

Veiligheid van alternatief aangedreven vrachtwagens op petrochemische bedrijfsterreinen



Nils Rosmuller,

Lectoraat Energie- en
transportveiligheid

CTGG-dag

21 april 2023

NIPV Nederlands
Instituut
Publieke
Veiligheid

1

Opzet project

- ▶ Fase 1: literatuurstudie naar wettelijke regelingen en procedures voor alternatief aangedreven vrachtwagens (AAV's) op petro-chemische bedrijfsterreinen/locaties (afgerond in 2022)
- ▶ Fase 2: opstellen incidentscenario's voor brandstoftanks en –installaties / accu's met mogelijke oorzaken, effecten en maatregelen (2023)
- ▶ Fase 3: Pilot n.a.v. bevindingen fase 2 (najaar 2023)

NIPV Nederlands
Instituut
Publieke
Veiligheid

2

2

Fase 1: zomer/najaar 2022

- ▶ Geen specifieke regelgeving in ADR i.r.t. AAV's
- ▶ Per 1/1/23:

Per 1 januari 2023 verandert in ieder geval het volgende. AT-voertuigen mogen vanaf die datum voorzien zijn van een elektrische aandrijflijn. Bedereen die gevaarlijke stoffen vervoert waarvoor een AT-voertuig vereist is en wil overstappen naar elektrisch aangedreven voertuigen, krijgt daar dus mee te maken. Voor FL-voertuigen geldt dezelfde wijziging mogelijk vanaf 1 januari 2025. Voor EX-voertuigen is het nog totaal onduidelijk of en wanneer deze wijziging eventueel wordt doorgevoerd.

Fase 3: pilot (najaar 2023)

In fase 3 willen we de methodiek (gemodelleerde scenario's) toepassen op bedrijfsterrein:

- ▶ Specifiek maken van AAV-modelering
- ▶ Activiteiten op en lay out van bedrijfsterrein
- ▶ Assets op bedrijfsterrein
- ▶ Maatregelen: rijden, laden/lossen/parkeren—evt. assets

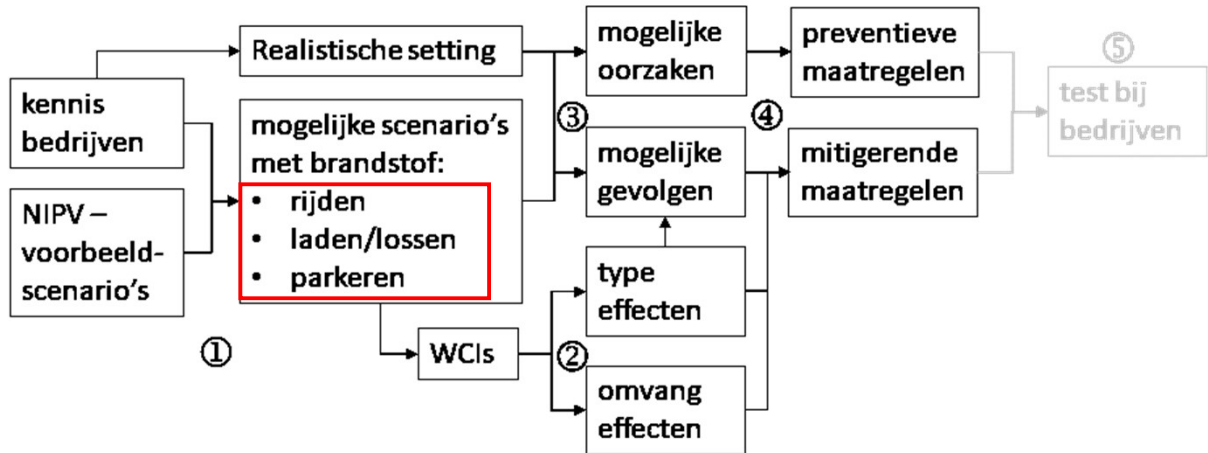
Inhoud

- ▶ Project-opzet en methodiek t.b.v. effectmodellering scenario's
 - ▶ Diesel
 - ▶ LNG
 - ▶ FCEV-H2
 - ▶ CNG
 - ▶ BEV
- ▶ Conclusies

