd is in de literatuur om zo tot een conservatieve piekwaarde te komen.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Uitgasdebiet H2.4.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Doordat het uitgasdebiet is bepaald, kunnen alle relevante risico's meegenomen worden bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Doordat het uitgasdebiet is bepaald, kunnen alle relevante risico's van EOS'en voor omgevingsveiligheid bepaald worden en komt er specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De waarden van deze parameter zijn niet toekomstbestendig. Een enkel datapunt extra in de dataset zal naar verwachting al een significante impact kunnen hebben op de waarde.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt gebruik gemaakt van het uitgasdebiet. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is goed uitlegbaar met de beperkt beschikbare informatie. Het gebruik van de parameter in de risicoberekeningen is duidelijk uitgelegd in de rekenmethode.

9.1.10 *Samenstelling giftige wolk***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Samenstelling giftige wolk H2.4.4
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de selectie van de giftige producten en de samenstelling van de giftige wolk onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In bijlage 1 van het RIVM-briefrapport 2024-0012 is in detail beschreven hoe tot de selectie van de giftige producten en de samenstelling van de giftige wolk is gekomen.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Samenstelling giftige wolk H2.4.4
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Er zijn veel significant uiteenlopende data over de stoffen die vrijkomen bij een batterij-incident. Daarnaast meet nagenoeg geen enkele test alle mogelijke stoffen die vrijkomen. Veel literatuur focust op het vrijkomen van HF, waardoor het afleiden van andere stoffen bemoeilijkt wordt. Dit maakt deze parameter onzeker. De samenstelling van de giftige wolk is ook vergeleken met het giftige mengsel dat gebruikt wordt in de risicoberekening in EFFECTS (EFFECTS is een ander risicomodel, vergelijkbaar met Safeti-NL) [26]. Hierbij wordt gebruik gemaakt van dezelfde giftige stoffen, maar is de onderlinge verhouding van de giftige gassen anders. De onderlinge verhouding van de giftige gassen in EFFECTS is sterk afhankelijk van het gekozen betrouwbaarheidsinterval. Wel komt de hoeveelheid uitgestoten gas in EFFECTS (waarbij zowel het 50 als 68 percentiel is opgenomen) overeen met de waarden die zijn afgeleid door het RIVM in briefrapport 2024-0012. De invloed op de berekende resultaten is beperkt (<10% verschil in de afmetingen van het aandachtsgebied), waarbij de uitkomsten met het EFFECTS-mengsel iets conservatiever zijn.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Er zijn conservatieve keuzen gemaakt bij de afleiding van de gassamenstelling en dit is afgestemd met de begeleidingscommissie. De samenstelling is onzeker door de uiteenlopende data in de literatuur. Uitkomsten van metingen zijn afhankelijk van meetmethodiek, laadniveau, type batterij, vorm van de batterij, type falen, atmosferische omstandigheden, enzovoort.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Samenstelling giftige wolk H2.4.4
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De uiteindelijke afleiding van de samenstelling is beschreven in het RIVM-briefrapport 2024-0012 met verwijzing naar de gebruikte literatuur.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De resultaten zijn reproduceerbaar vanuit RIVM-briefrapport 2024-0012. De uitkomsten zijn echter afhankelijk van de literatuur die bij de afleiding wordt gebruikt.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Er is conservatief gekozen om bij de afleiding van de gassamenstelling uit te gaan van de hoogste waarden per giftig product die in de literatuur gevonden zijn.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. De aanpak is anders dan voor bijvoorbeeld PGS 15-opslagen. Dit komt met name doordat de wolk bij PGS 15 ontstaat door verbranding terwijl bij batterijen andere incidentpaden mogelijk zijn waarbij geen verbrandingsproducten ontstaan.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Samenstelling giftige wolk H2.4.4
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Voor de risicoberekeningen is het van belang te weten welke stoffen gemodelleerd moeten worden. Doordat dit is bepaald, kunnen alle relevante risico's meegenomen worden bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De samenstelling en keuze van de stoffen is van directe invloed op het risico dat berekend wordt. Hiermee komt dus specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Samenstelling giftige wolk H2.4.4
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De samenstelling van de stoffen zal bij een actualisatie van de rekenmethode naar verwachting wijzigen en mogelijk realistischer worden, omdat er dan naar verwachting meer data beschikbaar zijn. De methodiek is toekomstbestendig omdat ze ruimte biedt om zelf een samenstelling af te leiden en te onderbouwen.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt gebruik gemaakt van een selectie van giftige producten en samenstelling van de giftige wolk. Het benodigde tijdpad en budget is helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	In de rekenmethode is duidelijk beschreven hoe de samenstelling gebruikt wordt tijdens de berekening. De uitvoerbaarheid is verder vergroot doordat er de ruimte is eigen waardes af te leiden.

9.1.11

*Vrijkomende massa***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Vrijkomende massa H2.4.5
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze voor de vrijkomende massa onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In bijlage 1 van het RIVM-briefrapport 2024-0012 is in detail beschreven hoe tot de vrijkomende massa is gekomen. In dit briefrapport wordt met uitgasvolume gewerkt. In de rekenmethode is dit omgerekend naar vrijkomende massa om de invoer in Safeti-NL consistent te maken. Tevens is het onderscheid met betrekking tot laadniveau niet langer toegepast. Alle data voor 50% laadniveau en 100% laadniveau zijn samengevoegd. Dit is beschreven in de toelichting op de rekenmethode.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Vrijkomende massa H2.4.5
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De vrijkomende massa is bepaald aan de hand van een relatief groot aantal datapunten.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De meeste datapunten liggen relatief dicht bij elkaar. Hierdoor is de onzekerheid in deze data beperkt.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Vrijkomend massa H2.4.5
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	Alle gebruikte datapunten zijn uitgeschreven in het RIVM-briefrapport 2024-0012, inclusief de gebruikte literatuur.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De vrijkomende massa is per waarde op ten minste acht datapunten gebaseerd. De data lopen relatief weinig uiteen. De verwachting is dat het toevoegen van datapunten de resultaten slechts beperkt beïnvloedt.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Er zijn meerdere datapunten gemiddeld. De onzekerheid is klein vergeleken met andere parameters in de rekenmethode. Bij de schatting van de vrijkomende massa is vooral gekeken naar wat realistisch is en minder naar wat conservatief is.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. Het debiet van gassen bij andere rekenmethoden wordt op andere manieren bepaald. De beschikbare informatie was beperkt, waardoor voor deze aanpak is gekozen. De aanpak en uitkomst komen overeen met wat wordt gehanteerd in EFFECTS (EFFECTS is een ander risicomodel, vergelijkbaar met Safeti-NL).

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Vrijkomend massa H2.4.5
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De hoeveelheid vrijkomende gevaarlijke stoffen is nodig voor risicoberekeningen. Doordat dit is bepaald, kunnen alle relevante risico's meegenomen worden bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De hoeveelheid vrijkomende gevaarlijke stoffen is van directe invloed op de resultaten van de risicoberekeningen. Hiermee komt dus specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De waarden zijn afgeleid op basis van een relatief groot aantal datapunten die niet ver uiteen liggen. De verwachting is dat nieuwe datapunten in de toekomst geen grote invloed hebben op de parameter.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt gebruik gemaakt van een bepaalde vrijkomende massa. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is uitgelegd in het RIVM-briefrapport 2024-0012 en het gebruik van de parameter is duidelijk uitgelegd in de rekenmethode.

