KEGROB

VLAMBOOGBEHEERSING KEGROB

Branche Richtlijn KEGROB

Dit is een uitgave van de Kontaktgroep Elektrotechniek Grote Bedrijven
Versie sept 2026

1. Inhoudsopgave

1. Voorwoord 3
2. Wat is een vlamboog 4
3. Termen en definities 5
4. Overzicht (inter)nationale wet- en regelgeving 6
5. Het berekenen van de incidentenergie 9
6. Beheersen van de vlamboogrisico's 11
7. Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) 14
8. Kenbaar maken van vlambooggevaar 17
8.1. Vlambooglabels 17
9. Instrueren van personeel 18
10. Bijlagen 20
10.1. Meest relevante eigenschappen en condities van IAC-geclassificeerde verdeelinrichtingen 20
10.2. Voorbeelden vlambooglabels 21

1. Voorwoord

Er bestaan verschillende eisen, aanbevelingen, richtlijnen, normen en wetten betreffende het beheersen van vlamboogrisico's in zowel nationale als internationale wet- en regelgeving. Een aantal relevante documenten, zonder volledig te zijn, is:

- NEN-EN 50110-1 (en) "Operation of electrical installations - Part 1: General requirements";
- NEN-EN 50110-2 (en) "Operation of electrical installations - Part 2: National annexes";
- NEN 3140 "Bedrijfsvoering van elektrische installaties - Laagspanning";
- NEN 3840 "Bedrijfsvoering van elektrische installaties – Hoogspanning";
- IEEE 1584 "Guide for the Specification of Scope and Deliverable Requirements for an Arc-Flash Hazard Calculation Study in Accordance with IEEE Std 1584";
- DGUV Information 203-077*BGI/GUV-I 5188 "Thermal hazards due to electric fault arcing - Guide for selecting personal protective equipment";
- NFPA 70E "Standard for electrical safety in the workplace";
- NEN-EN-IEC 61482 – "Live working - Protective clothing against the thermal arc hazards of an electric arc";
- ASTM F2675 "Standard test method for determining arc ratings of hand protective products developed and used for electrical arc flash protection";
- ASTM F2178 "Standard specification for arc rated eye or face protective products";
- GS-ET-29 "Face shields for electrical works";

Vermelde (inter)nationale normen & standaarden geven handvaten ten aanzien van vlamboogvastheid, vlamboogbestendigheid en vlamboog mitigerende maatregelen (incl. PBM's); hierin moeten nog wel verschillende keuzes, afwegingen en aannames gemaakt worden.

Het doel van de deze richtlijn VLAMBOOGBEHEERSING KEGROB is om deze (inter)nationale normen en standaarden te vertalen naar een nationale richtlijn, waarbij een overzicht gegeven wordt van de verschillende opties, waarbij:

- ingegaan wordt op de te-maken keuzes, afwegingen en aannames, en
- een richtlijn gegeven wordt t.a.v. de standaardisatie van vlamboogbeheersing

Dit document is *niet* gekoppeld aan een (inter)nationale norm dan wel wetgeving en dient louter als hulpmiddel bij het beheersen van vlamboogrisico’s binnen grote industriële bedrijven. De richtlijn VLAMBOOGBEHEERSING KEGROB wordt door de KEGROB vastgesteld, beheerd en herzien/gereviewd indien noodzakelijk.

2. Wat is een vlamboog

2.1. Definitie van een vlamboog

Een vlamboog, ook wel een elektrische boog of lichtboog genoemd, is een overslag van elektrische energie tussen twee geleiders door lucht, waarbij de lucht ioniseert.

2.2. Oorzaken van vlambogen

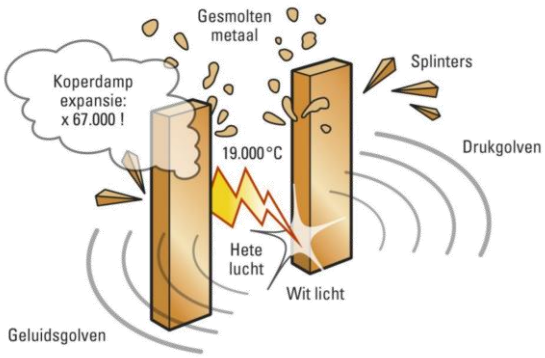
Een elektrische vlamboog kan worden veroorzaakt door menselijke fouten, een verkeerd ontwerp of het falen van componenten. De meest voorkomende oorzaken zijn:

- defecte isolatie;
- het achterlaten van geleidende materialen na onderhoud;
- het laten vallen of aanraken van geleidend materiaal op spanningvoerende delen;
- foute bedrading (inclusief het achterlaten na veranderingen MOC);
- vervuiling;
- ongedierte;
- verkeerde handelingen.

2.3. Effecten van vlambogen

Als een elektrische vlamboog plaatsvindt, kunnen de volgende effecten optreden:

- extreme hitte tot wel 19 000 graden Celcius;
- koperdampen;
- licht (UV & IR-lichtgolven);
- druk van meer dan 96 000 Pascal, waarbij permanente longschade kan optreden;
- meer dan 140 dB geluid (de pijngrens voor geluid ligt bij circa 125 dB/130 dB);
- gesmolten metaal en splinters.



Referentie:

2.4. Energie van een vlamboog

De energie van een vlamboog is voornamelijk afhankelijk van de optredende foutstroom en de afschakeltijd. Voor het beheersen van het vlamboogrisico is het ook belangrijk dat er wordt nagedacht over de werkafstand tot een potentiële vlamboog. Deze energie wordt ook wel incidentenergie genoemd.

3. Termen en definities

ELIM	ELIM staat voor Energy LIMit. Een classificatie die voortkomt uit een testmethode van IEC 61482-1-1 (ook wel open arc test genoemd). Dit is een waarde van de incidentenergie uitgedrukt in calorieën per vierkante centimeter, waarbij een persoonlijk beschermingsmiddel 100% kans heeft om bescherming te bieden tegen een tweedegraads verbranding.
EBT	EBT staat voor Energy Breakopen Treshold. Een classificatie die voortkomt uit een testmethode van IEC 61482-1-1 (ook wel open arc test genoemd). Dit is een waarde waarbij een bepaalde incidentenergie, uitgedrukt in calorieën per vierkante centimeter, een gat van minimaal 1,6 vierkante centimeter in een persoonlijk beschermingsmiddel zal veroorzaken. Hierbij wordt uitgegaan dat het betreffende persoonlijke beschermingsmiddel geen bescherming meer zal bieden tegen tweedegraads brandwonden.
ATPV	ATPV staat voor Arc Thermal Performance Value. Een classificatie die voortkomt uit een testmethode van IEC 61482-1-1 (ook wel open arc test genoemd). Dit is een waarde van de incidentenergie uitgedrukt in calorieën per vierkante centimeter, waarbij een persoonlijk beschermingsmiddel 50% kans heeft om bescherming te bieden tegen een tweedegraads verbranding.
APC-1	Arc Protection Class 1. Een classificatie die voortkomt uit een testmethode van IEC 61482-1-2 (ook wel box-test genoemd) waarbij met een pass/fail-conclusie wordt bepaald of een PBM ten minste een vlamboog met een kracht van 4 kA - 0,5 s kan weerstaan.
APC-2	Arc Protection Class 2. Een classificatie die voortkomt uit een testmethode van IEC 61482-1-2 (ook wel box-test genoemd) waarbij met een pass/fail-conclusie wordt bepaald of een PBM ten minste een vlamboog met een kracht van 7 kA - 0,5 s kan weerstaan.
IAC	Internally Arc Classified – Een algemeen erkende term die wordt toegekend aan verdeelinrichtingen die verschillende typetesten hebben ondergaan, om te bepalen dat er geen significante vlamboog en/of onderdelen buiten de installatie kan treden
incidentenergie	De thermische energie waaraan een persoon wordt blootgesteld als er een vlamboog zou optreden. De incidentenergie wordt gemeten in calorie/cm^2 (cal/cm^2). De incidentenergie wordt berekend op een standaard werkafstand van 61 cm voor LS-installaties en 91 cm voor HS-installaties.
MOC	Management Of Change
Vlambooggrens	De afstand tot de vlamboog waarbij de incidentenergie is afgenomen tot 1,2 cal/cm^2. De waarde 1,2 cal/cm^2 wordt gedefinieerd in de NFPA 70E-norm en is gelijk aan de vlambooggrens waarbinnen tweedegraads brandwonden op een onbeschermde huid te verwachten zijn.
JSA/JHA/AHA	Job Safety Analysis/Job Hazard Analysis/Activity Hazard Analysis