Types AAVs

- ▶ LNG aangedreven vrachtauto's
- ▶ Batterij-elektrisch aangedreven vrachtauto's (BEV)
- ▶ Fuel cell (H2) aangedreven vrachtauto's (FCEV)
- ▶ CNG aangedreven vrachtauto's

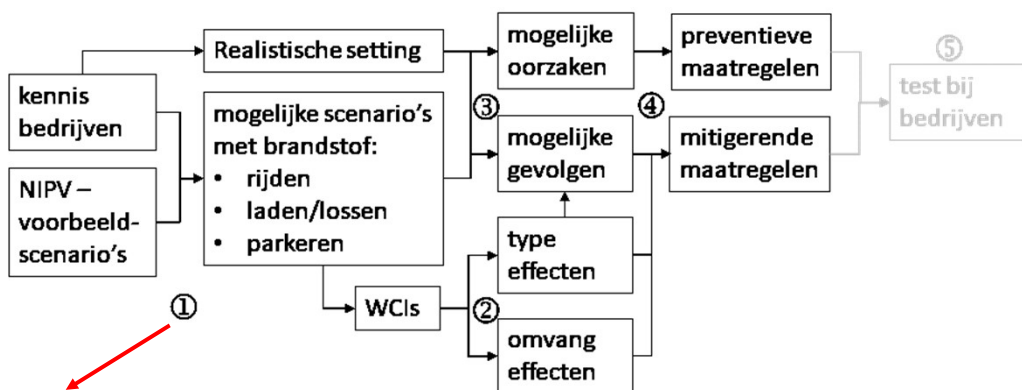
Methodiek Fase 2



WCI = worst credible incidents scenario = scenario's die tot forse schade-effecten kunnen leiden, maar ondertussen nog wel (door deskundigen) als geloofwaardig worden beschouwd.

