

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	5
1. Veiligheid en regelgeving	6
1.1 Inleiding.....	6
1.2 Europese richtlijnen.....	6
1.3 Wetten en besluiten.....	8
1.3.1 Arbeidsomstandighedenwet.....	9
1.3.2 Arbo-besluit.....	11
1.3.3 Warenwet en Warenwetbesluiten.....	14
1.4 Normen	15
1.5 Handhaving van regelgeving	20
2. De gevaren van elektriciteit	21
2.1 Inleiding.....	21
2.2 Stroomdoorgang door het lichaam	21
2.3 Spanning.....	23
2.4 De grootte van de stroom door het lichaam	25
2.5 De tijd van stroomdoorgang	27
2.6 De weg die de stroom neemt door het lichaam.....	28
2.7 Gevaren ten gevolge van overstroom.....	29
2.7.1 Vlambooggevaar.....	30
2.8 Kortsluiting in een installatie	31
2.9 Overbelasting	31
2.10 Wat te doen bij persoonlijke elektriciteitsongevallen ?	32
2.10.1 Letsel als gevolg van stroom door het lichaam.....	33
2.10.2 Gevaren van vlambogen.....	36
2.11 Bijlage ongelukken 2009	37
3. Opzetten van een tijdelijke installatie volgens NEN 1010 704 - NPR 5310 blad 38	38
3.1 Inleiding.....	38
3.2 Energievoorziening.....	39
3.3 Bouwaanvraag bij een nieuwe vaste installatie.....	41
3.4 Wisselstroom Aggregaat als voeding	42
3.4.1 Kiezen van een aggregaat	44
3.4.2 Opgesteld vermogen.....	45
3.4.3 Gelijktijdigheidsfactor	46
3.4.4 Inschakelstromen.....	47
3.4.5 Aggregaten in de praktijk	48
3.5 Statische omvormers als voeding.....	48
4. Bouwkasten - tijdelijke schakel- en verdeelinrichtingen	51
4.1 Inleiding.....	51
4.2 Te stellen eisen aan een bouwkast volgens NEN EN IEC 61439	52
4.3 Eisen van het netbedrijf aan bouwkasten ten behoeve van tijdelijke en bouw- aansluitingen ≤ 80 A	53
4.4 Contactdozen op een bouwkast	54
4.5 Opstelplaats van een bouwkast als elektrotechnische ruimte	59
4.6 Beveiligingen in bouwkasten	62
4.7 Beveiligingscomponenten.....	63
4.7.1 Smeltpatronen	65
4.7.2 Installatieautomaten.....	67

4.7.3	Aardlekschakelaars.....	71
4.7.4	Coderingen stroomsoort op aardlekschakelaars	73
4.8	Aardlekautomaten	75
4.9	Isolatiebewakingstoestellen.....	75
4.10	Scheidingsmogelijkheden op een bouwkast	78
5.	Kabels	80
5.1	Inleiding.....	80
5.2	Kabels als verplaatsbare leiding	81
5.3	Vast aangelegde kabels	82
5.4	Waarom een gearmeerde kabel ?	83
5.5	Doorsnede van de aders in een kabel	85
5.6	De lengte van een kabel.....	86
5.7	Onderling verbinden van kabels	87
6.	Elektrische arbeidsmiddelen op de bouwplaats	88
6.1	Inleiding.....	88
6.2	Producteisen: Waaraan moet een elektrisch arbeidsmiddel voldoen ? ...	89
6.3	Klasse van elektrische arbeidsmiddelen.....	90
6.4	Elektrische arbeidsmiddelen gebruiken in een nauwe geleidende ruimte	91
6.5	Handlampen in een nauwe geleidende ruimte.....	95
6.6	Verlichtingsarmaturen op de bouwlocatie	98
6.7	Noodverlichting op een bouwplaats ?	100
6.8	Bouwkeet	101
7.	Veiligheidsaarding.....	102
7.1	Inleiding.....	102
7.2	TT-stelsel	103
7.2.1	Waarvoor dient het aardsysteem ?	104
7.2.2	Wat is het probleem als de aardverspreidingsweerstand van de elektrode niet voldoende laag is ?.....	107
7.3	TN-stelsel.....	107
7.4	IU-stelsel / IT met hoge weerstand - aggregaten	108
7.5	De aardvoorziening	109
7.5.1	Een tijdelijke aardelektrode, voor het aansluiten van een aggregaat	110
7.5.2	Andere vormen van tijdelijke aardelektroden.....	112
7.5.3	Tijdelijke en / of permanente aardvoorzieningen	113
7.5.4	Hoe diep in de grond moet een staaf- of draadvormige aardelektrode ?.....	116
7.5.5	Hoe laag moet de aardverspreidingsweerstand zijn ?	117
7.5.6	Het verbinden van de aardelektrode met het aggregaat; de aardleiding	118
7.6	Wanneer voldoet de veiligheidsaarding in een tijdelijke installatie aan de eisen ?	118
7.6.1	Potentiaalvereffening	120
7.6.2	Aarden van metalen containers.....	122
7.6.3	Aarden van steigers	125
7.6.4	Aarden van een torenkraan.....	131
7.6.5	Aarden van water- en gasleiding in bouwkeet / units.....	132
7.7	Maximale waarde van de circuitweerstand R_c	132
8.	NEN 3140.....	134
8.1	Inleiding.....	134

8.2	Periodieke instructie voor medewerkers die worden blootgesteld aan risico's van elektrotechnische aard	135
8.3	Aanwijsbeleid	138
8.4	Voldoend onderricht persoon	140
8.5	Vakbekwaam persoon	141
8.6	Installatieverantwoordelijke	142
8.7	Werkverantwoordelijke	143
8.8	Het opstellen en geven van een aanwijzing	144
8.9	Werkzaamheden met derden	145
8.10	Elektrotechnische ruimten	146
8.11	Toegang tot elektrotechnische ruimten	147
	8.11.1 Opslag van materialen	150
8.12	Opstelplaats van een bouwkast als elektrotechnische ruimte	150
8.13	Symbolen op elektrisch materieel	150
8.14	Noodverlichting	151
8.15	Passende blusmiddelen in de nabijheid van elektrisch materieel	152
9.	Het beheer en de inspectie van elektrische arbeidsmiddelen	153
9.1	Aanschaf van nieuwe elektrische arbeidsmiddelen	153
9.2	Welke elektrische arbeidsmiddelen moeten worden geïnspecteerd ? ..	155
9.3	Hoe vaak moeten elektrische arbeidsmiddelen worden gekeurd ?	156
9.4	Wie mogen er inspecteren ?	157
9.5	Waarmee gaan we inspecteren ?	158
9.6	Visuele controle van elektrische arbeidsmiddelen	159
9.7	Meting en beproeving van elektrische arbeidsmiddelen	160
9.8	Metten van de beschermingsleiding	161
9.9	Metten van de isolatieweerstand	163
10.	Inspecteren van tijdelijke installaties	165
10.1	Visuele controle	166
10.2	Meting en beproeving	166
10.3	Ononderbroken leidingen PE en N meten	167
10.4	Spanningsverlies meten	168
10.5	Circuitweerstand meten	169
10.6	Aardverspreidingsweerstand meten	172
10.7	Isolatieweerstand meten	174
10.8	Uitschakeltijd en -stroom van aardlekbeveiligingen	175
	10.8.1 Uitschakelstroom	177
10.9	Fasevolgorde	177
10.10	Isolatiebewakingstoestel beproeven	178
10.11	Bijlagen	179
	10.11.1 Checklist visuele controle van een tijdelijke elektrische installatie op de bouwplaats	180
	10.11.2 Checklist metingen en beproeven	184
11.	Werkprocedures NEN 3140	187
11.1	Werken in een nauwe geleidende ruimte	187
11.2	Veilig werken en juist meten met veilige meetapparatuur in de elektrotechniek	188
11.3	Spanning meten	189
11.4	D-patronen vervangen	192
11.5	Veilig stellen van een elektrische installatie	193
12.	Bijlagen	199

12.1	Vermogensbepaling formules	199
12.2	Elektrische vermogen, wat is dat ?	199
12.3	Flowchart van toepassing op een bouwlocatie waarbij artikel 3.29 van het Arbo-besluit wordt toegepast.	202
12.4	Stroom in relatie tot het werkelijk vermogen (P_w) en het schijnbaar vermogen (P_s).....	204
12.5	Gelijktijdigheidsfactor	204
12.6	Voorbeelden van waarden voor $\cos \varphi$	205
12.7	IP-codering, de beschermingsgraad	206
12.8	Voorbeelden van de technische opbouw	208
12.9	Specificaties kabels.....	209
12.10	Toelaatbare stroom in leidingen	212
12.11	Checklist arbeidsmiddelen.....	217
12.12	Wettelijke eisen elektrische arbeidsmiddelen Arbo-besluit.....	217
12.13	Symbolen op elektrisch materieel	219
12.14	Definities	220
12.15	Bronvermelding	220

Voorwoord

Bij de totstandkoming van tijdelijke elektrische installaties op bouwlocaties behoort volgens de (Arbo-Elektro) regelgeving te worden gehandeld. Om de deskundigheid van betrokkenen in het bouwproces te verbeteren, brengt de Commissie Bouwinstallaties van de KOMAT (onderdeel van Bouwend Nederland) in samenwerking met SBK Advies & Training deze publicatie uit waarin op een informatieve en illustratieve manier de (wettelijke) eisen worden toegelicht.

Bouwend Nederland is het overkoepelend orgaan van bouw- en infra ondernemingen. Leden van Bouwend Nederland met een eigen materieeldienst zijn vertegenwoordigd in de **K**ontactgroep **M**ATerieel, de KOMAT.

SBK Advies & Training is een organisatie die streeft naar het beter laten presteren van medewerkers in hun organisatie o.a. door het ontwikkelen en verzorgen van trainingen en opleidingen.

Deze publicatie is bedoeld voor alle aannemers van Nederland. Zij worden geïnformeerd over de wet- en regelgeving die van toepassing is op tijdelijke elektrische installaties op bouwwerken, zodat de aanbiedingen van derden beter kunnen worden beoordeeld. Tevens wordt de doelgroep gewezen op de verantwoordelijkheden van de eigenaar van de installatie bij het gebruik en het beheer van de installatie en de verantwoordelijkheden van eigenaren en de gebruikers van elektrisch materieel.

Wij adviseren u om de werkzaamheden zoals ontwerp, aanleg en beheer, door daarvoor erkende personen en / of installateurs uit te laten voeren.

Het document is tot stand gekomen dankzij 1) subsidie van RRBouw en 2) de inbreng van de leden van de KOMAT Commissie Bouwinstallaties. Op- en aanmerkingen en / of verbetervoorstellen met betrekking tot deze publicatie kunt u richten aan:

secretaris KOMAT
Bouwend Nederland
Postbus 340
2700 AH Zoetermeer
telefoon 079 – 325 22 52

A.W.M. Kerkhofs
auteur

tweede, verbeterde druk januari 2015

Alle rechten voorbehouden. De auteursrechten en datarechten ten aanzien van deze uitgave worden uitdrukkelijk voorbehouden aan Bouwend Nederland en SBK Advies & Training. Behoudens de in of krachtens de auteurswet 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze publicatie worden vervoelvoudigd door anderen zonder de uitdrukkelijke toestemming van beide hierboven genoemde partijen. Voor het overnemen van (gedeelten) van deze publicatie, voor presentaties, artikelen, compilaties en dergelijke kan men zich wenden tot de auteur A.W.M. Kerkhofs van SBK Advies & Training.

Hoewel aan de totstandkoming van deze uitgave de uiterste zorg is besteed, kan voor eventuele fouten niet worden ingestaan. Bouwend Nederland en SBK advies & training aanvaarden geen aansprakelijkheid voor de gevolgen van eventuele fouten of onvolkomenheden. Mocht u als lezer punten ter verbetering signaleren dan vernemen we deze graag.

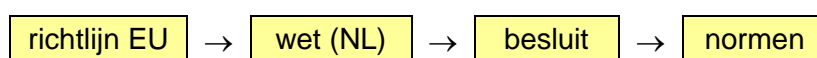
1. Veiligheid en regelgeving

1.1 Inleiding

Regelgeving op het gebied van elektrotechnische installaties en veiligheid wordt zowel door de overheid als door private organisaties (maatschappelijke organisaties, het bedrijfsleven, deskundigen en dergelijke) ontwikkeld.

Door de overheid in de vorm van Europese richtlijnen, wetten en besluiten. Door de private sector in de vorm van normen (NEN, DIN, ISO), praktijkrichtlijnen (NPR) en Nederlandse technische afspraken (NTA). Normen worden ontwikkeld door belanghebbenden met als doel eenduidigheid. Eenduidigheid in veiligheid, materiaalkeuze, aanleg, enz.

Achtereenvolgens worden de verschillende vormen van regelgeving en de relatie ertussen beschreven gerelateerd aan elektrotechnische installaties op een bouwlocatie.



Figuur 1 Regelgeving

1.2 Europese richtlijnen

De Europese Unie stelt richtlijnen op, een soort “Europese wet”. Elke lidstaat, dus ook Nederland moet een EU-richtlijn opnemen in de nationale wetgeving nadat deze van kracht wordt. Vaak is sprake van een overgangstermijn van enkele jaren waarin de lidstaten en ingezetenen voldoende tijd hebben gekregen om de veranderingen in te regelen.

Relevante richtlijnen van elektrisch materieel op een bouwlocatie zijn bijvoorbeeld:

Tabel 1: Technische richtlijnen

Richtlijnen	
Machinerichtlijn 98 / 37 / EEG	Essentiële eisen aan het productontwerp van nieuwe industriële en huishoudelijke machines op het gebied van veiligheidsaspecten (mechanische en elektrische veiligheidsaspecten), gezondheid, milieu en gebruikersbescherming.
Laagspanningsrichtlijn 2006 / 95 / EG	Veiligheidsaspecten (elektrische en mechanische) voor alle nieuwe producten die voor het functioneren afhankelijk zijn van spanningen in het bereik 50 - 1000 V _{AC} of 75 - 1500 V _{DC} . Hetzelfde geldt voor producten die tijdens hun functioneren leiden tot spanningen in het genoemde bereik.
Richtlijn Arbeidsplaatsen 89 / 654 / EEG	Bevat voorschriften met betrekking tot veiligheid en gezondheid waaraan een arbeidsplaats en de bijbehorende omgeving (werkplek in brede zin) moet voldoen. De betrouwbaarheid van de elektrische installaties is een van de onderwerpen.
Richtlijn Arbeidsmiddelen 89 / 655 / EEG	Veiligheids- (mechanische en elektrische), gezondheids- en milieueisen inzake alle op de arbeidsplaats gebruikte machines, apparaten, gereedschappen en installaties en elke activiteit met betrekking tot deze arbeidsmiddelen.
ATEX-richtlijnen 89 / 391 / EEG 1999 /	ATMosphere EXplosible -richtlijnen. In omgevingen waar een stof, gas of damp onder normale druk met de aanwezige lucht een explosief mengsel kan vormen, moeten doeltreffende maatregelen van organisatorische en technische aard zijn getroffen om een

Richtlijnen	
92 / EG 94 / 9 / EG	explosie te voorkomen. ATEX-richtlijn 137 89 / 391 / EEG + 1999 / 92 / EG richt zich op de veiligheid van werknemers in een ATEX-omgeving Atex-richtlijn 95 (94 / 9 / EG) stelt eisen aan de apparatuur en de beveiligingsystemen die worden toegepast in een ATEX-omgeving.
Richtlijn Persoonlijke beschermingsmiddelen 89 / 656 / EEG	Bevat minimumvoorschriften inzake veiligheid en gezondheid voor het gebruik op het werk van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) door de werknemers. PBM's worden hierbij gedefinieerd als "iedere uitrusting die bestemd is om door de werknemer gedragen of vastgehouden te worden ten einde hem te beschermen tegen een of meer risico's die zijn veiligheid of gezondheid op het werk kunnen bedreigen, alsmede alle aanvullingen of accessoires die daartoe kunnen bijdragen".

Richtlijnen zijn algemeen geformuleerd. Als een richtlijn van kracht wordt, wordt hij in Nederland aan een wet gekoppeld. Europese richtlijnen zijn hierdoor verplicht en dwingend van aard. In een wet, besluit of beleidsregel staat vervolgens vermeld met welke normen voldaan kan worden aan een betreffende richtlijn. Of een product voldoet aan de daar op van toepassing zijnde richtlijn of richtlijnen, is te herkennen aan de zogenaamde CE-markering, de afkorting van Conformité Européenne.



Figuur 2 De CE-markering

Producten zoals bouwkasten en elektrische handgereedschappen die niet aan de richtlijn(en) voldoen en dus geen CE-markering hebben mogen niet worden verhandeld binnen de EU en mogen dus ook niet beschikbaar worden gesteld aan werknemers op een bouwlocatie.

De CE-markering staat ook vermeld op huishoudelijke apparatuur. Hiervoor gelden ook Europese richtlijnen maar gelden andere criteria. Een huishoudelijk product, ook al draagt het de CE-markering, mag niet beschikbaar worden gesteld aan medewerkers op een bouwlocatie.
Een gebruiksaanwijzing, in de landstaal van de gebruiker moet vermelden onder welke omstandigheden het product veilig kan worden gebruikt. Bij de aanschaf en het beschikbaar stellen van producten is het belangrijk de randvoorwaarden van het betreffende arbeidsmiddel te kennen en ernaar te handelen.



Figuur 3 Professionele boormachine (SDS hamerboormachine met stofafzuiging)



Figuur 4 Hobbyboormachine

1.3 Wetten en besluiten

De Nederlandse overheid is verantwoordelijk voor het opstellen van wetten en besluiten. De volgende wetten hebben een relatie met elektrotechnische normen:

- Arbeidsomstandighedenwet (Arbo-wet);
- Warenwet;
- Woningwet - Bouwbesluit;
- Wet Milieubeheer;
- Wet gevaarlijke werktuigen.

Wetgeving



Figuur 4 Wet- en regelgeving

1.3.1 Arbeidsomstandighedenwet

De Arbo-wet (2007) heeft als uitgangspunt de zorg voor goede arbeidsomstandigheden waarbij zowel de werkgever als werknemer verantwoordelijkheden hebben.

De werkgever heeft hierin, gezien zijn positie, de plicht het voortouw te nemen en alles te doen om een veilige bouwlocatie te realiseren.

Van werknemers op de bouwlocatie wordt eveneens een actieve inbreng worden verwacht.

De Arbo-wet is een raamwet. Dat wil zeggen dat in de wet zelf geen specifieke (technische) voorschriften voor bijzondere situaties zoals eisen voor bouwlocaties zijn opgenomen. Er worden alleen algemene verplichtingen genoemd.

Relevante eisen voor de werkgever uit de Arbo-wet zijn bijvoorbeeld¹:

- Het werk zo organiseren dat de werknemer daar geen nadelige invloed van ondervindt.
- Gevaren zoveel mogelijk aan de bron bestrijden. Is dat niet mogelijk, dan moeten doelmatige middelen ter afscherming worden toegepast. Pas als ook dat niet te realiseren is, kan worden overgegaan tot het voorschrijven van effectieve en passende persoonlijke beschermingsmiddelen, PBM's.
- Maatregelen treffen voor het verlenen van eerste hulp bij ongevallen, brandbestrijding en evacuatie van werknemers en andere aanwezigen.
- Voorzieningen treffen die werknemers in staat stellen om zich in geval van dreigend gevaar in veiligheid te stellen.
- Medewerkers inlichten over de te verrichten werkzaamheden en de daaraan verbonden risico's.
- Bij een arbeidsongeval dat leidt tot de dood, blijvend letsel of ziekenhuisopname: direct melden aan de Inspectie SZW (de vroegere Arbeidsinspectie).
- Zorgen voor bescherming van de veiligheid en de gezondheid van derden op de bouwlocatie. Hierbij kan het gaan om andere aannemers, ZZP-ers, bezoekers, voorbijgangers, enz.
- Medewerkers op de hoogte stellen van het doel, de werking en de gebruikswijze van de arbeidsmiddelen en beschermingsmiddelen zoals PBM's.
- Toezien op de naleving van de (door hem) uitgevaardigde veiligheidsinstructies en voorschriften.

Artikel 16 bepaalt: De werkgever is verplicht de veiligheid op de werkplek te borgen ter bescherming van de gezondheid en het bevorderen van het welzijn van de werknemers. Deze bepaling heeft ook betrekking op maatregelen tegen de gevaren, verbonden aan het gebruik van elektriciteit.

Rechten en plichten werknemer (art. 11 en 29)

De werknemer heeft ook plichten op de arbeidsplaats. In overeenstemming met zijn opleiding en de door de werkgever gegeven instructies, moet hij naar vermogen zorg dragen voor zijn eigen veiligheid en gezondheid en die van de andere betrokken personen.

Concreet heeft de werknemer de plicht om:

- arbeidsmiddelen en gevaarlijke stoffen op de juiste wijze te gebruiken;
- persoonlijke beschermingsmiddelen op de juiste wijze te gebruiken en te onderhouden;

¹ De volgende teksten zijn sterk samengevat en vereenvoudigd. De letterlijke actuele teksten van overheidsregelgeving zoals de Arbo-wet zijn te lezen op www.overheid.nl.

- de beveiligingen op arbeidsmiddelen intact te laten en niet zonder noodzaak te verwijderen;
- mee te werken aan de voor hem georganiseerde voorlichting en opleiding;
- een gevaar voor de veiligheid of de gezondheid direct te melden aan de werkgever of degene die namens deze ter plaatse met de leiding is belast;
- de preventiemedewerkers en medewerkers van deskundige diensten zo nodig bij te staan bij de uitvoering van hun werk.

In de Arbo-wet zijn dus geen concrete eisen vermeld, ook niet van tijdelijke elektrische installaties op de bouwplaats of de beveiliging tegen elektrotechnische gevaren bij het gebruik van elektriciteit. De nadere (technische) uitwerking vindt plaats in het Arbo-besluit.



Figuur 5 Wet- en regelgeving

1.3.2 Arbo-besluit

In hoofdstuk 3 van het Arbo-besluit; "Inrichting arbeidsplaatsen" staan voorschriften vermeld. De artikelen 3.4 en 3.5 beschrijven specifieke eisen met betrekking tot de bescherming tegen de gevaren verbonden aan het werken met elektrische installaties en elektrische arbeidsmiddelen.

Op basis van 3.2.2 kan worden gesteld dat periodieke inspectie van een elektrische installatie verplicht is.

Artikel 3.2. Algemene vereisten

- 1. Arbeidsplaatsen zijn veilig toegankelijk en kunnen veilig worden verlaten. Ze worden zodanig ontworpen, gebouwd, uitgerust, in bedrijf gesteld, gebruikt en onderhouden, dat gevaar voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemers zoveel mogelijk is voorkomen. Voorts worden zij zindelijk, zoveel mogelijk vrij van stof en voor zover de veiligheid van de arbeidsplaats dat vereist, ordelijk gehouden.*
- 2. Regelmatig wordt gecontroleerd of de op de arbeidsplaats ter bescherming van de werknemers aanwezige voorzieningen en genomen maatregelen nog adequaat functioneren.*
- 3. Geconstateerde gebreken met betrekking tot de in het tweede lid bedoelde voorzieningen en maatregelen die de veiligheid of de gezondheid kunnen beïnvloeden, worden zo snel mogelijk hersteld.*

Artikel 3.4: Elektrische installaties

1. *Elektrische installaties zijn zodanig ontworpen, ingericht, aangelegd, onderhouden en gekenmerkt dat een veilig gebruik van elektriciteit zo goed mogelijk is gewaarborgd. Hiertoe zijn de nodige voorzieningen en beschermingsmaatregelen aangebracht, waaronder worden begrepen beveiligings-, meet-, controle- en signaleringstoestellen alsmede aarders, schakelaars, scheiders en contactdozen. Daarbij is rekening gehouden met bijzondere eisen die kunnen voortkomen uit de wijze van het gebruik, de omstandigheden en de te verwachten uitwendige invloeden.*
2. *In een elektrische installatie zijn doeltreffende maatregelen genomen tegen het gevaar van brand, ontploffing, directe en indirecte aanraking en te dichte nadering.*
3. *Van iedere elektrische installatie zijn duidelijke, steeds bijgewerkte schema's beschikbaar alsmede alle overige gegevens die nodig zijn voor een veilig gebruik van de elektrische installatie.*
4. *Het derde lid is niet van toepassing op elektrische installaties voor laagspanning van beperkte omvang.*

Artikel 3.5: Elektrotechnische werkzaamheden en bedieningswerkzaamheden

1. *Elektrotechnische werkzaamheden en bedieningswerkzaamheden die gevaren kunnen opleveren, worden door deskundige, voldoende onderrichte en daartoe bevoegde werknemers uitgevoerd.*
2. *Een ruimte waarin zich een elektrische installatie voor hoogspanning bevindt waarvan de delen niet of onvoldoende zijn beschermd tegen directe of indirecte aanraking dan wel te dichte nadering, wordt slechts betreden in aanwezigheid van een tweede daartoe bevoegd persoon.*
3. *Het verrichten van werkzaamheden aan of in de nabijheid van een elektrische installatie wordt alleen uitgevoerd, indien de installatie of het gedeelte waaraan of in de nabijheid waarvan wordt gewerkt, spanningsloos is en door de daartoe bevoegde werknemers doeltreffende maatregelen zijn genomen om een gevaarloos verloop van die werkzaamheden te waarborgen.*
4. *Het derde lid is niet van toepassing op werkzaamheden die worden verricht aan of in de nabijheid van een elektrische installatie voor laagspanning indien aan onderstaande is voldaan:*
 - a) *de dringende noodzaak van het onder spanning uitvoeren van die werkzaamheden is aangetoond (bijv. ziekenhuis);*
 - b) *tot het uitvoeren van die werkzaamheden door de daartoe bevoegde werknemer uitdrukkelijk opdracht is gegeven;*
 - c) *de installatie tevens geschikt is voor het onder spanning uitvoeren van die werkzaamheden en door de daartoe bevoegde werknemer doeltreffende maatregelen zijn genomen om de aan die werkzaamheden verbonden gevaren te voorkomen.*

Artikel 3.29 van het Arbo-besluit beschrijft eisen aan elektrische installaties en leidingen, zowel bovengronds als ondergronds, op bouwplaatsen.

Arbo-besluit art. 3.29: Elektrische installaties en leidingen

1. *Elektrische installaties die voor de aanvang van de werkzaamheden reeds op de bouwplaats aanwezig zijn, worden geïdentificeerd, gecontroleerd en duidelijk gekenmerkt.*
2. *Bovengrondse elektriciteitsleidingen worden zoveel mogelijk buiten de bouwplaats omgeleid of spanningsloos gemaakt. Indien dat niet mogelijk is, worden hekken of waarschuwingsborden geplaatst. Wanneer voertuigen onder elektriciteitsleidingen door moeten rijden, worden beschermingen onder de leidingen aangebracht.*
3. *Ondergrondse elektriciteitsleidingen, leidingen voor andere distributiesystemen en kabels worden voor de aanvang van grondverzetwerkzaamheden geïdentificeerd. Doeltreffende maatregelen worden genomen om de gevaren voor de werknemers, verbonden aan beschadiging van genoemde leidingen en kabels, zoveel mogelijk te voorkomen.*

In de bijlage (paragraaf 12.3) is een flowchart opgenomen die toegepast kan worden op een bouwlocatie waarbij artikel 3.29 van het Arbo-besluit wordt toegepast.

Artikel 3.29 van het Arbo-besluit stelt geen specifieke eisen aan de gebruikte elektrische componenten op een bouwplaats maar stelt wel dat voorkomen moet worden dat reeds aanwezige installaties tot een gevaarlijke situatie leiden.

Een inventarisatie van de risico's in de ontwerpfase is op alle (bouw)werken van toepassing en gaat vooraf aan het veiligheids- en gezondheidsplan (V&G-plan) zoals dat moet worden opgesteld.

Artikel 3.34: Gevaar voor verstikking, bedwelmings, vergiftiging, brand en explosie

In zones waar een gevaar voor verstikking, bedwelmings of vergiftiging dan wel brand of explosie bestaat zijn, overeenkomstig artikel 4.6, de benodigde maatregelen genomen om dat gevaar te voorkomen. De betreffende maatregelen worden opgenomen in het veiligheids- en gezondheidsplan, bedoeld in artikel 2.42, tweede lid, van dit besluit

Hoofdstuk 7: Arbo-besluit

Stelt eisen aan de elektrische installatie. Een elektrische installatie is een arbeidsmiddel. Door de grote omvang en de specifieke eisen die hierin worden genoemd worden deze eisen verderop in deze uitgave behandeld.