High Speed Earthing Switches (HSES)	Een HSES-systeem zorgt voor een zeer snelle kortsluiting van de 3 fasen: De vlamboog dooft hierdoor direct en de kortsluitstroom wordt vervolgens door de overstroombeveiliging uitgeschakeld. Het voordeel is een zeer snelle doving van de vlamboog, waardoor de hoeveelheid vlamboog-incidentenergie ook veel lager zal zijn. Een nadeel is dat dit systeem vrijwel direct een 3-fasen-kortsluitstroom naar aarde genereerd, waarbij significant dynamische krachten kunnen ontstaan. Door de potentiële schade die hierbij optreedt is dit systeem ook moeilijk te testen.
Stoll-curve	De "stoll-curve" is een curve die de energie, het oppervlakte en de tijd vertegenwoordigt, die nodig zijn voor het ontstaan van een tweedegraads brandwond. De curve wordt gebruikt om de: • potentie van een tweedegraads brandwond weer te geven; • ATPV- en ELIM-waarden te berekenen.

4. Overzicht (inter)nationale wet- en regelgeving

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van toe te passen relevante normen en standaarden in Nederland ten aanzien van vlamboogbeheersing. Deze lijst is echter allerminst compleet en is opgesteld op basis van kennis en ervaring op het moment van schrijven van dit document.

4.1. NEN 3140 / NEN 3840

NEN 3140 en NEN 3840 zijn Nederlandse normen die eisen stellen voor een veilige bedrijfsvoering van elektrische installaties en elektrische arbeidsmiddelen op het gebied van respectievelijk laagspanning en hoogspanning. Onderdeel van deze eisen is het definiëren van de noodzakelijke bescherming tegen vlambogen.

Beide normen stellen dat voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen en beschermingsmiddelen moeten worden gebruikt (§ 5.3.1.3):

- bij aanrakingsgevaar of vlambooggevaar (NEN 3140);
- bij de kans op het binnengaan van de gevarenzone of bij vlambooggevaar (NEN 3840) .

De noodzakelijke bescherming tegen vlambogen wordt bepaald door de waarde van de voorliggende beveiliging(en) (NEN 3140 § 6.3.1.103). In Bijlage G.2 wordt het gebruik van beschermingsmiddelen en hulpmiddelen tegen vlambogen aangegeven.

In beide normen wordt verwezen naar de volgende normen:

- IEC 61482-2: Beschermende kleding en handschoenen tegen vlambogen;
- DGUV Information 203-077*BGI/GUV-I 5188 (Duits);
- NFPA 70E met IEEE 1584 (Amerikaans).

Vanuit NEN 3140 wordt ook verwezen naar:

- NEN-EN 166
  getest met vlamboogtesten volgens NEN-EN-IEC 61482-1-1 of NEN-EN-IEC 61482-1-2, of GS-ET 29 t.a.v. gelaatschermen.

4.2. NFPA 70E

NFPA 70E is een Amerikaanse norm van de National Fire Protection Association waarin bepalingen en richtlijnen worden beschreven waarbij het beschermen van mensen voor elektrische gevaren centraal staat. Tevens worden specifieke richtlijnen gegeven voor het beheersen van vlamboogrisico's.

De belangrijkste principes die aan bod komen zijn JSA/JHA/AHA-procedures waarin de volgende onderwerpen centraal staan worden:

- schokbescherming;
- mitigeren van incidentenergie;
- lockout-tagout;
- persoonlijke beschermingsmiddelen.

Aangezien de Nederlandse en Europese normen weinig details bevatten met betrekking tot risicobeheersing vlambooggevaar, is de NFPA 70E een goede aanvulling hierop.

NFPA 70E bevat:

- veel nuttige tabellen die dienen als richtlijn voor het bepalen van PBM's op basis van de berekende incidentenergie;
- gaat uitgebreid in op werkmethoden, zoals het beschrijven van werkzaamheden waar aanvullende beheersmaatregelen nodig zijn;
- de verwijzing naar IEEE 1584 met betrekking tot de vlamboogberekeningsmethode.

4.3. IEEE 1584

IEEE 1584 is een standaard van het 'Institute of Electrical and Electronics Engineers' (IEEE) die een methode biedt voor het berekenen van de incidentenergie die vrijkomt bij een vlamboog en het bepalen van de afstand tot het vlambooggevaar. Deze berekeningsmethode resulteert in een waarde in calorieën per vierkante centimeter (cal/cm^2).

Benadrukt wordt dat deze standaard voornamelijk elektrische vlambogen in wisselstroomsystemen beschrijft, met een bedrijfsspanning tussen 208 V a.c. en 15 000 V a.c. Enkelfasige elektrische vlambogen of elektrische gelijkstroom vlambogen vallen *niet* onder deze standaard; er worden hieromtrent wel enkele richtlijnen en referenties gegeven. Aanbevelingen voor persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) om vlambooggevaren te beperken, zijn *niet* in deze standaard opgenomen.

> *Toelichting:*
> *De huidige versie van de IEEE 1584 (2018) vervangt de versie uit 2002. Gedurende die periode werd het analytische model geperfectioneerd, waarbij honderden experimentele testen werden uitgevoerd in speciale laboratoria. . Het nieuwe model is ontwikkeld op basis van meer dan 1800 testen om verschillende electrode-configuraties te integreren, ten opzichte van 300 testen die in 2002 werden uitgevoerd. Dit levert een opmerkelijk verschil op.*

4.4. BGI/GUV-I 5188

BGI/GUV-I 5188 betreft een Duitse richtlijn uitgegeven door de Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), oftewel Duitse sociale ongevallenverzekering. De richtlijn is bevat een risicobeoordeling volgens DGUV-I 203-077 en risicoberekeningen volgens BGI/ GUV-I 5188. Volgens de norm wordt de beschermende kleding getest, volgens NEN-EN-IEC 61482-1-2 Box-test, met een beperkte en gerichte vlamboog gecreëerd door een kortsluiting in een open kast (box). De test wordt uitgevoerd in een laagspanningsbereik (400 V a.c.).