9.1.12

*Afleiding parameters explosief mengsel***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Afleiding parameters explosief mengsel H2.4.7
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in samenwerking met het NIPV de parameters voor het explosief mengsel vastgesteld. De keuzen die hierbij zijn gemaakt zijn weergegeven in de toelichting op de rekenmethode. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	Het mengsel is afgeleid in samenwerking tussen experts van het RIVM en het NIPV. In de toelichting op de rekenmethode is een beschrijving hiervan opgenomen.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Afleiding parameters explosief mengsel H2.4.7
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De parameters die tijdens de expertwerksessie zijn afgeleid, zijn gebaseerd op literatuur, met de samenstelling uit het RIVM-briefrapport 2024-0012 als basis. Hierbij is gepoogd om de explosiegrenzen (zie briefrapport 2024-0012) uit de literatuur te benaderen met het opgestelde gasmengsel. Hierbij wordt afgeweken van de exacte typen brandbare stoffen waarvan bekend is dat die kunnen vrijkomen (zo kan bij een LFP-incident wel degelijk methaan vrijkomen).
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De data in de literatuur over vrijkomende gassen lopen sterk uiteen. Dit is afhankelijk van meetmethodiek, laadniveau, type batterij, vorm van de batterij, type falen, atmosferische omstandigheden, enzovoort. De data over de explosiegrenzen zijn in de literatuur vrij consistent. Een mengsel waarbij de explosiegrenzen als basis zijn genomen, is naar verwachting minder onzeker.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Afleiding parameters explosief mengsel H2.4.7
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	In de toelichting op de rekenmethode is beschreven hoe de afleiding van het explosieve mengsel heeft plaatsgevonden. Daarnaast is in het openbare RIVM-briefrapport 2024-0012 een grondigere analyse van het brandbare mengsel gegeven.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Er is tijdens de expertwerksessie geëxperimenteerd met verschillende gassamenstellingen. De invloed op de uitkomsten van de explosieberekeningen was relatief beperkt (<20% verschil in de afmetingen van het aandachtsgebied) voor de getoetste samenstellingen.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	In de expertwerksessie is een gassamenstelling vastgesteld die bestempeld wordt als 'realistic worst-case'. Het mengsel is minder conservatief dan het mengsel dat is beschreven in het RIVM-briefrapport 2024-0012, maar nog steeds conservatief ten opzichte van de meeste data in de literatuur.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Afleiding parameters explosief mengsel H2.4.7
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Voor het berekenen van het explosierisico is een gasmengsel nodig. De overeenstemming tussen het RIVM en het NIPV maakt dat de uitkomsten naar verwachting een breder draagvlak hebben. Door vaststelling van het 'realistic worst-case'-mengsel kunnen alle relevante risico's meegenomen worden bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De explosierisicocontouren nemen beperkt af ten opzichte van de berekeningen die gemaakt zijn in het RIVM-briefrapport 2024-0012. Echter, deze contouren zijn nog steeds conservatief in vergelijking met de effectafstanden die te zien zijn geweest bij incidenten.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De afleiding van de gasmengsels is verricht op basis van de huidige kennis over NMC- en LFP-batterijen. Gezien de kleine variatie in explosiegrenzen in de literatuur, is de verwachting dat dit mengsel niet aan grote verandering onderhevig zal zijn.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt gebruikgemaakt van een afleiding van parameters voor het explosieve mengsel. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is beperkt uitlegbaar omdat het uit een expertsessie voortkomt. Het is daarmee wel onderschreven door twee onderzoeksinstituten. Het voorstel is goed uitvoerbaar en is duidelijk beschreven in de rekenmethode.

9.1.13

*Gebruik stoichiometrisch mengsel***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik stoichiometrisch mengsel H2.4.7
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze voor het gebruik van het stoichiometrisch mengsel onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In de toelichting is de keuze voor het gebruik van het stoichiometrisch mengsel beschreven.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik stoichiometrisch mengsel H2.4.7
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Het gebruik van het stoichiometrisch mengsel om een explosie te berekenen is gebaseerd op incidenten in het verleden en op het feit dat dit de grootste explosie kan geven. Het is verder onderbouwd met het volume gas dat kan vrijkomen bij een incident.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De keuze voor het volumepercentage explosief gas heeft een significante impact op de uitkomsten. Een realistische waarde hiervoor is dan ook van belang.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik stoichiometrisch mengsel H2.4.7
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De keuze is grondig beschreven in de toelichting op de rekenmethode.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De keuze is met name gevoelig voor de samenstelling van het gasmengsel. Deze is gebaseerd op de expertwerksessie tussen het RIVM en het NIPV en is onderbouwd met literatuur waaronder Baird 2020 [18]. Veranderingen in de verhouding tussen de verschillende koolwaterstoffen heeft zeer beperkt invloed op de uitkomsten.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Het gebruik van het stoichiometrisch mengsel is conservatief omdat hierbij de grootste explosie kan plaatsvinden.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Dit wijkt af van de methode die is gehanteerd in het RIVM-briefrapport 2024-0012. Hier werd gewerkt met de bovenste explosiegrens. Dit werd echter gezien als te conservatief, omdat een dergelijke explosie in een besloten ruimte niet tot volledige verbranding leidt. Daarmee zal een explosie zoals berekend in het RIVM-briefrapport 2024-0012 niet plaats kunnen vinden.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik stoichiometrisch mengsel H2.4.7
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Het volume explosief gas is een benodigde parameter in de modellering. Doordat dit vastgesteld is, kunnen alle relevante risico's meegenomen worden bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Het volume explosief gas heeft een significante impact op de resultaten van de risicocontouren. Hiermee komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	Het stoichiometrisch mengsel is gebaseerd op het explosieve mengsel. Daarnaast komt het overeen met literatuurwaarden. De verwachting is dat deze relatief toekomstbestendig is.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt gebruikgemaakt van een stoichiometrisch mengsel. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is uitgelegd in de toelichting op de rekenmethode. Het voorstel is uitvoerig beschreven in de rekenmethode.

9.1.14

*Gebruik Safeti-NL bij modellering***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik Safeti-NL bij modellering H2.5
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0194 de keuze gemaakt om de omgevingsveiligheidsrisico's van lithiumhoudende energiedragers met het softwarepakket Safeti-NL te berekenen. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In het RIVM-briefrapport 2024-0194 is Safeti-NL aanbevolen voor de modellering van de risico's en effecten van incidenten met lithiumhoudende energiedragers.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik Safeti-NL bij modellering H2.5
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Het softwarepakket Safeti-NL is ontwikkeld voor releases vanuit pijpen, leidingen en vaten. Een energieopslagsysteem lijkt meer op een geventileerde container. Safeti-NL is in de basis dus niet bedoeld voor het berekenen van releases vanuit energieopslagsystemen. Daarom is nader onderzocht of de dispersie vanuit energieopslagsystemen met Safeti-NL berekend kan worden. Hieruit is gebleken dat Safeti-NL de omgevingsveiligheidsrisico's van EOS'en voldoende benadert.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De keuze voor het softwarepakket is bepalend voor hoe het risico van energieopslagsystemen wordt uitgerekend. Uit het onderzoek naar de dispersie vanuit energieopslagsystemen met Safeti-NL is gebleken dat Safeti-NL de omgevingsveiligheidsrisico's van EOS'en voldoende benadert.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik Safeti-NL modellering H2.5
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	Safeti-NL is het aangewezen softwarepakket voor de omgevingsveiligheidsberekeningen in Nederland. Toegang tot het rekenpakket is gebaseerd op licenties. Wanneer iemand een licentie heeft, zijn het softwarepakket zelf en de achtergrond informatie volledig beschikbaar.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De keuze voor het softwarepakket is bepalend voor hoe het risico wordt uitgerekend. Gebruik van het softwarepakket zorgt er echter voor dat de risico's van energieopslagsystemen op een eenduidige manier worden uitgerekend. Daarmee worden de resultaten reproduceerbaar.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De vele parameters in de rekenmethode en in Safeti-NL bieden genoeg mogelijkheden om de berekeningen conservatief uit te voeren.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Gebruik van het softwarepakket zorgt ervoor dat de risico's van energieopslagsystemen op een eenduidige manier worden uitgerekend. Daarmee worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik Safeti-NL modellering H2.5
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Safeti-NL is het aangewezen softwarepakket voor de meeste omgevingsveiligheidsberekeningen in Nederland. Door ook de risico's van energieopslagsystemen hiermee door te rekenen, kunnen de relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze voor het softwarepakket is bepalend voor de uitkomsten van de aandachtsgebieden en de plaatsgebonden risicocontouren. Door ook de risico's van energieopslagsystemen met dit softwarepakket door te rekenen, komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	Geadviseerd wordt om de ontwikkelingen van het softwarepakket in de gaten te houden. Hierbij kan met name gekeken worden naar beoogde functies, zoals het handmatig invoeren van een risicocontour (in dit geval voor het explosiescenario bij EOS'en) of ontwikkelingen in de invoer/berekening van pluimstijging-/lijwervelscenario's.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Het gebruik van het softwarepakket Safeti-NL wordt beschreven in de rekenmethode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Mensen in het veld van omgevingsveiligheid zijn bekend met Safeti-NL en het gebruik van Safeti-NL wordt verwacht.