1.3.3 Warenwet en Warenwetbesluiten

De Warenwet is een algemeen geformuleerd document dat stelt dat er geen waren mogen worden verhandeld of gemaakt en beschikbaar worden gesteld aan personen / medewerkers die gevaren kunnen opleveren. De wet geldt voor zeer uiteenlopende producten zoals levensmiddelen maar ook voor elektrotechnische machines en toestellen.

Toezicht op de naleving van de Warenwet vindt plaats door de Keuringsdienst van Waren die in 2002 is opgegaan in de Voedsel en Waren Autoriteit (VWA). Omdat net zoals de Arbo-wet de Warenwet een raamwet is, zijn er vele uitvoeringsbesluiten aan gekoppeld waarin voor een bepaalde productgroep specifieke eisen zijn gesteld.

Zo is er bijvoorbeeld het:

Warenwetbesluit machines

Het Warenwetbesluit is mede gebaseerd op de Machinerichtlijn.

De fabrikant of diens gemachtigde draagt er zorg voor dat machines zodanig zijn ontworpen, samengesteld en vervaardigd, zodanige eigenschappen hebben en van zodanige vermeldingen zijn voorzien, dat zij geen gevaar opleveren voor de veiligheid of gezondheid van de mens of de veiligheid van zaken, wanneer zij op passende wijze zijn geïnstalleerd en onderhouden en overeenkomstig hun bestemming of in redelijkerwijs voorzienbare omstandigheden worden gebruikt.

Warenwetbesluit elektrotechnische producten

Het Warenwetbesluit elektrotechnische producten is mede gebaseerd op de Laagspanningsrichtlijn. Het stelt eisen aan elektrotechnische producten die in de handel worden gebracht of ter beschikking worden gesteld aan medewerkers. Het besluit gaat over elektrotechnische producten die opwekken of functioneren, meten enzovoorts op een spanning van $50 V_{AC} / 75 V_{DC}$ tot een maximale waarde van $1000 V_{AC} / 1500 V_{DC}$

Het Warenwetbesluit elektrische producten stelt de volgende eisen:

Alle gegevens voor een juist en veilig gebruik (waaronder onderhoud) moeten in het Nederlands op het product zijn aangegeven of als dat niet kan op een daarbij gevoegde instructie:

- a) Een aanduiding van de fabrikant of degene die het product, al dan niet in Nederland, in de handel brengt, moet duidelijk en in de Nederlandse taal zijn aangebracht op het product of, indien dat niet mogelijk is, op de verpakking daarvan.
- b) Het product en zijn onderdelen moeten veilig en behoorlijk kunnen worden aangesloten en geïnstalleerd.
- c) Bij gebruik overeenkomstig de bestemming en voldoende onderhoud moeten gevaar voor letsel of schade ten gevolge van onvrijwillige aanraking van onderdelen die bestemd zijn om onder spanning te staan of stroom te geleiden, alsmede de mogelijkheid van het onder spanning raken of stroom geleiden van niet daartoe bestemde onderdelen zijn uitgesloten.
- d) Bij gebruik overeenkomstig de bestemming en voldoende onderhoud mogen geen temperaturen, lichtbogen of stralingen optreden, die gevaar zouden veroorzaken.
- e) Bij gebruik overeenkomstig de bestemming en voldoende onderhoud moet afdoende bescherming bestaan tegen gevaren van niet-elektrische aard.
- f) De isolatie moet berekend zijn op de bij gebruik overeenkomstig de bestemming en voldoende onderhoud te verwachten elektrische spanningen en belastingen en mechanische krachten.

- g) Bij gebruik overeenkomstig de bestemming en voldoende onderhoud moeten zij voldoende bestand zijn tegen te verwachten uitwendige mechanische krachten.
- h) Bij gebruik overeenkomstig de bestemming en voldoende onderhoud moeten zij voldoende bestand zijn tegen te verwachten uitwendige niet-mechanische invloeden.
- i) Bij gebruik overeenkomstig de bestemming en voldoende onderhoud moet gevaar ten gevolge van voorzienbare overbelasting zijn uitgesloten.



Figuur 6 logosticker, op veilige producten

Warenwet besluit liften

In het warenwetbesluit zijn eisen opgenomen met betrekking tot personenliften. Een belangrijke eis hieruit is de volgende (artikel 17, lid 2):

Een personenlift die in de bouwfase al wordt gebruikt, moet om de drie maanden worden gekeurd.

De verantwoordelijkheid voor het waarborgen van de veilige werkomstandigheden voor de liftmonteur is bij de eigenaar van de lift neergelegd. De eigenaar van een lift moet zorgen dat de lift veilig bereikbaar is voor inspectie en onderhoud.

Woningwet en Bouwbesluit

In het Bouwbesluit artikel 4.1 wordt NEN 1010 Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties aangewezen als de norm. In de regeling Bouwbesluit wordt echter vermeld dat bepaling 704 "Elektrische installaties op bouw en sloopterreinen" niet van toepassing is. Hiermee wordt aangegeven dat een tijdelijke elektrische installatie zoals op een bouwplaats niet valt onder het Bouwbesluit.

Hiermee wordt bepaald dat een tijdelijke installatie op een bouwterrein niet zoals de permanente installatie in een gebouw wordt beschouwd als een product dat wordt opgeleverd. Uiteraard moet de tijdelijke installatie wel veilig zijn voor werknemers. Vanuit onder andere de arboregeling worden de eisen NEN 1010 wel gesteld.

1.4 Normen

Normen worden gemaakt door de private sector. Zo worden elektrotechnische normen bijvoorbeeld gemaakt door elektrotechnische commissies, belanghebbenden uit de elektrotechnische sector en vervolgens uitgegeven door het NEN, het Nederlands Normalisatie Instituut.

Het feit dat er normen zijn, betekent niet dat het verplicht is deze toe te passen.

Een norm is verplicht als:

- de overheid een norm in een wet of in een besluit vermeldt. De norm wordt dan als minimaal (veiligheids)niveau gezien om aan de wet of een besluit te voldoen;
- het toepassen van de norm in een (zakelijke) overeenkomst wordt vermeld.

Normen die een relatie hebben met de dwingende regelgeving voor elektrische installaties zijn bijvoorbeeld

- NEN 1010;
- NEN EN 50110 - NEN 3140;
- NEN EN IEC 60204;
- NEN EN IEC 60439 (wordt NEN EN IEC 61439 (2011)).

Deze normen zijn door de overheid, vanuit wetten, besluiten, richtlijnen of beleidsregels aangewezen als een minimaal veiligheidsniveau. Anders dan in deze normen wordt beschreven, mag, maar dat moet dan wel aantoonbaar van minimaal hetzelfde niveau zijn...

Daarnaast is uiteraard de overeenkomst tussen opdrachtgever en de aannemer bepalend. Vaak staan hierin normen vermeld. Een zakelijke overeenkomst is ook bindend.

Achtereenvolgens worden deze normen kort toegelicht.

NEN 1010 Veiligheidsbepalingen voor elektrische laagspanningsinstallaties

De belangrijkste norm voor het ontwerpen, aanleggen en inspecteren van een laagspanningsinstallatie is de NEN 1010. NEN 1010 is een norm die in opeenvolgende versies / edities is verschenen sinds de 60-er jaren. De jongste uitgave van NEN 1010 is de versie 2007 + C1:2008.



Figuur 7 NEN 1010

In NEN 1010 staat beschreven:

- de uitgangspunten en kenmerken van een veilige elektrische installatie;
- beschermingsmaatregelen tegen brand, ontploffing en gevaren door elektriciteit voor de mens en levende have;
- de eisen aan de onderdelen en de samenhang tussen de componenten van een elektrische installatie;

- het inspecteren, de oplevering van een installatie voor het overdragen aan de eigenaar;
- specifieke eisen of aanvullende eisen aan bijzondere elektrische installaties of delen hiervan. Bijvoorbeeld bepaling 704 "Installaties op bouw en sloofterreinen".

NEN EN 50110 - NEN 3140 Bedrijfsvoering van elektrische installaties

NEN 3140, de vertaling van EN 50110 met een Nederlandse aanvulling, is de norm waarin het beheer van elektrische installaties staat beschreven. Met beheer wordt bedoeld die taken die er voor moeten zorgen dat de installatie veilig blijft, zoals inspectie en onderhoud en alle taken gericht op het veilig werken met de installatie waaronder ook elektrische arbeidsmiddelen vallen.

De norm beschrijft procedures m.b.t.:

- bedrijfsvoering;
- werk; en
- onderhoud.



Figuur 8 NEN 3140 met daarin ook de bepalingen van NEN EN 50110

NEN-EN-IEC 60204 Elektrische uitrusting van machines

NEN EN IEC 60204 beschrijft de eisen aan de elektrische uitrusting van werktuigen en machines zoals een bouwkraan of een kolomboormachine. Als de fabrikant deze norm heeft toegepast bestaat het vermoeden dat het product, qua elektrotechnische veiligheid voldoet aan de Machinerichtlijn. Een elektrische installatie aan of in een werktuig of machine hoeft daardoor niet te voldoen aan de NEN 1010.

NEN-EN-IEC 60204 is grotendeel gebaseerd op dezelfde internationale basisnormen als de NEN 1010, waardoor de fundamentele uitgangspunten hetzelfde zijn.

Als een product een ce-markering heeft, mag er bij de aanschaf van worden uitgegaan dat de elektrische installatie op de machine voldoet aan deze NEN-EN-IEC 60204.

Periodieke controle op de veiligheid van deze elektrische installaties valt onder het beheer NEN EN 50110 / NEN 3140 en is na aanschaf de verantwoordelijkheid van de eigenaar van het werktuig of de machine.

NEN EN IEC 61439

NEN-EN-IEC 61439 beschrijft veiligheidseisen voor de laagspanningsschakel- en verdeelinrichtingen, die kortweg verdeelsystemen heten. Op een bouwlocatie bijvoorbeeld herkenbaar als een zogenaamde bouwkast of zwerfkast. Het is een samenbouw van verschillende elektrische schakel- en besturingsapparatuur in één behuizing.

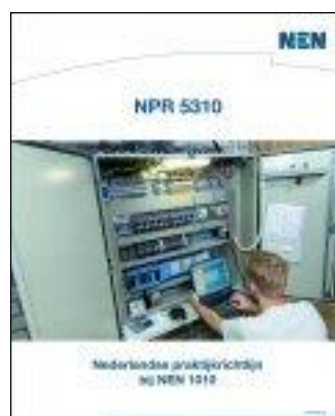


Figuur 9 Bouwkast (schakel- en verdeelinrichting)

NPR 5310 blad 23

Nederlandse Praktijkrichtlijnen (NPR) zijn praktijkbladen; praktische toelichtingen, werkmethoden in een populaire begrijpelijke taal. NPR 5310 is een losbladig systeem dat een toelichting geeft op bepalingen uit NEN 1010.

NPR 5310 blad 23 Tijdelijke installaties op bouw- en sloofterreinen geeft een toelichting op de NEN 1010 op welke wijze deze installaties veilig kunnen worden aangelegd.



Figuur 10 NPR 5310

Abomafoon hoofdstuk 2

Abomafoon is een uitgave door Aboma waarin arbo- en milieuzaken op een praktische manier voor de bouw en industrie worden toegelicht.

De bladen 2.30 (bouwelektra) en 2.32 (bouwverlichting) beschrijven op een populaire, summiere manier de eisen aan elektrische installaties.

1.5 Handhaving van regelgeving

Het is verplicht om de genoemde wetten en besluiten toe te passen. Dat kan, door het toepassen van normen. De overheid heeft hiertoe organisaties ingericht die hierop toezien in het kader van het strafrecht zoals:

- **De I-SZW (Inspectiedienst van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, de vroegere Arbeidsinspectie)**
Op de naleving van de Arbo-wet, het Arbo-besluit, Wet gevaarlijke werktuigen, Besluit gevaarlijke machines (professionele machines, installaties).
- **Gemeenten** (afdeling bouw- en woningtoezicht)
Bouwregelgeving (zoals het Bouwbesluit en de NEN 1010).



Figuur 11 Het logo van I-SZW

Deze instanties zijn bevoegd om:

- onderzoeken in te stellen;
- het werk stil te leggen;
- boetes op te leggen;
- in sommige gevallen een strafzaak in te stellen.

In schriftelijke overeenkomsten tussen ondernemingen, tussen werkgevers onderling (meerdere aannemers en dergelijke en de werkgever en werknemers) zijn echter ook wederzijdse verplichtingen opgesteld.

Civielrechtelijk kan de ene partij de andere partij aansprakelijk stellen bij nalatigheid. Vaak gaat het hier over grotere bedragen dan in het strafrecht. Het belang om niet geconfronteerd te worden met een claim, dus om veiligheidsregelgeving goed toe te passen, in dit kader wordt in het algemeen onderschat.

2. De gevaren van elektriciteit

2.1 Inleiding

Elektriciteit is onzichtbaar, geurloos en pas waarneembaar als er een stroom door het lichaam loopt. Het gevaar van elektriciteit op een bouwlocatie is dan ook dat werknemers in aanraking kunnen komen met zogenaamde spanningvoerende delen. Spanningvoerende delen kunnen aanraakbaar zijn bij bijvoorbeeld beschadigde kabels, niet gesloten of beschadigd elektrisch materieel.

De gevolgen van het in aanraking komen met spanning voerende delen kunnen verschillend zijn:

- Stroomdoorgang door het lichaam (elektrocucie): uiteenlopend van een nauwelijks voelbare prikkel tot een fatale hartstilstand.
- Brand / explosie: bijvoorbeeld door kortsluiting of verhitting door overbelasting.

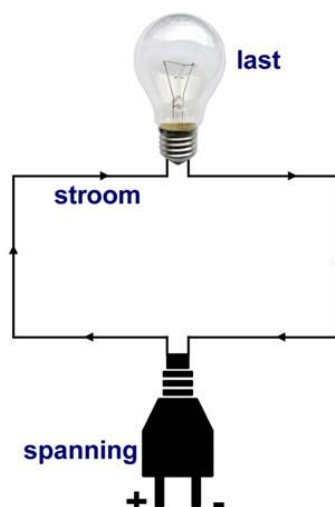


Figuur 12 Pictogram: Gevaar voor elektriciteit

Achtereenvolgens worden deze gevaren toegelicht.

2.2 Stroomdoorgang door het lichaam

Als gevolg van een potentiaalverschil (spanning) loopt er in een geleidend, gesloten circuit een elektrische stroom.

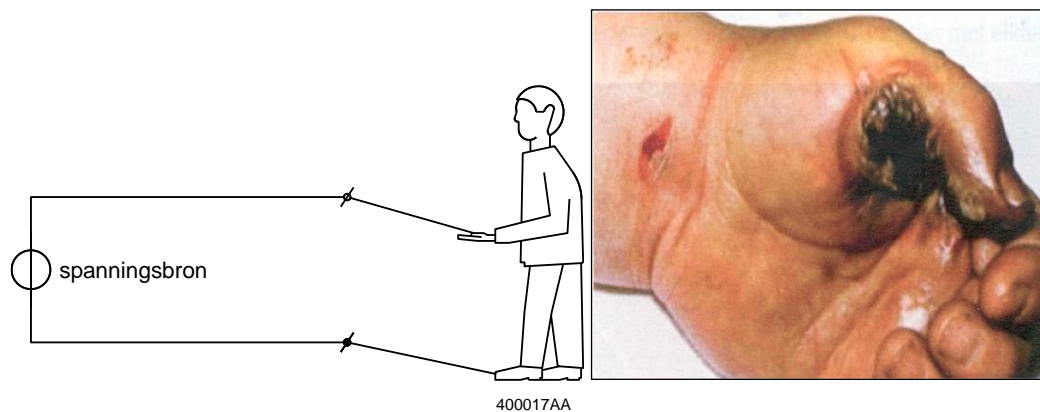


Figuur 13 Stroomkring

Een ander woord voor spanning is potentiaalverschil. De eenheid van spanning is Volt (V). Als een circuit is gesloten, dan gaat er een stroom lopen. Stroom wordt uitgedrukt in

Ampère (A). De grootte van de stroom hangt af van de weerstand in het circuit.
De weerstand wordt uitgedrukt in Ohm (Ω)

Als de mens een onderdeel vormt van het circuit, dan loopt er stroom door het menselijk lichaam. Dit kan levensgevaarlijk zijn en de dood tot gevolg hebben.
We spreken dan van elektrocutie ! Zie Figuur 14.



Figuur 14 De persoon vormt een onderdeel van het circuit, stroom zal door het lichaam lopen

Stroom loopt door een persoon als deze een zogenaamd actief deel aanraakt waar spanning op staat. Bijvoorbeeld een koperdraad waarvan de isolatie ontbreekt.
De andere aansluiting is namelijk de aarde waarop de persoon staat.



Figuur 15 Kabel met ongeïsoleerde uiteinden; op de actieve delen, hier de blanke uiteinden van de koperdraden, kan spanning staan

Als stroom door het lichaam loopt, kan lichamelijk letsel ontstaan: tijdelijke spierverkrampingen, chronische spier- en zenuwaandoeningen, brandwonden, geheugenverlies, hartritmestoornissen e.d.

Het risico wordt bepaald door:

- de grootte van de stroom door het lichaam;
- de tijd van stroomdoorgang;
- de weg door het lichaam.

De grootte van de stroom hangt volgens de Wet van Ohm af van de spanning (U in Volt) die met het lichaam wordt overbrugd en de lichaamsweerstand (R in Ω) en eventueel een weerstand zoals schoeisel en de vloer die daarmee in serie staan.

2.3 Spanning

In een transformatorstation of in een aggregaat is het sterpunt van de transformator door middel van een aardelektrode gekoppeld aan de aarde. Aangezien in elke spoel in de transformator 230 V wordt opgewekt staat er tussen elke fasegeleider (L1, L2 en L3) en aarde een spanning van 230 V.

Tussen de fasegeleiders onderling staat een spanning van 400 V.

De nulgeleider is bij de transformator met het zogenaamde sterpunt hiervan verbonden, dus ook met de aardelektrode.

Tussen de nulgeleider (N) en de aarde staat daardoor nagenoeg geen spanning.



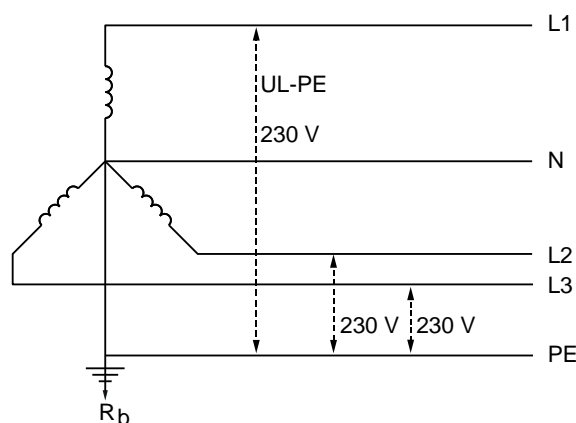
Figuur 16 Distributietransformator

Als het menselijk lichaam een potentiaalverschil overbrugt doordat twee geleiders met een verschillend potentiaal worden aangeraakt, dan gaat er een stroom lopen door het lichaam. Afgezien van het (wellicht) opzettelijk aanraken van twee verschillende faseadren gebeuren elektriciteitsongelukken meestal door het aanraken van één fasegeleider terwijl het lichaam contact maakt met de aarde (grond). Contact maken met aarde kan doordat het lichaam fysiek contact maakt met:

- de grond, denk aan werkzaamheden in een sleuf, een kruipruimte en dergelijke;
- een geaard geleidend object. Voorbeelden van dergelijke geaarde objecten op een bouwlocatie zijn een steiger, een omhulling van een aggregaat, een bouwkraan, spanten, damwandprofielen, enz.

De spanning over het lichaam is in de beschreven situaties circa 230 V.

Tussen de fasegeleider en de aarde staat een aanrakingsspanning van circa 230 volt. Deze spanning wordt aangeduid als UL-PE. Figuur 17 licht dit schematisch toe.



Figuur 17 Aanrakingsspanning UL-PE

Elektrisch materieel moet zodanig zijn beschermd, dat delen waarop spanning staat niet zijn aan te raken. Dit wordt bescherming tegen **directe aanraking** genoemd.

Door een fout in een toestel kan een metalen behuizing van een elektrisch apparaat, bijvoorbeeld de omhulling van een lasapparaat onder spanning komen staan. Dergelijke apparaten moeten worden beschermd tegen **indirecte aanraking**. Veiligheidsaarding speelt in de praktijk hierin een belangrijke rol.

In NEN 1010 staan eisen vermeld op welke manier tegen directe en indirecte aanraking kan worden beschermd. In Hoofdstuk 7 wordt dit nader beschreven.



Figuur 18 De omhulling van een verdeelinrichting op een bouwlocatie is vaak in kunststof of volrubber uitgevoerd. Hiermee wordt beschermd tegen zowel directe als indirecte aanraking; dubbel geïsoleerd

2.4 De grootte van de stroom door het lichaam

Op het menselijk lichaam is de Wet van Ohm van toepassing. De stroom (I) door het lichaam is afhankelijk van de spanning over het lichaam (U) en de weerstand (Z). In formulevorm:

$$I_{\text{lichaam}} = \frac{U_{\text{lichaam}}}{Z_{\text{tot}}}$$

Z is de weerstand voor wisselstroom. In bovenstaande formule is de totale weerstand (Z_{tot}) de optelsom van de verschillende weerstanden in het stroomcircuit. De eenheid van weerstand is Ohm (Ω)

$$Z_{\text{tot}} = Z_{\text{lichaam}} + Z_{\text{schoenen}} + Z_{\text{vloerbedekking}} + Z_{\text{overige}}$$

Opmerking

Weerstand wordt ook aangeduid met de letter R. Voor de weerstand voor wisselstroom, ook wel de impedantie genoemd, wordt de letter Z gehanteerd.

De lichaamsweerstand wordt voornamelijk bepaald door de volgende factoren:

- de huiddikte (babyhuid of de huid van bouwvakkershanden);
- de vochtigheidsgraad (weerstand is lager na het douchen of ten gevolge van transpiratie);
- de grootte van het aanrakingsoppervlak (oppervlak vinger of de volle stevige hand);
- de waarde van de spanning (hoe hoger de spanning des te lager de weerstand).

Voor de weerstand van het lichaam, waarbij een veiligheidsmarge wordt aangenomen, wordt 1000Ω als waarde gehanteerd.

Raakt een persoon met een hand de fasedraad aan en met de andere hand een geaard spant van een bouwconstructie, dan overbrugt zijn lichaam 230 V. De stroom door zijn lichaam is dan bijvoorbeeld $230\text{V} / 1000 \Omega = 230 \text{ mA}$. In Tabel 2 is te lezen wat hiervan het gevolg kan zijn.

Zou dezelfde persoon op laarzen staan en alleen met een hand de fasedraad aanraken dan is de situatie gunstiger. De totaalweerstand (huid + schoeisel+ vloer) is dan bijvoorbeeld 100.000Ω (100 k Ω). De stroomwaarde is dan bijvoorbeeld $230\text{V} / 100.000 \Omega = 2,3 \text{ mA}$. Dit wordt als een elektrische schok ervaren.



Figuur 19 Elektrische schok

Tabel 2 Het effect van verschillende stroomwaarden op het menselijk lichaam bij een stroomdoorgang van hand naar hand

Stroomwaarde	Effect
0,1 tot 0,5 mA	Gevoelsthreshold, lichte tinteling in de vingertoppen
0,5 tot 1 mA	Pijndrempel, sterke tinteling in de vingertoppen
1 tot 5 mA	Sterke spiertrekking tot in de onderarm
5 tot 10 mA	Pijn, vingers en handen voelen stijf aan, grens van het loslaten bereikt
10 tot 25 mA	Samentrekking van de spieren, pijnlijke schokeffecten, loslaten onmogelijk
25 tot 80 mA	Zeer sterke spiersamentrekkingen, sterke pijn, stijging bloeddruk en onregelmatige hartslag
> 80 mA	Ademhalingsmoeilijkheden, kans op fibrilleren als de stroomdoorgang langer dan 0,3 seconde duurt
150 mA tot 2 A	Fibrilleren; bewusteloosheid, na enkele minuten de dood
2 A tot 6 A	Aanhoudende samentrekking van de hartspier, verlammingverschijnselen, weefselbeschadiging (brandwonden)
> 6 A	Ademhalingsverlamming, brandwonden, stijfkramp

Doordat op een bouwlocatie, meer dan in een gebouw, contact wordt gemaakt met de grond of geaard elektrisch materieel, gaat de regelgeving uit van een verhoogde kans op elektriciteitsletsel en worden daarom aanvullende eisen gesteld aan het materieel en het gebruik ervan.

De stroom zal in de huidweerstand warmte ontwikkelen ($P = I^2 \times R$). Op de plaats waar de stroom het lichaam inkomt en verlaat, kunnen brandwonden ontstaan. Grote stromen kunnen ook inwendige brandwonden veroorzaken.

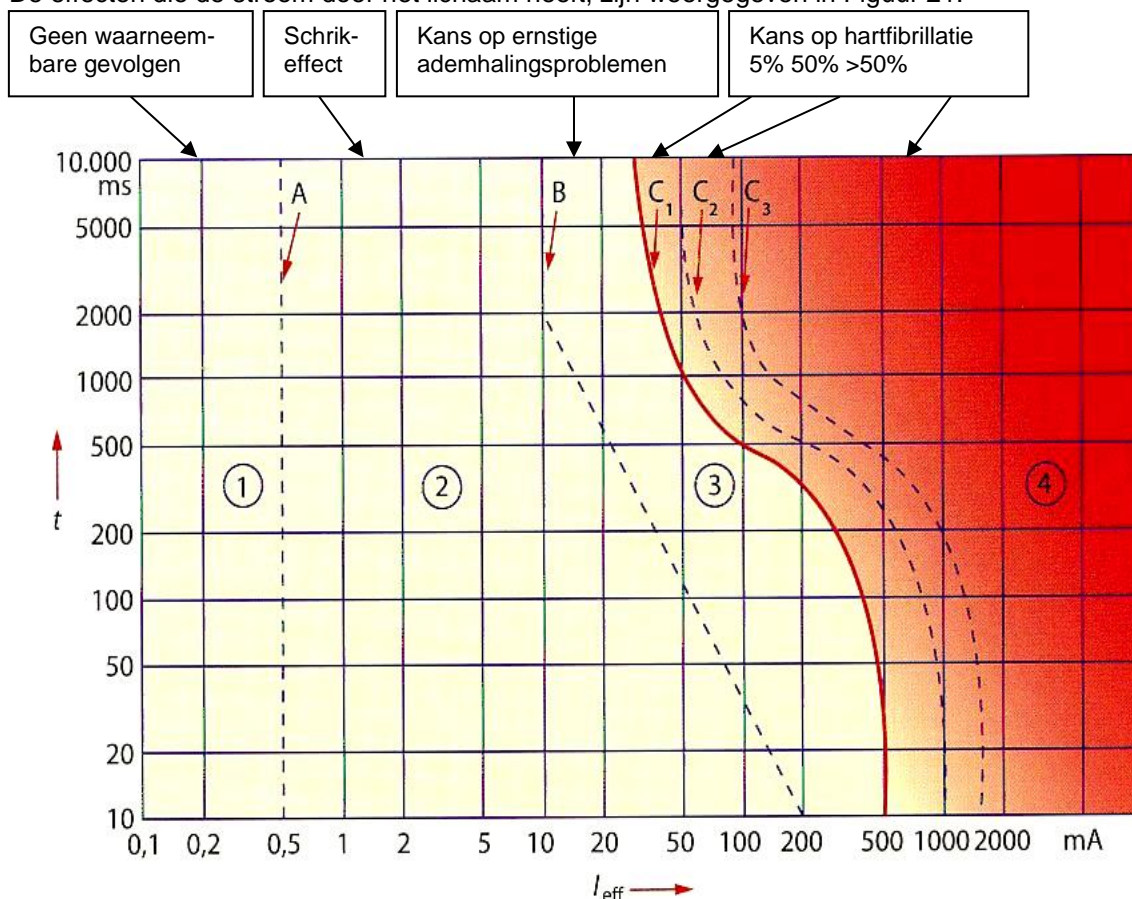
2.5 De tijd van stroomdoorgang

Hoe langer de stroom door het lichaam loopt, des te gevaarlijker is het. De tijden zijn zodanig kort dat niet kan worden gesteld dat tijdig terugtrekken een veilige situatie oplevert. Sterker nog, bij stromen vanaf circa 10 mA verkrampen spieren en kan de persoon wellicht niet eens loslaten.