7

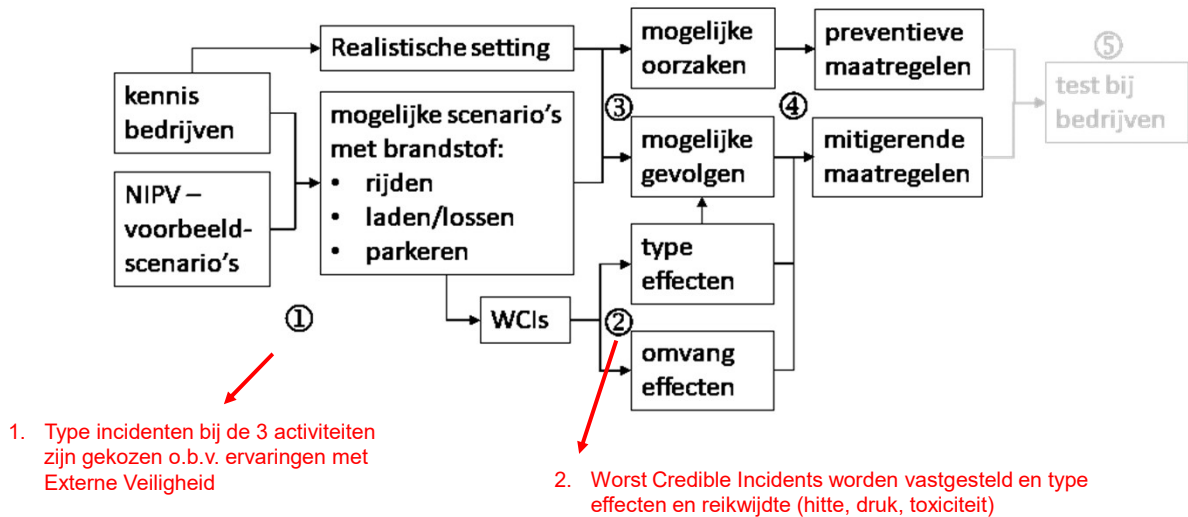
Methodiek Fase 2



1. Type incidenten bij de 3 activiteiten zijn gekozen o.b.v. ervaringen met Externe Veiligheid

8

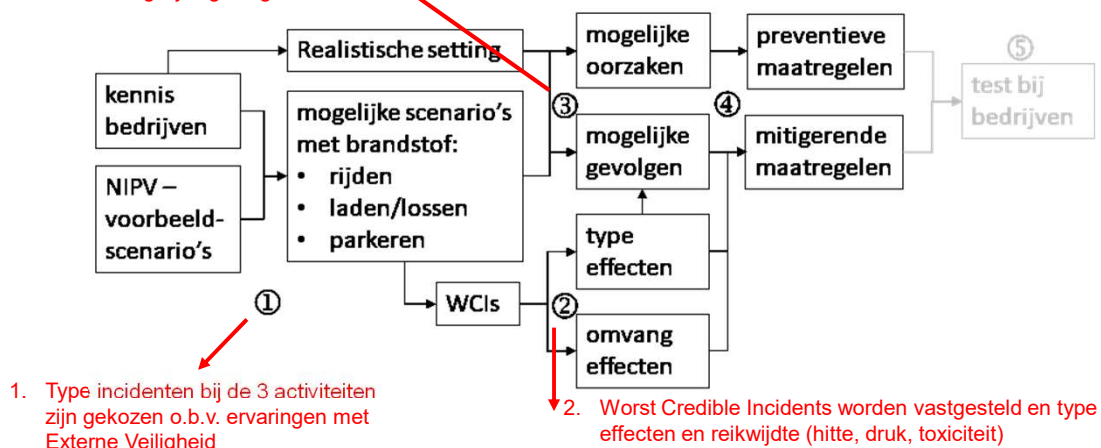
Methodiek Fase 2



Methodiek Fase 2

3. Vaststellen realistische setting (via deelnemers workshop):

- mogelijke oorzaken
- mogelijke gevolgen



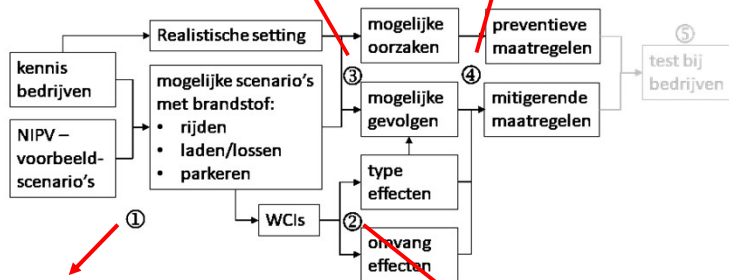
Methodiek Fase 2

3. Vaststellen realistische setting (via deelnemers workshop):

- mogelijke oorzaken
- mogelijke gevolgen

4. Identificeren maatregelen (preventief en mitigerend):

- ruimtelijk
- organisatorisch
- technisch



1. Type incidenten bij de 3 activiteiten zijn gekozen o.b.v. ervaringen met Externe Veiligheid

2. Worst Credible Incidents worden vastgesteld en type effecten en reikwijdte (hitte, druk, toxiciteit)

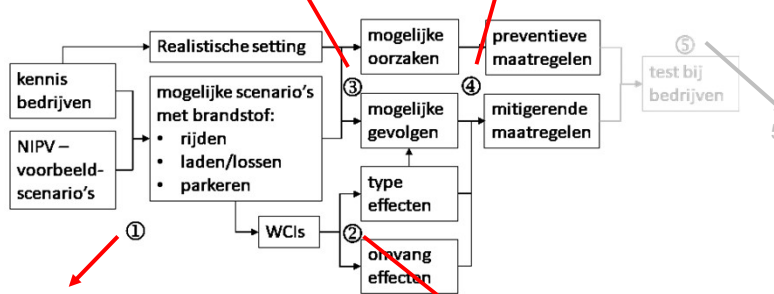
Methodiek Fase 2

3. Vaststellen realistische setting (via deelnemers workshop):

- mogelijke oorzaken
- mogelijke gevolgen

4. Identificeren maatregelen (preventief en mitigerend):

- ruimtelijk
- organisatorisch
- technisch



1. Type incidenten bij de 3 activiteiten zijn gekozen o.b.v. ervaringen met Externe Veiligheid

2. Worst Credible Incidents worden vastgesteld en type effecten en reikwijdte (hitte, druk, toxiciteit)

5. testen in pilot:

- werken methodiek en modellering
- uitkomsten bruikbaar
- bijstellen / aanpassen