9.1.15

*Gebruik 'Mole le Chatelier'-methode***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik 'Mole le Chatelier'-methode H2.5.1
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in brieftapport 2024-0012 de keuze voor het gebruik van de Mole le Chatelier-methode onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	De keuze voor het gebruik van de Mole le Chatelier-methode en de uitwerking hiervan is in detail beschreven in bijlage 1 van het RIVM-brieftapport 2024-0012.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik 'Mole le Chatelier'-methode H2.5.1
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Het in de rekenmethode gebruikte gasmengsel is samengesteld op basis van de literatuur. Het mengsel is aangevuld met lucht om zo tot een uitvoerbaar model te komen. De Mole le Chatelier-methode wordt gehanteerd om voor een dergelijk mengsel een representatieve levensbedreigende waarde (LBW) te berekenen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De toepassing van de Mole le Chatelier-methode is relevant. De default-methode kent namelijk het gehele mengsel de hoogste LBW-waarde toe. Dit betekent dat de niet giftige helft van het mengsel ook als giftig gemodelleerd wordt. Dit leidt tot grove overschattingen.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik 'Mole le Chatelier'-methode H2.5.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De keuze en de achterliggende wiskunde, zijn vastgelegd in het openbare RIVM-briefrapport 2024-0012.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Mole le Chatelier is een methode die al lange tijd in omloop is en in wetenschappelijk onderzoek regelmatig wordt gehanteerd. Hier worden geen aanpassingen in verwacht.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De methode is op zich niet conservatief, met name omdat mogelijk stapelende effecten van giftige effecten onderschat worden. Het mengsel zelf is echter dusdanig conservatief opgesteld dat dit verwaarloosbaar is.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. De Mole le Chatelier-methode is een wetenschappelijke standaardmethode voor het middelen van parameters in mengsels.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik 'Mole le Chatelier'-methode H2.5.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Deze keuze is onderdeel van het toepasbaar maken van de andere modelleringsparameters die zijn afgeleid voor batterijen. Hiermee kunnen alle relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Deze keuze is onderdeel van het toepasbaar maken van de andere modelleringsparameters die zijn afgeleid voor batterijen. Hiermee komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	Mole le Chatelier is een methode die al lange tijd in omloop is en in wetenschappelijk regelmatig wordt gehanteerd. Hier worden geen aanpassingen in verwacht.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt gebruikgemaakt van de Mole le Chatelier-methode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Dit is een ingebouwde functie van Safeti-NL en daarmee uitvoerbaar. Dit staat duidelijk beschreven in de rekenmethode.

9.1.16

*Modelleren als drukvat***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Modelleren als drukvat H2.5.2
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in brieftapport 2024-0012 de keuze voor het modelleren van een energieopslagsysteem als drukvat onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In bijlage 1 van het RIVM-brieftapport 2024-0012 is de keuze beschreven om energieopslagsystemen als drukvat te modelleren.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Modelleren als drukvat H2.5.2
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Een incident met batterijen bestaat uit de uitstroom van gassen uit meerdere kleine drukvaten (de cellen). Dit is echter niet op een dusdanige wijze in Safeti-NL te modelleren. Effectief gedraagt het incident zich als een uitrokkend gebouw. Hiervoor is Safeti-NL niet goed geschikt. Na overleg met modelleerexperts is overeengekomen dat het modelleren als een drukvat op lage druk de beste simulatie is.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De keuze voor het drukvat is relevant, omdat dit binnen Safeti-NL aangeeft welke modelleerwijze wordt gehanteerd.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Modelleren als drukvat H2.5.2
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De modellering van een drukvat is uitgewerkt in de technische documentatie van Safeti-NL.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	In dit geval zijn de uitkomsten met name gevoelig voor de keuze van de druk in het vat. Verder zijn ze het gevoelig voor verandering in de uitgangspunten omdat die mogelijk zal leiden tot een andere keuze in de wijze van modelleren.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De keuze om te modelleren als een drukvat is conservatief omdat een drukvat door de interne druk de gassen actief naar buiten zal drukken. Dit vindt in de praktijk minder vaak plaats omdat de gassen eerst in het energieopslagsysteem vrijkomen en dit vervolgens eerder een dampend gebouw is. Om te voorkomen dat er te conservatief gerekend wordt, is voor een lage interne druk (0,0001 bar) gekozen als invoerwaarde in het drukvat.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Het gebruik van Safeti-NL heeft de voorkeur, omdat dan zo veel mogelijk van de modellering voor omgevingsveiligheid geconsolideerd is. Een situatie zoals voor de lithiumhoudende batterijen heeft geen precedent voor het modelleren met Safeti-NL. Het lijkt het meest op PGS 15-opslagen, maar die Safeti-NL-module geeft niet de vrijheid van invoer van gasmengsels en modelparameters die nodig is voor deze situatie.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Modelleren als drukvat H2.5.2
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De keuze voor de wijze van modelleren is noodzakelijk om de risico's door te kunnen rekenen in Safeti-NL. Hiermee worden de relevante risico's meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze voor de wijze van modelleren is van directe invloed op de resultaten. Hiermee komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De modelleerwijze is niet optimaal. Mocht er een modelleerwijze aan Safeti-NL worden toegevoegd om een dampend gebouw te simuleren, dan kan onderzocht worden of die beter geschikt is voor EOS'en.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen worden energieopslagsystemen gemodelleerd als drukvat. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is grondig beschreven in de rekenmethode en daarmee uitvoerbaar.

9.1.17

*Horizontale uitstroom***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Horizontale uitstroom H2.5.2
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze voor de horizontale uitstroom onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In bijlage 1 van het rapport 2024-0012 is de keuze voor de horizontale uitstroom beschreven.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Horizontale uitstroom H2.5.2
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De gassen komen relatief koud uit het energieopslagsysteem. Het dampen van hieruit vindt plaats via de ventilatie, maar ook via allerlei kieren en gaten. De uitstroom is daardoor waarschijnlijk een combinatie van horizontale en verticale uitstroom.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Er moet in de modellering voor een uitstroomrichting gekozen worden. Een horizontale uitstroom is hierbij conservatiever. Het is een relevante parameter omdat zonder opmenging in de lijwervel wordt gerekend. Bij verticale uitstroom zal er, door pluimstijging, bijna geen risico op grondniveau berekend worden, hetgeen het risico zou onderschatten.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Horizontale uitstroom H2.5.2
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De keuze voor de horizontale uitstroom is beschreven in het RIVM-briefrapport 2024-0012.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De uitstroomrichting heeft een grote invloed op de uitkomsten van de risicoberekeningen. De horizontale uitstroom zorgt ervoor dat de risico's op grondniveau niet onderschat worden.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Horizontale uitstroom is conservatiever dan verticale uitstroom, omdat de gifwolk dan langer dicht bij de grond blijft. Bij verticale uitstroom zal, door het meenemen van pluimstijging, het berekende risico te veel onderschat worden.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. PGS 15-opslagen worden echter gemodelleerd met een verticale uitstroom. Een verticale uitstroom is voor EOS'en te onderschattend.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Horizontale uitstroom H2.5.2
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Een gekozen uitstroomrichting moet gemaakt worden om het model te kunnen gebruiken. Door voor de horizontale uitstroming te kiezen, worden de relevante risico's meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze van uitstroomrichting heeft invloed op de uitkomsten. Door uit te gaan van de horizontale uitstroom komt er specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De modelleerwijze is niet optimaal. Mocht er een modelleerwijze aan Safeti-NL worden toegevoegd om een dampend gebouw te simuleren, dan kan onderzocht worden of die beter geschikt is voor EOS'en.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt uitgegaan van een horizontale uitstroom. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is grondig beschreven in de rekenmethode en is daarmee uitvoerbaar.