Figuur 20 De tijdsfactor speelt een grote rol

De effecten die de stroom door het lichaam heeft, zijn weergegeven in Figuur 21.



Figuur 21 Effecten van 50 Hz wisselstroom op het lichaam

De tijd is vaak de bepalende factor op basis waarvan elektrocutiegevaar wordt voorkomen. In NEN 1010 staan namelijk maximale uitschakeltijden vermeld. Een voorbeeld van zo'n maximale tijd is 0,4 s. Binnen de tijden zoals vermeld in NEN 1010 moeten beveiligingscomponenten zoals een aardlekschakelaar, een smeltpatroon of een installatieautomaat in een verdeelinrichting de installatie automatisch afschakelen. Meer hierover verderop in deze publicatie.



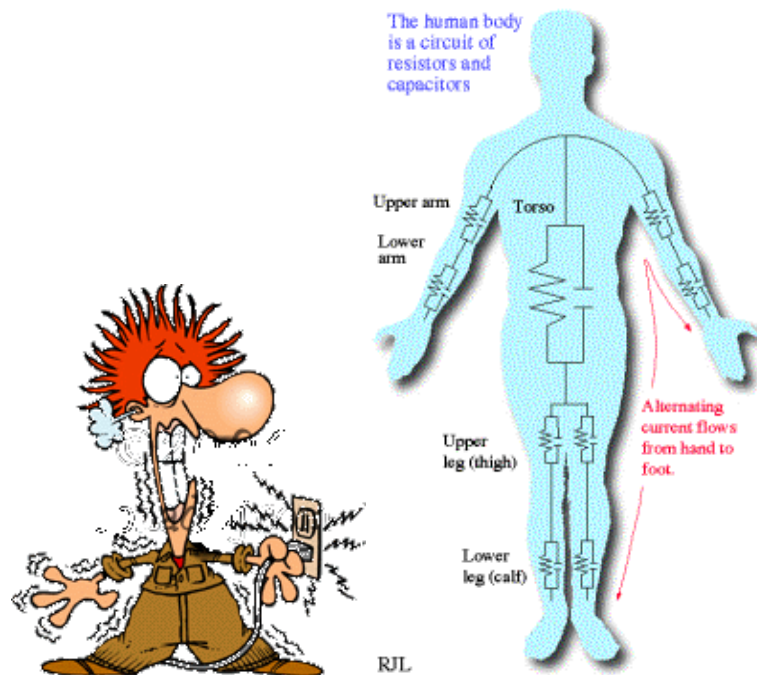
Figuur 22 Aardlekschakelaars

Maandelijks moet een aardlekschakelaar worden beproefd door het bedienen van de testknop. Periodiek, bepaald door de installatieverantwoordelijke moet worden gemeten of een aardlekschakelaar (nog) snel genoeg uitschakelt en bij welke waarde van de verschilstroom.

2.6 De weg die de stroom neemt door het lichaam

Als de stroom door de omgeving van het hart loopt, is het gevaar groot dat de hartspieren niet meer volgens het ritme van de sinusknop achtereenvolgens pulserend samentrekken. De spieren gaan dan alle tegelijk in het ritme van de netfrequentie samentrekken.

Doordat het bloed nu niet meer door het lichaam wordt rondgepompt, ontstaat er zuurstofgebrek in de diverse organen. De hersenen zijn hier dermate gevoelig voor, dat de persoon snel bewusteloos raakt. De dood treedt hierna snel in als er geen maatregelen worden getroffen.



Figuur 23 Stroom door het lijf

2.7 Gevaren ten gevolge van overstroom

Het begrip overstroom betekent dat er gedurende een te lange tijd een grotere stroom loopt door de elektrische installatie dan waarvoor de installatie is ontworpen. Overstromen kunnen ontstaan ten gevolge van kortsluiting en overbelasting. Als een installatie correct is gemaakt, behoort bij een overstroom een beveiliging zo snel te reageren dat er geen schade ontstaat aan de installatie en er geen gevaar voor de mens ontstaat. In een ondeskundig aangelegde tijdelijke installatie (te lange kabels, te kleine doorsneden, slechte contacten in stekkerverbindingen, enz.) kan een ontoelaatbare temperatuurverhoging optreden waardoor wel blijvende materiaalschade en brandgevaar kan optreden.

Ook persoonlijk letsel behoort tot de mogelijkheden als een persoon op de locatie van de kortsluiting aanwezig is, of wellicht zelf veroorzaakt door werkzaamheden.

2.7.1 Vlambooggevaar

Als een persoon per abuis een geleidend voorwerp, zoals een schroevendraaier, tussen twee blanke koperen rails in een schakel- en verdeelinrichting laat vallen, dan is de weerstand van het circuit bijzonder laag, bijvoorbeeld $0,1 \Omega$. De stroom die er dan in het circuit gaat lopen, is zeer hoog. In een rekenvoorbeeld $230V / 0,1 \Omega = 2300 A$. (Dit is een versimpeling van de werkelijkheid. Een kortdurende stroompuls zal ontstaan waarbij waarden worden gehaald die een veelvoud van de genoemde 2300 A zijn.)

Deze hoge stroom veroorzaakt een zeer snelle warmteontwikkeling; een explosie op de plaats van de kortsluiting. De temperatuur in de kern van de vlamboog kan oplopen tot duizenden graden Celsius. Bij deze hoge temperatuur smelten metalen.

Door de explosieve kracht waarmee de gasontlading verloopt, verspreiden druppels metaal zich in de omgeving van de boog. Dit verschijnsel wordt een vlamboog genoemd.

Bij een correct aangelegde installatie zal een beveiliging zoals een smeltpatroon of een installatieautomaat de installatie binnen enkele seconden afschakelen.

Als een persoon, die geen persoonlijke beschermingsmiddelen draagt, wordt getroffen door een vlamboog, dan dringen de gloeiende metaaldeeltjes in de huid. Ernstige brandwonden en oogletsel kunnen dan het gevolg zijn. De huid kan levenslang worden verminkt.

Daarnaast kunnen de longen en luchtwegen worden beschadigd door het inademen van hete giftige metaaldampen. Metaaldampen ontstaan bij de verbranding van de koperen rails of andere elektrische componenten.



Figuur 24 Hand getroffen door een vlamboog

Overige risico's door vlambogen:

- Uiteraard is de verdeler ook vernield waardoor de elektriciteitsdistributie stagneert. In een productieomgeving kan een schadeclaim volgen.
- Als er brandbare materialen in de nabijheid liggen, kan de vlamboog brand veroorzaken.

De intensiteit van een vlamboog hangt af van de voedingsbron en de weerstand van het circuit; de lengte van draden, de doorsnede van de geleiders.

Eenvoudig kan worden gesteld: Een intense vlamboog kan ontstaan bij verdeelinrichtingen, sluiting in dikke kabels, aansluitingen van zwaar materieel en niet te vergeten accu's.

Achter een 230 V haspel van 50 meter zal bij een kortsluiting in het algemeen niet meer dan een vonk ontstaan.

2.8 Kortsluiting in een installatie

Als om een andere reden een kortsluiting wordt gemaakt, bijvoorbeeld door een graafmachine die in een kabel grijpt, dan vindt de vlamboog plaats op de schep. De schep zal wellicht "lasbeschadigingen" vertonen. Als dit een hoogspanningskabel betreft, kan de explosie hevig zijn !

Doordat grondkabels zijn voorzien van een aardscherm zal bij een kortsluiting de beveiliging binnen enkele seconden aanspreken en de installatie automatisch afschakelen.



Figuur 25 Graafmachine

2.9 Overbelasting

Bij een overbelasting loopt er een stroom door het circuit die groter is dan de nominale stroom waarvoor het circuit is ontworpen. Vaak zijn er dan te veel of te zware apparaten aangesloten. Het gevolg van de te hoge stroom door de kabels en componenten is er een toename van de temperatuur van deze componenten. Als de componenten te warm worden, wordt het isolatiemateriaal week en kan het zelfs smelten waardoor het onherstelbaar wordt beschadigd. Een kortsluiting tussen geleiders, als het isolatiemateriaal smelt, is mogelijk met de hiervoor beschreven gevolgen.

Soortgelijke thermische verschijnselen die kunnen leiden tot brand, doen zich ook voor

bij slechte elektrische verbindingen zoals in een stekker, in een schroefverbinding van een elektrisch component en dergelijke.



Figuur 26 Gevolgen van slechte elektrische verbindingen

Elektrische verbindingen moeten de stroom ongehinderd doorlaten. Een slecht contact vormt een zogenaamde overgangsweerstand. Als er stroom door de verbinding loopt dan zal de temperatuur van de verbinder stijgen. Hoe slechter de verbinding, hoe hoger de overgangsweerstand des te groter de warmteontwikkeling.

$$E = t \times I^2 \times R$$

Met:

E = energie die zorgt voor temperatuurverhoging

t = tijd

I = stroom in Ampère

R = overgangsweerstand in Ohm

De meeste branden in elektrische installaties ontstaan door slechte elektrische verbindingen.

2.10 Wat te doen bij persoonlijke elektriciteitsongevallen ?

Elektriciteit kan diverse gevaren opleveren:

- Letsel door stroomdoorgang.
- Letsel door gloeiend metaal ten gevolge van een vlamboog.
- Uiteraard kan door een schok een persoon schrikken en bijvoorbeeld van een trap vallen. Er is dan sprake van een indirect gevaar.

Achtereenvolgens wordt uiteengezet hoe u moet handelen als er een persoonlijk elektriciteitsongeval plaatsvindt.

2.10.1 Letsel als gevolg van stroom door het lichaam

Als een persoon dreigt te worden geëlektrocuteerd, neem dan direct enkele maatregelen.

- Zorg ervoor dat de omgeving veilig is; denk hierbij eerst aan uw eigen veiligheid.
- Alarmeer de omgeving, roep om hulp van BHV-ers of bel 112.
- Probeer direct de laagspanning uit te schakelen (stekker eruit, verdeler uitschakelen).

Als er geen schakelmogelijkheid is, is het noodzakelijk de getroffen persoon van het onder spanning staande deel los te halen. Bij een laagspanningsinstallatie 230 / 400 V kunt u dat zelf doen.

Maak gebruik van aanwezige isolerende materialen; houten stok, kleding enzovoorts. Trek eventueel aan de kleding van de persoon terwijl u geen gearde componenten vastpakt met andere delen van uw lichaam.

Doe de bovenstaande handelingen nooit bij een hoogspanningsinstallatie.

Het gevaar van hoogspanningsinstallaties is voor uzelf te groot !
Houd bij een ongeval met een bovenleiding van tram of trein een afstand aan van minimaal twee meter tot de installatie en het slachtoffer. Schakel direct professionele hulp in; bel 112; brandweer en politie en ambulance.



Figuur 26 De schakelaar in het elektriciteitsnet van de trein kan alleen worden bediend door bevoegde personen van Prorail

Voor een hoogspanningsinstallatie van het netbedrijf gelden grotere afstanden, afhankelijk van de spanning die erop staat. Afstand aanhouden en snel deskundige professionals inschakelen is datgene wat u kunt doen.

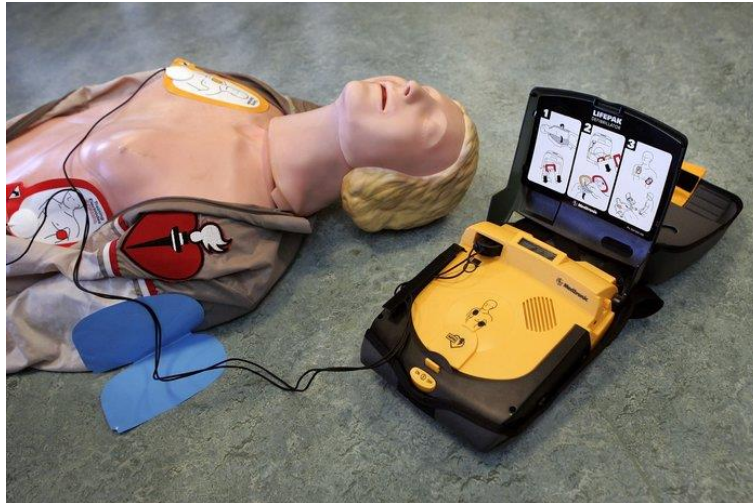
Raak dus in geen geval het slachtoffer of de installatie aan als deze is verbonden met een hoogspanningsnet of geleidende materialen die hiermee in verbinding staan zoals een kraanwagen of graafmachine !

Op een bouwlocatie moeten voldoende bedrijfshulpverleners (BHV-ers) aanwezig zijn. Zij behoren te zijn geoefend in het verlenen van hulp bij calamiteiten zoals bij een elektriciteitsongeval door elektrocutie.



Figuur 27 BHV-post

Nadat de persoon los is van het elektriciteitsnet komt het hart wellicht niet spontaan in het juiste ritme. Een BHV-er kan vaststellen of een slachtoffer ademt en kan indien nodig reanimeren. Een ondersteunend hulpmiddel hierbij is een Automatische Externe Defibrillator, een zogenaamde AED.



Figuur 28 Een AED: Automatische Externe Defibrillator

Een AED mag in geval van nood door iedereen worden gebruikt, maar BHV-ers zijn in het gebruik geïnstrueerd. Het bedienen van een AED is eenvoudig. De meeste AED's geven (spreekende) een instructie welke handelingen moeten worden verricht. Het meet, nadat de pads op het lichaam zijn aangebracht, de hartactiviteit en zal indien nodig een schok toedienen. Het fladderen van het hart wordt dan even onderbroken. Vaak hervat het hart daarna zelf het ritme weer.

Na een stroomdoorgang moet er altijd een medische check worden uitgevoerd, ook al lijkt het alsof er geen sprake is van letsel.

2.10.2 Gevaren van vlambogen

Als een persoon wordt getroffen door een vlamboog, wordt hij vaak achterover geworpen door de kracht van de explosie. Tref dan de volgende maatregelen:

- Zorg dat de omgeving veilig is voor uzelf.
- Doof de brandende kleding bijvoorbeeld met een blusdeken of met water. Let op met water nabij elektrisch materieel).
- Roep om hulp van omstanders, collega's en de BHV-ers op de bouwlocatie. Schakel vervolgens deskundige hulp in: bel 112.

Hulpverlenende maatregelen zijn in dit geval langdurig koelen van brandwonden totdat professionele hulp komt. Koelen kan met water, tenminste als er geen elektrische componenten onder spanning staan. Leg hiervoor het slachtoffer op een veilige plaats en giet zachtjes stromend water over de verbrande lichaamsdelen. Trek in geen geval vastgekleefde kledingstukken van de patiënt af.

De hulpverlenende maatregelen leert u op een EHBO-cursus.

Het gebruik van beschermingsmiddelen om letsel te voorkomen kan soms wel eens hinderlijk zijn. Sommige mensen brengt dat ertoe om ze niet te dragen.

Volgens de Arbo-wet 1998 artikel 11 zijn werknemers verplicht persoonlijke beschermingsmiddelen te dragen die door hun werkgever beschikbaar zijn gesteld, als deze beschermingsmiddelen voor de werkzaamheden nodig zijn.

Leidinggevendens zijn wettelijk verplicht te zorgen dat werknemers de juiste hulp- en beschermingsmiddelen ter beschikking hebben en ze behoren op het gebruik ervan toe te zien.

2.11 Bijlage ongelukken 2009

Loodgieter in Velsbroek geëlectrocuteerd

(september 2009 Bron Trouw)

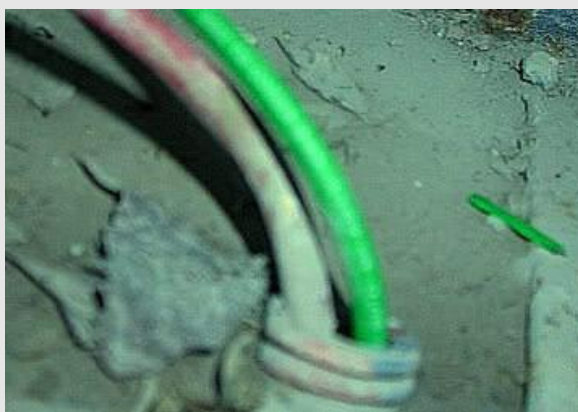
(Novum) - Een 43-jarige loodgieter is vrijdag overleden aan de gevolgen van een schok die hij tijdens zijn werk opliep. Hij knipte om nog onduidelijke reden een stroomkabel door toen hij op zoek was naar de oorzaak van een verstopte afvoerleiding van de wasmachine, zegt een woordvoerder van de Arbeidsinspectie.

Het arbeidsongeval gebeurde in een woning in de Noord-Hollandse plaats. Volgens de zeggsvrouw ging de loodgieter, die werkte voor een ontstoppingsbedrijf, voor de reparatie door een luik in de vloer in de gang.

Of de stroomkabel per ongeluk is geraakt of dat hij niet goed inschatte waar die voor diende is onderwerp van onderzoek. De bewoner die de loodgieter had binnengelaten was thuis tijdens het ongeluk en belde direct de hulpdiensten. Reanimatiepogingen hielpen niet meer.

Vrouw geëlectrocuteerd in kruipruimte

(oktober 2009)



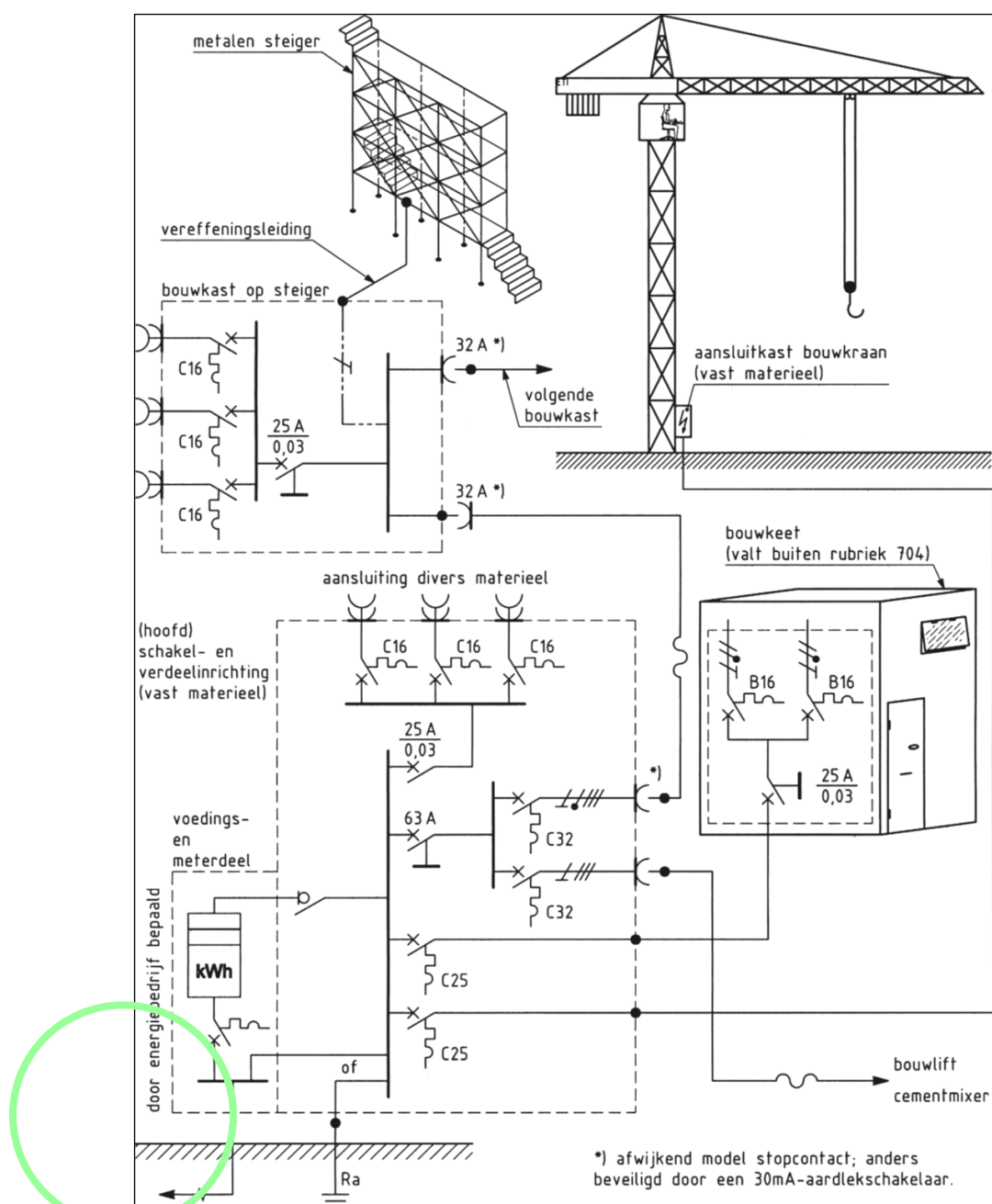
ALPHEN AAN DEN RIJN - Een 41-jarige vrouw uit Alphen aan den Rijn is dinsdagavond overleden, nadat zij thuis een elektrische schok had gekregen. Dat gebeurde toen zij in de kruipruimte bezig was met haar verwarming, zo meldde de politie woensdag. De vrouw werd gereanimeerd en naar het ziekenhuis gebracht. Daar overleed zij. Onderzoek door de politie en netbeheerder Liander heeft inmiddels uitgewezen dat het om een noodlottig ongeval ging.

3. Opzetten van een tijdelijke installatie volgens NEN 1010 704 - NPR 5310 blad

3.1 Inleiding

Een tijdelijke installatie op een bouwlocatie is opgebouwd uit diverse onderdelen. Achtereenvolgens worden de onderdelen en de eisen die hieraan worden gesteld beschreven in de volgende hoofdstukken.

In dit hoofdstuk staat de energievoorziening centraal. De elektrische energie kan worden betrokken uit het vaste net, aangesloten op de installatie van een netbedrijf of ter plekke zelf worden opgewekt met behulp van een aggregaat of een statische omvormer.

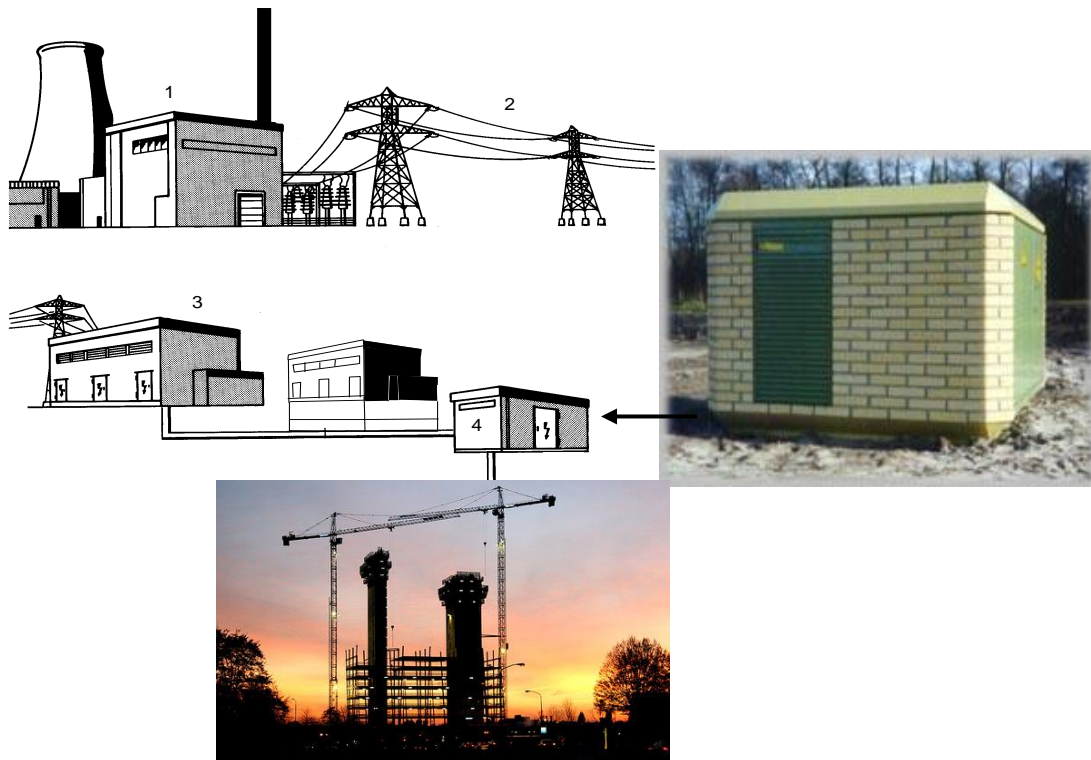


Figuur 29 Overzicht van de gehele installatie op een bouwplaats

3.2 Energievoorziening

Elektrische energie komt via een kabel bij de hoofdverdeelkast de bouwkast binnen. Deze energie kan worden betrokken uit het openbare elektriciteitsnet, aangesloten op de installatie van het netbedrijf of op het terrein worden opgewekt door een of meerdere generatoren. Achtereen volgens worden beide behandeld.

De elektrische installatie aangesloten op het vaste net.



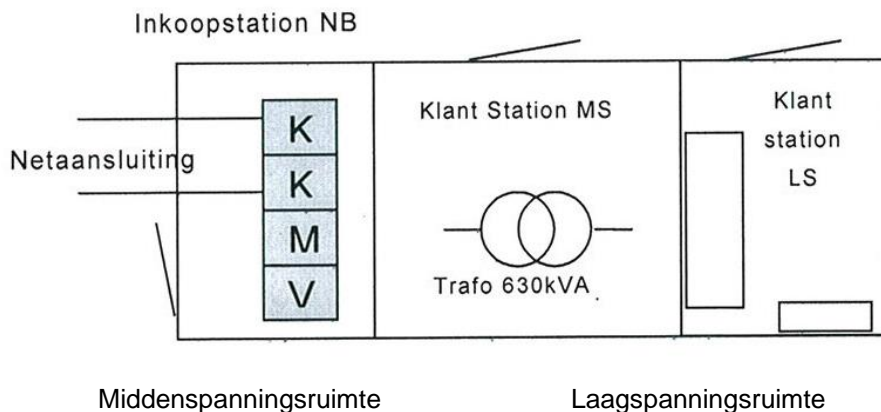
- 1 = elektriciteitscentrale
- 2 = hoogspanningsnet – transportnet
- 3 = transformator hoogspanning > middenspanning – distributienet
- 4 = transformator middenspanning > laagspanning - distributiekabel t.b.v. bouwaansluiting

Figuur 30 Distributie transformatorstation, omzetting 10 kV → 230 / 400 V

Elektrische energie wordt opgewekt in generatoren in een elektriciteitscentrale (1). Via een bovengronds hoogspanningsnet (2) wordt de elektrische energie getransporteerd en verdeeld in Nederland. De opwekking en het transport van elektriciteit wordt in Nederland verzorgd door Tennet.

De hoogspanning wordt verlaagd naar middenspanning, vaak 10 kV, in een inkooptransformatorstation (3).

De middenspanning wordt voornamelijk ondergronds gedistribueerd met rode kabels, het zogenaamde middenspanningsdistributienet. De kabels worden aangesloten op middenspanningsschakelinstallatie en vervolgens de distributietransformatoren (4). Deze transformator (omvormer) zet de middenspanning om in laagspanning 230 / 400 V.