Aard van de scenario's

- ▶ WCI's: scenario's die tot forse schade-effecten kunnen leiden, maar ondertussen nog wel (door deskundigen) als geloofwaardig worden beschouwd,
- ▶ Enkel de brandstoftanks en -installaties of de accu's van de vrachtauto's
- ▶ Geen domino naar de lading
- ▶ Gericht op effectafstanden: hitte (°C), druk (bar) , toxiciteit (LBW)

Schadecriteria scenario's

- ▶ Hitte:
 - ▶ afstand tot 35 kW /m² (brandoverslag)
 - ▶ afstand tot 10 kW /m² (dodelijk)
 - ▶ afstand tot 3 kW /m² (hulpverlening)
 - ▶ BLEVE: diameter vuurbal (brand(overslag) en dodelijk)
 - ▶ fakkellengte (branduitbreiding en dodelijk)
 - ▶ max. afstand explosieve gaswolk (omvang schadegebied)
- ▶ Druk:
 - ▶ afstand tot 300 mbar (zware schade aan constructies)
 - ▶ 12,5% opsluiting van gaswolk, "explosiecurve 10"
- ▶ Toxiciteit:
 - ▶ afstand tot LBW₃₀ (levensbedreigende waarde, 30 minuten– industriegebied), (BEV→ HF, LBW₃₀ concentratie is 50 mg/m³)

Resultaat: matrix met 12 scenario's met diverse effectafstanden

	Rijden	Laden/lossen	Parkeren
LNG			
CNG			
FCEV			
BEV			

Referentie: diesel aangedreven vrachtauto

- ▶ Alleen plasbrand is relevant → hittestraling (kW/m²)
- ▶ voorbeeld (500 liter tank) gevolgen:
 - ▶ plasgrootte: Ø 12 m
 - ▶ afstand tot 35 kW /m²: 10 m
 - ▶ afstand tot 10 kW /m²: 18 m
 - ▶ afstand tot 3 kW /m²: 26 m



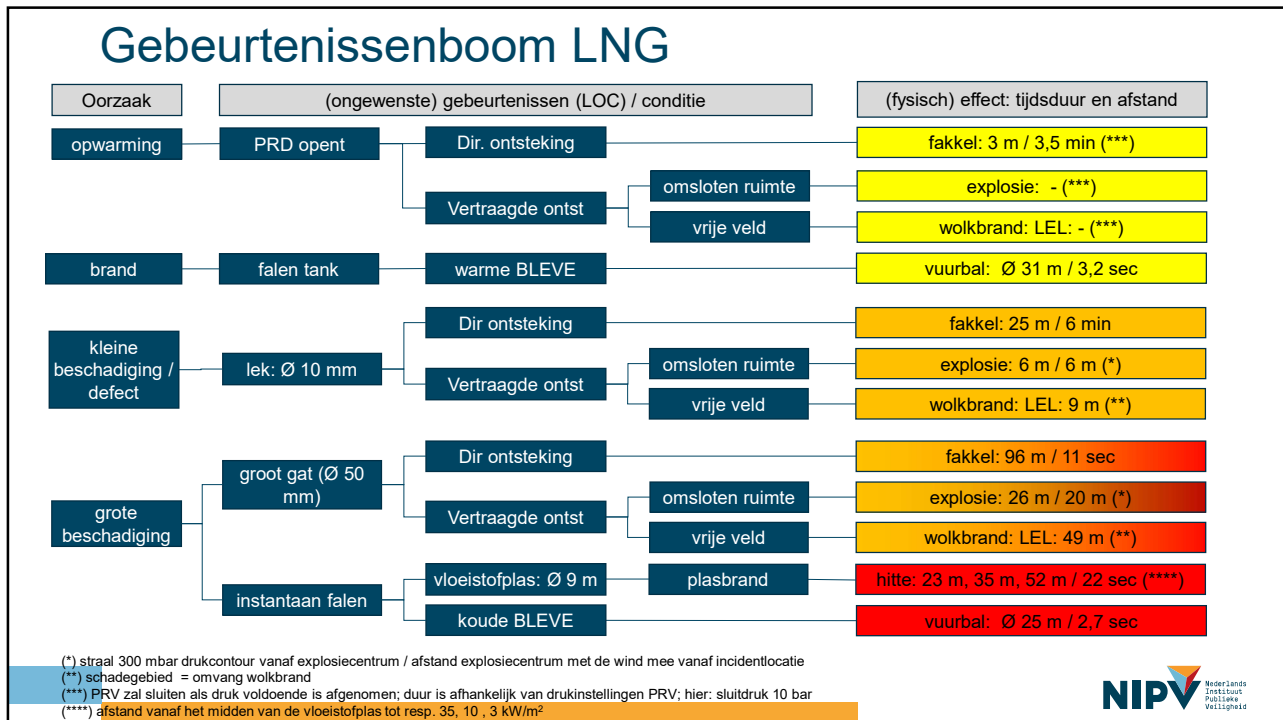
Fysische modellering zoveel mogelijk cf scenario's/uitgangspunten uit de handreiking risico-analyse transport (HART), (RIVM, 2017)