9.1.18

*Scenariotype 'Fixed duration release'***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenariotype 'Fixed duration release' H2.5.2
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze voor het hanteren van het scenariotype 'Fixed duration release' onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In bijlage 1 van het rapport 2024-0012 is de keuze voor de 'Fixed duration release' beschreven.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenariotype 'Fixed duration release' H2.5.2
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De 'Fixed duration release' is in de huidige versie van Safeti-NL de meest geschikte methode om te kunnen modelleren met de afgeleide incidentparameters.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De 'Fixed duration release' is in de huidige versie van Safeti-NL de meest geschikte methode om te kunnen modelleren met de afgeleide incidentparameters.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenariotype 'Fixed duration release' H2.5.2
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De modellering van dit scenariotype is beschreven in de technische documentatie van Safeti-NL en daarmee FAIR.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De keuze voor het scenariotype is van directe invloed op de resultaten. Deze invoerwijze staat toe de parameters in te voeren, zodat gerekend kan worden met de waarden die zijn afgeleid.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Dit scenariotype staat toe dat gemodelleerd wordt met een constante uitstroom van de maximale uitstroomsnelheid en is daarmee conservatief.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. Er is verder geen precedent bekend.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenariotype 'Fixed duration release' H2.5.2
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Een wijze van invoer is nodig voor het modelleren met Safeti-NL. Door voor de 'Fixed duration release' te kiezen, worden de relevante risico's meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze voor het scenariotype is significant voor de uitkomsten. Door te kiezen voor de 'Fixed duration release' komt er specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De modelleerwijze is niet optimaal. Mocht er een modelleerwijze aan Safeti-NL worden toegevoegd om een dampend gebouw te simuleren, dan kan onderzocht worden of die beter geschikt is voor EOS'en.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt uitgegaan van een 'Fixed duration release'. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is grondig beschreven in de rekenmethode en daarmee uitvoerbaar.

9.1.19

Gebruik PGS 2 (Gele boek)

Ontvankelijkheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik PGS 2 (Gele boek) H2.6
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 de keuze voor het gebruik van PGS 2 voor het bepalen van de explosierisico's onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In bijlage 1 van het rapport 2024-0012 is de keuze voor het gebruik van PGS 2 voor het bepalen van de explosierisico's beschreven.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik PGS2 (Gele boek) H2.6
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Safeti-NL is niet geschikt voor het berekenen van gaswolkexplosies. Na overleg met experts is de multi energy methode uit de PGS2 de meest geschikte methode bevonden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De keuze voor het model heeft een grote invloed op de uitkomsten en is daarmee relevant ten opzichte van de onzekerheden.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik PGS2 (Gele boek) H2.6
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De PGS 2 is openbaar beschikbaar. De wijze van berekening is tevens uitvoerig beschreven in het RIVM-briefrapport 2024-0012.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De voornaamste gevoeligheid in de aanpak zit in de keuze van explosieklasse. De te hanteren explosieklasse wordt vastgelegd.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De toepassing van de PGS 2 is conservatief aangezien wordt uitgegaan van de hoogste explosieklasse (10).
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	PGS2 wordt al lange tijd toegepast op risicoberekeningen.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Gebruik PGS2 (Gele boek) H2.6
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Het gebruik van handmatige berekeningen past niet in het uitgangspunt van het RIVM om tot één modelinstrumentarium te komen. Daarnaast is Safeti-NL niet geschikt voor de handmatige invoer van een risicocontour. Dit maakt dat het bepalen van de uiteindelijk PR-contouren moeilijker is.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze voor het model is van directe invloed op de uitkomsten. Door te kiezen voor PGS 2 komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De keuze is niet toekomstbestendig. Mocht er een modelleerwijze aan Safeti-NL worden toegevoegd om gaswolkexplosies te berekenen, dan kan onderzocht worden of die beter geschikt is voor EOS'en.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de explosierisico's van energieopslagsystemen wordt gebruik gemaakt van PGS2. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is uitvoerig beschreven in de rekenmethode.

9.1.20

*PGS 37-2 als basis***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-2 als basis H3.1
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM hanteert als algemeen uitgangspunt voor de rekenmethoden dat systemen voldoen aan de PGS'en. Dit geldt ook voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	PGS 37-2 is openbaar beschikbaar en raadpleegbaar.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-2 als basis H3.1
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Het doel van de PGS 37-2 is om de stand der techniek te presenteren. Hier wordt in de rekenmethode bij aangesloten.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Het uitgangspunt dat systemen voldoen aan de PGS 37-2 stelt het RIVM in staat om bepaalde aannamen over de opslagen met enige onderbouwing te kunnen doen. Dit zorgt ervoor dat onzekerheden in de rekenmethode worden verkleind.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-2 als basis H3.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	PGS37-2 is een openbaar beschikbaar en raadpleegbaar document.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De verwachting is dat de aannamen in de rekenmethode met de PGS als basis niet ondermijnd zullen worden door eventuele aanpassingen in de PGS.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De PGS beschrijft de stand der techniek. Zo wordt met de rekenmethode aangesloten bij de typen opslagen die nu in Nederland gerealiseerd worden.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle opslagen van lithiumhoudende energiedragers op eenzelfde basis worden berekend. Daarnaast worden er voor energieopslagsystemen vergelijkbare aannamen gedaan.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	PGS 37-2 als basis H3.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Het ministerie van IenW is voornemens de PGS aan te wijzen in de wet. Door in de rekenmethode aan te sluiten bij de stand der techniek die in de PGS wordt beschreven, kunnen de relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Het ministerie is voornemens de PGS aan te wijzen in de wet. Door in de rekenmethode aan te sluiten bij de stand der techniek die in de PGS wordt beschreven, komt er specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De verwachting is dat de aannamen in de rekenmethode met de PGS als basis niet ondermijnd zullen worden door eventuele aanpassingen in de PGS.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Het gebruik van PGS 37-2 als basis wordt beschreven in de rekenmethode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De PGS 37-2 is de stand der techniek. Meerdere stakeholders zijn het erover eens geworden dat dit haalbaar en veilig genoeg is.

9.1.21

*Scenarioboorn opslagen***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenarioboorn opslagen H3.1.3
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de rekenmethode de scenarioboorn voor incidenten met opslagen van lithiumhoudende energiedragers opgenomen. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	De scenarioboorn voor incidenten met opslagen van lithiumhoudende energiedragers is grondig beschreven en weergegeven in de rekenmethode in paragraaf 3.1.3.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenarioboorn opslagen H3.1.3
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De scenarioboorn sluit aan bij de incidenten die in de praktijk gezien zijn bij opslagen van lithiumhoudende energiedragers. Daarmee zijn de beschreven scenario's actueel en representatief.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De scenarioboorn vormt de basis voor de risicoberekeningen voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers. Het is daarom relevant dat de belangrijke risico's voor omgevingsveiligheid hierin zijn opgenomen.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenarioboorn opslagen H3.1.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De achtergrond van de scenarioboorn en de scenarioboorn zelf zijn duidelijk beschreven in de rekenmethode en in de toelichting hierbij. Dit zijn openbare documenten.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Door de duidelijke omschrijving van de scenarioboorn worden risicoberekeningen voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers reproduceerbaar. Een wijziging in de scenarioboorn zal naar verwachting grote gevolgen hebben voor de berekende risico's. Een dergelijke wijziging wordt echter niet verwacht.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De uitgangspunten in de scenarioboorn zijn conservatief omdat ervan wordt uitgegaan dat alle effecten bij een brand of thermal runaway zonder ontsteking kunnen optreden.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen opslagen van lithiumhoudende energiedragers op eenzelfde basis worden berekend. Daarnaast worden voor energieopslagsystemen de gifwolkeffecten op vergelijkbare wijze berekend.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Scenarioboorn opslagen H3.1.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De scenario's uit de scenarioboorn vormen de basis voor de risicoberekeningen. Hierdoor kunnen alle relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van opslagen van lithiumhoudende energiedragers.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De scenario's uit de scenarioboorn vormen de basis voor de risicoberekeningen. Hierdoor komt specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De scenarioboorn is waarschijnlijk toekomstbestendig. Het gaat uit van enkele aannamen die zijn gebaseerd op de PGS 37-2. Mochten hier wijzigingen in worden aangebracht, dan moet bekeken worden of de aannamen voor de scenarioboorn nog voldoen.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	De scenarioboorn voor incidenten met opslagen van lithiumhoudende energiedragers wordt beschreven in de rekenmethode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De scenarioboorn sluit aan bij de incidenten die in de praktijk gezien zijn bij opslagen van lithiumhoudende energiedragers. Daarmee is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar.