Figuur 31 Opbouw van een transformatorstation

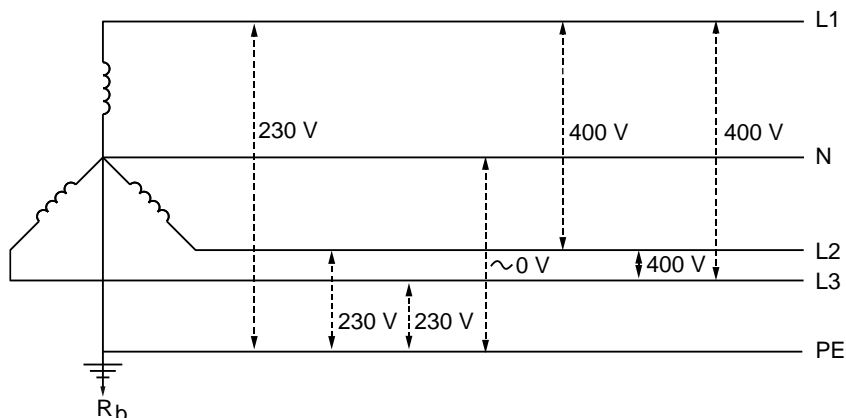
Opmerking

Het middenspanningsgedeelte en het laagspanningsgedeelte hebben een aparte toegangsdeur. Voor elke gedeelte geldt een aparte bevoegdheid om de ruimte te mogen betreden.

Tussen nul (N) en de fase (L) staat een spanning van $230\text{ V} \pm 10\%$ (leveringsvoorwaarde). Tussen de fasen onderling (L1, L2 en L3) staat $400\text{ V} \pm 10\%$. We spreken daarom van een laagspanningsnet $230 / 400\text{ V}$.



Figuur 32 Distributietransformator in de middelste ruimte van het transformatorstation



Figuur 33 Spanningen bij de uitgaande zijde van de transformator

Op een bouwlocatie wordt de elektrische installatie op het (laagspanning)distributienet aangesloten.

De zorg voor het midden- en laagspanningsnet en energielevering ligt bij verschillende bedrijven. In 2006 is de **Wet Onafhankelijk Netbeheer** (WON, ook wel de Splitsingswet genoemd) ingevoerd. Deze wet verplicht de activiteiten van geïntegreerde nutsbedrijven te splitsen in aparte onderdelen voor: productie en distributie van energie. Oftewel de inkoop van energie, een commerciële activiteit, staat los van de netbeheerder in uw regio die verantwoordelijk is voor het elektriciteitsdistributienet.

Momenteel is deze splitsing een feit en heeft u als bouwer voor een bouwaansluiting contact met zowel een energieleverend bedrijf als een netbeheerder.

- Energieleverende bedrijven zoals: Eneco, Essent, Nuon, EON enzovoorts.
Er bestaat een vrijheid in keuze in Nederland bij wie u uw energie koopt.
Energieleverende bedrijven zijn vertegenwoordigd in EnergieNed, de vereniging van Energieproducenten, -handelaren en -retailbedrijven in Nederland
- Netbedrijven zijn bijvoorbeeld Stedin, Enexis, Liander, NRE netwerk, Rendo netbeheer, Delta netwerkbedrijf, Cogas netwerk & beheer.
Netbedrijven zijn wel gebonden aan een bouwlocatie en zijn vertegenwoordigd in een vereniging: Netbeheer Nederland.

Een voedende kabel op een bouwplaats bevat vier of vijf aders afhankelijk van het aangeboden stroomstelsel. In hoofdstuk 7 worden stroomstelsels en veiligheidsaarding uitgebreid beschreven.

Achter de kWh-meter valt de elektrische installatie onder de verantwoordelijkheid van de eigenaar van het object (bedrijf, woning).

Voor een elektriciteitsaansluiting in de bouwfase moet een bouwaanvraag bij de netbeheerder worden ingediend.

3.3 Bouwaanvraag bij een nieuwe vaste installatie

Welke informatie heeft het netbedrijf nodig voor een nieuwe aansluiting ?

Voordat een aansluiting op een bouwlocatie wordt gerealiseerd moet een bouwaanvraag plaatsvinden bij het netbedrijf dat ter plaatse het beheer voert over de distributie-installatie.

Als straat, huisnummer en postcode bekend zijn, wijst het netbedrijf een zogenaamde EAN-code toe. Ook moet een energielevend bedrijf worden benaderd dat vervolgens contact opneemt met het netbedrijf. Nadat beide bedrijven gekoppeld zijn aan het EAN-systeem en er een overeenkomst is met zowel het energieleverend bedrijf als het netbedrijf kan er een levering plaatsvinden en een bouwaansluiting worden gerealiseerd door de netbeheerder.

Het netbedrijf vraagt in het algemeen of het een klein- of grootverbruikinstallatie betreft. Onder kleinverbruik verstaat men installaties $\leq 3 \times 80$ A. Onder grootverbruik alles daarboven zoals 3×160 A, 3×250 A en zelfs een middenspanningsaansluiting.

De EAN-code

Elke elektriciteits- of gasaansluiting in Nederland heeft een eigen 18 cijferige EAN-code (Europese artikelnummering). In het aansluitregister wordt onder andere bijgehouden wie de huidige netbeheerder, energieleverancier en PV-partij (programma-verantwoordelijke) is. De PV-partij koopt de energie in voor de leverancier en heeft een leveringsplicht. De EAN-code van een elektriciteits- of gasaansluiting is op internet op te vragen via: www.eancodeboek.nl.

Op voordracht van het bouwbedrijf of de installateur wordt de installatie bepaald; de doorsnede en de lengte van de kabel en nominale stroomwaarde van de beveiligingen. Bij kleinverbruik wordt daarnaast in overleg het stroomstelsel TT- of TN-stelsel vastgesteld. In hoofdstuk 7 worden veiligheidsaarding en stroomstelsels beschreven.



Figuur 34 Voorbeeld van een distributiekabel 4 x 6 mm², dit is type YMeKasz OV 0,6 / 1 kV

3.4 Wisselstroom Aggregaat als voeding

In plaats van een aansluiting op een vast elektriciteitsnet van het netbedrijf kan ook een aggregaat als voeding worden toegepast. Het toepassen van een aggregaat als voeding kan betekenen dat in de bouwkast of in de verdeelinrichting van het aggregaat aanvullende of andere beveiligingscomponenten moeten worden toegepast. Ofwel een netaansluiting kan, afhankelijk van de verdeler en het aggregaat niet zomaar door een aggregaat worden overgenomen.

Volgens NEN 3140:2011 Bijlage M moet er naar worden gestreefd het sterpunt van het aggregaat deugdelijk te aarden waarbij een TT- of TN-stelsel gevormd wordt. Hierbij dient men een aardelektrode bij het aggregaat in de grond te drijven waaraan de beschermingsleiding van de installatie is gekoppeld. Als dit niet kan, omdat de installatie mobiel moet zijn, de grond er zich niet toe leent of de werkzaamheden wellicht van zeer korte duur zijn, dan moet er een isolatiebewakingstoestel in de installatie worden opgenomen en een IU- of IM-stelsel gevormd worden. Een dergelijke beveiliging zit normaal niet in een verdeelkast en niet elk aggregaat is er standaard mee uitgerust. Zonder deze voorzieningen is de installatie ronduit gevaarlijk ! Aan het gebruik van isolatiebewakingstoestellen zijn voorwaarden verbonden. Zie isolatiebewaking paragraaf 4.9.

Aggregaten moeten primair worden geaard. Als dat niet kan, dan moet een installatie worden uitgerust met een isolatiebewakingstoestel. Een uitzondering hierop vormen aggregaten die aan de volgende criteria voldoen:

- het vermogen < 3000 VA (= 3 kVA) en
- er wordt maximaal 1 toestel met een isolatieklasse I aangesloten en
- er mogen meer toestellen met een isolatieklasse II aangesloten worden en
- een toestel met een isolatieklasse I mag niet gelijktijdig met een toestel met isolatieklasse II aangesloten zijn en
- verlengsnoeren zijn altijd van isolatieklasse II (met beschermingsleiding / aarde) en
- de aansluitingen zijn gezamenlijk niet langer dan 30meter.



Figuur 35 Draagbaar aggregaat met een vermogen van 1 kVA , dit aggregaat mag zonder aarding of isolatiebewaking worden gebruikt



Figuur 36 Nog net draagbaar, met een vermogen van 4,5 kVA, deze uitvoering moet dus aanvullend worden beveiligd. Isolatiebewaking kan hier een bewuste veilige keuze zijn mits het een installatie van beperkte omvang is die hooguit voor enkele dagen op de locatie wordt gebruikt



Figuur 37 Voor grotere aggregaten geldt: de aardelektrode is de enige bewuste veilige keuze

Alle aggregaten moeten dus bij voorkeur worden geaard. Het alternatief is in het aggregaat een modificatie aanbrengen en een isolatiebewakingstoestel inschakelen. Afgezien van de verplichting in de norm is dit noodzakelijk voor de veiligheid wanneer er meerdere verbruikende toestellen op het aggregaat worden aangesloten. Bij het hoofdstuk 7 wordt de noodzakelijkheid hiervan aangetoond en uitgebreid ingegaan op de manier waarop een aardvoorziening moet worden gemaakt.

Controleer voorafgaand aan elk gebruik van een wisselstroom aggregaat en minimaal 1 maal per week, de goede werking van de aardlekschakelaar(s) of de isolatiebewaking.

Gebruik bij een wisselstroomaggregaat met isolatiebewaking altijd verlengsnoeren van isolatieklasse I (met beschermingsleiding / aarde).

3.4.1 Kiezen van een aggregaat

Om een passend aggregaat te kiezen zijn de volgende technische gegevens van belang:

- Het totale opgestelde vermogen op de bouwlocatie dat moet worden gevoed door het aggregaat.
- Type belasting oftewel het soort toestellen dat wordt gevoed (met name het vermogen, de $\cos \varphi$, de inschakelstroom).
- De omvang van de installatie.
- De afstand tussen aggregaat en verbruikende toestellen.

Op de bijlagen in paragraaf 12.2 en 12.5 worden de termen vermogen in KW en KVA en $\cos \varphi$ toegelicht en wordt het verschil tussen de diverse gebruikers als belasting uiteengezet. Kort daarover het volgende:

Onderstaand een eenvoudig berekend overzicht wat veelal in de markt gebruikt word, waarbij de $\cos \varphi$ op 0,8 gesteld is.

In dit overzicht is bewust een maximum vermogen tot 7KVA bij 230V weergegeven, daar 32A de maximale aansluitwaarde op 230V niveau is van de wisselstroom aggregaten.

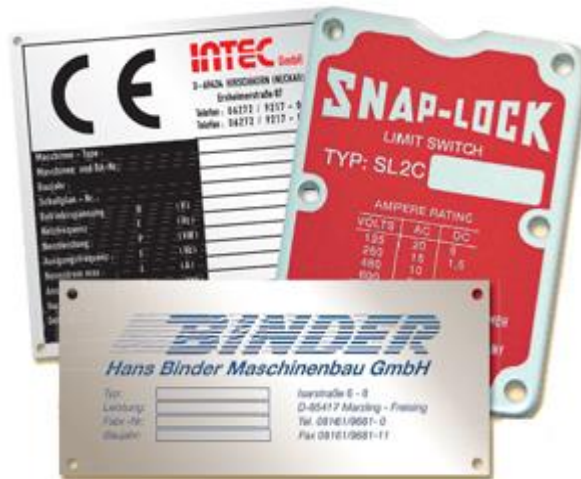
KVA	$\cos \varphi$	KW	V	A	V	A
1	0,8	0,8	400	1,52	230	4,35
2	0,8	1,6	400	3,03	230	8,70
3	0,8	2,4	400	4,55	230	13,04
4	0,8	3,2	400	6,06	230	17,39
5	0,8	4	400	7,58	230	21,74
6	0,8	4,8	400	9,09	230	26,09
7	0,8	5,6	400	10,61	230	30,43
8	0,8	6,4	400	12,12		
9	0,8	7,2	400	13,64		
10	0,8	8	400	15,15		
15	0,8	12	400	22,73		
20	0,8	16	400	30,30		
25	0,8	20	400	37,88		
30	0,8	24	400	45,45		
35	0,8	28	400	53,03		
40	0,8	32	400	60,61		
45	0,8	36	400	68,18		
50	0,8	40	400	75,76		
60	0,8	48	400	90,91		
70	0,8	56	400	106,06		
80	0,8	64	400	121,21		
90	0,8	72	400	136,36		
100	0,8	80	400	151,52		

3.4.2 Opgesteld vermogen

Elk elektrisch toestel heeft een vermogen (aangeduid met de letter P). Het vermogen wordt uitgedrukt in Watt, vaak kilowatt (kW) of kilo Volt Ampère (kVA). Met vermogen wordt bedoeld: "Waartoe is het toestel maximaal in staat"; "Hoe sterk is het maximaal". Op elk elektrisch toestel staat het vermogen vermeld op het typeplaatje.

In een elektrisch apparaat wordt het elektrische vermogen vaak omgezet in een andere energievorm zoals mechanische energie, zoals bij een motor, of thermische energie in een heater. Om hieraan te rekenen geldt: $1 \text{ W} = 1 \text{ J} / \text{s} = 1 \text{ Nm} / \text{s}$.

Hoe meer toestellen, des te groter het opgestelde vermogen.



Figuur 38 Typeplaatje; hierop staan de technische gegevens vermeld zoals het vermogen, $P = \dots \text{ kW}$ of $\dots \text{ kVA}$

Opmerking

Meer technische informatie over vermogen in kW en kVA en $\cos \varphi$ staat in de bijlagen in paragraaf 12.2 en 12.5.

Als er allemaal dezelfde apparaten zouden worden toegepast, die allemaal volledig worden belast, dan zouden de vermogens kunnen worden opgeteld. Dit is praktisch meestal niet het geval.

Voor materieel op een bouwlocatie kan er dus niet vanuit worden gegaan dat de werkelijke vermogens zondermeer kunnen worden opgeteld. Door het toepassen van de vele elektromotoren in kranen, liften, enzovoorts kan beter gerekend worden met bijvoorbeeld een $\cos \varphi = 0,8$ en een gelijktijdigheidsfactor.

Opmerking

Er zijn echter ook toestellen met een $\cos \varphi = 0,2$! Dit stelt hoge eisen aan het aggregaat dat in dit geval in staat moet zijn om het vijfvoudige van de stroom te leveren dan op basis van het vermogen zou worden bepaald.

3.4.3 Gelijktijdigheidsfactor

Niet alle toestellen staan tegelijk en continue maximaal belast aan. Bij het bepalen van het noodzakelijk te leveren vermogen van het voedende zoals bijvoorbeeld een aggregaat, kan in de praktijk van een kleiner vermogen worden uitgegaan dan de optelsom van het vermogen volgens alle typeplaatjes. De installatieverantwoordelijke op de bouwlocatie kan inschatten hoeveel procent er maximaal tegelijk aan vermogen wordt gevraagd. Dit wordt de zogenaamde gelijktijdigheidfactor genoemd. Als de gelijktijdigheidfactor 0,5 bedraagt, dan betekent dit dat de installatieverantwoordelijke heeft ingeschat dat 50% van het opgestelde vermogen daadwerkelijk tegelijk nodig is. Een installatieverantwoordelijke kan de gelijktijdigheidfactor inschatten op basis van de soort toestellen, de omvang van de bouwplaats en de wijze waarop er wordt gewerkt.

3.4.4 Inschakelstromen

Bij het inschakelen van sommige toestellen is de aanloopstroom een veelvoud van de nominale stroom. Een aggregaat is beperkt in het leveren van deze kortstondige grote stromen.

Als bijvoorbeeld een aggregaat een zware motor zou moeten voeden die een pomp aandrijft, dan zal het aggregaat een forse vermogensoverdimensie moeten hebben om de motor op gang te krijgen zonder dat de beveiliging van het aggregaat uitschakelt. De meeste aggregaten zijn tot niet meer in staat dan kortstondig het dubbele maximale vermogen te leveren. Een ander aspect bij aggregaten is het inschakelen van de belasting; niet elk aggregaat kan plotsklaps van 0 % naar 100 % worden belast (de zogenaamde step-up).

Leveranciers van aggregaten moeten daarom weten wat er op een aggregaat wordt aangesloten. Zij houden in het algemeen aan $\cos \varphi = 0,8$. Zo is te lezen in documentatie bijvoorbeeld: 600 kVA / 480 kW (voor de uitleg van deze getallen zie de bijlage, paragraaf 12.2).

In de praktijk blijkt dat een aggregatenverhuurbedrijf een forse marge als reservevermogen neemt om bovenstaande problemen te omzeilen.

In bijlage, paragraaf 12.5 staat een tabel weergegeven waarmee het opgesteld vermogen op een bouwlocatie kan worden bepaald.

3.4.5 Aggregaten in de praktijk

Bij gebruik van verplaatsbare laagspanning wisselstroomaggregaten en statische omvormers moeten

- ondanks alle tijdsdruk,
 - ondanks het tijdelijk gebruik ervan,
 - ondanks moeilijke werkomstandigheden,
 - ondanks de verschillende aantallen en types van gebruikerstoestellen,
 - ondanks installatie en bediening door meestal niet gekwalificeerd personeel,
- technische beschermmaatregelen worden genomen tegen foutbescherming* in installaties gevoed door één of meer onafhankelijke voedingsbronnen.
(NEN 1010 rubriek 551.4) (rubriek 8.782 van NEN 1010-7 / A2:2003)

Technische beschermmaatregelen worden genomen bij het optreden van een defect door middel van automatische uitschakeling (NEN 1010 rubriek 411).

* Opmerking

Met foutbescherming wordt in NEN 1010 bedoeld alle maatregelen zoals veiligheidsaarding die ervoor moeten zorgen dat als er een aardsluiting (een fout) optreedt in bijvoorbeeld een bouwlift, dat razendsnel de beveiliging aanspreekt. Andere maatregelen tegen foutbescherming zijn bijvoorbeeld dubbel geïsoleerd materiaal toepassen, steigers vereffen en dergelijke.

Mocht zich een incident voordoen dan is de samenbouwer verantwoordelijk voor het geheel. Als een aannemer een los aggregaat huurt en dit met kabels en bouwkasten tot een installatie samenbouwt, dan is de bouwer verantwoordelijk voor de veiligheid van de installatie. Hij moet aantonen dat de installatie veilig was / is. Dit betekent een inspectierapport kunnen overleggen waarmee de veiligheid onderbouwd wordt.

Laat de aannemer een volledige tijdelijke installatie door een verhuurbedrijf aanleggen, dan is de verhuurder verantwoordelijk voor het beschikbaar stellen van een veilige installatie. De verhuurder is verplicht, voordat hij de installatie overdraagt, deze te inspecteren (NEN 1010). Accepteer als aannemer geen installatie die niet veilig is: uw bouwplaatsmedewerkers moeten er veilig mee kunnen werken.

Op bijlage 2 is een tabel weergegeven op basis waarvan de stroom kan worden bepaald bij een bepaald vermogen.

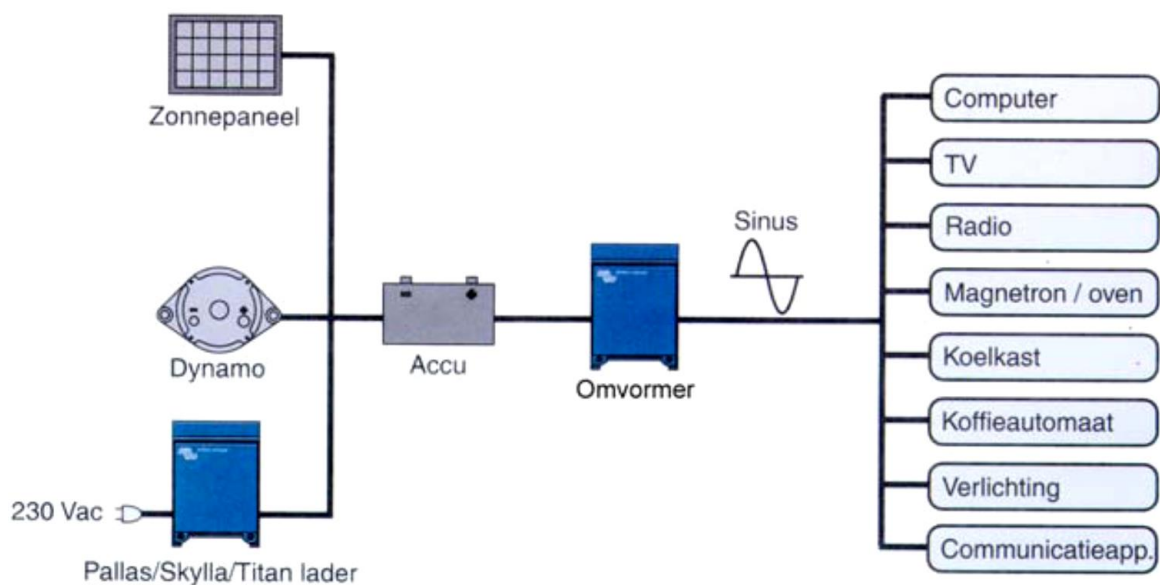
3.5 Statische omvormers als voeding

In toenemende mate worden statische omvormers toegepast als voeding voor kleine tijdelijke installaties. Een statische omvormer is met name interessant op die locaties waar geen 230 V-aansluiting aanwezig is en een 230 V-aansluiting voor een beperkt elektrisch vermogen tijdelijk wel noodzakelijk is zoals bijvoorbeeld om elektrisch gereedschap of computerapparatuur te voorzien van elektriciteit. Voorbeelden waar een statische omvormer toegepast kan worden zijn een mobiele werkplaats in de vorm van een bedrijfsbus, aanhanger, vrachtwagen of container, etc.



Figuur 39 Mobiele werkplaats met elektriciteitsvoorziening

Een statische omvormer is een toestel dat spanningen kan omzetten zonder dat daarin draaiende delen zitten zoals een generator. In het algemeen zijn het geavanceerde elektronische toestellen die een gelijkspanning van bijvoorbeeld 12, 24 of 36 V_{DC} omzetten naar 230 V_{AC} en zelfs drie-fasen 230 / 400 V_{AC}.



Figuur 40 Een statische omvormer; de schakel in het net

Toepassingen van een statische omvormer zijn daarnaast:

- 230 V apparatuur aansluiten in een mobiele installatie op bijvoorbeeld 12 V accu's;
- Als back-up voeding in (onbetrouwbare) 230 V-installaties of ten behoeve van noodverlichting;
- Het stabiliseren van de netspanning 230 V in netten waar sprake is van netvervuiling door sterk storende apparaten.



Figuur 41 Statische omvormers van 12- 24-36 V_{DC} naar 230 V_{AC}

Specificaties van de grote statische omvormer:

- Vermogen continue bij 25°C 2000 W / 2500 VA.
- Vermogen continue bij 40°C 1600 W.
- Vermogen gedurende 30 minuten 1500 W.
- Vermogen maximaal 4500 W.
- Ingangsspanningbereik V_{DC} 9,5 - 16,0.
- Uitgangsspanning 230 V_{AC} (± 2%).
- Frequentie 50 Hz (± 0,2%).

Net als bij het toepassen van een aggregaat geldt dat een statische omvormer niet zondermeer de plaats van een vaste netaansluiting kan overnemen. Ook voor statische omvormers gelden voorwaarden uit NEN 1010. Bij grote systemen is veiligheidsaarding noodzakelijk. Voor mobiele systemen is een aardvoorziening uiteraard lastig. Mobiele elektrische installaties > 1000 VA moeten beveiligd worden met een zogenaamd isolatiebewakingstoestel.

Het isolatiebewakingstoestel meet continue of de isolatieweerstand in de aangesloten installatie voldoende hoog is. Komt deze door een aardfout onder een bepaalde waarde, dan schakelt het toestel de installatie automatisch af. Aardlekschakelaars in een schakel- en verdeelinrichting aangesloten achter een statische omvormer met isolatiebewaking ingeschakeld, beveiligen niet correct.

In een omvangrijkere installatie waarbij de statische omvormer wel wordt geaard, kan wel gebruik worden gemaakt van aardlekschakelaars. Wel moet dan een speciaal type B hiervoor worden gekozen. Zie isolatiebewaking paragraaf 4.9.



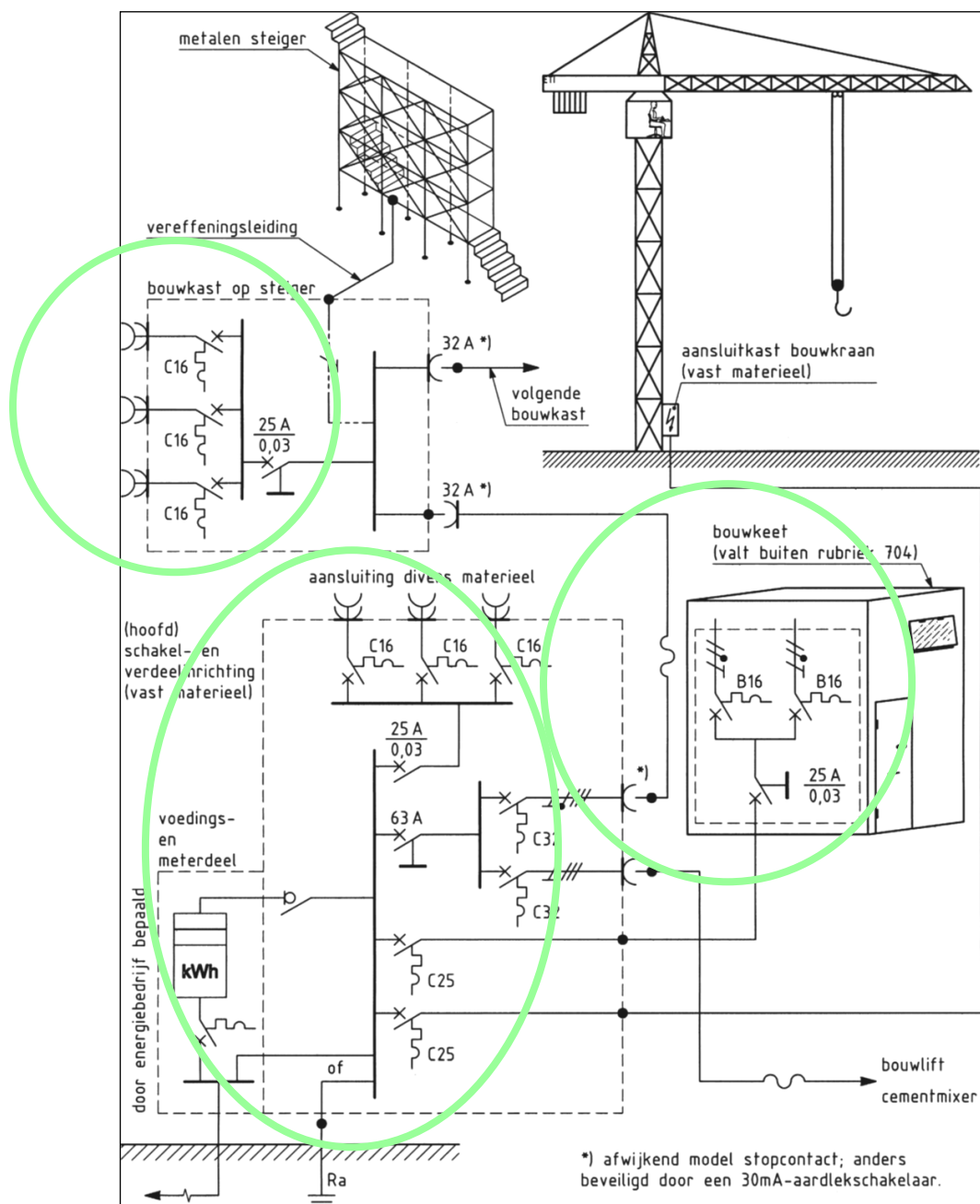
Figuur 42 Isolatiebewakingstoestel

4. Bouwkasten - tijdelijke schakel- en verdeelinrichtingen

4.1 Inleiding

Bouwkasten zijn de tijdelijke schakel- en verdeelinrichtingen die op een bouwlocatie worden toegepast. Een bouwkast moet voldoen aan NEN EN IEC 61439, (voorheen 60439). Deze norm geldt voor alle schakel- en verdeelinrichtingen.

Aan een bouwkast worden specifieke eisen gesteld met betrekking tot de plaatsing, de beveiligingen die erin zitten, de contactstoppen en de mogelijkheden tot aansluiten. In dit hoofdstuk worden deze nader beschreven.



Figuur 43 Overzicht gehele installatie op een bouwplaats



Figuur 44 Bouwkast

4.2 Te stellen eisen aan een bouwkast volgens NEN EN IEC 61439

Een bouwkast moet type-gekeurd zijn. Het is dus niet toegestaan om zelf een verdeler “in elkaar te sleutelen” of een willekeurige andere verdeelinrichting te nemen en te gebruiken op een bouwplaats.