Scenario's LNG: uitgangspunten

- ▶ één van de twee 528 liter tanks is betrokken bij het incident, 90% vulling (185 kg LNG)
- ▶ werkdruk en -temperatuur: 4,4 bar en -140 °C,
- ▶ openingsdruk PRV: 16 bar (-113 °C)
- ▶ 10 mm leidingaansluitingen
- ▶ warme BLEVE: 20 bar (-107 °C)
- ▶ Pasquillklasse: D5

Scenario's LNG: oorzaak en gevolg

	Rijden	Laden/lossen	Parkeren
LNG	Aanrijding: open scheuren tank: koude BLEVE en plasbrand of groot gat bijv. door kantelen (50 mm) – fakkel / explosie / wolkbrand	Afbreken leiding (10 mm): fakkel / explosie / wolkbrand of groot gat, bijv. door heftruck (50 mm) – fakkel / explosie / wolkbrand	Opwarmen: openen PRD - fakkel explosie / wolkbrand of Brand door vandalen, instantaan falen: Warme BLEVE



19

Scenario's FCEV (H2)

▶ Uitgangspunten:

- ▶ Twee 322 liter tanks, elk met 8 kg H₂, één cilinder betrokken bij het incident
- ▶ werkdruk: 350 bar
- ▶ TPRD open: 110°C / 418 bar; diameter: 6 mm; 10 mm leiding aansluitingen
- ▶ Pasquillklasse: D5

20

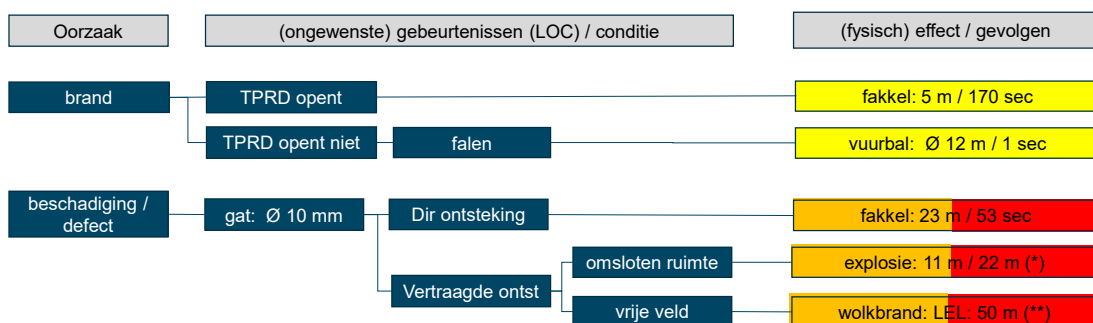
Scenario's FCEV (H2): oorzaak en gevolg

	rijden	Laden/lossen	Parkeren
FCEV	Aanrijding: cilinder breekt los: afbreken leiding: fakkel / explosie / wolkbrand	Afbreken leiding: fakkel / explosie / wolkbrand	Brand door vandalen: openen TPRD – fakkel of TPRD opent niet: falen - vuurbal

21

21

Gebeurtenissenboom FCEV (H2)



(*) straal 300 mbar drukcontour vanaf explosiecentrum / afstand explosiecentrum met de wind mee vanaf incidentlocatie

(**) schadegebied = omvang wolkbrand. H2 heeft lagere dichtheid dan lucht: max. afstand LEL op 8 m hoogte; op 1,5 m hoogte ligt LEL op 30 m