9.1.22

*Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers H3.3
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	In het rapport 'Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers', dat op verzoek van het RIVM door RHDHV is opgesteld, zijn de faalfrequenties voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers afgeleid. Vragen of verzoeken om verduidelijkingen kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.

Keuze/aanpassing	Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In het rapport 'Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers' is in hoofdstuk 7 eenduidig en volledig beschreven hoe tot de faalfrequenties voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers is gekomen.

Validiteit

Keuze/aanpassing	Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.3
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Bij het afleiden van faalfrequenties wordt voorkeur gegeven aan een analyse van incidentencasuïstiek. Dit is niet mogelijk gebleken omdat er onvoldoende casuïstiek is voor een statistisch onderbouwde afleiding. Dan kan bij wijze van alternatief naar een analogon gezocht worden; dit is deels gedaan met de faalfrequenties die zijn gehanteerd in de PGS 15. Ten slotte is er de mogelijkheid om op basis van expert judgement faalfrequenties af te leiden. Dit is gedaan voor het overgrote deel van de faalfrequentie-afleiding. Het is de minst wenselijke optie omdat dit het minst objectief is. Dit is echter de optie die gekozen wordt als er voor de alternatieven onvoldoende informatie is. Daarmee is de faalfrequentie-afleiding verricht volgens de meest representatieve methode die er op dit moment beschikbaar is.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De faalfrequentie is een integrale parameter in de risicoberekening. Daarmee is het relevant.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing	Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	Het afleiding van de faalfrequentie is in zijn volledigheid beschreven in het RHDHV-rapport 'Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers'.

Keuze/aanpassing	Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.3
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De resultaten zijn met name gebaseerd op expert judgement. Die is inherent gevoelig voor aanpassingen in de uitgangspunten.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Er is conservatief van uitgegaan dat het falen van batterijen in een opslag op grootschalig thermal runaway niveau zal leiden tot een incident dat impact heeft op de omgeving.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Bij het afleiden van de faalfrequenties is de standaard aanpak volgens het protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid gehanteerd [15].

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing	Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De faalfrequentie is een essentiële parameter voor het berekenen van de risicocontouren die gevraagd worden in de wet- en regelgeving. Met de faalfrequenties kunnen alle relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van een opslag van lithiumhoudende energiedragers.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De faalfrequentie is een bepalende parameter in de uitkomsten van de PR-contouren. Met de faalfrequenties komt er specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De verwachting is dat de afgeleide faalfrequenties toekomstbestendig zijn, totdat er voldoende incidentcasuïstiek is om aan de hand van die data een faalfrequentie te kunnen afleiden.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	De faalfrequenties voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers worden beschreven in de rekenmethode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.

Keuze/aanpassing	Faalfrequenties opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.3
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De afleiding van de faalfrequentie is in detail beschreven in het RHDHV-rapport 'Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers'. Hoe met deze afleiding is omgegaan om tot de beschrijving in de rekenmethode te komen, is beschreven in de toelichting op de rekenmethode.

9.1.23

*Scenarioformaat ontgassen zonder ontsteking op opslageenheid***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing	Scenarioformaat ontgassen zonder ontsteking op opslageenheid
Tekstonderdeel	H3.4.1
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de toelichting op de rekenmethode de omvang van het scenario ontgassen zonder ontsteking onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In de toelichting op de rekenmethode is de aanname voor de omvang van het scenario beschreven. Tevens is dit vastgelegd in de definities.

Validiteit

Keuze/aanpassing	Scenarioformaat ontgassen zonder ontsteking op opslageenheid
Tekstonderdeel	H3.4.1
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Gezien de verpakkingswijze en opslagwijze, ook vastgelegd in de PGS 37-2, zal de warmtestraling van een batterij in thermal runaway (zonder ontsteking) onvoldoende zijn om naastgelegen opslageenheden dusdanig op te warmen dat deze ook in thermal runaway raken.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De begrenzing is relevant omdat het van invloed is op de maximale omvang van het scenario, dat doorwerkt in de contouren.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing	Scenarioformaat ontgassen zonder ontsteking op opslageenheid
Tekstonderdeel	H3.4.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	Het scenario met de begrenzing van de omvang is volledig beschreven in de rekenmethode en in de toelichting daarop.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De keuze is gebaseerd op duidelijk beschreven uitgangspunten. Wanneer deze uitgangspunten veranderen, kan het zijn dat er een andere keuze gemaakt moet worden.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De aanpak is conservatief. Die gaat er vanuit dat binnen een opslageenheid iedere batterij in thermal runaway zal raken. In de praktijk zal dit niet het geval zijn, doordat binnen een opslageenheid de meeste batterijen nog eens dubbel verpakt zullen zijn. Al deze verpakkingen zorgen voor thermische isolatie.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Deze aanpak is gelijk aan de begrenzing van de omvang van het scenario tot één module bij een energieopslagsysteem.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing	Scenarioformaat ontgassen zonder ontsteking op opslageenheid
Tekstonderdeel	H3.4.1
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Voor de modellering is het noodzakelijk om de maximale omvang van het incident vast te leggen. Doordat dit is bepaald, kunnen alle relevante risico's meegenomen worden bij de ruimtelijke inpassing van opslagen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze voor de maximale omvang van het incident heeft een significante impact op de resultaten van de risicocontouren. Hiermee komt er specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De aanpassing is naar verwachting toekomstbestendig totdat er voldoende test- en/of incidentinformatie beschikbaar is over thermische propagatie binnen een grote verpakking met

Keuze/aanpassing	Scenarioformaat ontgassen zonder ontsteking op opslageenheid
Tekstonderdeel	H3.4.1
	lithiumhoudende batterijen. Zelfs dan blijft het een conservatief gunstige aanname, tenzij de verpakkingswijze van batterijen gestandaardiseerd wordt, overeenkomstig met de verpakkingswijze die gehanteerd was in de tests/incidenten.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers wordt uitgegaan van een scenarioformaat van een opslageenheid. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	In de rekenmethode is duidelijk gedefinieerd wat er met een opslageenheid bedoeld wordt.

9.1.24

*Bronterm bij brand in opslagen van lithiumhoudende energiedragers***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing	Bronterm bij brand in opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.4.6
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de toelichting op de rekenmethode uitgewerkt hoe de methode voor de brontermbepaling bij opslagen van lithiumhoudende energiedragers tot stand is gekomen. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	De afleiding om tot de methode te komen voor het bepalen van de bronterm is uitgewerkt in de toelichting op de rekenmethode. De bronterm is hiermee de snelheid van gasontwikkeling als functie van de hoeveelheid batterijen die brandt.

Validiteit

Keuze/aanpassing	Bronterm bij brand in opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.4.6
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Er is nog weinig literatuur te vinden over een bronterm bij branden in opslagen van lithiumhoudende energiedragers. Daarnaast kan de wijze van opslaan in PGS 37-2-opslagen significant uiteenlopen. De afleiding van de bronterm is onder andere getoetst met het brandgedrag dat gezien wordt in tests van FM Global [22]. Echter is het conservatiever omdat de afgeleide bronterm ook gebruikt wordt voor batterijen die minder secuur verpakt worden.