Een goedgekeurde bouwkast moet voorzien zijn van een typeplaatje. Hierop moeten de volgende zaken staan vermeld:

- naam of merknaam van de fabrikant;
- typeaanduiding van de verdeler;
- norm NEN-EN-IEC 61439 (of 60439-4);
- stroom: wisselstroom (en frequentie) of gelijkstroom;
- nominale werkspanning;
- nominale stroomwaarde van de verdeler;
- beschermingsgraad;
- gewicht, indien groter dan 30 kg.



Figuur 45 Typeplaatje op een bouwkast

De producent van een bouwkast is verantwoordelijk voor de productveiligheid van het samengestelde product. De bouwkast mag alleen worden verhandeld als deze voldoet aan de Europese richtlijn(en). In de praktijk is de aangewezen norm daarvoor NEN-EN-IEC 61439. Als een product aan alle eisen voldoet, mag er de CE-markering op worden vermeld. KEMA, TÜV, e.d. zijn organisaties, zogenaamde Notified Body's, door de overheid erkende onderzoeksinstanties, die in opdracht van een producent kunnen toetsen of bijvoorbeeld een bouwkast daadwerkelijk voldoet aan de gestelde eisen.

Opmerking

KEMA staat voor “Keuring van Elektronische Materialen te Arnhem”. Het is een instelling, onderdeel van het Duitse DEKRA die keurt en certificeert, onderzoekt en adviseert met betrekking tot aspecten die samenhangen met opwekking, transport en gebruik van elektrische energie met als doel de kwaliteit daarvan te verbeteren.

KEMA-KEUR is een keurmerk. Het is geen wettelijke verplichting dat elektrisch materieel een KEMA-keurmerk heeft. Het geeft wel aan dat het product voldoet aan de bepaalde eisen die vallen onder het keurmerk.

De veiligheid van een medewerker hangt niet alleen af van de veiligheid van de bouwkast, maar met name ook van de manier waarop installatiecomponenten worden samengebouwd tot één installatie en de manier hoe de installatie wordt gebruikt. Denk hierbij aan de lengte en doorsnede van kabels. Voor tijdelijke installaties is het ook verplicht dat er de juiste beveiligingen zoals 30 mA aardlekschakelaars in de installatie zijn opgenomen. In hoofdstuk 4.6 worden deze eisen nader beschreven.

Algemene eisen volgens NEN EN 61439 (voorheen 60439) aan een bouwkast:

- Dichtheid van de behuizing.
Een gesloten behuizing moet een beschermingsgraad hebben van ten minste IP 44. Bij de opening van een deur van een bouwkast voor bediening mag de beschermingsgraad bij die geopende deur IP 21 bedragen. De eis van IP 44 geldt ook voor de wandcontactdozen als deze niet achter een speciaal deurtje / schotje zitten. Deze zijn daarom in de praktijk voorzien van een deksel die, als de contact-stop niet wordt gebruikt, gesloten moet zijn !
- Alleen de wandcontactdozen, bedieningshandels en eventueel besturingsknoppen mogen toegankelijk zijn zonder het gebruik van een sleutel of van gereedschap.
- De bedieningsknop of -hendel van de hoofdschakelaar moet gemakkelijk en direct toegankelijk zijn.
- Een bouwkast moet zijn voorzien van hijsogen of draaghandvatten. Voor het transport van een bouwkast worden er namelijk tamelijk hoge mechanische eisen gesteld aan de schakel- en verdeelinrichting.

De bouwkast waar het netbedrijf de voedende kabel in aansluit, moet daarnaast voldoen aan eisen van het betreffende netbedrijf. Deze stemmen overeen met de in NEN EN 61439 vermelde criteria.

4.3 Eisen van het netbedrijf aan bouwkasten ten behoeve van tijdelijke en bouw- aansluitingen ≤ 80 A

De belangrijkste eisen waaraan een (hoofd)bouwkast volgens het netbedrijf moet voldoen, zijn:

- Bij een voorlopige bouwaansluiting moet de plaats van de kast liggen in de lijn vanaf de hoofdkabel naar de toekomstige meterkast en nabij de openbare weg.
- Bouwkasten moeten een permanente plaats hebben en mogen in aangesloten toestand niet worden verplaatst.
- Bouwkasten moeten deugdelijk verankerd worden opgesteld en mogen aangesloten niet (kunnen) worden verplaatst.
- De kast en wat er op wordt aangesloten, moet voldoen aan de daarvoor geldende normen (NEN EN 61439 - NEN 1010) en zijn goedgekeurd (\geq IP 44).
- Nadat deuren of deksels van bouwkasten voor het bedienen van schroefveiligheden, schakelaars of stopcontacten zijn geopend, mogen actieve delen niet aanraakbaar

zijn. De bescherming tegen het binnendringen van water moet ook in deze toestand voldoende zijn gewaarborgd (\geq IP 22).

- De kast moet uit twee compartimenten zijn opgebouwd die elk afzonderlijk toegankelijk en apart afsluitbaar zijn. Eén gedeelte voor het netbedrijf, om de voedende kabel in aan te sluiten, de hoofdbeveiligingen in op te nemen en een kWh-meter te plaatsen.
Een tweede gedeelte voor de gebruiker met daarin een verdeelinrichting. Belangrijk hierbij is dat de beveiligingen in de verdeler selectief zijn ten opzichte van de beveiligingen van het netbedrijf.
- De gebruiker moet een aardvoorziening (laten) verzorgen. In hoofdstuk 7 wordt dit nader toegelicht.

De volledige eisen staan vermeld in publicaties opgesteld door de netbedrijven zoals: <http://www.enexis.nl/site/Images/Bouwkasten-los.pdf> <http://www.cogas.nl/>



Figuur 46 Bouwkast voor het aansluiten van de voedende kabel van het netbedrijf

4.4 Contactdozen op een bouwkast

Op een bouwkast bevinden zich vaak de volgende contactdozen:

1. een contactdoos om de voedende kabel op aan te sluiten (de contactstop met pennen);
2. een contactdoos om de binnekomende voedingskabel direct door te lussen naar een volgende verdeelkast;
3. een contactdoos voor het aansluiten van vast opgesteld materieel en eventuele onderverdeelkasten;
4. een contactdoos om elektrisch verplaatsbaar materieel op aan te sluiten.



Figuur 47 Bouwkast op frame

De contactdozen die op een bouwkast worden toegepast zijn overwegend van het type CEE-form. Deze contactdozen en contactstoppen zijn genormaliseerd door de Commission for Electrical Equipment:

- Het formaat; de grootte, is evenredig met de maximale stroom die de contactdoos of contactstop continue mag voeren. Deze stroomwaarde staat op de contactdoos vermeld. Waarden zijn: 16 A, 32 A, 63 A, 125 A en 200 A.
- De kleur geeft aan voor welke spanning de contactdoos of contactstop is bedoeld.
- Bij de bepaling van de minimale hoogte van de contactdozen dient rekening te worden gehouden met de door de fabrikant opgegeven minimale buigstraal van de kabel. Omdat verhuurbedrijven het toe te passen type kabel niet weten, wordt geadviseerd minimaal 30 cm¹ aan te houden.
- Het aantal pennen en de wijze waarop de pennen of bussen zich in de contactdoos of contactstop bevinden wordt vastgelegd met een opschrift:
 - 2P+E (enkel fase + PE), 3P+E (drie fase zonder N met PE), and 3P+N+E (drie fase met N met PE);
 - 6h betekent = zes uur. Het zogenaamde klokgetal van de contactdoos of contactstop.
- Iedere contactdoos op / aan de bouwkast dient beveiligd te worden tegen overstrom, kortsluiting en aardfoutstroom. Dit kan per contactdoos of een combinatie van meerdere contactdozen. Aanbevolen wordt om 5-polige contactdozen met een 4-polige (of 3-Polig + meegeschakelde Nul) installatieautomaat te beveiligen tegen overstrom en of kortsluiting.

Tabel 3

Spanningsrange	Kleurcode
20–25V	paars
40–50V	wit
100–130V	geel (4h)
200–250V	blauw (6h)
380–480V	rood (6h)
500–690V	zwart (7h)

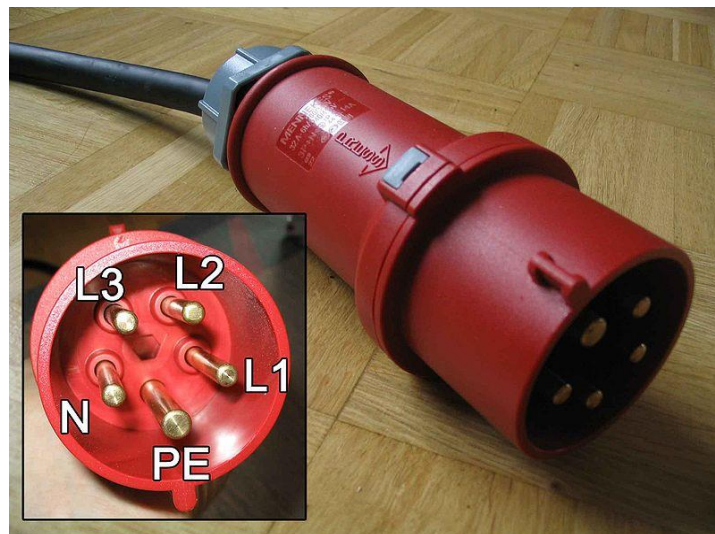


Figuur 48 Veiligheidstransformator: tweepolige witte CEE-form-stekker, wit betekent hier bijvoorbeeld 42 V_{AC}

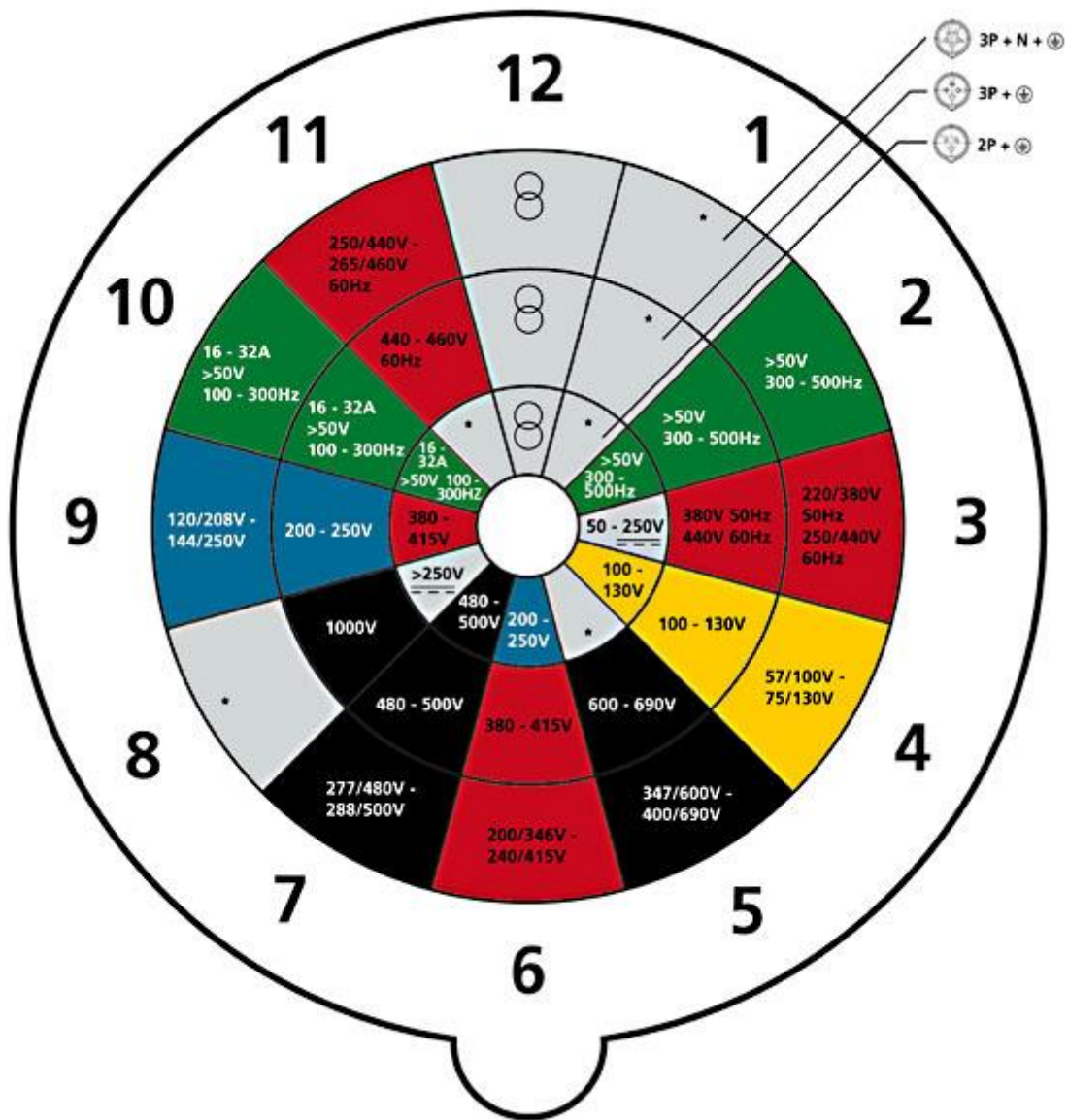
Een CEE-form contactstop van dezelfde kleur en hetzelfde formaat is verkrijgbaar in meerdere klokgetallen. Zie Figuur 50. Zo zijn rode 5-polige contactdozen 400 / 230 verkrijgbaar in klokgetal 3h en 6h.

Met het klokgetal wordt bedoeld de wijze waarop de pennen of bussen zich in de behuizing bevinden.

Als de kunststof lip van de stekker naar beneden is gericht zoals in Figuur 50, dan bevindt de pen / bus van het dikkere beschermingscontact (PE) zich op een bepaalde plaats. In dit geval ook aan de onderzijde. We spreken dan van een klokgetal van 6h (klok staat op 6 uur naar beneden). Andere klokgetallen zijn bijvoorbeeld 3h en 9h.

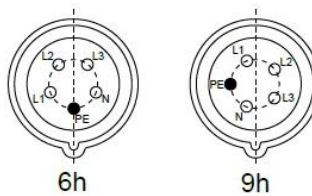


Figuur 49 Mogelijkheden van klokgetallen



* non standard
 ** non standard for 63A, 125A

Position of the earthing contact.
 View: frontside socket or connector



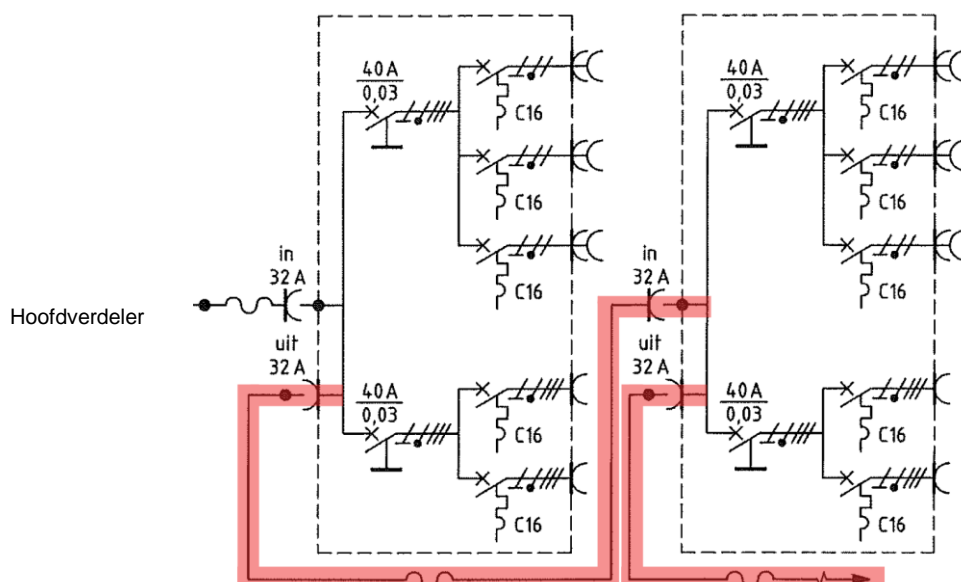
Figuur 50 Mogelijkheden van klokgetallen

Om te voorkomen dat installatie-componenten op een onveilige manier worden samengesteld tot een installatie kunnen CEE-form stekkers met afwijkende klokgetallen worden toegepast.

Voorbeeld: de installatie zoals deze is afgebeeld in Figuur 51 is aangesloten op een vaste installatie die niet is voorzien van een 30 mA aardlekbeveiliging. Stel de koppelcontactstop is van het normale type (6h) In de praktijk zou een ondeskundige hierop zo maar een bouwlift kunnen aansluiten; de stekker past immers en de lift werkt. Door de bouwlift echter zo aan te sluiten wordt deze beveiligd door de beveiliging in de vaste installatie, dus zonder aardlekbeveiliging. Deze manier van aansluiten is in strijd met de voorschriften en onveilig.

Het is een verplichting dat er maatregelen worden getroffen om te voorkomen dat een ondeskundige een toestel op de koppelcontactstop kan aansluiten. Een technische mogelijkheid daartoe biedt een CEE-form stekker met een afwijkend klokgetal. Wellicht zijn er ook andere mogelijkheden zoals andere type stekkers.

(Verplichting: zie paragraaf 4.6.)



Figuur 51 Opbouw van een installatie waarbij gebruik wordt gemaakt van doorluscontactstoppen (stekkers)

Contactdozen en contactstoppen die in de buitenlucht worden toegepast moeten een beschermingsgraad hebben tegen vocht van minimaal IP 44 (zie bijlage, paragraaf 12.7 voor uitleg). Er zijn voor bijzondere omstandigheden, zoals koppelcontactdozen die in de modder worden toegepast, ook contactstoppen met een verhoogde dichtheid. Zo zijn er ook typen, met een schroefbare deksel met een beschermingsgraad IP 67. NEN 1010 stelt welke beschermingsgraad moet worden toegepast in welke situatie. De bescherming is overigens alleen functioneel aanwezig als de contactdoos correct wordt geïnstalleerd en toegepast.



Figuur 52 Contactmateriaal met beschermingsgraad IP67 moet hier toegepast zijn

NEN 1010 bepaling 704.410.3 stelt eisen aan de installatie die van toepassing zijn op het gebruik van verdeelkasten.

4.5 Opstelplaats van een bouwkast als elektrotechnische ruimte

Een schakel- en verdeelinrichting moet zo zijn opgesteld dat hij tijdens werktijd makkelijk toegankelijk is. Onderhoudswerkzaamheden en bedieningswerkzaamheden moeten veilig kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast moet er altijd voldoende ruimte zijn om te kunnen vluchten in geval van een calamiteit.

Om veilig te kunnen werken staat in NEN 1010 een minimale vrije ruimte vermeld: van 0,7 m verticaal voor uitstekende delen met een minimale hoogte van twee meter.

Deze afstand is niet van toepassing op die zijde van de verdeelinrichting waar geen bedienings- of elektrotechnische werkzaamheden hoeven / kunnen worden verricht.

Voor vluchtwegen worden in een ander hoofdstuk van NEN 1010 ook afmetingen gegeven. Een breedte van de vluchtweg moet minimaal 0,5 m zijn voor uitstekende delen. Een uitstekend deel kan bijvoorbeeld zijn een bedieningshandgreep, een uitgetrokken lade of een geopende deur.

De breedte van vluchtwegen moet worden gemeten vanuit de verst uitstekende delen.

Hierbij mag rekening worden gehouden met de draairichting van deuren. De deuren die zijn bedoeld om te worden dicht gelopen, mogen elkaar hierbij niet kunnen blokkeren.

De vluchtweg moet zodanig zijn ingericht dat in noodgevallen snel in een rechte weg een veilig heenkomen kan worden gezocht.

Beide uiteinden van een vluchtweg moeten vrij zijn van obstakels.

Afhankelijk van de uitvoering van technisch materieel op een bouwplaats moet er dus tijdens werktijd steeds voldoende ruimte (minimaal 0,7 m voor uitstekende delen) zijn om veilig te kunnen werken en de vluchtweg moet voldoende ruim zijn (minimaal 0,5 m voor uitstekende delen) en vrij zijn van obstakels.



Figuur 53 Opstelplaats van aggregaten: ruimte om te bedienen en correcte vluchtwegen

Buiten werktijd ligt de situatie wat anders. Het komt voor dat onbevoegden zoals kinderen zich ernstig verwonden of zelfs dodelijk verongelukken op een bouwplaats doordat zij na werktijd spelen met bouwmachines.

Het is belangrijk dat de volledige elektriciteitsvoorziening na werktijd spanningsloos wordt gemaakt tenzij het bouwwerk wordt bewaakt en / of ontoegankelijk is.

Stel een bevoegd persoon aan die na werktijd in de hoofdverdeelinrichting alle afgaande elektrische installaties spanningsloos maakt.

Schakel- en verdeelinrichtingen voor het voeden van pompen, bouwketen, verlichting en dergelijke die moeten blijven functioneren buiten werktijd, kunnen wellicht op een aparte groep worden aangesloten.

Deze installaties moeten zodanig worden aangelegd en afgeschermd dat onbevoegden niet bij de technische installaties, de aansluitingen en de bedieningsknoppen kunnen komen.



Figuur 54 Afschermen kan met behulp van hekken, deze zorgen dat schakel- en verdeelinrichtingen afgesloten zijn

Gevaarsymbolen op elektrisch materieel

Alle elektrotechnische ruimten die door leken wellicht niet als zodanig zijn te herkennen, moeten zijn voorzien van een waarschuwingssymbool. Hiermee wordt gewaarschuwd tegen de gevaren verbonden aan elektriciteit.



Figuur 55 Gevaarsymbool elektriciteit

4.6 Beveiligingen in bouwkasten

NEN 1010 bep. 704 stelt eisen aan de manier waarop de installaties die met de contactdozen worden gevoed, worden beveiligd.

Opmerking

De volgende tekst is versimpeld. Er zijn alternatieve manieren van beveiligen maar deze worden in de praktijk niet of nauwelijks toegepast omdat ze omslachtiger zijn.

Alle stroomketens voor het voeden van contactdozen $I \leq 32$ A en stroomketens voor het voeden van elektrisch handgereedschap, moeten zijn beveiligd door een aardlekbeveiliging $\Delta I \leq 30$ mA.

Stroomkringen voor het voeden van contactstoppen > 32 A moeten worden beveiligd met een aardlekschakelaar $\Delta I \leq 300$ mA.

In de praktijk worden veel, met name oudere bouwkasten met 4-polige CEE-form contactdozen, deze omgebouwd naar 5-polige contactdozen. Advies is om de 3-polige installatieautomaten, welke voorheen de 4-polige contactdozen beveiligde tegen overstroom en kortsluiting, tevens te vervangen door 4-polige of 3-polige met afschakelbare nul (3p+n) installatieautomaten.

Uitzondering

Een contactstop ≤ 32 A die is bedoeld voor het voeden van andere bouwkasten (een zogenaamde doorluscontactdoos) hoeft niet met een aardlekbeveiliging van $\Delta I \leq 30$ mA te zijn uitgerust mits de contactdoos zodanig is geconstrueerd dat er ook daadwerkelijk geen toestellen op kunnen worden aangesloten. Een CEE-form stekker met een afwijkend klokgetal is daarvoor een oplossing.



Figuur 56 Bouwkast met een aansluitkast met een klemmenstrook aan de onderzijde

Bouwkasten kunnen ook met vast aangesloten kabels op een klemmenstrook onderling worden verbonden. Vaak gebeurt dit in een zogenaamd distributienet. Deze kabels hoeven en zijn in het algemeen niet beveiligd met een aardlekbeveiliging.



Figuur 57 Aansluitkast met een vaste aansluiting

4.7 Beveiligingscomponenten

Beveiligingscomponenten in een bouwkast worden soms als hinderlijk ervaren. Toch hebben ze een belangrijk doel; de gebruiker te beschermen tegen stroomdoorgang en brandwonden.

Daarnaast beschermen ze de installatie tegen brand. Stroom door geleiders veroorzaakt namelijk een warmteontwikkeling. Hoe groter de stroom, des te groter de warmteontwikkeling. Dit proces verloopt kwadratisch. Installaties worden ontworpen om een bepaalde stroom te voeren en mogen dan ook een bepaalde verhoogde temperatuur hebben. Echter als de stroom gedurende een bepaalde tijd te hoog is, of de omgevingstemperatuur is hoger dan normaal, dan kan het zijn dat de temperatuur van installatiecomponenten ontoelaatbaar hoog wordt. Hierdoor kan isolatiemateriaal smelten en kan brand ontstaan (zie hoofdstuk 2).

Elke elektrische installatie moet door beveiligingscomponenten worden beschermd tegen:

- overbelasting (te grote stroom door het aansluiten van te veel elektrische toestellen);
- kortsluiting tussen de fasen (draden raken elkaar waardoor een hele grote stroom gaat lopen);
- een aardfout (een draad raakt een geleidende omhulling waardoor er spanning op komt te staan en er direct elektrocutiegevaar voor de gebruiker ontstaat).

Beveiligingscomponenten die kunnen worden toegepast in bouwkasten zijn:

- smeltpatronen;
- installatieautomaten;
- aardlekschakelaars;
- aardlekautomaten;
- isolatiebewakingstoestellen.

Achtereenvolgens worden deze toegelicht.

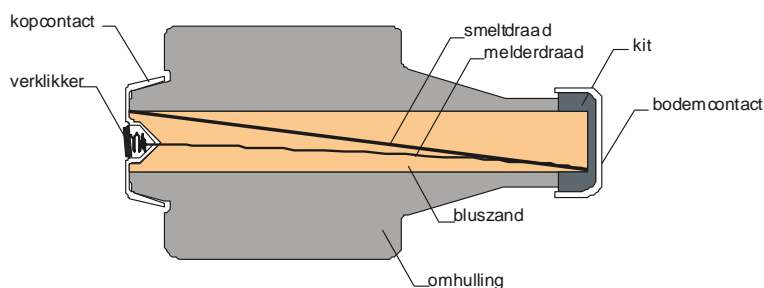
4.7.1 Smeltpatronen

Smeltpatronen worden ook wel zekeringen of stoppen in de volksmond genoemd. Er zijn diverse typen zoals hieronder afgebeeld.

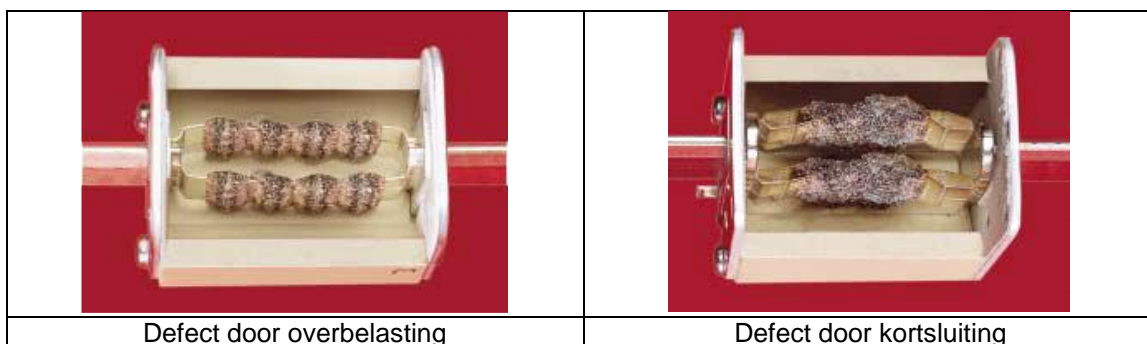


Figuur 58 Smeltpatronen

Het principe van elke smeltpatroon is hetzelfde. Een patroon bevat een dun smeltdraadje of geperforeerd smeltstripje, dat de zwakke schakel in een stroomketen vormt. Als hierdoor te lang een te grote stroom loopt, dan smelt dat door. De stroomkring wordt dan onderbroken waardoor er geen spanning meer op het systeem staat.



Figuur 59 Doorsnede van een D-patroon



Figuur 60 Een mespatroon met daarin vier smeltstripjes

In een mes- en D-patroon bevindt zich een tweede dunner draadje dat is verbonden met een meldertje. Dit meldertje komt los of veert omhoog als het melderdraadje ook

doorsmelt. Als het meldertje is losgekomen, kan worden geconcludeerd dat de patroon defect is.