4.5. NEN-EN-IEC 61482

NEN-EN-IEC 61482 gaat over beschermende kleding tegen de thermische gevaren van een vlamboog en bestaat uit de volgende delen:

- **Deel 1-1**: Beproevingsmethoden - Methode 1:
  Bepaling van de incidentenergie (ELIM, ATPV en/of EBT, uitgedrukt in cal/cm^2, volgens de "stoll curve") voor kledingmaterialen en of beschermende kleding voor gebruik bij vlambooggevaar.
  Dit deel van IEC 61482 specificeert een testmethode om de vlamboogwaarde te bepalen van vlambestendige kledingmaterialen en kledingstukken, of samenstellingen van kledingstukken, bedoelt voor werknemers bij werkzaamheden met vlambooggevaar.
  - Een open boog onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden wordt gebruikt om de waarden te bepalen van:
    - ELIM (0% kans op tweedegraads brandwonden);
    - ATPV (50% kans op tweedegraads brandwonden);
    - EBT (50% kans op openbreken met als gevolg tweedegraads brandwonden).
- **Deel 1-2**: Beproevingsmethodes - Methode 2:
  Bepaling van de beschermingsklasse van materiaal en kleding tegen vlambogen gebruikmakend van een begrensde en gerichte vlamboog (box-beproeving)
  Dit deel van IEC 61482 specificeert procedures voor het testen van materiaal en kleding bedoelt voor gebruik in hitte- en vlambestendige kleding voor werknemers bij werkzaamheden met vlambooggevaar. Een gerichte en beperkte elektrische vlamboog in een testcircuit wordt gebruikt om materiaal en kleding in twee gedefinieerde klassen te classificeren, te weten:
  - APC1: 168 kJ, 4 kA/0,5 s, 400 V a.c.
  - APC2: 320 kJ, 7 kA/0,5 s, 400 V a.c.
- **Deel 2**: Eisen
  Dit deel van IEC 61482 is van toepassing op beschermende kleding die wordt gebruikt bij werkzaamheden waarbij het risico bestaat op blootstelling aan een elektrische vlamboog.
  Dit document specificeert de vereisten en testmethoden die van toepassing zijn op materialen en kleding ter bescherming van elektriciens tegen de thermische gevaren van een elektrische boog. Eisen gesteld ter voorkoming van elektrische schokken worden niet in dit document beschreven.

In IEC 61482 worden alleen de thermische effecten van een elektrische vlamboog op kleding beschreven. Bescherming van ogen, gezicht, hoofd, handen en voeten vallen niet onder deze norm.

Beschermende kleding voor werkzaamheden waarbij opzettelijk gebruik wordt gemaakt van een elektrische boog, zoals booglassen en plasmatoorts, wordt ***niet*** in deze norm beschreven.

4.6. ASTM F2675 / F2178

De American Society for Testing and Materials (ASTM) F2675 standaard betreft testeisen voor vlamboogbeschermende handschoenen, uitgedrukt in cal/cm^2.

ASTM F2178 betreft testeisen voor vlamboogbeschermende oog- en/of gezichtsbescherming, uitgedrukt in cal/cm^2.

4.7. GS-ET-29E

GS-ET staat voor "Geprüfte Sicherheit Elektro Technik". De GS-ET-29E is een Duitse standaard waarin testeisen staan t.a.v. vlamboogbescherming van gelaatschermen (volgens EN 61482-1-2 klasse 1 of 2).

- GS-ET-29 klasse 1: 4 kA
- GS-ET-29 klasse 2: 7 kA

4.8. NPR-IEC/TR 61641

Dit is een technical report waarin richtlijnen staan voor omsloten laagspanningsschakel- en verdeelinrichtingen – Leidraad voor beproeven tijdens overslag van een interne fout. Hierin staan verschillende criteria en verschillende klasses.

4.9. Wet- en regelgeving Nederland – De Arbowet

In de Nederlandse Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet), het Arbobesluit en de Arboregeling staan algemene bepalingen ten aanzien van het beheersen van risico's op de werkplek. Hierin staan geen specifieke beheersmaatregelen ten aanzien van vlamboogbeheersing.

De Arbowet eist dat elk bedrijf een Risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) opstelt waarin risico's die verbonden zijn aan de werkzaamheden in kaart worden gebracht en waarin maatregelen worden opgenomen om die risico's te beheersen.

Bovendien wordt in de Nederlandse Arbeidsomstandighedenwet geëist dat risico's met behulp van de "arbeidshygiënische strategie" worden aangepakt, dit betekent:

"tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden gevergd worden de gevaren en risico's voor de veiligheid of de gezondheid van de werknemer zoveel mogelijk in eerste aanleg bij de bron daarvan voorkomen of beperkt; naar de mate waarin dergelijke gevaren en risico's niet bij de bron kunnen worden voorkomen of beperkt, worden daartoe andere doeltreffende maatregelen getroffen waarbij maatregelen gericht op collectieve bescherming voorrang hebben boven maatregelen gericht op individuele bescherming; slechts indien redelijkerwijs niet kan worden gevergd dat maatregelen worden getroffen die zijn gericht op individuele bescherming, worden doeltreffende en passende persoonlijke beschermingsmiddelen aan de werknemer ter beschikking gesteld" *[Ref: Nederlandse arbeidsomstandighedenwet van 1 Januari 2025]*

De werkgever is ervoor verantwoordelijk dat de Arbowet wordt nageleefd.

5. Het berekenen van de incidentenergie

Het berekenen van de incidentenergie bij vlambogen (Arc Flash) is cruciaal voor het vaststellen van mitigerende maatregelen zoals het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) en het waarborgen van de veiligheid in elektrische installaties.

Incidentenergie, internationaal bekend als "incident energy", verwijst naar
de hoeveelheid thermische energie die op een oppervlak wordt afgegeven op een bepaalde afstand van de bron tijdens een vlamboog.
De belangrijkste parameters voor het uitvoeren van vlamboogberekeningen zijn:

1) **Potentieel optredende kortsluitstroom:** De verschillende potentieel optredende kortsluitstromen (min/max) onder verschillende netconfiguraties, met de daarbij behorende afschakeltijden.
2) **Afschakeltijd**: De totale afschakeltijd (instellingen + eigen tijd) voor een specifieke kortsluitstroom.
3) **Elektrodeconfiguratie:** De opstelling van de elektroden (bijvoorbeeld verticaal of horizontaal) heeft een significante invloed op de vlamboogberekeningen.
4) **Omvang van de behuizing:** De grootte van de behuizing waarin de vlamboog optreedt, beïnvloedt de verspreiding van de incidentenergie.
5) **Werkafstand**: De afstand tussen de bron van de vlamboog en de werknemer is cruciaal voor het bepalen van de blootstelling aan incidentenergie (zie hiervoor ook paragraaf 7.1.

Bij het berekenen van de incidentenergie wordt normaliter uitgegaan van de eerste upstream-beveiliging ten opzichte van de foutlocatie. Er wordt hierbij niet uitgegaan van dubbele elektrische fouten.

Bij het berekenen van de incidentenergie is het belangrijk om verschillende systeemmodi te definiëren zoals parallelle transformatoren, eilandbedrijf en black-starts, deze modi hebben allemaal andere incidentenergieën en afschakeltijden. Ook Automatic Change Over (ACO)-instellingen en de positie van koppelschakelaars spelen een rol. Hierin moeten keuzes worden gemaakt, zodat het per scenario duidelijk wordt welke incidentenergie van toepassing is.