Keuze/aanpassing	Bronterm bij brand in opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.4.6
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De bronterm is een integrale parameter in de risicoberekening en de hoogte hiervan kan bepalend zijn voor de risicocontouren.
Betrouwbaarheid	
Keuze/aanpassing	Bronterm bij brand in opslagen van lithiumhoudende energiedragers
Tekstonderdeel	H3.4.6
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De afleiding van de brontermmethode is in zijn volledigheid in de openbaar beschikbare toelichting op de rekenmethode beschreven.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De aanpak voor de bronterm is afhankelijk van de gekozen uitgangspunten in de rekenmethode. Wanneer de uitgangspunten veranderen, zou de bronterm ook significant kunnen veranderen.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De aanpak is conservatief omdat gesteld wordt dat de batterijen volledig uitgassen tot $1,04 \times 10^5 \text{ Wh/m}^2$. Hierna zullen de batterijen afgassen uitstoten met een maximale bronterm van $0,033 \text{ kg/s.m}^2$ (LFP) of $0,042 \text{ kg/s.m}^2$ (NMC). Dit is relatief hoog ten opzichte van wat er in de PGS 15-methode gevonden is, die op zich ook een conservatieve methode is.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Origineel was het voorstel om conservatief te stellen dat het gehele brandcompartiment in dertig minuten opbrandt. Dit komt overeen met de aanpak die bijvoorbeeld in EFFECTS wordt gehanteerd (EFFECTS is een ander risicomodel, vergelijkbaar met Safeti-NL). In de begeleidingscommissie is echter gesteld dat deze aanname te conservatief is. Hiertoe is een brontermmethode afgeleid die passend is bij de huidige beschikbare data.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Bronterm bij brand in opslagen van lithiumhoudende energiedragers H3.4.6
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Een uitgasdebiet is nodig om tot een risico- en effectberekening te komen. Voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers is hiervoor de bronterm afgeleid.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De bronterm is een bepalende parameter in de berekeningen en speelt een duidelijke rol in het bepalen van de contouren.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	Opslag van lithiumhoudende energiedragers op grote schaal komt nog niet lang voor. Er vinden nog altijd tests plaats om het brandgedrag en de brandveiligheid te bepalen. Het is mogelijk dat er in de toekomst literatuur beschikbaar komt met brontermen op basis van uitgevoerde brandtests. Vervolgens kan worden overwogen om deze op te nemen in de rekenmethode.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's bij brand in opslagen van lithiumhoudende energiedragers wordt een bronterm afgeleid. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is duidelijk uitgelegd in de rekenmethode en betreft een simpele vermenigvuldiging van een paar parameters. Het voorstel is uitgelegd in de toelichting op de rekenmethode.

9.1.25

*Schatting uitgasdebiet en gasmassa***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Schatting uitgasdebiet en gasmassa H4.2.9
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in briefrapport 2024-0012 weergegeven wat het effect is van de keuze van verschillende schattingen voor het uitgasdebiet en de uitgasmassa. Op basis van dit rapport en het advies vanuit het RIVM heeft IenW ervoor gekozen om de P50 te hanteren. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Schatting uitgasdebiet en gasmassa H4.2.9
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	De keuze voor de schattingen is uitgewerkt in de toelichting op de rekenmethode. Zodoende is het volledig beschreven en toetsbaar.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Schatting uitgasdebiet en gasmassa H4.2.9
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	In de keuze voor de gehanteerde schatting heeft de opbouw van de dataset meegespeeld. De P95 is gevoeliger voor uitschieters bij de beperkte hoeveelheid datapunten die is gevonden, waardoor het een afwijkend beeld van de dataset schetst.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De keuze bepaalt de waarde van parameters en speelt daarmee een directe rol in de onzekerheid in de rekenmethode.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Schatting uitgasdebiet en gasmassa H4.2.9
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De keuze is volledig beschreven in de toelichting op de rekenmethode. De berekening van een percentiel is een relatief basale wiskundige operatie en daarmee ook simpel vindbaar.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De keuze voor de P50 is onder andere gemaakt om de gevoeligheid voor het toevoegen van enkele datapunten in de dataset te reduceren.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De keuze voor de P50 ten opzichte van de P95 is een expliciet niet conservatieve keuze. Dit is echter ondervangen door de meervoud aan conservatieve keuzen in het opstellen van de rekenmethode. P95 werd door de stapeling van conservatieve keuzen als te conservatief beschouwd.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Schatting uitgasdebiet en gasmassa H4.2.9
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Het RIVM heeft voor de advisering aan IenW naar vergelijkbare situaties gezocht, maar geen goede vergelijkingen gevonden. In EFFECTS wordt voor de modellering van energiedragers de keuze bij de rekenaar gelaten (EFFECTS is een ander risicomodel, vergelijkbaar met Safeti-NL).

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Schatting uitgasdebiet en gasmassa H4.2.9
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Een keuze in de parameterschatting is van belang om tot een eenduidige rekenmethode te komen, waarbij de keuze niet bij de opsteller van de risicoanalyse gelaten wordt.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De doorwerking is relevant omdat de keuze in deze schatting de uitkomsten tot een factor twee beïnvloedt.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	Wanneer er voldoende data beschikbaar zijn, zou de keuze kunnen worden heroverwogen.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	De keuze voor de schatting wordt beschreven in de toelichting op de rekenmethode. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	De keuze is uitgelegd in de toelichting op de rekenmethode.

9.1.26

*Verdeling over laadniveaus***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Verdeling over laadniveaus H4.2.10
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de toelichting op de rekenmethode de keuze voor de laadniveaus onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Verdeling over laadniveaus H4.2.10
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In bijlage 1 van het rapport 2024-0012 is beschreven wat het effect is van de verschillende states-of-charge van batterijen op de gevolgen bij een incident. In de toelichting op de rekenmethode is beschreven waarom dit onderscheid niet is meegenomen bij de risicoberekeningen.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Verdeling over laadniveaus H4.2.10
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De meeste data die in de literatuur te vinden zijn over parameters voor risico's van batterijen gaan uit van een laadniveau van 50% of 100%. Deze data zijn samengevoegd en vervolgens gebruikt voor het afleiden van de parameters.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Een deel van de parameters is gebaseerd op slechts enkele waarden die zijn gevonden in de literatuur. Dit maakt de onzekerheid vrij groot. Er is voldoende informatie te vinden in de literatuur om te onderbouwen dat het laadniveau sterk van invloed is op de parameters. Er is echter niet voldoende informatie gevonden om dit onderscheid ook terug te laten komen in de parameters.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Verdeling over laadniveaus H4.2.10
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De gebruikte data zijn beschreven en gerefereerd in het RIVM-briefrapport 2024-0012. De keuze voor het samenvoegen van de datasets is beschreven in de toelichting op de rekenmethode. Die is daarmee FAIR.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Een deel van de parameters is op enkele datapunten gebaseerd. Het toevoegen van één datapunt extra zou al een significante invloed kunnen hebben op de uitkomsten.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij	Bij het selecteren van data en het daarvan afleiden van de parameters is een conservatieve aanpak gehanteerd.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Verdeling over laadniveaus H4.2.10
een generieke aanpak?	
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	In andere rekenmethoden wordt gerekend met een 100% vulgraad. Daarom is er bij deze rekenmethode ook voor gekozen om van één laadniveau uit te gaan. In dit geval is dat gedaan door alle literatuurwaarden bij verschillende laadniveaus samen te voegen. Voor lithiumhoudende batterijen geldt namelijk niet per definitie dat een hoger laadniveau voor een hoger risico zorgt.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Verdeling over laadniveaus H4.2.10
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Uit de begeleidingscommissie is gebleken dat het voorstel uit het RIVM-briefrapport 2024-0012 om verschillende laadniveaus te hanteren niet haalbaar is, omdat het laadniveau ofwel teveel varieert, ofwel niet bekend is.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Voor de keuze om het specifieke laadniveau niet mee te nemen in de rekenmethode speelt onder andere mee dat wanneer dit wel wordt gedaan, het specifieke laadniveau ook in de vergunning vastgelegd moet worden en hierop toegezien moet worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	Het is de verwachting dat de keuze om geen verdeling over de laadniveaus toe te passen toekomstbestendig is, met name op grond van de toepasbaarheid.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt het laadniveau niet meegenomen en worden alle data samen behandeld. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is duidelijk beschreven in de rekenmethode alsook in de toelichting op de rekenmethode.