Het vervangen van patronen mag uitsluitend gebeuren door medewerkers die daartoe zijn bevoegd en schriftelijk daartoe zijn aangewezen volgens NEN 3140 (zie hoofdstuk 8). Vaak is brand in een verdeelinrichting met smeltpatronen te wijten aan een ondeskundige vervanging in een eerder stadium.

4.7.2 Installatieautomaten

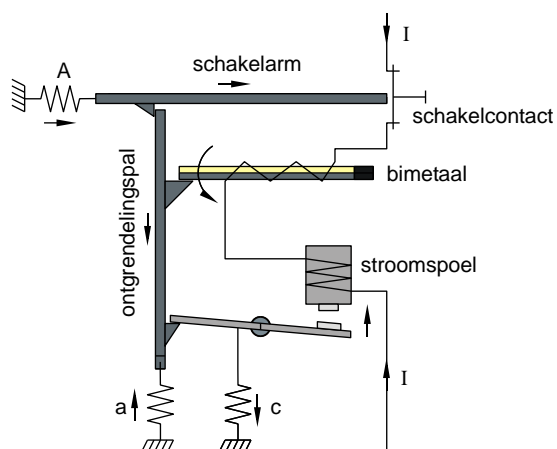
Een installatieautomaat wordt soms ook wel eens, foutief, een automatische zekering genoemd, maar is wezenlijk een andere beveiliging.



Figuur 61 Installatieautomaat

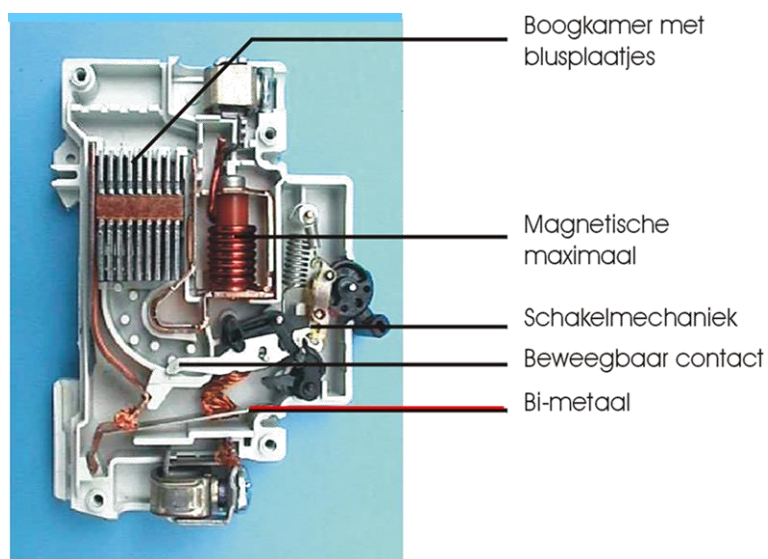
In een installatieautomaat bevinden zich twee beveiligingen:

1. Een bimetaal dat krom trekt en het schakelcontact bedient bij een overbelasting.



Figuur 62 Schema installatieautomaat

2. Een stroomspoel die, wanneer er stroom doorloopt zich als een elektromagneet gedraagt. Hoe groter de stroom en het aantal windingen van de spoel, des te krachtiger deze magneet. Bij een plotselinge grote stroom, zoals bij een kortsluiting of aardsluiting, zal de spoel de hefboom bedienen waardoor het schakelcontact direct wordt verbroken.

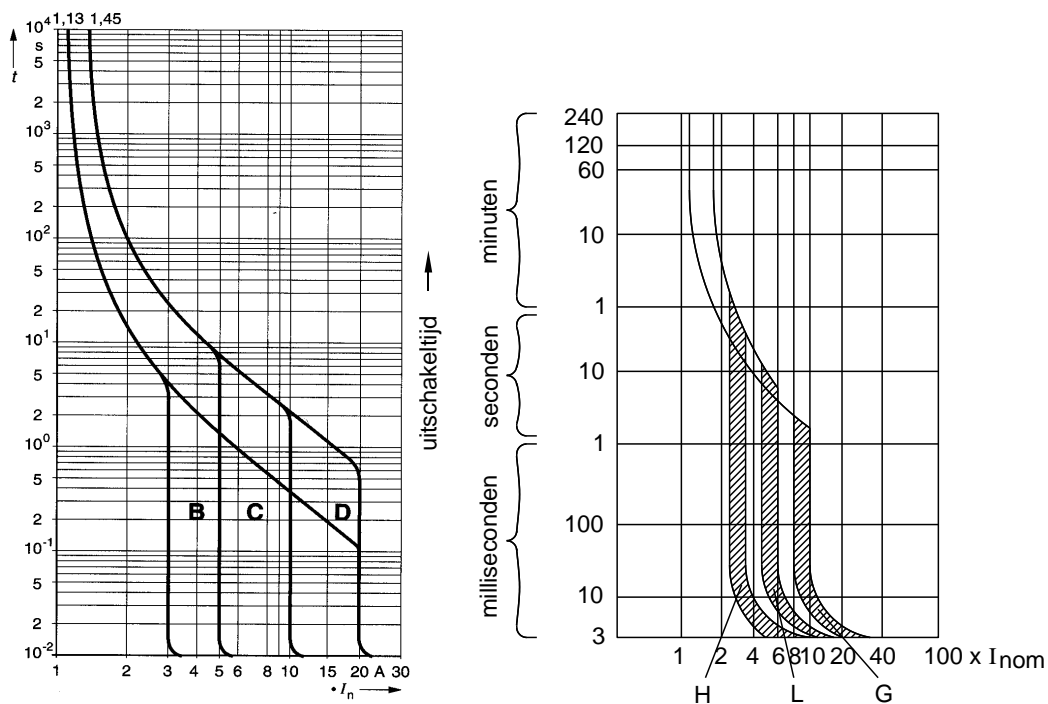


Figuur 63 Het inwendige van een installatieautomaat

Op een installatieautomaat staat de waarde van de nominale stroom vermeld en een letter.

- De nominale stroom (I_n) is de stroom die door de beveiliging kan lopen zonder dat deze afschakelt. Is de stroom gedurende een bepaalde tijd (fors) groter, dan pas reageert een beveiliging. Het gedrag is af te lezen in een zogenaamde uitschakelkarakteristiek. Zo valt uit onderstaande karakteristiek af te lezen dat bij een tijd van 10^4 seconden (circa 2,7 uur) de installatieautomaat door het krom trekken van het bi-metaal afvalt bij een stroom die ligt tussen 1,13 en 1,45 keer de waarde die op de automaat staat vermeld (bijvoorbeeld bij een 16 A installatieautomaat (18,1 - 23 A)). Bij een grotere stroom zal de automaat sneller afschakelen. Komt de stroom bijvoorbeeld een fractie van een seconde boven de 3 keer de nominale stroom waarde ($3 \times 16 \text{ A} = 48 \text{ A}$) dan kan een automaat al zeer snel afschakelen. Dit hangt af van het type.
- De letter op een installatieautomaat geeft het type aan: B, C, D. Op oude automaten worden de letters L, H en G toegepast. De letter geeft aan de hoogte van de stroom die er door kan lopen, zonder dat de automaat afschakelt. Een B-automaat zal afschakelen als de waarde boven de 3 tot $5 \times I_n$ komt. Boven de $5 \times I_n$ zal het type B-installatieautomaat zeker direct uitschakelen. Voor een C-automaat ligt de waarde op $5 - 10 \times I_n$, een D-automaat $10 - 20 \times I_n$. Er worden steeds twee waarden genoemd waartussen de automaat moet reageren. Niet elke (merk) installatieautomaat van hetzelfde type reageert dus exact hetzelfde. Er zit dus een forse spreiding in het afschakelgedrag.

De uitschakelkarakteristieken van installatieautomaten zijn afgebeeld in Figuur 64.



Figuur 64 Uitschakelkarakteristiek van B-, C- en D-automaten en H-, L-, en G-automaten

Waarom nu de verschillende typen automaten ?

De optimale beveiliging, is de meest kritische beveiliging: Het type B installatieautomaat. Deze beveiliging wordt met name toegepast in schakel- en verdeelinrichtingen in woningen. Als bij bouwactiviteiten elektrische toestellen op de installatie in de woning worden aangesloten vindt er regelmatig onbedoelde uitschakeling plaats.

Dit heeft de volgende oorzaak:

apparaten met daarin een motor of een transformator, zoals een zware slijptol, een zaagmachine en dergelijke nemen bij het inschakelen kortstondig een hoge stroom op. Deze stroom komt (ruim) boven de $3 - 5 \times I_n$.

Een B-automaat is daarom ongeschikt voor het beveiligen van een installatie waarop deze toestellen worden aangesloten omdat bij het inschakelen de automaat spontaan uitschakelt, zonder dat sprake is van een defect.

In de praktijk worden daarom in bouwkasten type C-automaten toegepast.

D-automaten zijn nog minder kritisch en worden toegepast in industriële situaties.

De genoemde stroomwaarden zijn van toepassing bij een omgevingstemperatuur van 30°C. In een bouwkast in de zon kan de temperatuur flink oplopen. Een beveiliging kan dan bij een lagere stroom aanspreken. In Tabel 4 is de relatie weergegeven tussen de nominale beveiligingsstroom en de omgevingstemperatuur.

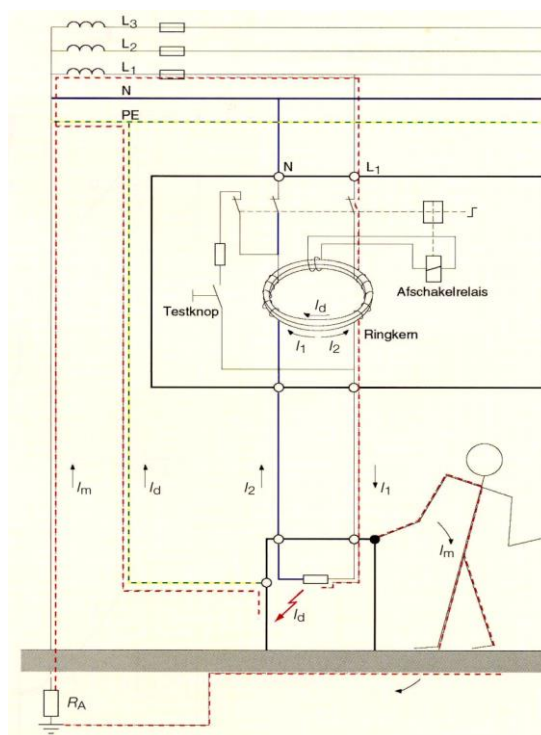
Tabel 4 Relatie tussen de omgevingstemperatuur en de beveiligingsstroom

I_n / T	30	35	40	45	50	55	60
16	16	15	14	13	12	11	10
25	25	23,5	22	20,5	19	17,5	16
32	32	30	28	26	24	22	20
63	63	59	55	51	48	44	40

4.7.3 Aardlekschakelaars

Een aardlekschakelaar is een verschilstroomschakelaar, om die reden ook wel een differentieelschakelaar genoemd. Het principe van een aardlekschakelaar berust op het vergelijken van de heen- en retourstroom in de fase(n)- en de nuldraad. Twee veel voorkomende typen zijn aardlekschakelaars die reageren bij een verschilstroom (ΔI) van 0,03 A (30 mA) of ΔI 0,3 A (300 mA).

Een aardlekschakelaar is een beveiliging die de fase(n) en nulgeleider onderbreekt als er bij een aangesloten toestel of in de installatie een verschilstroom ontstaat doordat er te veel stroom “weglekt” naar aarde. Dit kan doordat er in een apparaat een aardfout optreedt, zie Figuur 65, of doordat er daadwerkelijk te veel apparaten achter de aardlekschakelaar zijn aangesloten waar de optelsom van lekstromen te groot is. Ook apparaten die nat zijn geworden of installaties waar planten in zijn gegroeid of ongedierte is ingekropen kunnen door het toenemen van de lekstromen een aardlekschakelaar laten afvallen.



Figuur 65 Principewerking van een aardlekbeveiliging

Toelichting

In een normale situatie loopt er door de fase draad en de nuldraad een stroom van dezelfde waarde. In de ringkern wordt dan door beide stromen een magnetisch veld opgewekt dat precies even sterk is. De beide spoelen in de N en L1 zijn zodanig gewikkeld om de kern dat de velden elkaar precies opheffen.

Als er in een toestel, zoals een lasapparaat, een aardsluiting optreedt, een onbedoelde verbinding tussen de draden en de geaarde metalen omhulling, of als een persoon de fase draad aanraakt en er stroom naar aarde vloeit, dan loopt er door de fasespoel een grotere stroom dan door de nulspoel. De magnetische velden heffen elkaar nu niet meer op. Een wisselend magnetisch veld in de spoel aan de bovenzijde wekt een spanning op in dit spoeltje. Deze spanning activeert het afschakelrelais waardoor de contacten in de voedingsdraden open gaan.

Oftewel een aardlekschakelaar reageert als er een stroomverschil ontstaat in de installatie dat een bepaalde waarde overstijgt.

In tegenstelling tot een 30 mA aardlekschakelaar reageert een 300 mA aardlekschakelaar niet als een persoon in aanraking komt met een zogenaamd spanning voerend deel zoals een fase draad. De stroom is namelijk in zo'n situatie bijvoorbeeld 60 mA, te weinig om een 300 mA aardlekschakelaar te activeren.

Een aardlekschakelaar is herkenbaar aan de testknop en het opschrift ΔI 0,03 A of ΔI 0,3 A.



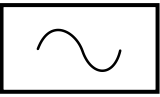
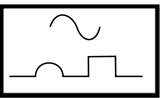
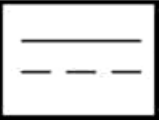
Figuur 66 Een aardlekschakelaar is herkenbaar aan de testknop (T) en het opschrift ΔI 0,03 A of ΔI 0,3 A

Volgens een aantal fabrikanten moet een aardlekschakelaar 1x per 6 maanden handmatig worden getest door op de knop "TEST" te drukken. Het advies is 1x per maand de aardlekschakelaar handmatig te testen. In het schema afgebeeld in Figuur 65, is te zien dat er door het indrukken van de testknop een verschilstroom gaat lopen. Bij het indrukken moet de aardlekschakelaar dus activeren waarbij de pal omlaag gaat. Door de pal weer omhoog te drukken wordt opnieuw ingeschakeld.

Niet alle aardlekschakelaars werken hetzelfde en hebben dezelfde toepassing.

4.7.4 Coderingen stroomsoort op aardlekschakelaars

Tabel 5

Type	Symbool op ALS	Opmerking
AC		Oud type aardlekbeveiliging. Reageert alleen op sinusvormige stromen. Ongeschikt voor bouwkasten. Voldoet niet aan de huidige regelgeving.
A		Moderne veel gebruikte aardlekbeveiliging. Reageert zowel op sinusvormige stromen als op pulserende wisselstromen.
B		Goede maar duurdere beveiliging. Beveiligt tegen alle wissel- en gelijkstromen. Toepassen bijvoorbeeld bij statische omvormers en wanneer frequentieregelaars, elektronica en dergelijke moeten worden beveiligd.



Figuur 67 Aardlekschakelaar Type A

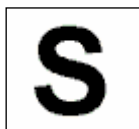
Een 30 mA aardlekschakelaar is ook een persoonsbeveiliging en verplicht in tijdelijke installaties waar personen elektrisch handgereedschap aansluiten.

Ook wanneer een medewerker een arbeidsmiddel aansluit op een vaste installatie, bijvoorbeeld bij een verbouwing in een bestaand object. De verdeelinrichting in een bestaande installaties is vaak niet voorzien van aardlekbeveiligingen. In een dergelijke situatie moet een losse aardlekschakelaar van 30 mA ($\Delta I = 0,03 \text{ A}$) tussen de wandcontactdoos en het arbeidsmiddel worden toegepast.



Figuur 68 Losse 30 mA aardlekschakelaar

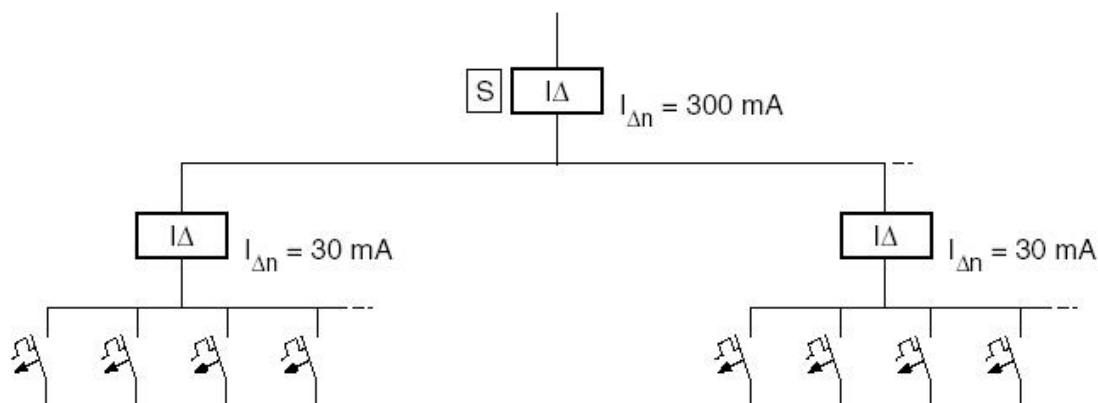
Als op een bouwlocatie zowel in een “hoofd”-bouwkast als een “sub”-bouwkast een aardlekschakelaar wordt toegepast, wat vaak gebeurt, dan moet ongeacht de waarde van 30 of 300 mA, de hoofdaardlekschakelaar een zogenaamd selectief type zijn. Een selectieve aardlekschakelaar is een tijdvertraagde aardlekschakelaar; herkenbaar aan de opdruk “S”.



Figuur 69 Het symbool op een selectieve aardlekschakelaar

Als beide aardlekbeveiligingen van het “normale” type zouden zijn, dan volgt praktisch het risico dat de hoofdaardlekbeveiliging aanspreekt terwijl de subbeveiliging aan had moeten spreken. Dit betekent dat een groot gedeelte van het bouwlocatie wellicht onnodig spanningsloos wordt.

Praktisch is het dus dringend aan te bevelen, maar niet verplicht om een installatie uit te voeren volgens onderstaand ‘voorbeeld’ schema:



Figuur 70 Aardlekschakelaars in serie

Periodiek moet door een meting worden vastgesteld of een aardlekschakelaar (nog) snel genoeg reageert en bij een juiste stroomwaarde. Dit wordt behandeld in hoofdstuk 9.



Figuur 71 Meting als controle op de vraag of de aardlekschakelaar nog snel genoeg reageert bij de juiste stroomwaarde

4.8 Aardlekautomaten

Een aardlekautomaat is een combinatie van een aardlekschakelaar en een installatieautomaat. Een aardlekautomaat is te onderscheiden van een aardlekschakelaar doordat er zowel de symbolen van de aardlekschakelaar op staan (ΔI 0,03 A of ΔI 0,3 A en het type symbool) en de symbolen van een installatieautomaat bijvoorbeeld C16, C32 enz. Zie Figuur 72.



Figuur 72 Een 4-polige aardlekautomaat

Type A symbool aardlekbeveiliging

6000 = kortsluitvastheid tot 6000 A

3 = klasse 3 (range van 0,5 - 32 A)

U_n = nominale spanning (400 V)

I_n = nominale stroom, beveiligingsstroom 16 A (bij 30°)

ΔI_n = nominale verschilstroom.

0,03 A = 30 mA

C16 = C-karakteristiek 16 A

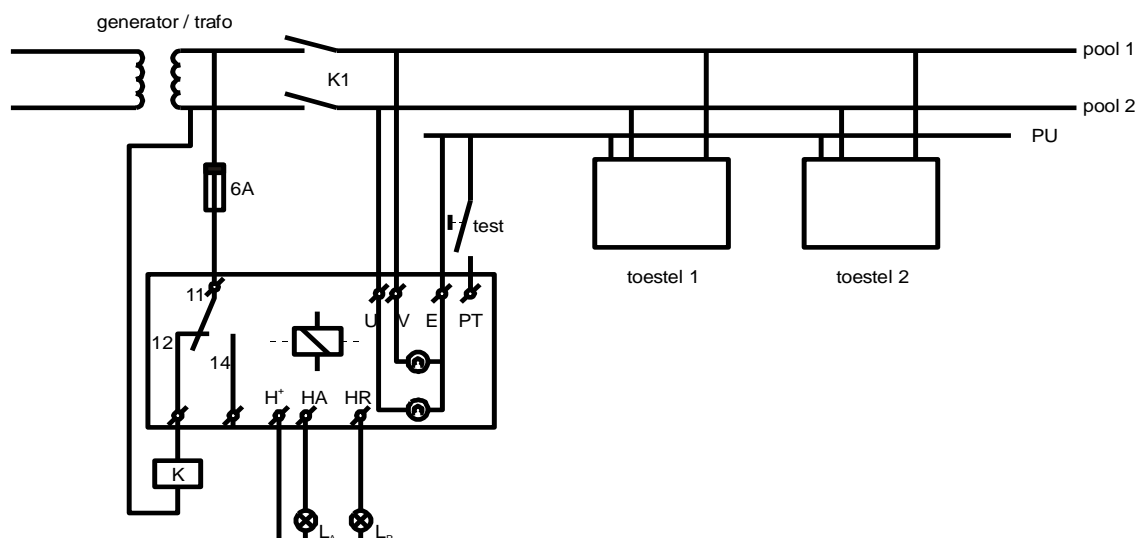
4.9 Isolatiebewakingstoestellen

In mobiele aggregaten en statische omvormers wordt soms gebruik gemaakt van een isolatiebewakingstoestel. Dit is overigens alleen toegestaan te gebruiken als ter plaatse geen aardsysteem is te maken of wanneer de opstelling kortdurend is.

Een isolatiebewakingstoestel is een beveiligingscomponent dat continue meet of er een voldoende hoge weerstand tussen de actieve geleiders (de fasen en nul) en de beschermingsleiding (PU) aanwezig is.

De PU leiding is de geel-groene geleider, de "aarddraad" die in deze situatie bij de bron niet met de aarde is verbonden. (Protective conductor unearthed.)

In Figuur 73 is het aansluitschema met daarin opgenomen een isolatiebewaking afgebeeld.



Figuur 73 Schema principewerking isolatiebewaking

Beschrijving van de principewerking.

Continue meet de interne elektronica in het isolatiebewakingstoestel de weerstand tussen de pool 1 - PU en pool 2 - PU. Als de weerstand beneden een vooraf ingestelde waarde komt, bijvoorbeeld 20 k Ω , dan wordt het interne relais K1 bediend waardoor het totale systeem spanningsloos wordt.

Als een isolatiebewaking wordt toegepast dan moet aan de volgende eisen worden voldaan:

- Het isolatiebewakingstoestel moet de voeding van het te bewaken net in alle geleiders automatisch uitschakelen bij de eerste fout als de isolatieweerstand van dit net kleiner wordt dan een van te voren ingestelde waarde.
- De instelling van de isolatiebewaker moet met speciaal gereedschap en / of beveiligd door een code gemaakt kunnen worden door een deskundig persoon. Een ondeskundig persoon mag de instellingen dus niet kunnen veranderen.
- Voordat de installatie ter beschikking wordt gesteld aan gebruikers moet het isolatiebewakingstoestel worden getest op goed functioneren. Dit gebeurt soms automatisch.

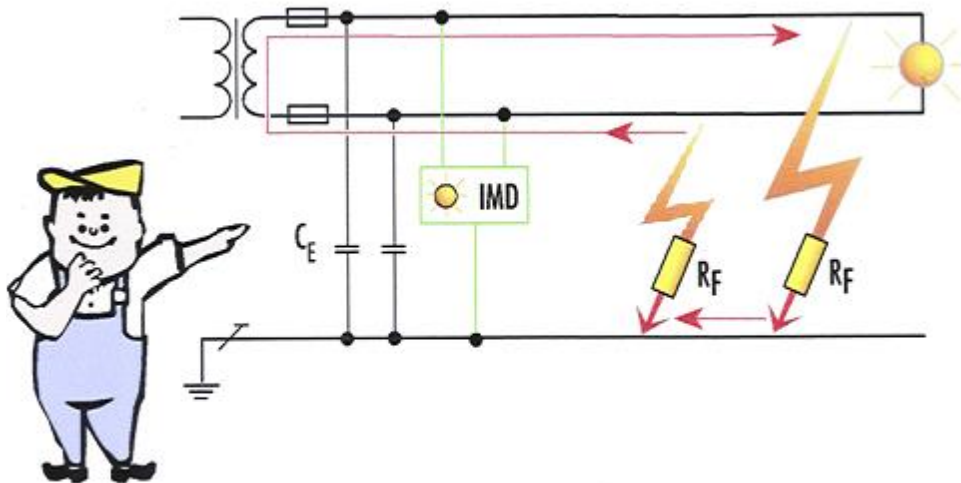
In het gebruik heeft een isolatiebewaking nadelen.

- Aardlekschakelaars in de bouwkasten functioneren niet als gekozen is voor een zwevend net zoals bij het toepassen van isolatiebewaking.
- Als een isolatiebewakingstoestel reageert dan wordt de volledige installatie spanningsloos ! Een isolatiebewakingstoestel bevindt zich immers in de hoofdverdelers in of nabij het aggregaat. Alle achterliggende toestellen zijn dan spanningsloos en functioneren niet.
- Bij een omvangrijke installatie zoals op een bouwplaats kan een weerstandverlaging in een van de aangesloten toestellen bijvoorbeeld door vocht de isolatiebewaking laten aanspreken.
- Een omvangrijke installatie met kabels en aangesloten apparatuur vormt een zogenaamde capaciteit; een werking vergelijkbaar met condensatoren. Een capaciteit laat lekstromen lopen die het isolatiebewakingstoestel laten aanspreken als deze te groot worden. Dit hangt af van het soort isolatiebewakingstoestel (zie Figuur 74).
- Een eenvoudige isolatiewachter beveiligd niet correct als in de installatie gelijkstromen gaan lopen. Dit gebeurt als er bijvoorbeeld in de installatie inverters of frequentieregelaars voor de aansturing van geregelde motoren worden toegepast.



Figuur 74 Frequentieregelaar wordt toegepast bij het voeden van elektromotoren waar een regelbaar toerental gewenst is

Niet alle isolatiebewakingstoestellen werken op dezelfde manier. Er zijn relevante verschillen tussen de (vaak goedkopere) typen die werken met een vast DC-detectiesysteem en spontaan kunnen uitschakelen en andere intelligente systemen die betrouwbaarder werken.



Figuur 75 Capacitieve koppeling

Tussen de geleiders onderling in een kabel, zoals de fasedraden en de beschermingsleiding bevindt zich een zogenaamde capacatieve koppeling (zie Figuur 75). De capaciteit neemt toe met de omvang van de installatie ofwel de lengte van de kabels. Hoe groter deze capaciteit des te groter zijn de lekstromen die er door de beschermingsleiding lopen. Boven een bepaalde waarde zal de isolatiebewaking aanspreken. Vele eenvoudige isolatiebewakingstoestellen reageren hierop door uit te schakelen. Intelligente isolatiebewakingstoestellen kunnen een verhoogde capaciteit onderscheiden van een lekstroom door een fout.

Ditzelfde probleem doet zich overigens ook voor met aardlekschakelaars. Ook achter een aardlekschakelaar kan alleen een installatie met een beperkte omvang worden aangesloten. Dit geldt met name voor de installatie achter een 30 mA aardlekschakelaar.



Figuur 76 Isolatiebewaking Bender met een AMP-meetmethode, d.w.z. ongevoelig voor DC-stromen en capacatieve lekstromen

Binnen de bouwsector zijn er vaak negatieve ervaringen met isolatiebewakingstoestellen. Deze zijn vaak gebaseerd op de eenvoudigere oude typen isolatiebewakingstoestellen.

Als een aggregaat niet wordt geaard (wat wel de voorkeur heeft) en er wordt als alternatief ook geen isolatiebewakingstoestel ingeschakeld, dan schakelt de installatie niet af bij een aardfout. Een dergelijke installatie voldoet niet aan de regelgeving en is onveilig in het gebruik.