5.1. Werkafstanden

Vlamboogberekeningen zijn gebaseerd op standaard werkafstanden, deze zijn gebaseerd op de afstand van de vlamboog tot de romp van de persoon. Voorbeelden van deze standaard werkafstanden in de IEEE- en DGUV-standaarden zijn te vinden in onderstaande tabellen:

Equipment class	Working distance	
	mm	in
15 kV switchgear	914.4	36
15 kV MCC	914.4	36
5 kV switchgear	914.4	36
5 kV MCC	914.4	36
Low-voltage switchgear	609.6	24
Shallow low-voltage MCCs and panelboards	457.2	18
Deep low-voltage MCCs and panelboards	457.2	18
Cable junction box	457.2	18

Tabel: Referentie naar de IEEE 1584 (versie 2018) – tabel 10

Table A 3-3 Typical working distances

Equipment type	Typical working distances
Low voltage distribution/ house junction box, main control cabinet	300 to 450 mm
Low voltage switchgear	300 to 600 mm
Medium voltage switchgear	≥ 825 mm

Tabel: Referentie naar de DGUV (versie 2021) – tabel 3.3

Afhankelijk van de taak die wordt uitgevoerd, kunnen alternatieve werkafstanden worden gebruikt voor het berekenen van de specifieke incidentenergie.

6. Beheersen van de vlamboogrisico's

Vanuit de Arbowet is het verplicht om vlamboogrisiso's te mitigeren in verband met persoonsveiligheid. Hierbij moet de arbeidshygiënische strategie worden toegepast. Sommige mitigerende maatregelen kunnen al getroffen worden tijdens het ontwerpen van verdeelinrichting(en), en sommige kunnen worden toegepast terwijl de verdeelinrichting(en) operationeel is/zijn. Onderstaand volgt een aantal voorbeelden van mitigerende maatregelen. Een aantal van deze voorbeelden zal worden uitgediept in volgende hoofdstukken.

- Ontwerpkeuzes maken over het toevoegen van kortsluitimpedanties in het ontwerp.
- Kies/ontwerp componenten met een zo laag mogelijk kortsluitniveau/vlamboogniveau, waarbij de volgende aspecten in ogenschouw moeten worden genomen:beveiligingen; snelheid, doorlaatenergie en dergelijke;
    - het spanningsniveau;
    - generatoren; vermogen, transiënte reactanties en dergelijke;
    - transformatoren; vermogen, kortsluitimpedanties en dergelijke.
- Het kiezen van Internally Arc Classified (IAC) ofwel vlamboogveilige verdeelinrichtingen. De meest relevante eigenschappen en condities van deze IAC-vlamboogclassificaties zijn te vinden in bijlage 10.1.
- Bewuste keuzes en risico-afwegingen maken in het nastreven van selectiviteit ten opzichte van het verlagen van incidentenergie. Het tijdelijk verlagen van de incidentenergie ten tijde van handelingen.
- Het installeren van vlamboogbeveiligingen met vlamboogdetectie.
- Het op afstand bedienen (buiten de vlambooggrens).
    - Het vertraagd uitvoeren van de bedieningshandeling na commando, waardoor personeel de mogelijkheid krijgt om buiten de vlambooggrens te komen.
- Het voorkomen van werkzaamheden in de installatie, dit kan bijvoorbeeld door externe spanningsmeters te installeren.
- Correcte inbedrijfname met focus op bijvoorbeeld juiste aanhaalmomenten, voorkomen van stof/viezigheid en juiste beveiligingsinstellingen.
- Minimaliseren van activiteiten in de verdeelinrichtingen (zie paragraaf 6.2).
- Het instruëren van het personeel (zie hoofdstuk 9).

- Het opstellen van een beleid met betrekking tot bijvoorbeeld toegangsbeperking en verblijfsbeperking.
- Werkafstanden (zie paragraaf 7.1).
- Het verlagen van beveiligingsinstellingen (zie paragraaf 6.3).
- Het inspecteren en onderhouden van verdeelinrichtingen.
- Het kenbaar maken van vlamboogrisico's (zie hoofdstuk 8).
- PBM's (zie hoofdstuk 7).

6.1. Spontane vlambogen

Spontane vlambogen zijn vlambogen die voorkomen op een willekeurig moment, zonder dat er werkzaamheden aan de betreffende installatie plaatsvinden. Daar waar installatiedelen niet IAC zijn, moet ervan uitgegaan worden dat de vlamboog de ruimte in komt. Dit leidt tot een potentieel elektrisch gevaar in betreffende ruimte. Conform NEN 3140 en NEN 3840 moeten ruimtes met elektrisch gevaar aan regels gebonden te zijn.

De kans dat er een spontane vlamboog optreedt op het moment dat er iemand aanwezig is in de ruimte is relatief laag. Te nemen mitigerende maatregelen om vlamboogrisico's te beperken, zijn bijvoorbeeld toegangsbeperking, verblijfsbeperking en/of het voorschrijven van specifieke PBM's..

De installatieverantwoordelijke is verantwoordelijk om voor specifieke situaties, zoals langdurig risico lopen om in aanraking te komen met een spontane vlamboog, een beleid op te stellen waarmee het vlamboogrisico wordt gemitigeerd.

6.2. Minimaliseren van activiteiten in de verdeelinrichtingen

Over het algemeen geldt dat je minder risico loopt om in aanraking te komen met incidentenergie naar mate je verder verwijderd bent van de vlamboogbron. Een manier om dit risico volledig te elimineren is om de werkzaamheden buiten de vlambooggrens uit te voeren (maximaal 1,2 cal/cm^2). Dit is echter niet altijd mogelijk. Een andere manier om dit te elimineren is door IAC-verdeelinrichtingen toe te passen, hierbij ben je, zolang de deuren gesloten blijven, beschermd ingeval je voor de verdeelinrichting staat. Het is belangrijk om bij het ontwerp van IAC-verdeelinrichtingen alle (bedienings)handelingen die in de toekomst plaats moeten vinden aan de verdeelinrichting in ogenschouw te nemen en te zorg te dragen dat deze zoveel als mogelijk van buiten de installatie kunnen plaatsvinden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het vanaf buiten de installatie kunnen:

- aantonen van spanningsloosheid/afwezigheid van ; bijvoorbeeld door het installeren van capacitief beleg;
- scheiden van de installatie;
- beveiligen tegen wederinschakeling;
- bedienen van de installatie, inclusief resetten.

6.3. Beveiligingsinstellingen verlagen

Een reductiemaatregel is het beperking van de incidentenergie:
$I_{arc}^2 * t_{arc}$ [cal/cm^2].
Dit kan worden bereikt door verlaging van de tijd t_{arc} en het juist instellen van pick-up-waarden.

Door het verlagen van de tijdsinstelling wordt de totale blustijd van de vlamboog verkort. Het verlagen van de tijdsinstelling reduceert lineair de incidentenergie.
Het verlagen van een tijdsinstelling kan permanent worden doorgevoerd, of tijdens bijvoorbeeld werkzaamheden. Dit kan handmatig worden gerealiseerd of door middel van bijvoorbeeld een onderhoudsschakelaar (maintenance switch).
Een belangrijk aspect van het permanent of tijdelijk verlagen van beveiligingsinstellingen is de selectiviteit binnen het netwerk. Er moet per casus worden bepaald in hoeverre dit acceptabel is en/of dit geen andere risico's met zich meebrengt.