9.1.27 *Ondergrens intern volume explosie***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Ondergrens intern volume explosie H4.2.15
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de toelichting op de rekenmethode aangegeven van welk intern volume bij een berekening van de explosie-effecten uitgegaan moet worden. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In de toelichting op de rekenmethode is beschreven van welk intern volume bij een berekening van de explosie-effecten uitgegaan moet worden.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Ondergrens intern volume explosie H4.2.15
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Dit is een voorstel van het RIVM na discussies met verschillende stakeholders uit de praktijk. De wetenschappelijke onderbouwing is in de toelichting op de rekenmethode te vinden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Juist door de wetenschappelijke onzekerheid zijn voor het scenario conservatieve aannamen gedaan. Daarmee wordt het risico waarschijnlijk overschat. Daarom is het wenselijk een ondergrens te stellen, waarbij de verwachting is dat een explosie geen significant risico meer zal vormen voor de omgeving.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Ondergrens intern volume explosie H4.2.15
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	Het voorstel is volledig beschreven in de toelichting op de rekenmethode en is daarmee FAIR.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De begrenzing is gebaseerd op het volume dat logischerwijs als betreedbaar gezien kan worden: 0,5 m bij 1 m bij 2 m. Een aanpassing in dit uitgangspunt zal van directe invloed zijn op de ondergrens van het explosiescenario.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Ondergrens intern volume explosie H4.2.15
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De begrenzing is niet conservatief. Echter, het is voldoende onderbouwd omdat het dient te voorkomen dat er te conservatief gerekend zal worden voor niet-betreedbare systemen. Er is nog nagedacht over de vorming van een explosieve wolk rondom het energieopslagsysteem, met name op parken met energieopslagsystemen. Echter, daar zal de keuze van explosieklasse 10 te conservatief zijn, omdat de wolk in dat geval een stuk minder opgesloten is. Wanneer een lagere explosieklasse gekozen wordt, neemt het berekende risico voldoende af. Hierdoor hoeft dit risico niet meegenomen te worden voor omgevingsveiligheid.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Ondergrens intern volume explosie H4.2.15
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De keuze om een scenario uit te sluiten is van directe impact op de berekende risico's. Deze keuze zorgt er voor dat er niet te conservatief gerekend wordt. Alleen de relevante risico's worden meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze om een scenario uit te sluiten is van directe impact op de uitkomsten. Als gevolg van deze keuze worden alleen de relevante risico's meegenomen en komt er dus specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De aanname is gedaan op basis van de huidige uitvoeringen van niet-betreedbare systemen, waarbij het interne vrije volume dusdanig beperkt is dat er weinig explosieve atmosfeer kan opbouwen. Zolang de opbouw van dergelijke systemen niet significant verandert, is de aanpassing toekomstbestendig.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt gebruikgemaakt van een ondergrens van het intern volume voor explosies. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is onderdeel gemaakt van de definities voor energieopslagsystemen.

9.1.28 *Niet meenemen lijwervel bij EOS'en***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Niet meenemen lijwervel bij EOS'en H4.2.17
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de toelichting op de rekenmethode de keuze voor het niet meenemen van de lijwervel bij EOS'en onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In de toelichting op de rekenmethode is beschreven dat opmenging in de lijwervel niet meegenomen wordt in de berekeningen bij EOS'en en is daarmee eenduidig.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Niet meenemen lijwervel bij EOS'en H4.2.17
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	De gassen komen warm vrij. Hierdoor zal pluimstijging optreden. Wanneer de lijwervel in de berekening wordt meegenomen, wordt in het model het gas instantaan afgekoeld, waardoor de pluimstijging niet terugkomt in de uitkomsten.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Het opmengen in de lijwervel heeft een merkbare impact op de resultaten (een factor negen in de afstand tot het gifwolkaandachtsgebied bij EOS'en bij een proefberekening voor een brandscenario).

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Niet meenemen lijwervel bij EOS'en H4.2.17
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De modellering van de lijwervel is uitgewerkt in de technische documentatie van Safeti-NL en daarmee FAIR.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Het wel of niet meenemen van de lijwervel is van invloed op de resultaten. Door in de rekenmethode vast te leggen dat zonder lijwervel wordt gerekend, worden de risico's van EOS'en op dezelfde wijze berekend.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Niet meenemen lijwervel bij EOS'en H4.2.17
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	Het meenemen van de lijwervel is in de meeste berekeningen conservatief, omdat het zorgt voor een groter gebied waar de vrijkomende wolk laag hangt en pluimstijging niet wordt meegenomen. Dit wordt echter als te conservatief beschouwd, omdat bij incidenten bij EOS'en wel degelijk te zien is dat er pluimstijging optreedt.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	De rekenmethode zorgt ervoor dat de risico's van alle typen energieopslagsystemen op eenzelfde basis worden berekend. Deze keuze vertaalt zich niet direct naar opslagen van lithiumhoudende energiedragers. Het vrijkomen van uitgas bij EOS'en gebeurt namelijk doorgaans uit behuizingen ter grootte van een container, maar bij opslagen is de behuizing (het gebouw) groter.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Niet meenemen lijwervel bij EOS'en H4.2.17
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	De keuze voor het wel/niet meenemen van de lijwervel moet gemaakt worden in Safeti-NL. Door de lijwervel niet mee te nemen, worden de relevante risico's meegenomen bij de ruimtelijke inpassing van energieopslagsystemen en worden deze niet overschat.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	De keuze voor het wel/niet meenemen van de lijwervel heeft een directe invloed op de uitkomsten. Door het niet meenemen van de lijwervel komt er specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De modelleerwijze is naar verwachting niet toekomstbestendig. Mocht er een modelleerwijze aan Safeti-NL worden toegevoegd om een dampend gebouw te simuleren, dan kan onderzocht worden of die beter geschikt is voor EOS'en. De huidige rekenmethode is getoetst op uitlegbare afstanden wanneer casuïstiek bestudeerd wordt. Bij herziening van de modelleerwijze wordt geadviseerd dit opnieuw te doen.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig voor zijn het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's van energieopslagsystemen wordt de lijwervel niet meegenomen. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Niet meenemen lijwervel bij EOS'en H4.2.17
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is grondig beschreven in de rekenmethode en toelichting op de rekenmethode en is daarmee uitvoerbaar.

9.1.29

*Keuze uitsluiten explosierisico***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Keuze uitsluiten explosierisico H4.3.3
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de toelichting op de rekenmethode de keuze voor het uitsluiten van het explosierisico voor opslagen onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In de toelichting op de rekenmethode is grondig beschreven waarom de keuze is gemaakt voor het uitsluiten van het explosierisico voor opslagen. Dit is tevens onderbouwd met een proefberekening.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Keuze uitsluiten explosierisico H4.3.3
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	Er zijn geen incidenten bekend met een grootschalige explosie die zijn gerelateerd aan een opslag van lithiumhoudende energiedragers. Tevens is in de toelichting op de rekenmethode een onderbouwende proefberekening toegevoegd, waaruit blijkt dat een explosie voor opslagen geen relevant scenario is.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	Het wel/niet meenemen van het explosierisico is zeer significant voor de uitkomsten van de risicoberekeningen.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Keuze uitsluiten explosierisico H4.3.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De keuze om het explosierisico voor opslagen niet mee te nemen is volledig uitgewerkt in de openbaar beschikbare toelichting op de rekenmethode.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Keuze uitsluiten explosierisico H4.3.3
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	Door middel van de proefberekening is reproduceerbaar dat het explosierisico niet relevant is voor opslagen.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De benadering is niet conservatief, het sluit immers een risico uit. Aangenomen wordt dat opslagen van lithiumhoudende energiedragers ten minste 1000 m ³ groot zijn, dat er maximaal 20 kWh aan batterijen uitgast zonder ontsteking en dat de wolk zich homogeen verspreidt door het gebouw. Met name door ventilatie zal de opbouw van een explosieve wolk die groot genoeg is om de omgeving te beïnvloeden onwaarschijnlijk zijn.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	In bijvoorbeeld PGS 15-opslagen wordt het risico op een explosieve wolk in de opslag ook niet meegenomen. Voor PGS 15-opslagen is dit risico echter wel kleiner, omdat de incidenten die daar beschouwd worden altijd met brand gepaard gaan. Batterijen kunnen uitgassen zonder ontsteking.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Keuze uitsluiten explosierisico H4.3.3
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Het wel/niet meenemen van het explosierisico beslist of er een explosieaandachtsgebied komt. Een explosie wordt bij opslagen van lithiumhoudende energiedragers niet als realistisch gezien. Door dit risico niet mee te nemen, worden alleen de relevante risico's beschouwd bij de ruimtelijke inpassing van opslagen van lithiumhoudende energiedragers.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Het wel/niet meenemen van het explosierisico beslist of er een explosieaandachtsgebied komt. Door alleen de relevante risico's te beschouwen, komt er specifieke informatie beschikbaar voor het bestuurlijke afwegingsproces.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	De verwachting is dat deze keuze toekomstbestendig is. Er is geen reden om aan te nemen dat PGS37-2 opslagen in de toekomst niet geventileerd zullen worden. Mochten er in de batterijtechnologie ontwikkelingen volgen waardoor de hoeveelheid uitgestoten batterijgas per batterij significant toeneemt, dan dient deze aanname opnieuw bekeken te worden.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Keuze uitsluiten explosierisico H4.3.3
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers wordt het explosierisico uitgesloten. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is grondig uitgelegd in de toelichting op de rekenmethode.