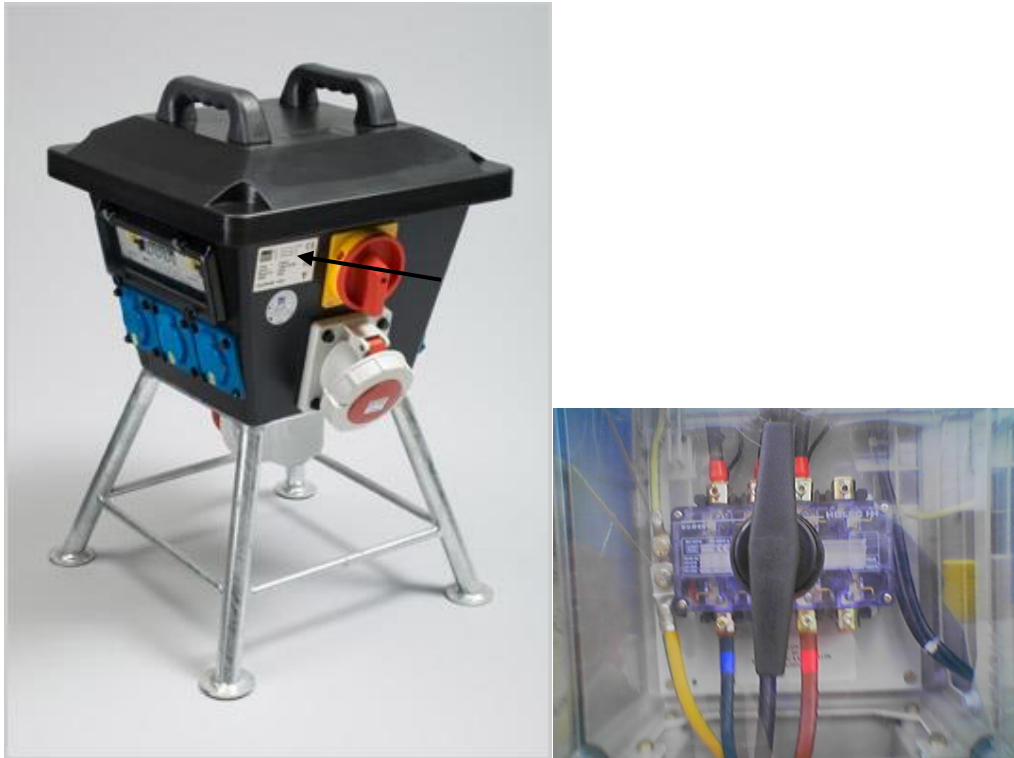
4.10 Scheidingsmogelijkheden op een bouwkast

Elke bouwkast moet zijn uitgerust met een zogenaamde lastscheider. Dit is een hoofdschakelaar waarmee de installatie in de bouwkast en de installaties die door de bouwkast worden gevoed spanningsloos kunnen worden gemaakt. Een uitzondering hierop vormen de zogenaamde tweegeleidergroepen; de 230 V zwerfkastjes. Hierbij kan de stekker worden beschouwd als een mogelijkheid tot scheiding. Deze

scheidingsmogelijk is noodzakelijk om eventuele werkzaamheden aan de installatie veilig uit te voeren. In het hoofdstuk werkprocedures NEN 3140 wordt dit beschreven.

Een bouwkast moet zodanig zijn geplaatst dat deze hoofdschakelaar tijdens werktijd goed bereikbaar is. Daarnaast moet hij in de uit stand vergrendelbaar zijn, bijvoorbeeld door een slot.

Een tijdelijke installatie moet buiten werktijd en met name wanneer een bouwterrein niet is beveiligd, worden uitgeschakeld.



Figuur 77 Bouwkast met daarop de hoofdschakelaar (zie zwarte pijl)

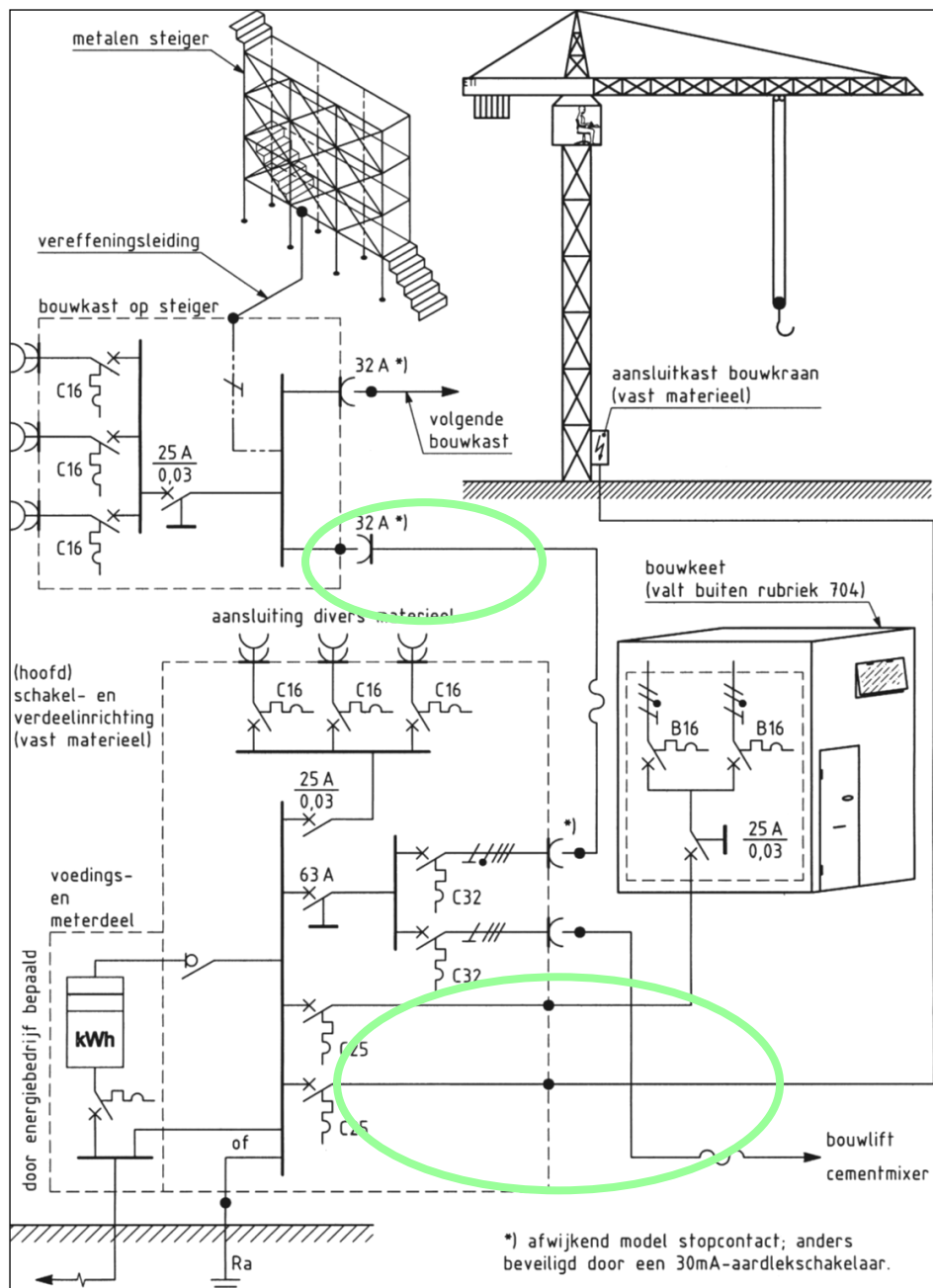
Op bijlage, paragraaf 12.8 zijn de elektrische schema's weergegeven van een bouwkast 125 A, 63 A en 32 A.

Bij vast opgesteld elektrisch materieel, bijvoorbeeld een hoofdbouwkast maar dit kan ook een bouwkraankast zijn, geldt daarnaast de verplichting dat in de verdeler moet worden aangegeven van waaruit (welke bouwkast) de verdeelinrichting wordt gevoed.

5. Kabels

5.1 Inleiding

Onder een kabel verstaat NEN 1010 naast de (meestal) grijze kabelgeleiders met massieve kernen, bedoeld voor een vaste aanleg, ook de soepele leidingen die bedoeld zijn voor tijdelijke installaties. Kabels vormen de schakel tussen de bouwkasten onderling en de bouwkasten en elektrische toestellen. In dit hoofdstuk worden de eisen aan kabels op een bouwplaats nader beschreven.



Figuur 78 Overzicht gehele installatie op een bouwplaats

5.2 Kabels als verplaatsbare leiding

Voor installaties van tijdelijke aard en beperkte omvang worden voornamelijk kabels in de vorm van buigzame leidingen toegepast. Omdat op een bouwplaats sprake is van bijzondere uitwendige invloeden zijn niet alle kabels toegestaan zoals de vinylsnoeren die in de hobby-thuis-sfeer worden gebruikt (herkenbaar aan de vaak zwarte of witte, glanzende mantel).



Figuur 79 Niet goed genoeg voor de bouwplaats

Wel zijn volgens NEN 1010 de volgende buigzame kabels toegestaan en kabels die hiermee vergelijkbaar zijn:

- zware rubbermantelleidingen: code's: H07RN-F (RMcLz, RMcLzz), H07BN4-F (BMhLz), H07BB-F (BMbLz)]; EPR-ader (zwarte) polyurethaan mantelleiding code's: [H07BQ-F (BMqLz)];
- als hulpstroomleidingen: H07RN-F (RMcLz), H07BN4-F (BMhLz), H07ZZ-F (ZMzLzmbzh).

De codering op een kabel kan divers zijn. Zo bestaat er een geharmoniseerde mondiale kabelcodering (IEC), een Europese kabelcodering door de Cenelec (CLC), een Nederlandse kabelcodering (NEN) en een merkcodering, bijvoorbeeld een fabrikantcodering zoals bijvoorbeeld van Draka die in Nederland veelvuldig wordt toegepast.

In bijlage, paragraaf 12.9 zijn de kabelspecificaties van de meest gebruikte typen kabel op een bouwplaats afgebeeld. Op de website van de verschillende kabelfabrikanten zijn uitgebreide datasheets van alle voorkomende type kabels beschikbaar.

Belangrijke kenmerkende verschillen op basis waarvan een kabel kan worden gekozen zijn:

- de mate van mechanische bescherming;
- de omgevingstemperatuur waarbij de kabel mag worden gebruikt en worden aangelegd;
- de bescherming tegen verblijf in water;
- de bescherming tegen zonlicht en oliën;
- de beschikbaarheid in doorsnede.

Enkele kabels die als verplaatsbare leiding worden toegepast zijn in Figuur 80 weergegeven.



CLC: H05BQ-F
 NEN: BMqL 300 / 500 V
 Draka: QWPK



NEN: RMcLz 450 / 750 V (= 6 mm²)
 CLC: H07RN-F
 IEC: 60245 IEC 66
 Draka: NWPk special

Figuur 80 Voorbeelden van kabels die zijn toegestaan op een bouwlocatie

5.3 Vast aangelegde kabels

Bij omvangrijke installaties kunnen bijvoorbeeld tussen bouwkasten onderling of naar een verdeler op een machines ook vaste leidingen worden toegepast. De kabel heeft in het algemeen stugge massieve kernen in plaats van de soepele litzedraad bij verplaatsbare leidingen. Ook kenmerkend hieraan is dat de kabel niet met een stekker wordt aangesloten maar (met meestal een schroefverbinding) op een klemmenstrook in de bouwkast. De montage van de kabel moet zodanig zijn, dat er geen krachten op de elektrische verbindingen in de aansluitklemmen ontstaan.

Kabels aangesloten op een klemmenstrook mogen niet worden gebruikt om direct een toestel te voeden. Het is ook niet toegestaan om een kabel op een klemmenstrook aan te sluiten waarbij op de andere zijde een contactdoos wordt aangesloten om een toestel op aan te sluiten.

Als vaste leidingen mogen de volgende kabels worden toegepast:

- kabels en hulpstroomkabels: XMvK, YMvK, YMvKmb, VO-YMvKas, VO-YMvKasmb, VG-YMvKas, VG-YMvKasmb, GPLK, V-GPLK;
- halogeenvrije moeilijk brandbare kabels: YMz1Kmbzh, Z1O-YMz1Kasmbzh, Z1G-YMz1Kasmbzh;
- EMC-afgeschermdde kabels: YMvKafas, YMvKafasmb, YMz1Kafasmbzh, V-YMvKafas, V-YMvKafasmb, VS-YMvKafas, VS-YMvKafasmb, Z1-YMz1Kafasmbzh;
- zware rubbermantelleidingen: H07RN-F (RMcLz, RMcLzz), H07BN4-F (BMhLz), H07BB-F (BMbLz);
- EPR-ader (zware) polyurethaan mantelleiding: H07BQ-F (BMqLz);
- halogeenvrije moeilijk brandbare leidingen: H07ZZ-F (ZMzLzmbzh);
- met bovengenoemde soorten onder de voorhanden omstandigheden gelijk te stellen leidingen.

Bij tijdelijke installaties op bouwterreinen worden de vaste leidingen in en op de grond vaak meerdere keren hergebruikt. Omdat het leggen, oprollen en weer hergebruiken specifieke eisen stelt aan de eigenschappen van een kabel en om de kans op schade aan deze leidingen te beperken laat NEN 1010 bepaling 704.521.8.1. ook andere dan de eerder genoemde leidingen toe om te gebruiken voor deze situatie. Voorbeelden van dergelijke kabels, die niet in NEN 1010 zijn vermeld maar wel als tijdelijke grondkabel kunnen worden gebruikt zijn bijvoorbeeld NYCWY en NYCY, ook wel Duitse grondkabel genoemd.



Figuur 81 NYCWY kabel

Specificaties:

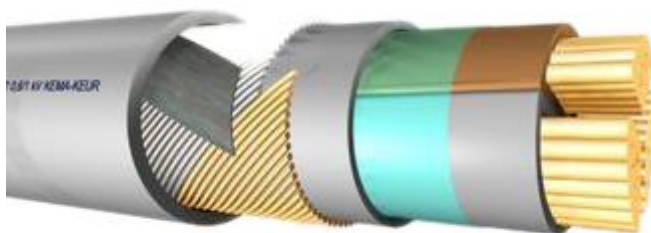
- T gebruik -40°C - 70°C (kortstondig 150°C).
PVC aderisolatie en PVC mantel.
- NYCY ($1,5 - 6 \text{ mm}^2$): opgevuld tot een rond geheel.
Armering: rond koperdraad over de binnenmantel gewikkeld met een tegenspiraal van koperband.
- NYCWY ($10 - 240 \text{ mm}^2$): samengeslagen opgevuld tot een rond geheel.
Armering: rond koperdraad in golvende vorm over de binnenmantel gewikkeld met een tegenspiraal van koperband.

Let op: Installatietemperatuur minimaal -5°C .

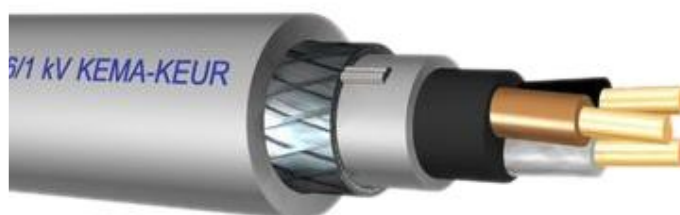
5.4 Waarom een gearmeerde kabel ?

In principe behoren grondkabels mechanisch beschermd te zijn bijvoorbeeld met een stalen / koperen aardscherm. Als een geleidend voorwerp de kabel raakt en insnijdt, zoals bijvoorbeeld een schep van een graafmachine, dan zal er een kortsluiting ontstaan tussen het scherm en de onderliggende ader(s). Hierdoor zal zeer snel een beveiliging aanspreken.

Bij een niet gearmeerde kabel zou het kunnen dat alleen één fasedraad wordt geraakt waardoor er een gevaarlijke spanning op de schep zou kunnen komen te staan en alle geleidende voorwerpen die daarmee in verbinding staan zoals de graafmachine zelf.



Figuur 82 VG-YMvkas-mb (Vulta)
kabel met mechanische armering voor algemene toepassing (vanaf 10 mm²)



Figuur 83 VO-YMvKas-mb (Vulto)
kabel met mechanische armering voor algemene toepassingen (t / m 10 mm²)



Figuur 84 YMvK mb
niet-gearmeerde kabel voor algemene toepassingen

Op bouwlocaties mogen ook niet-gearmeerde kabels, zonder aanvullende mechanische bescherming direct in de grond worden toegepast als aan alle volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De kabels zijn gelegd op een sleufdiepte van ten minste 0,5 m.
- De kabels zijn in afzonderlijke bouwtracés gelegd die duidelijk en blijvend zijn gemarkeerd bijvoorbeeld door piketpaaltjes verbonden met een rood / wit waarschuwingsslint boven de grond.
- Andere kabels en leidingen zoals telecommunicatiekabels, gasleidingen en waterleidingen mogen niet in naaste omgeving van deze voedingskabels zijn gelegd.
- Van de ligging van de kabeltracés moeten duidelijke en betrouwbare tekeningen op de bouwplaats aanwezig zijn.
- Graafwerkzaamheden mogen slechts worden uitgevoerd na schriftelijke toestemming van het bedrijf (de aannemer) en onder voortdurend toezicht van een door het bedrijf aangewezen persoon.



Figuur 85 Kabeltraject

5.5 Doorsnede van de aders in een kabel

Kabels zijn bedoeld om elektrische toestellen te voorzien van elektrische energie. Door de geleiders loopt bij afname van vermogen een elektrische stroom. Hoe groter de stroom, des te groter de warmteontwikkeling in een geleider waardoor de temperatuur zal stijgen. Nu is dat op zich voor een koperen of aluminium geleider geen probleem. Het is echter wel een probleem voor de kunststof aderisolatie en de mantel van de kabel. Boven een bepaalde temperatuur, afhankelijk van het type kabel, wordt de kunststof namelijk week waardoor de kabel verzwakt. Een kabelfabrikant geeft daarom bij elk type kabel de maximale temperatuur op. Voor kabels op een bouwlocatie varieert de maximale temperatuur van 60°C (voor gevulkaniseerd rubber) tot 90°C voor etheenpropeen rubber (EPR). Hoe hoger de temperatuur mag worden, des te groter de stroom die door de geleider mag lopen. NEN 1010 bepaalt de maximale stroom door een kabel op basis van de aderisolatie.

Andere factoren die invloed hebben op het afstaan van warmte aan de omgeving zijn de buitentemperatuur en het aantal aders in een kabel. Tabellen in de NEN 1010 en specificaties van componenten zijn gebaseerd op een omgevingstemperatuur van 30°C.

Op bijlage, paragraaf 12.10 is een tabel weergegeven met de maximale stroom door geleiders. Een tweede tabel bevat correctiefactoren bij een afwijkende omgevings-temperatuur.

5.6 De lengte van een kabel

Altijd moet er naar worden gestreefd een kabel zo kort als mogelijk te houden. Dit heeft te maken met de weerstand van de kabel die onderdeel uitmaakt van het foutstroomcircuit en het spanningsverlies.

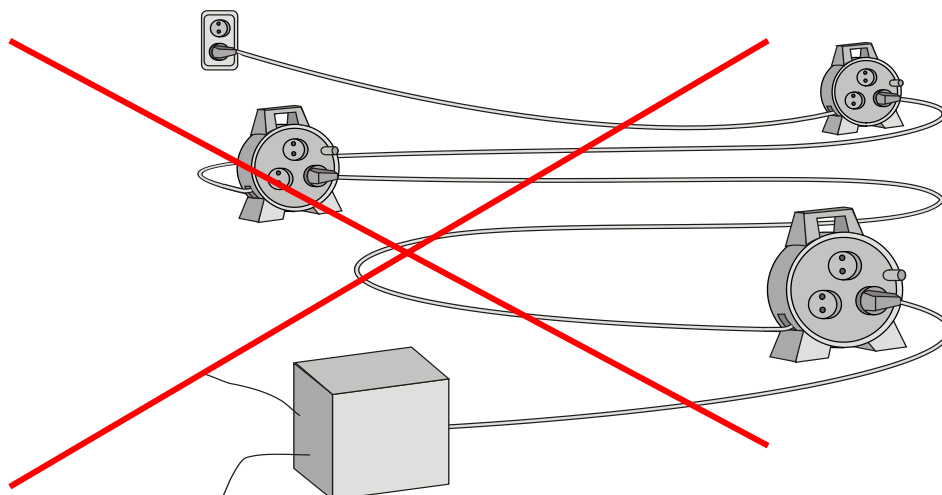
Elke geleider vormt een weerstand voor de stroom. Deze weerstand hangt samen met de lengte, de doorsnede van de geleider en de soortelijke weerstand van het geleidend materiaal. Om een indruk te geven geldt bijvoorbeeld voor een koperdraad (CU): koper, 100 m lang, een doorsnede van 1 mm² heeft een weerstand van ongeveer 1,78 Ω. Voor eenzelfde aluminium geleider bedraagt deze 2,65 Ω.

Weerstand van het foutstroomcircuit

De maximale lengte (bij een doorsnede) van een kabel wordt bepaald mede op basis van de beveiliging die de kabel beveiligt. Denk hierbij aan de waarde en het type van de smeltpatroon of de installatieautomaat in de bouwkast. De beveiliging moet immers aanspreken als zich een kortsluiting of aardsluiting voordoet achter de kabel.

Een beveiliging kan alleen aanspreken als de waarde van de stroom voldoende hoog is. Naarmate het foutstroomcircuit waar de kabel een onderdeel van is een hogere weerstand heeft, zal de stroom bij een dergelijke fout lager zijn. Bij een te lange kabel heeft dat tot gevolg dat een beveiliging niet of niet tijdig aanspreekt. NEN 1010 heeft daarom tabellen met een maximale kabellengte gebaseerd op de beveiliging. Als voorbeeld zijn dergelijke tabellen ook opgenomen in bijlage, paragraaf 12.10.

Een gedragsregel luidt: Nooit meerdere haspels achter elkaar aansluiten ! Bij een fout in het aangesloten toestel schakelt wellicht de beveiliging in de bouwkast niet of niet tijdig uit.



Figuur 86 Dit type doorlussen is ten stelligste af te keuren

Spanningsverlies

Naarmate een kabel langer en dunner is, neemt zijn weerstand toe. Als er stroom door de kabel gaat lopen dan valt er spanning over de kabel. Dit wordt spanningsverlies genoemd. Dit is te vergelijken met de druk in het waterleidingnet. Aan het einde van een lange tuinslang is de druk afgenomen als in de slang water stroomt.

Het spanningsverlies tussen het begin van een installatie, bij de (hoofd)bouwkast en het aansluitpunten waar een toestel wordt aangesloten mag niet meer dan 5% van de nominale spanning bedragen bij normaal bedrijf. Hoe langer een stroomvoerende kabel, des te hoger het spanningsverlies.

Stel dat de voedingsspanning in de hoofdbouwkast 234 V bedraagt. De spanning op de contactdoos om een toestel aan te sluiten mag dan niet lager zijn dan 222 V. Dit geldt in normale bedrijfstoestand. Uiteraard zijn kortdurende spanningsdips niet te voorkomen zoals bij het aanlopen van een motor of direct bij het inschakelen van elektrisch materieel.

5.7 Onderling verbinden van kabels

Soms is het noodzakelijk een kabel te verlengen. Rekening houdende met de eerder besproken technische aspecten; de lengte van de kabel en de doorsnede van de geleiders in relatie tot de beveiliging, gelden er ook specifieke eisen aan een verbinding tussen kabels:

- Verbindingen tussen geleiders onderling en tussen geleiders en ander materieel moeten elektrisch en mechanisch blijvend betrouwbaar zijn.
- De verbindingen mogen niet worden blootgesteld aan torsie of trekkrachten.
- Verbindingen moeten toegankelijk zijn voor inspectie, beproeving en onderhoud met uitzondering van kabelverbindingen in de grond en kabelmoffen.



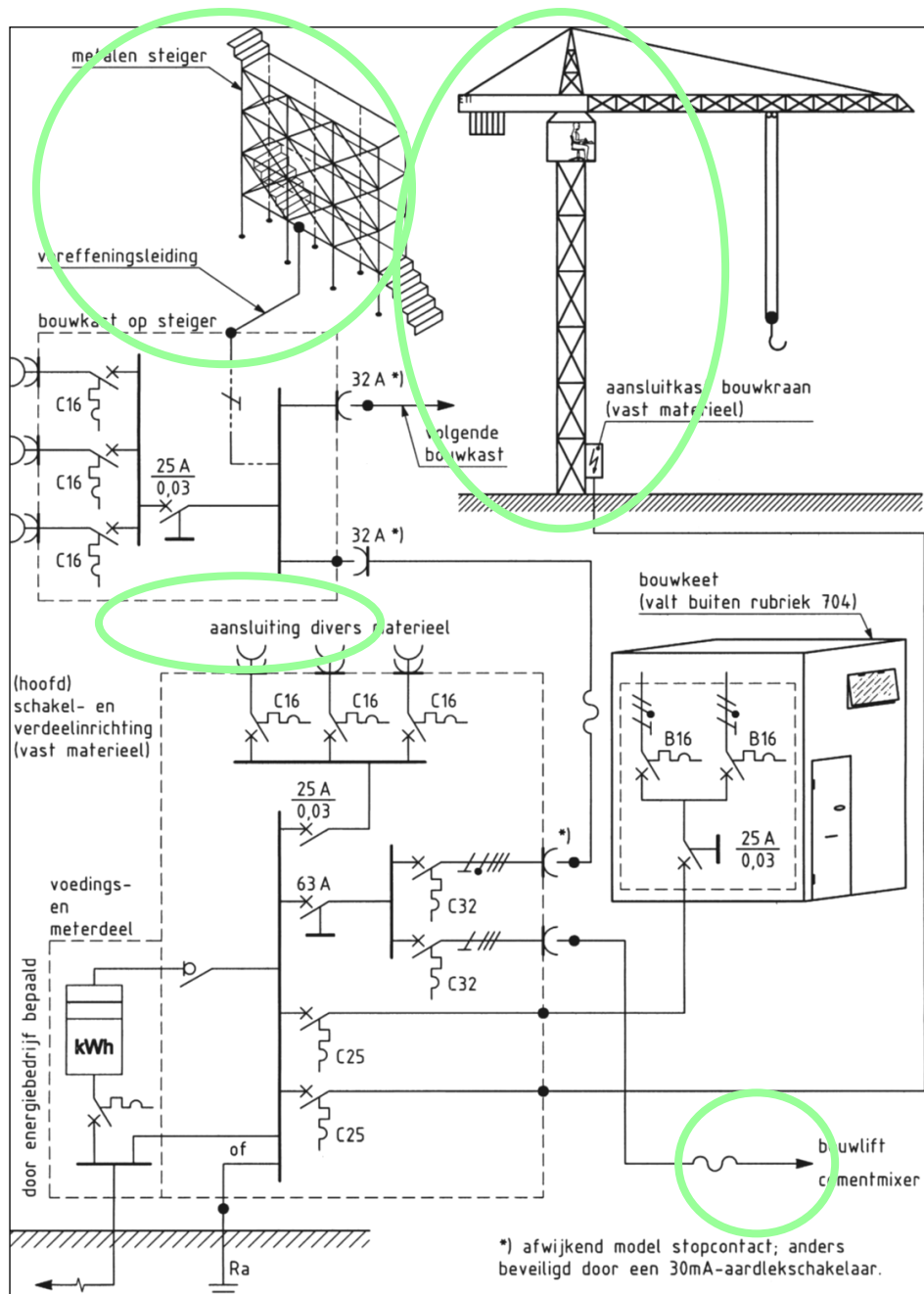
Figuur 87: Kabelverlenging (in situatie op foto: beschermingsgraad IP67)

In de grond gelegde kabels moeten bestand zijn tegen omgevingstemperaturen van -5°C tot $+40^{\circ}\text{C}$. De belastingstabel voor in de grond gelegde kabels is gebaseerd op een grondtemperatuur van 20°C . Als de werkelijke grondtemperatuur hoger is dan 20°C , moet een correctiefactor worden toegepast. Bij een lagere grondtemperatuur mag een correctiefactor worden toegepast. Andere invloeden die de kabel belasten zijn trek- en zuigkrachten ten gevolge van verzakken of verschuiven van de grond. De kabels moeten van voldoende mechanische sterkte zijn om de krachten op te vangen. Door de kabels met enige speling in de grond te leggen, kunnen de krachten op de kabel worden verminderd.