Onderstaand een aantal conrete voorbeelden van het tijdelijk verlagen van de tijdsinstellingen:

I. <u>Handmatig verlagen van de tijdsinstelling(en)</u>
Voordat mensen aan het werk gaan wordt tijdelijk de tijdsinstelling verlaagd en na de werkzaamheden weer teruggezet. Nadeel van deze procedurele maatregel is dat het terugzetten van deze instelling kan worden vergeten, zodra de elektrische werkzaamheden zijn afgerond. Bij het berekenen van de uiteindelijke incidentenergie moet wel rekening worden gehouden met eigen tijden en minimaal in te stellen tijdsinstellingen.

Nieuwe generatie beveiligingsrelais (met een microprocessor) hebben de mogelijkheid om twee of meer settinglijsten te programmeren:

- 1x voor normale bedrijfsvoering met een tijdsvertraging van bijvoorbeeld 0,3 s die nodig is voor behoud selectiviteit.
- 1x voor onderhoud zonder een tijdsvertraging (0,0 s) met een alarm naar de controlekamer.

Voordelen:
Het veranderen van de tijdsinstellingen tussen normale operationele instellingen en tijdelijke instellingen tijdens werkzaamheden, is hierdoor makkelijker en minder onderhevig aan fouten.

II. <u>Het verlagen van de tijdsinstelling(en) middels een onderhoudsschakelaar.</u>
Een manier om de tijdsinstellingen van nieuwe generatie beveiligingen (met verschillende settinggroepen) efficiënter en makkelijker te maken is middels het toepassen van een onderhoudsschakelaar (maintenance switch). Hierbij kan ook direct een eventuele alarmering worden geactiveerd.

6.4. Vlamboogbeveiliging d.m.v. vlamboogdetectie

Een vlamboogbeveiliging d.m.v. vlamboogdetectie is gebaseerd op een erg snelle detectie van een vlamboog door een lichtsensor of glasvezel (< 3 ms - 4 ms), of door het herkennen van specifieke vlamboogkarakteristieken. De totale afschakeltijd van de vlamboog wordt hierbij tot een minimum beperkt door het snel openen van de vermogensschakelaar of door het systeem snel tegen aarde aan te schakelen (High Speed Earthing Switches (HSES)). Meestal wordt deze beveiliging gecombineerd met een overstroomdetectie, als een voorwaarde ter voorkoming van trips door valse flitsen, zoals camera's en dergelijke.

6.5. Het inspecteren en onderhouden van verdeelinrichtingen

Het inspecten van verdeelinrichtingen en tijdig uitvoeren van onderhoud helpt om bijvoorbeeld degradatie van componenten te voorkomen, zodat de kans op een vlamboog wordt beperkt. Hierbij wordt aanbevolen om inspectie uit te voeren conform de eisen gesteld in NEN 3140/NEN 3840.

Een aantal faalvormen die relevant is voor het beperken van vlamboogrisico's zijn bijvoorbeeld:

- het degraderen van isolatiemateriaal;
- slechte verbindingen met hoge overgangsweerstanden;
- het aanwezig zijn van stof en vuil;
- het onjuist werken van dynamische componenten.

7. Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's)

De laatste stap volgens de arbeidshygiënische strategie is het toepassen van juiste PBM's, in sommige gevallen blijft een restrisico bestaan, waarbij het toepassen van PBM’s als laatste mitigerende optie overblijft.

Het is gebruikelijk om PBM's ter bescherming tegen vlambooggevaar toe te passen, indien de incidentenergie van de vlamboog hoger is dan 1,2 cal/cm^2 (of 5 J/cm^2), aangezien de kans op tweedegraads brandwonden dan aannemelijk is.

Een belangrijk aspect van het beschermen d.m.v. vlamboogbestendige PBM's, is dat deze in de basis alleen getest en gecertificeerd zijn ter bescherming tegen de thermische effecten van een vlamboog. Het is daarom belangrijk om altijd de incidentenergie tot een minimum te beperken, door andere vlamboogmitigerende maatregelen toe te passen, zoals eerder opgegeven in dit document.

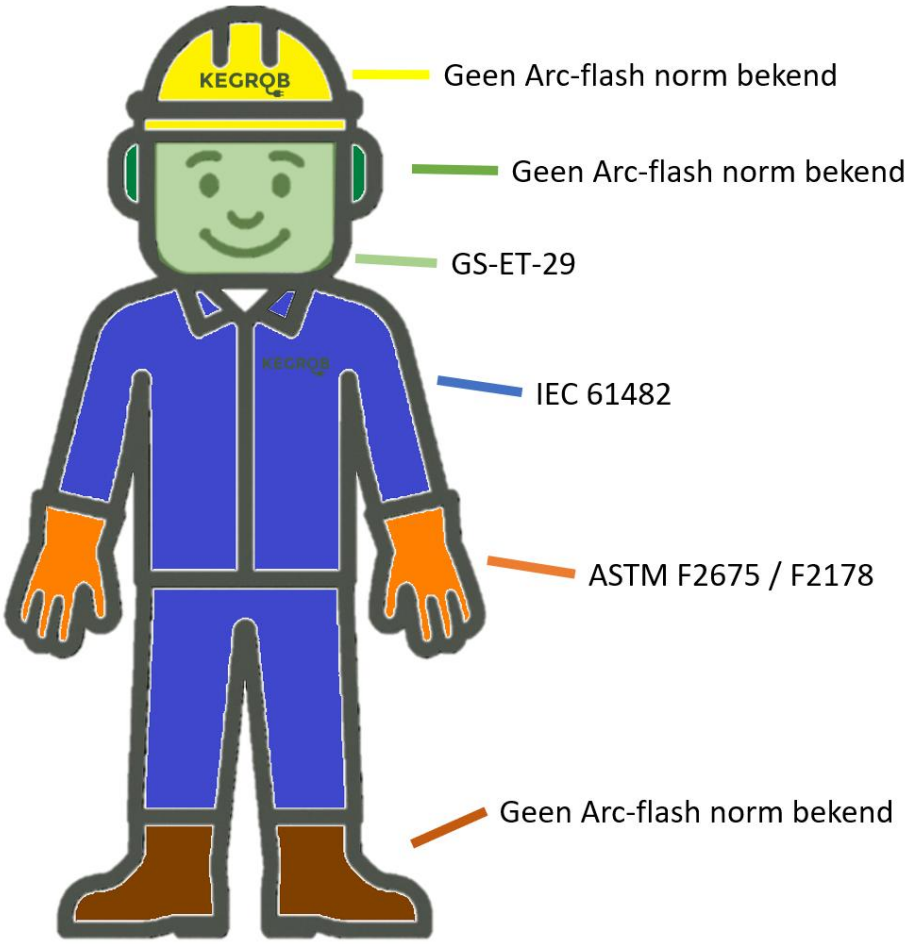
Om het restrisico van vlambogen te mitigeren middels PBM's is het belangrijk dat alle lichaamsdelen zo veel als mogelijk worden beschermd. Het is hierbij belangrijk om te realiseren dat de totale beschermingsgraad wordt gedefinieerd aan de hand van de PBM met de laagste beschermingswaarde.

Voor het certificeren van vlamboog-PBM's zijn verschillende normen van toepassing:

- Voor romp en ledematen: IEC 61482;
- Voor handen: ASTM F2675/F2178;
- Voor gelaatschermen: GS-ET-29.

Let op: er bestaan geen normen voor het certificeren van vlamboogbestendige schoenen.