9.1.30

*Combinatie berekening pluimstijging en lijwervel***Ontvankelijkheid**

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Combinatie berekening pluimstijging en lijwervel H4.3.4
Is duidelijk van welke partij het voorstel afkomstig is en wie contactpersoon is voor vragen of verduidelijkingen?	Het RIVM heeft in de toelichting op de rekenmethode de keuze voor de combinatie pluimstijging en opmenging in de lijwervel in de berekening voor opslagen onderbouwd. Vragen of verzoeken om verduidelijking kunnen aan de helpdesk omgevingsveiligheid@rivm.nl van het RIVM gericht worden.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing eenduidig en volledig beschreven zodat deze toetsbaar is?	In de toelichting op de rekenmethode is grondig beschreven waarom de keuze is gemaakt voor de berekeningsmethode.

Validiteit

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Combinatie berekening pluimstijging en lijwervel H4.3.4
In hoeverre bieden de beschikbare gegevens een actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing van de voorgestelde aanpassing?	In Laheij en Kooi 2021 [21] is de actuele, representatieve wetenschappelijke onderbouwing beschreven rondom deze keuze. Deze is gehanteerd om de combinatie aanpak te ontwikkelen.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wetenschappelijke onzekerheid?	De aanpak zorgt voor een verschil tot ongeveer een factor 2 in risicoafstanden wanneer dit vergeleken wordt met berekeningen waar alleen pluimstijging meegenomen wordt. Ten opzichte van berekeningen waar alleen met opmenging in de lijwervel gerekend wordt, kan dit oplopen tot een factor 20 verschil in risicoafstanden.

Betrouwbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Combinatie berekening pluimstijging en lijwervel H4.3.4
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable)?	De keuze om met een combinatie te rekenen van pluimstijging en opmenging in de lijwervel voor opslagen is volledig uitgewerkt in de openbaar beschikbare toelichting op de rekenmethode.
In hoeverre zijn de resultaten reproduceerbaar en (on)gevoelig voor kleine veranderingen in uitgangspunten en parameters?	De resultaten zijn goed reproduceerbaar. Ze zijn echter gevoelig voor een aantal parameters, zoals de convectiehitte per massa en de bronterm.
In hoeverre is een veilige benadering (ook wel conservatief genoemd) gekozen in geval van onzekerheid en bij een generieke aanpak?	De benadering is conservatief. Het gaat uit van het feit dat volledige opmenging in de lijwervel plaatsvindt als aan het criterium voldaan wordt. Dit leidt tot een conservatieve aanpak zonder de risico's overmatig te overschatten.
Worden vergelijkbare situaties op een vergelijkbare wijze benaderd?	Het rapport met voorgestelde aanpassingen bij PGS 15-opslagen is voor deze keuze gebruikt. Ook is overlegd met experts op dit gebied. Op het moment van opstellen van deze rekenmethode wordt gestart met de aanpassing van de PGS 15-rekenmethode. Het advies is om bij de uitkomsten van deze aanpassing aan te sluiten, mochten daar nieuwe inzichten uit komen t.o.v. deze methode.

Toepasbaarheid

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Combinatie berekening pluimstijging en lijwervel H4.3.4
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing passend bij de wettelijk beoogde functie van de uitkomsten van het model-instrumentarium?	Deze benadering zorgt ervoor dat de uitkomsten van de modelberekeningen conservatief zijn, maar niet tot te ruim overschatten uitkomsten leiden. Het is daarmee passend.
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing relevant gezien de wettelijke doorwerking?	Deze benadering heeft een significante invloed op de uitkomsten van de berekeningen; daarmee is deze keuze relevant.

Keuze/aanpassing Tekstonderdeel	Combinatie berekening pluimstijging en lijwervel H4.3.4
In hoeverre is de voorgestelde aanpassing toekomstbestendig?	Deze benadering is mogelijk niet toekomstbestendig. Geadviseerd wordt om aan te sluiten bij de nieuwe inzichten uit het PGS 15-onderzoek dat op het moment van schrijven opgestart wordt.
Wat zijn de kosten en de tijd die nodig zijn voor het beschikbaar stellen van een rekeninstrument waarin de aanpassingen zijn verwerkt?	Bij het berekenen van de risico's voor opslagen van lithiumhoudende energiedragers wordt het explosierisico uitgesloten. Het benodigde tijdpad en budget zijn helder.
Is het voorstel uitvoerbaar en uitlegbaar?	Het voorstel is grondig uitgelegd in de rekenmethode en in de toelichting op de rekenmethode. Desondanks is de inschatting dat deze methode beperkt uitvoerbaar is voor een gemiddelde Safeti-NL-gebruiker, gezien de extra benodigde stappen die afwijken van de standaard invoerwijze in Safeti-NL.

10 Bijlage 4 Onderzoek faalfrequenties

Royal HaskoningDHV (13 december 2024) Rapport Afleiden van faalfrequenties Lithium-ion energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van Lithium-ion energiedragers. Referentie BJ2452-RHD-XX-XX-RP-X-02

Royal HaskoningDHV heeft de faalfrequenties afgeleid voor energieopslagsystemen (EOS) en opslagen van batterijen die in de rekenmethode worden toegepast. In het onderzoek zijn faalfrequenties afgeleid op basis van recente wetenschappelijke inzichten. De reikwijdte beperkt zich tot lithium-ion batterijen, specifiek LFP en NMC batterijen. De scenario's die worden beschouwd zijn brand, explosie en emissie van afgas of de formatie van een gifwolk als gevolg van een thermal runaway en brand buiten de batterij(systemen). Een thermal runaway hoeft op zichzelf geen bedreiging te vormen voor de omgeving, maar is wel de hoofdoorzaak voor het ontstaan van afgassen, die tot een escalatie of begin van brand of explosie kunnen leiden en giftige stoffen bevatten.

Het rapport beschrijft de methodiek die ten grondslag ligt aan het afleiden van de faalfrequenties. De faalfrequenties worden afgeleid op basis van:

- Wetenschappelijke statistische methoden;
- Analogon met vergelijkbare sectoren/branches;
- Expert judgement van stakeholders in de betreffende sector/branche.

De afgeleide faalfrequenties zijn afhankelijk van het type EOS en het type opgeslagen energiedragers. Een voorbeeld voor frequenties van een thermal runaway op EOS rackniveau wordt gegeven als conclusie van het onderzoek voor mobiele en stationaire EOS. Ook wordt een voorstel gegeven voor de frequenties van een thermal runaway op opslag vak niveau gegeven voor nieuwe/remanufactured, gebruikte/refurbished en afgedankte energiedragers.

Het rapport met de afgeleide faalfrequenties is te vinden via:
<https://www.rivm.nl/documenten/afleiden-faalfrequenties-lib-eos-en-opslag-lib-energiedragers>

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

maart 2025

De zorg voor morgen
begint vandaag