22

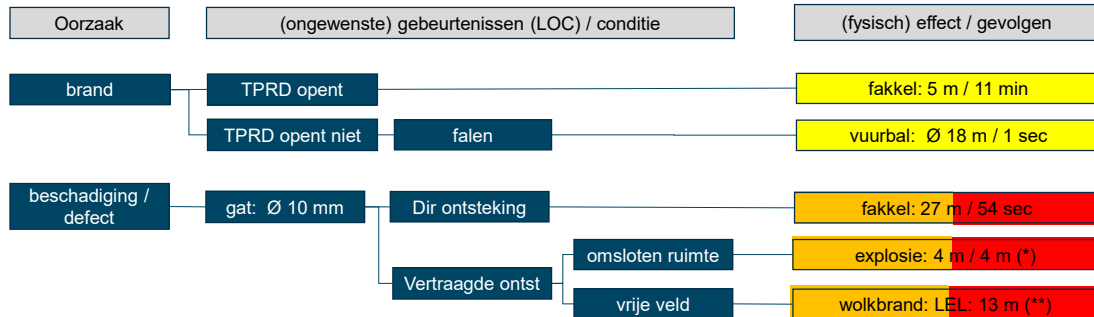
Scenario's CNG: uitgangspunten

- ▶ 2 pakketten van ieder 4 tanks (drukcilinders)
- ▶ Volume: 118 liter / tank, 28 kg methaan
- ▶ werkdruk : ca. 200 bar
- ▶ TPRD opent: 110°C / 350 bar; diameter: 6 mm; 4 (van de 8) tanks lopen leeg
- ▶ TPRD op 4 m hoogte; is via 9 mm leiding met tankpakket verbonden
- ▶ 10 mm leiding aansluitingen
- ▶ Pasquillklasse: D5

Scenario's CNG: oorzaak en gevolg

	Rijden	Laden/lossen	Parkeren
CNG	Aanrijding: cilinder raakt los, leiding breekt af (10 mm gat: fakkel / explosie / wolkbrand)	Afbreken leiding (10 mm): fakkel / explosie / wolkbrand	Brand door vandalen: openen TPRD – fakkel of TPRD opent niet: falen - vuurbal

Gebeurtenissenboom CNG



(*) straal 300 mbar drukcontour vanaf explosiecentrum / afstand explosiecentrum met de wind mee vanaf incidentlocatie
 (**) schadegebied = omvang wolkbrand.

Scenario's BEV

► Uitgangspunten:

- 9 pakketten van 33 kWh
- bij brand ontstaat:
 - 55 liter HF/kWh (toxisch)
 - 20,5 mol brandbaar gas / kWh (mix), bij berekeningen aangenomen: 100% H₂;
 - Vrijkomen in 9 pakketten in 1 min / 2 pakketten in 10 min / 2 pakketten in 1 uur
 - Pasquillklasse: D5

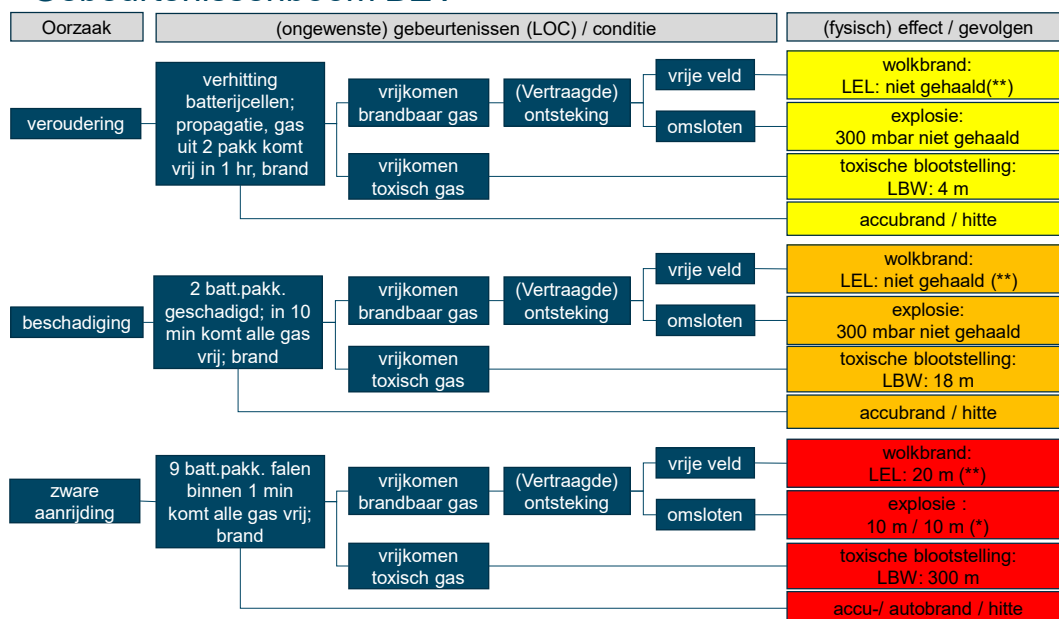
Opm: literatuur: 300 – 6000 liter gas/kWh; Hier is uitgegaan van 600 liter/kWh