Onderstaand volgt een figuurlijk overzicht (per mei 2025):



Voor het selecteren van vlamboogbeschermende PBM's is het belangrijk dat de certificering van de PBM's aansluit bij de gekozen berekeningsmethodiek. Ook moet de mate van bescherming zoals ATPV, EBT, ELIM, klasse 1, klasse 2 en dergelijke in ogenschouw worden genomen.

Voor meer achtergrondinformatie met betrekking tot deze normen wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

Volgens de laatste EN 61482-2-2020 **moet** ELIM of APC 1/2 worden vermeld op PBM's en **mag** de ATPV/EBT worden vermeld om een CE-markering te krijgen.

Het is belangrijk om bij het dragen en onderhouden van vlamboogbestendige PBM's de instructies van de fabrikant na te leven. Een aantal belangrijke aspecten hierin zijn:

- Eventuele wasvoorschriften.
- Het niet dragen van metalen op de PBM's.
- Het bewust zijn van de nadelige effecten van water/regen op de PBM's.
- Het hebben van logo's op de PBM's.
- Het volledig afsluiten van ritsen en knopen.
- Het dragen van niet-synthetische onderkleding zoals acetaat, nylon, rayon en polyester.
- Vervuilde kleding; olie beïnvloedt bijvoorbeeld de ATPV-waarde nadelig en levert brandgevaar op. Vervuiling met olie komt nogal eens voor bij werkzaamheden aan oliegevulde installaties (bijvoorbeeld de Coq-installaties).
- Het dragen van meerdere lagen bevordert de bescherming.
- Reparatie aan de kleding mag alleen door daarvoor gekwalificeerde personen/bedrijven worden uitgevoerd, met gebruikmaking van de juiste brandbestendige onderdelen/materialen. (denk bijvoorbeeld aan Kevlar-garen)
- Voor het gelaatsscherm en het vizier van de kap:
  Het gebruik van anti-condens of poetsmiddelen kunnen de ATPV-waarde nadelig beïnvloeden.

Het kan voorkomen dat er behalve vlambooggevaar ook aanraakgevaar aanwezig is. Het personeel moet op de hoogte zijn gesteld dat hiervoor eventueel aanvullende PBM's moeten worden gebruikt; zoals bijvoorbeeld isolerende handschoenen, en hoe aanvullende PBM's gebruikt moeten worden in combinatie met vlamboog-PBM's. Er zijn ook handschoenen verkrijgbaar die zowel voor vlamboog- alsook aanraakgevaar geschikt zijn. Het personeel moet in staat zijn deze te herkennen.

Aanvullend daarop zijn bijvoorbeeld nog gehoorbescherming (bij voorkeur autoplastieken) en een veiligheidsbril noodzakelijk.

7.1. Werkafstanden

De standaard werkafstanden zoals benoemd in paragraaf 5.1zijn gebaseerd op de afstand van de vlamboog tot aan de romp. Deze zijn niet altijd relevant voor bijvoorbeeld handen en armen, hiervoor wordt aanbevolen een hogere beschermingsgraad te gebruiken, dan de maximale incidentenergie die uit de standaard berekeningen komen. Het is namelijk aannemelijk dat de handen en armen zich dichter op de potentiële vlamboog bevinden. Als alternatief kunnen berekeningen worden doorgevoerd met kortere werkafstanden.

8. Kenbaar maken van vlambooggevaar

Het is de verantwoordelijkheid van de installatieverantwoordelijke om personeel dat potentieel in aanraking komt met vlambooggevaar te informeren over het gevaar van vlambogen en de minimale beheersmaatregelen. Dit kan geregeld worden middels procedures en/of lokale labels.

Het is belangrijk dat werknemers standaard op de hoogte worden gesteld welke beheersmaatregelen van toepassing zijn. Belangrijke aspecten zijn bijvoorbeeld:

- PBM's;
- minimale (werk)afstanden;
- werkzaamheden binnen/buiten de installatie;
- werkzaamheden in kabelcompartimenten waar kabels van meerdere verbruikers aangesloten zitten;
- systeemodi.

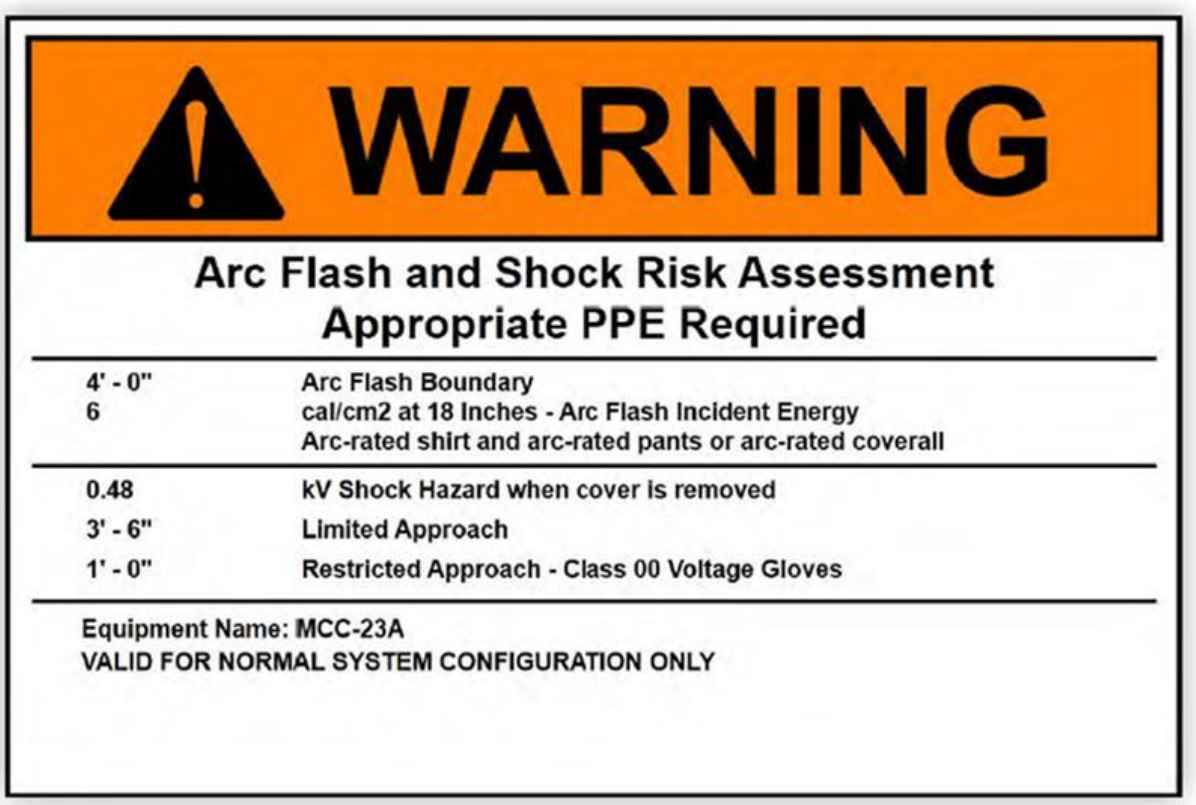
Voorgesteld wordt om de PBM-categorieën hierbij te definiëren.