Scenario's BEV oorzaak en gevolg

	rijden	Laden/lossen	Parkeren
BEV	Ernstige aanrijding: 9 tanks vallen; binnen 1 min komen gassen vrij; Accubrand, wolkbrand, explosie, tox. blootstelling	Beschadiging 2 batterijpakketten door bijv. heftuk: thermal runaway: gas uit 2 batterijpakketten komt vrij in 10 min, brand: accubrand, tox.blootstelling	verhitting batterijcellen; propagatie, gas uit 2 batterijpakketten komt vrij in 1 hr, brand: Accubrand, tox.blootstelling

27

Gebeurtenissenboom BEV



(*) straal 300 mbar drukcontour vanaf explosiecentrum / afstand explosiecentrum met de wind mee vanaf incidentlocatie
 (**) schadegebied = omvang wolkbrand.

28

Overzicht scenario's met WCI effecten

	rijden	Laden/lossen	Parkeren
Diesel (referentie)	Open scheuren tank: → letaal letsel/ plasbrand tot 18 m		
LNG	Aanrijding: open scheuren tank of Groot gat → schade / fakkelbrand tot 96 m	Afbreken leiding of groot gat, → schade / fakkelbrand tot 25 m	Opwarmen: openen PRD of Brand door vandalen: Warme BLEVE → schade / vuurbal tot 31 m
FCEV (H2)	Aanrijding: cilinder breekt los: afbreken leiding → schade / wolbrand tot 50 m	Afbreken leiding: → schade / wolbrand tot 50 m	Brand door vandalen: openen TPRD of TPRD opent niet: falen - vuurbal → schade / vuurbal tot 12 m
CNG	Aanrijding: cilinder breekt los: afbreken leiding → schade / wolbrand tot 27 m	Afbreken leiding: → schade / wolbrand tot 27 m	Brand door vandalen: openen TPRD of TPRD opent niet: falen - vuurbal → schade / vuurbal tot 18 m
BEV	Aanrijding tegen accu: instantane brand → schade / wolbrand tot 20 m → gezondheidseffecten LBW: 300 m	Beschadiging accu: thermal runaway → schade / accubrand → gezondheidseffecten: LBW: 18 m	Slechte conditie accu: oververhitting accu – propagatie hitte – thermal runaway → schade / accubrand → gezondheidseffecten: LBW: 4 m

Hoofdconclusies (1/2)

Tot eind 2022 geen regelgeving inzake AAV en ADR. Per 1/1/23 wel mbt BEV voor AT-voertuigen → toegestaan (fase 1)

LNG: tot 4x effectafstand diesel → fakkel

FCEV-H2: tot 3x effectafstand → wolbrand

CNG: tot 1,5x effectafstand → wolbrand

BEV: tot 300m → toxiciteit a.g.v. HF

Hoofdconclusies (2/2)

LNG: parkeren is aandachtspunt (opwarmen van LNG, drukopbouw)

FCEV-H2 en CNG : binnen activiteiten zijn aandachtspunt i.r.t. lekkage.
Ophoping van waterstof met explosierisico's. daarnaast de fakkel als gevaar.

BEV: incidentbestrijding is aandachtspunt: complex blussen/koelen,
langdurig, veel water, milieuschade

Misschien grootste risico bij reguliere transport-/retailbedrijven/DC's waar met AAV wordt gereden → geen VBS gevaarlijke stoffen, geen preventieve en repressieve maatregelen