8.1. Vlambooglabels

De Amerikaanse norm NFPA 70E definieert een standaard label dat echter niet zonder meer toepasbaar is op de Nederlandse praktijk. Deze norm schrijft voor dat vlambooglabels minimaal moeten zijn voorzien van de volgende informatie:

- de vlambooggrens;
- de incidentenergie;
- de vereiste PBM's.

Het standaard label (ANSI Z535) conform NFPA 70E specificeert de volgende informatie:



De Nederlandse normen NEN 3140/NEN 3840 geven geen specifieke richtlijnen voor de informatie op vlambooglabels.

Omdat er in de praktijk vele situaties kunnen ontstaan met specifieke beheersmaatregelen, wordt het over het algemeen aanbevolen om gebruik te maken van lokale vlambooglabels om het personeel te informeren over vlamboogrisico's op die specifieke locatie. Typische locaties waar een vlambooglabel kan worden geplaatst, zijn verdeelinrichtingen.Voor situaties waar geen vlambooglabel wordt geplaatst, is het aanbevolen om procedurele afspraken vast te leggen.

Voor een aantal voorbeelden van verschillende soorten vlambooglabels wordt verwezen naar bijlage 10.2.

Indien er permanente wijzigingen in het elektrisch systeem worden aangebracht die impact hebben op de incidentenergie, dient het label bijgewerkt te worden.

9. Instrueren van personeel

Om de kans op vlambogen en de effecten van een vlamboog zo veel als mogelijk te mitigeren, is het belangrijk dat het personeel dat werkzaamheden verricht waarbij een vlamboogrisico kan ontstaan,

goed wordt geïnstrueerd over de verschillende beheersmaatregelen en bedrijfsprocessen m.b.t. vlambogen. Hieronder volgt, zonder volledig te zijn, een aantal belangrijke zaken waarover personeel geïnstrueerd zou moeten worden:

- benodigde aanwijzingen;
- vlamboogmitigerende persoonlijke beschermingsmiddelen (standaard en aanvullend):
    - dragen (gesloten, geen metalen, juiste onderkleding en dergelijke);
    - wasvoorschriften;
    - onderhouden;
    - repareren;
    - opslag.
- vlambooglabels (bij aanwezigheid en afwezigheid van het label);
- wat te doen bij vlamboogcalamiteiten;
- eventuele specifieke bedrijfsinstructies en beheersmaatregelen.

10. Bijlagen

10.1. Meest relevante eigenschappen en condities van IAC-geclassificeerde verdeelinrichtingen

Meest relevante eigenschappen en condities van vlamboog geclassificeerde (IAC) omsloten laagspannings verdeelinrichtingen (IEC61641)		
Arcing klasse I Bieden een gereduceerd risico op vlambogen door inherent beveiligde zones	Criteria 1	Biedt vlamboogbescherming met o.a. gesloten deuren en platen.
Arcing klasse C Bieden persoonlijke- en materiele vlamboogbescherming door geteste compartimentering met operationele berperkingen	Criteria 2	(Losse) Onderdelen van meer dan 60gram kunnen niet naar buiten treden.
Arcing klasse B Bieden persoonlijke- en materiele vlamboogbescherming door geteste compartimentering	Criteria 3	Vlambogen mogen geen gaten in de buitenkant van de verdeelinrichting branden lager dan 2 meter op alle bereikbare kanten.
Arcing klasse A Bieden persoonlijke vlamboogbescherming door geteste compartimentering	Criteria 4	Indicatoren mogen niet verbranden
	Criteria 5	De beveiligingsfuncties blijven effectief overeenkomstig met IEC 61439-2.
	Criteria 6	De verdeelinrichting is in staat om de propagatie van de vlamboog te beperken tot het compartiment waar de vlamboog optreed.
	Criteria 7	De verdeelinrichting is in staat om operationeel te zijn nadat de opgetreede vlamboog (compatiment) is geisoleerd (veiliggesteld).

De maximaal gedefinieerde waarde van de kortsluitstroom bij nominale spanning.		
De maximaal gedefinieerde waarde van de afschakeltijd van de kortsluitstroom (Voor HS standaard 0,1 / 0,5 / 1 Sec.)		
Geklassificeerde kanten voor vlamboogbescherming	F	Front (Biedt bescherming aan de voorkant)
	L	Lateral (Biedt bescherming aan de zijkanten)
	R	Rear (Biedt bescherming aan de achterkant)

Meest relevante eigenschappen en condities van vlamboog geclassificeerde (IAC) hoogspannings verdeelinrichtingen (1kV<>52kV metaal-omsloten) (IEC 62271-200)		
De maximaal gedefinieerde waarde van de kortsluitstroom bij nominale spanning.		
De maximaal gedefinieerde waarde van de afschakeltijd van de kortsluitstroom (Voor HS standaard 0,1 / 0,5 / 1 Sec.)		
Geklassificeerde kanten voor vlamboogbescherming	F	Front (Biedt bescherming aan de voorkant)
	L	Lateral (Biedt bescherming aan de zijkanten)
	R	Rear (Biedt bescherming aan de achterkant)

10.2. Voorbeelden vlambooglabels

10.2.1. vlamboog label – voorbeeld 1

LET OP
GEVAAR VOOR VLAMBOGEN
GEBRUIK DE JUISTE PBM'S

VI-xxxx

Verdeelinrichting type	XXXXXXXX		
Spanning [V]			
Incident energy, ongekoppeld [cal/cm²]	X,x	Incident energy, gekoppeld [cal/cm²]	X,x
Arc flash boundary, ongekoppeld [m]	X,x	Arc flash boundary, gekoppeld [m]	X,x

Werkactiviteit	Vlamboog-categorie
In- of uitrijden van schakelaar	Rood
Openen of sluiten van schakelaar van inkomende voeding of koppeling terwijl de schakelaar is ingereden en daarmee in bedrijfspositie staat	Rood
Spanningsloosheid aantonen of fasen vergelijken van inkomende voeding of koppeling	Rood
Openen of sluiten van schakelaar van uitgaand veld terwijl het veld is ingereden en daarmee in bedrijfspositie staat	Geel
Verwijderen of plaatsen van onder spanning staande zekering van uitgaand veld	Geel
Spanningsloosheid aantonen of fasen vergelijken van uitgaand veld	Geel
Aarding aanbrengen nadat spanningsloosheid is aangetoond	Paars
Opsteken of verwijderen van kabels die zich niet in een kabelcompartiment bevinden	Geel
Werken of meten in kabelcompartiment van uitgaand veld	Geel
Aanpassen, meten, testen of storing zoeken aan bedrading, beveiligingsrelais of andere componenten terwijl de schakelaar is ingereden en daarmee in bedrijfspositie staat	Geel
Openen of sluiten van schakelaar of aanpassen, meten, testen of storing zoeken aan bedrading, beveiligingsrelais of andere componenten terwijl de schakelaar is uitgereden en daarmee in testpositie staat	Paars
Werken aan een installatiedeel dat elektrisch is veiliggesteld (en evt. geaard en kortgesloten) volgens BBS 02.05.2047: Veiligstellen van elektrische apparatuur, tenzij het werk ook onder één van bovenstaande activiteiten valt	Paars

Staat jouw werkactiviteit niet op dit label? → Neem contact op met de GIV/IV voordat je start met het werk

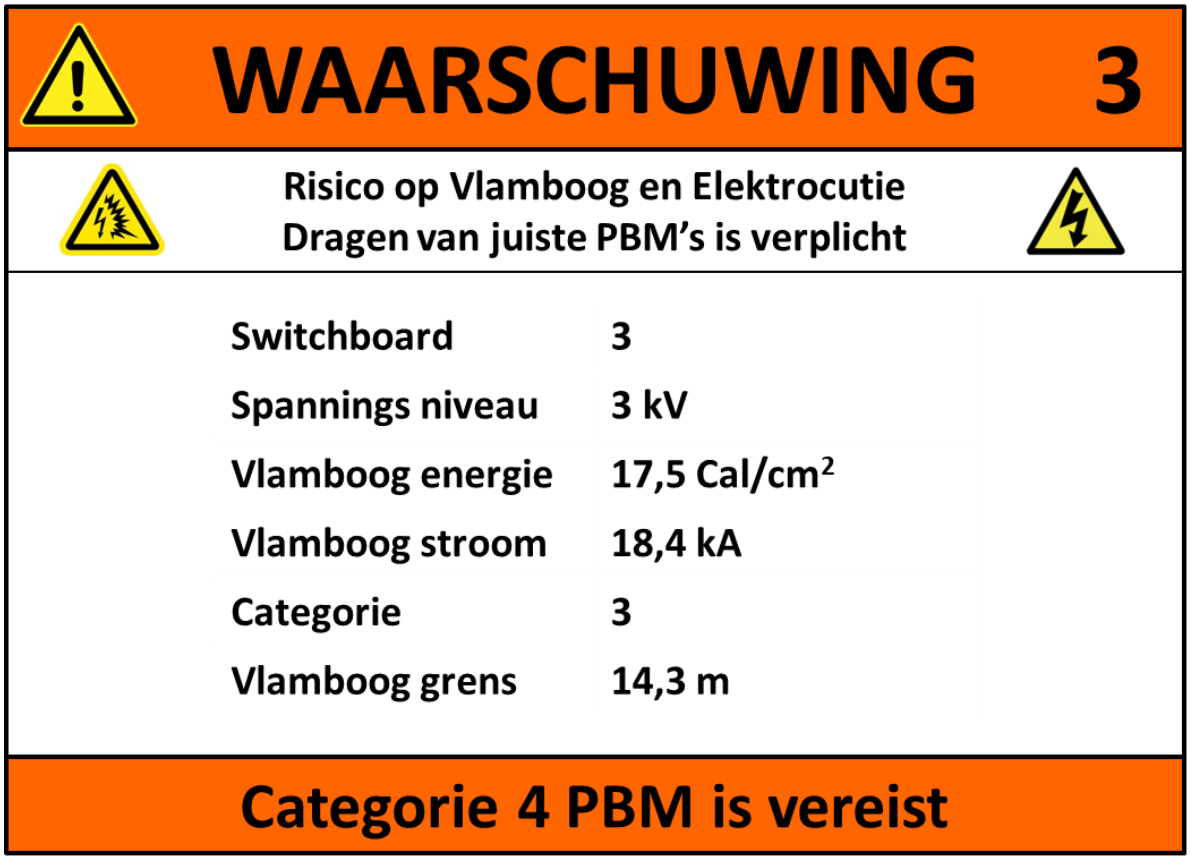
Overzicht vlamboogcategorieën en PBM-verplichting per kleur

Paars: Incident Energy <1,2 cal/cm²	Geen vlamboog-PBM's verplicht
Blauw: Incident Energy >1,2 ≤ 8 cal/cm²	Vlamboog-PBM's met minimale bescherming van 8 cal/cm²
Geel: Incident Energy >8 ≤ 16 cal/cm²	Standaard Shell vlamboog-PBM's of vlamboog-PBM's met minimale bescherming van 16 cal/cm²
Rood: Incident Energy >16 ≤ 36 cal/cm²	Standaard Shell vlamboog-PBM's met extra bescherming of vlamboog-PBM's met minimale bescherming van 36 cal/cm²
Zwart: Incident Energy >36 cal/cm²	Werken of bedienen is niet toegestaan zonder schriftelijke goedkeuring van de IV

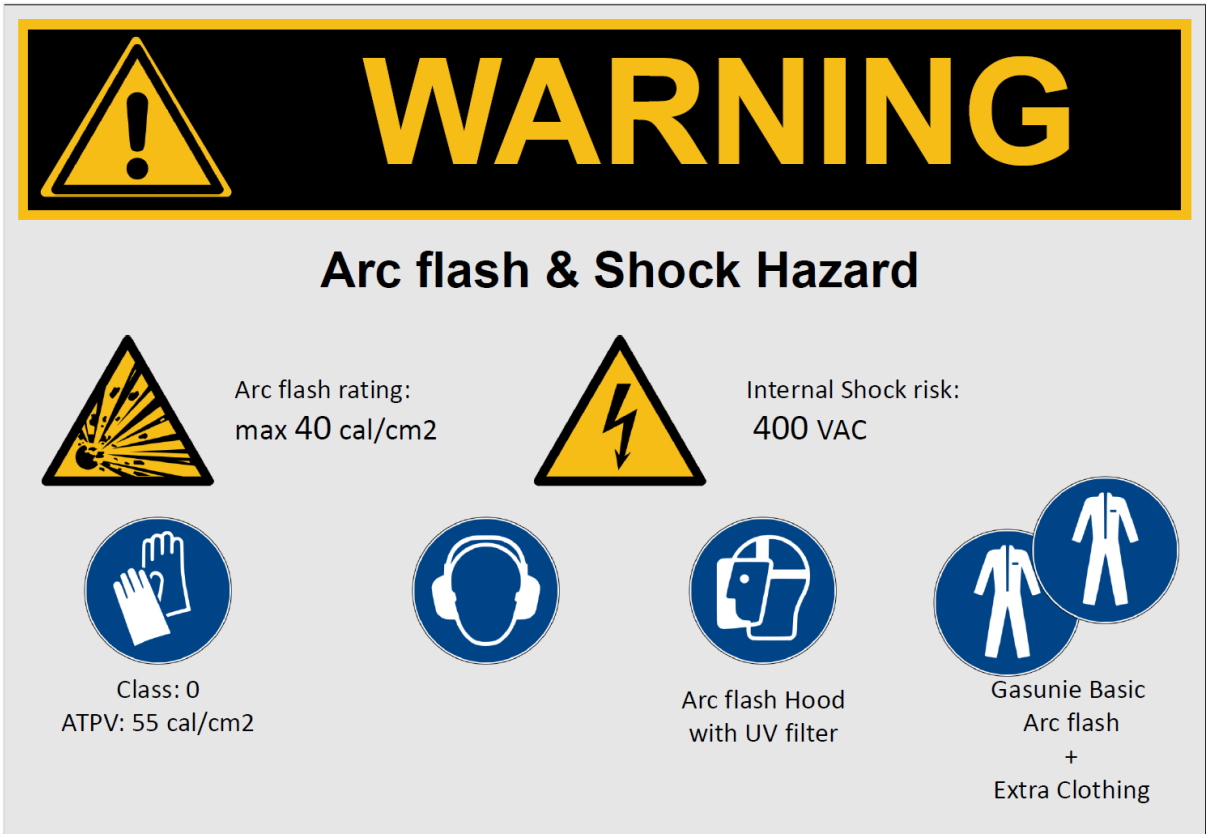
10.2.2. vlamboog label – voorbeeld 2



10.2.3. vlamboog label – voorbeeld 3



10.2.4. vlamboog label – voorbeeld 4



10.2.5. vlamboog label – voorbeeld 5