6. Elektrische arbeidsmiddelen op de bouwplaats

6.1 Inleiding

Onder arbeidsmiddelen wordt verstaan alle op de werkplek gebruikte machines, installaties, apparaten, transportmiddelen en gereedschappen en dergelijke. In hoofdstuk 1 is de regelgeving beschreven. In dit hoofdstuk worden de eisen beschreven die aanvullend van toepassing zijn op elektrische arbeidsmiddelen zoals elektrisch handgereedschap. Op grote elektrische arbeidsmiddelen zoals bouwkranen zijn specifieke productnormen van toepassing.



Figuur 88 Overzicht gehele installatie op een bouwplaats

Een duidelijk onderscheid moet worden gemaakt tussen de eisen die worden gesteld aan het product; het arbeidsmiddel en de eisen die worden gesteld aan het gebruik van het product. Deze zijn wezenlijk anders !

Producteisen

Een product zoals een arbeidsmiddel moet zoals in hoofdstuk 1 van dit document is beschreven, voldoen aan bepaalde veiligheidseisen om in de handel te mogen worden gebracht. Eisen aan arbeidsmiddelen zijn bijvoorbeeld gesteld in de Laagspanningsrichtlijn > Warenwet > Warenwetbesluit. In besluiten staan concrete normen vermeld met de daarbij de minimale technische specificaties. Bij het product hoort een Nederlandstalige gebruiksaanwijzing en een verklaring van overeenstemming waarmee de fabrikant aantoont dat het product voldoet aan de gestelde eisen.

Gebruikseisen

Vanuit de Arbo-wet en het Arbo-besluit worden naast producteisen ook eisen gesteld aan de omgeving, te gebruiken hulpmiddelen, te gebruiken beschermingsmiddelen eisen aan de gebruiker (kennis, vaardigheden), procedures en dergelijke. Uiteraard geeft de gebruiksaanwijzing hierin aanbevelingen.

6.2 Producteisen: Waaraan moet een elektrisch arbeidsmiddel voldoen ?

Een werkgever moet passende veilige arbeidsmiddelen beschikbaar stellen. Wat passend is hangt af van de eigenschappen van het arbeidsmiddel en waar en door wie het wordt gebruikt. Hier is dus vooraf geen eenduidig antwoord op te geven. Voldoet het arbeidsmiddel aan een richtlijn, een minimale eis, dan staat er een CE-markering op afgebeeld.



Figuur 89 Ce-markering

Het vermoeden bestaat dan dat het product bijvoorbeeld voldoet aan de Warenwet conform de Laagspanningsrichtlijn of de Machinerichtlijn en veilig is om in de handel te brengen. Zekerheid daarover geeft de CE-markering overigens niet. De gebruiksaanwijzing in de Nederlandse taal moet daar duidelijkheid in scheppen !

Een duidelijk onderscheid hierin wordt gemaakt tussen hobbyapparaten zoals een boormachine die in de privésfeer wordt gebruikt en professionele apparaten.

In de gebruiksaanwijzing heeft de fabrikant eisen vermeld die worden gesteld aan de omgeving, de gebruiker, omstandigheden, randvoorwaarden en dergelijke. Als binnen het kader van de gebruiksaanwijzing het elektrisch arbeidsmiddel wordt gebruikt dan is wellicht sprake van "passend veilig".

Op een bouwplaats moet bijvoorbeeld op de beschermingsgraad tegen vocht worden gelet. IPxx. In bijlage, paragraaf 12.7 is de IP-codering weergegeven.

Een arbeidsmiddel wordt vermoed te voldoen aan de regelgeving als het, overeenkomstig de daarop van toepassing zijnde Warenwetbesluit(en):

- is voorzien van de CE-markering,
- vergezeld is van een EG-verklaring van overeenstemming, en
- het arbeidsmiddel overeenkomstig de daarbij behorende gebruiksvoorschriften wordt gebruikt.

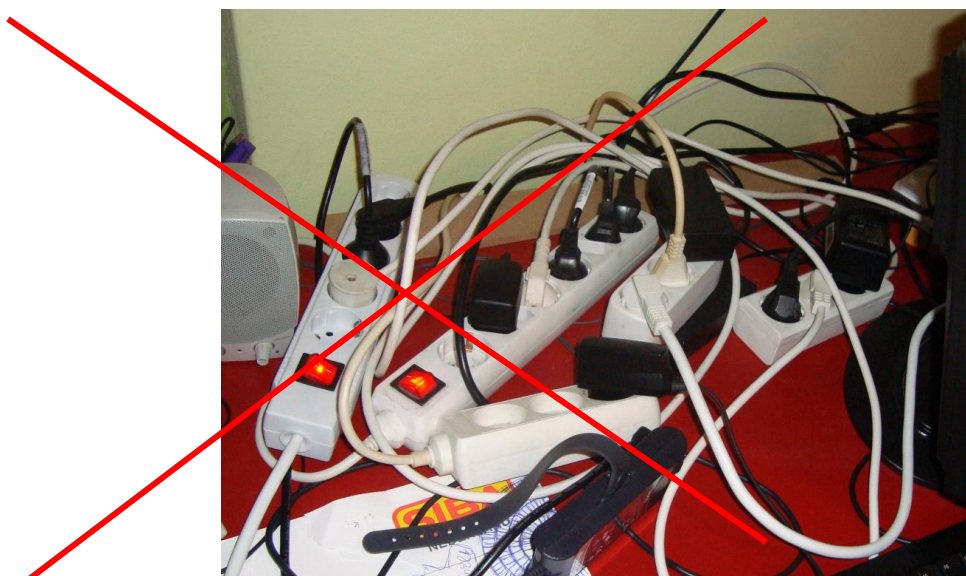
Een werkgever moet zich dus voordat hij een arbeidsmiddel aanschaft en / of beschikbaar stelt steeds afvragen of het arbeidsmiddel geschikt passend veilig is. In bijlage, paragraaf 0 is een ondersteunde checklist hiervoor opgesteld gebaseerd op bepalingen uit het Arbo-besluit.

Opmerking

In Figuur 90 is een voorbeeld weergegeven van in principe veilige elektrische arbeidsmiddelen die onveilig worden gebruikt.

Het zo toepassen van stekkerdozen kan twee problemen veroorzaken:

- Overbelasting. Er worden te veel apparaten met een te grote stroom aangesloten.
- De lange leiding en de vele overgangen zorgen voor een ontoelaatbare hoge foutstroomcircuitweerstand. Simpel gezegd als zich in een van de aangesloten toestellen een aardsluiting voordoet dan schakelt de beveiliging in de schakel- en verdeelinrichting wellicht niet uit.
- De stekkerdozen zijn ontworpen voor huishoudelijk gebruik.



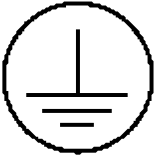

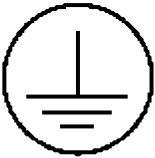

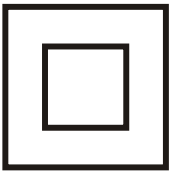

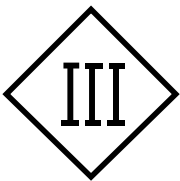

Figuur 90 Voorbeeld van foutief gebruik van arbeidsmiddelen

6.3 Klasse van elektrische arbeidsmiddelen

Elektrische arbeidsmiddelen worden ingedeeld in klassen. Hoe hoger de klasse des te veiliger. In sommige situaties is het bijvoorbeeld alleen toegestaan om klasse II of klasse III elektrische arbeidsmiddelen toe te passen.

In onderstaande tabel zijn de verschillende klassen afgebeeld.

Tabel 6

Klasse 0I		<p>Een elektrisch toestel 230 V of 400 V met een geleidende omhulling die niet standaard is geaard maar voor de veiligheid wel geaard moet worden; het "aardschroefje".</p> <p>Elektromotor / TL-armatuur.</p>	
Klasse I		<p>Elektrisch toestel 230 V of 400 V met een geleidende omhulling die via de leiding en contactstop standaard is geaard. Uiteraard moet deze ook in een contactstop met beschermingscontacten worden toegepast.</p> <p>Lasapparaten, bouwliften, betonmolen, pomp, roerwerken enzovoorts.</p>	
Klasse II		<p>Dubbel geïsoleerd. Het elektrisch toestel werkt op 230 of 400 V. Eventuele (metalen) geleidende delen aan de buitenzijde van het toestel zijn dubbel gescheiden van het elektrische compartiment.</p> <p>Een klasse II toestel is dus niet geaard omdat het metaal, van binnen uit, niet onder spanning kan komen te staan bij normaal gebruik.</p>	
Klasse III		<p>Toestellen die werken op accu's, batterijen of op een zeer lage wisselspanning ($\leq 50 V_{AC}$), aangesloten op een veiligheidstransformator.</p> <p>Accugereedschap, handlampen en dergelijke.</p>	

6.4 Elektrische arbeidsmiddelen gebruiken in een nauwe geleidende ruimte

Een nauwe geleidende ruimte is een ruimte voornamelijk begrensd door metalen of andere geleidende delen zoals de aarde waarbinnen het praktisch onvermijdelijk is dat een persoon met een aanzienlijk deel van zijn lichaam in aanraking komt met deze delen. De bewegingsvrijheid is zodanig beperkt dat voortdurend of vrijwel voortdurend contact met deze geleidende delen of met de aarde niet is te vermijden. Deze term moet niet worden verward met een besloten ruimte.

Op een bouwlocatie kan soms sprake zijn van een nauwe geleidende ruimte bij werken op / aan stalen bekistingen, tunnels, tafels en wanden, of op / aan wapeningsnetten en

dergelijke. De werkverantwoordelijke ter plekke kan het beste bepalen of er gewerkt moet worden zoals de definitie van nauwe geleidende ruimte dat beschrijft.

Voorbeelden van werkzaamheden in nauwe geleidende ruimten zijn bijvoorbeeld werkzaamheden in, op of tegen metalen silo's, vaten, tanks, kruipruimten, heetwaterketels, grote pijpleidingen, geleidende bordessen, enzovoort.



Figuur 91 Voorbeeld van een nauwe geleidende ruimte met vocht

Als werkzaamheden worden verricht in een nauwe geleidende ruimte, dan maakt de medewerker met zijn lichaam contact met de aarde (de grond) of elektrisch geaarde objecten. Als door welke oorzaak dan ook de medewerker in contact komt een spanningsvoerende geleider, dan loopt er een grote stroom door het lichaam die dodelijk kan zijn. Om die reden zijn er bijzondere eisen gesteld aan het gebruik van elektrische apparatuur in een nauwe geleidende ruimte.

Bij voorkeur moeten werkzaamheden niet met elektrisch gereedschap worden uitgevoerd maar met bijvoorbeeld pneumatisch of mechanisch gereedschap. Als toch gebruik moet worden gemaakt van draagbaar elektrisch materieel of elektrisch handgereedschap, dan kan achtereenvolgens worden gekozen voor:

- elektrische toestellen met een ingebouwde voedingsbron (bijvoorbeeld een accuboormachine);
- een elektrisch toestel werkend op een wisselspanning $\leq 50 V_{AC}$ (klasse III) gevoed door een veiligheidstransformator. De veiligheidstransformator moet buiten de nauwe geleidende ruimte worden opgesteld.

Opmerking

Een veiligheidstransformator is een beschermingstransformator met een zeer lage, veilige uitgangsspanning $\leq 50 V_{AC}$. In de praktijk vaak 24 of 48 V_{AC} .



Figuur 92 Veiligheidstransformator

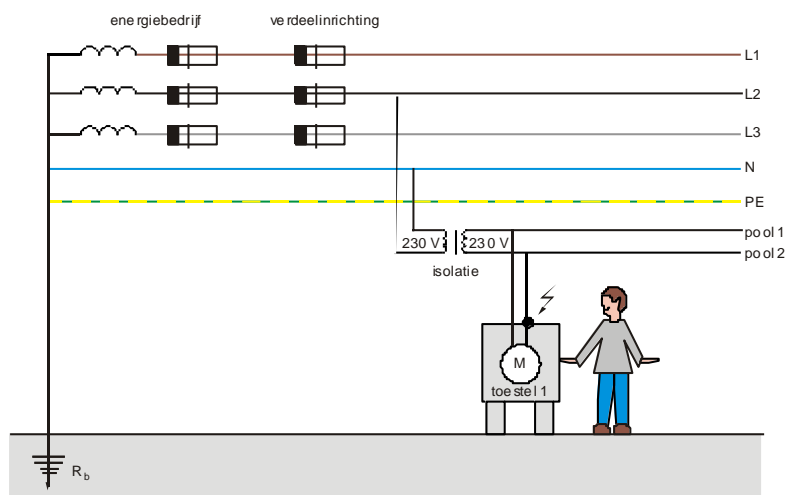


Symbol op een veiligheidstransformator die bestand is tegen kortsluiting

- **één** elektrisch toestel 230 V van klasse II (dubbel geïsoleerd) dat wordt aangesloten op een beschermingstransformator. De beschermingstransformator moet buiten de nauwe geleidende ruimte worden opgesteld. Als het toestel niet klasse II verkrijgbaar is, mag ook een toestel klasse I worden toegepast als dit voorzien is van deugdelijke isolerende handgrepen en bedieningsknoppen.

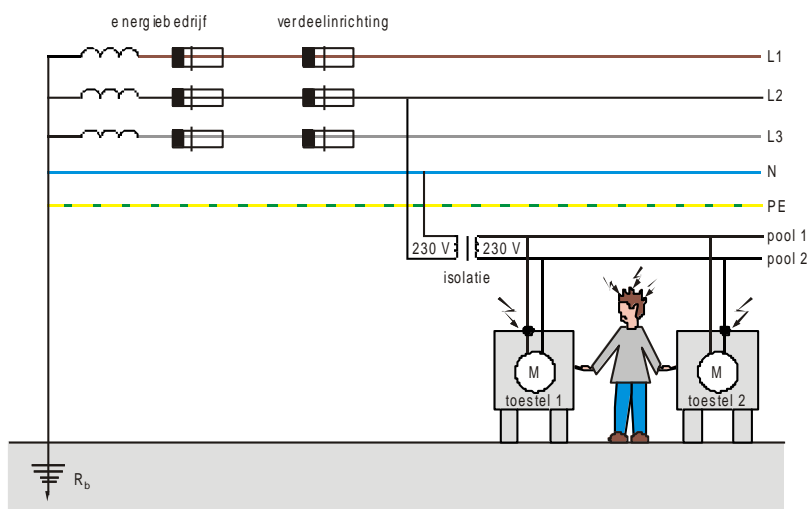
Waarom mag er maar één toestel op een beschermingstransformator worden aangesloten ?

Een beschermingstransformator is een scheidingstransformator waarbij de primaire (voedende spoel) en de secundaire wikkeling (uitgaande spoel) elektrisch zijn gescheiden door een dubbele of versterkte isolatie. De uitgangsspanning is nagenoeg gelijk aan de ingangsspanning: 230 V, maar nu wel zwevend ten opzichte van aarde. Als één van de twee draden achter de beschermingstransformator worden aangeraakt of een sluiting maken naar de geleidende omhulling, dan kan er geen stroom lopen door de persoon; de situatie blijft veilig.



Figuur 93 Een toestel aangesloten achter één beschermingstransformator: er vloeit geen stroom door de persoon

Als twee toestellen worden aangesloten waarin in elk toestel een fout optreedt, dan staat er 230 V tussen de twee geleidende omhullingen. Het aanraken hiervan kan dodelijk zijn.



Figuur 94 Twee toestellen aangesloten achter één beschermingstransformator

Als alle hiervoor staande mogelijkheden niet toegepast kunnen worden omdat bijvoorbeeld het vermogen van het elektrisch materieel dat onmogelijk maakt, dan mag materieel van klasse I worden toegepast onder de volgende voorwaarden:

- Het betreft géén handgereedschap.
- Het moet worden beveiligd door een aardlekschakelaar 30 mA.
- Direct vóór het gebruik (minimaal dagelijks) moet de aardlekschakelaar op een goede werking worden gecontroleerd.
- Pas nadat de goede werking is vastgesteld, mag met de werkzaamheden worden begonnen.
- Het toestel mag alleen in spanningsloze toestand worden verplaatst.



Figuur 95 Lasapparaat kan onder specifieke condities worden toegepast worden in een nauwe geleidende ruimte

6.5 Handlampen in een nauwe geleidende ruimte

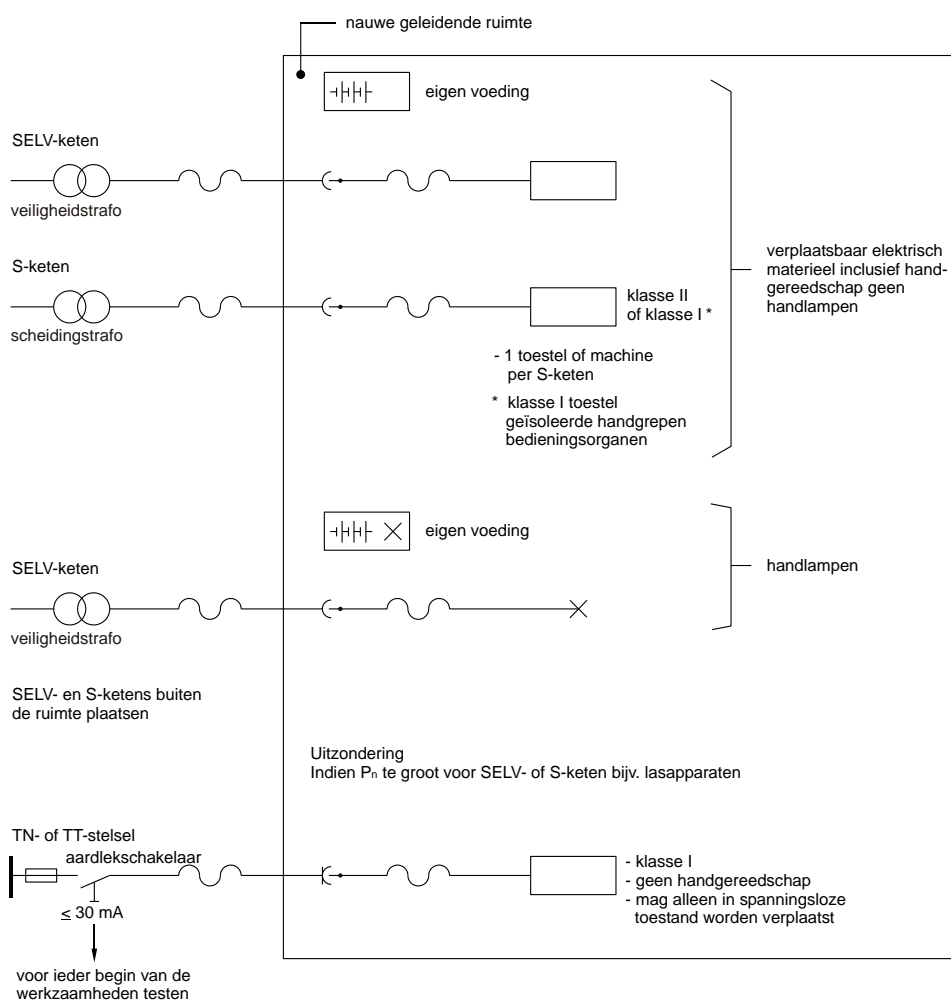
In een nauwe geleidende ruimte mogen alleen verplaatsbare aanraakbare lampen, zogenaamde handlampen worden gebruikt die functioneren op accu's, batterijen of op een veiligheidstransformator. Looplampen of handlampen die functioneren op 230 V mogen in een nauwe geleidende ruimte niet worden toegepast.



Figuur 96 Wel toegestaan: een acculamp of een lamp aangesloten op 12 V

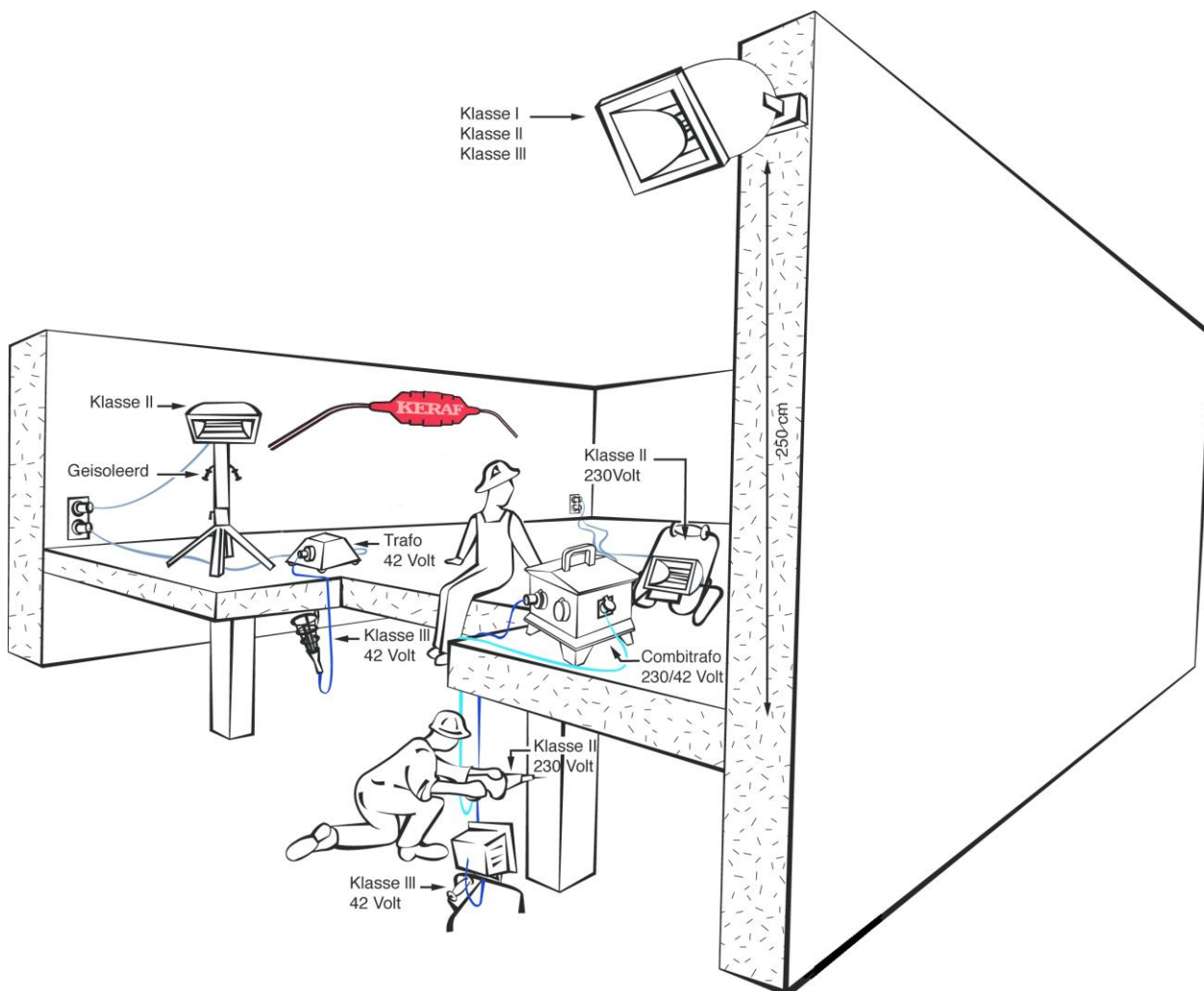


Figuur 97 Handlampen werkend op 230 V zijn *niet* toegestaan in een nauwe geleidende ruimte



Figuur 98 Overzicht van toegestane draagbare en verplaatsbare elektrische arbeidsmiddelen in een nauwe geleidende ruimte

In Figuur 109 ziet u een afbeelding waarin het gebruik van elektrische arbeidsmiddelen in een nauwe geleidende ruimte is weergegeven. Het gebruik van accugereedschap en acculampen heeft uiteraard wel de voorkeur boven het gebruik van 42 V en 230 V gereedschap aangesloten op een transformator.



Figuur 99 Het gebruik van elektrische arbeidsmiddelen in een nauwe geleidende ruimte

Opmerking

Omdat een nauwe geleidende ruimte ook een besloten ruimte kan zijn, bijvoorbeeld een kruipruimte, moeten voorafgaand aan werkzaamheden de specifieke risico's geïnventariseerd worden. Ook andere gevaren dan elektrocutiegevaar kunnen in een besloten ruimte namelijk een rol spelen.

Pas nadat de juiste beschermende voorzieningen zijn aangebracht of verstrekt en de medewerkers zijn geïnstrueerd en een werkvergunning is verstrekt, mag in een besloten ruimte worden gewerkt.



Figuur 100 Een voorbeeld van wellicht een goed arbeidsmiddel dat erg onveilig wordt gebruikt

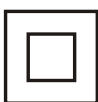
6.6 Verlichtingsarmaturen op de bouwlocatie

De algemeen toegepaste verlichtingsarmaturen die op een bouwlocatie worden toegepast moeten volgens NEN 1010 van klasse II zijn. Zie Figuur 101.



Figuur 101 Bouwlamp klasse II Halogeen wordt LED =>

De klasse II bouwlamp is herkenbaar aan de niet-geaarde stekker en het dubbel-geïsoleerd symbool op de behuizing.



Symbol: Dubbel geïsoleerd

Een klasse I verlichtingsarmatuur mag ook worden toegepast mits het armatuur buiten handbereik wordt aangebracht. Buiten handbereik betekent dat er geen (metalen) delen gelijktijdig mogen zijn aan te raken met de handen waartussen spanning kan staan zonder gebruikmaking van hulpmiddelen (bijvoorbeeld gereedschap of een ladder). NEN 1010 hanteert hierbij een minimale afstand van 2,5 meter.

Een bouwlamp op een statief, hoger dan 2,5 meter mag zowel klasse I als klasse II zijn waarbij klasse II uiteraard wel de voorkeur heeft.



Figuur 102 Hqit lamp 400 W, klasse I IP 65 voor toepassing buiten handbereik

Een ander, maar minder praktisch alternatief wat altijd mag worden toegepast is een verlichtingsarmatuur aangesloten op een veiligheidstransformator maar het lichtvermogen is dan uiteraard beperkt.

Tabel 7 geeft samenvattend weer welke verlichting in welke situatie toepasbaar is.

Tabel 7: Welk armatuur mag in welke situatie worden toegepast ?

Verlichtingsarmatuur	Binnen handbereik opgesteld	Buiten handbereik opgesteld	In nauwe geleidende ruimte
Aangesloten op 24 V / 48 V veiligheidsstrafo	OK	OK	OK
Verplaatsbaar 230 V klasse II	OK	OK	X
Vast opgesteld Klasse II	OK	OK	OK mits achter Aardlekschakelaar 30 mA
Vast opgesteld Klasse I	X	OK	OK mits één lamp achter beschermingstransformator

Soms worden bouwlampen of andere verlichtingsarmaturen bevestigd op brandbaar materiaal zoals houten platen of balken. Niet elk armatuur is daarvoor geschikt door de hoge temperatuur. Armaturen die wel rechtstreeks gemonteerd mogen worden op normaal brandbare oppervlakten zijn voorzien van het volgende symbool.



Symbol: Montage op normaal brandbaar materiaal toegestaan

Nieuwe technische ontwikkelingen maken het interessant om te kiezen voor LED verlichting. Ook bouwlampen zijn als LED-verlichting verkrijgbaar.



Figuur 103 LED-bouwlamp 396 Leds, vermogen 25 Watt, 1900 lumen, IP 65
Bron: Ledlightstore



Figuur 104 Autonome verlichting met een eigen (wisselstroom aggregaat) voeding

Ook voor autonome verlichting met een eigen voeding geldt dat ze primair moeten worden geaard. Als dat niet kan moeten ze zijn voorzien van een isolatiebewakings-toestel.

6.7 Noodverlichting op een bouwplaats ?

Het is niet verplicht om op een bouwterrein noodverlichting aan te brengen. Wel is het vanuit de Arbo-wet art. 3.9 verplicht dat elke medewerker zijn werkplek veilig moet

kunnen verlaten. Vanuit deze berekening moet lichtcontinuïteit gewaarborgd zijn. Dit kan door de verlichtingstoestellen te verdelen over meerdere eindgroepen of zelfs meerdere elektrische installaties.

Voor bijzondere plaatsen kan ook het beschikbaar stellen van individuele verlichting een praktische oplossing zijn. Bijvoorbeeld op arbeidsplaatsen waar werknemers bij het uitvallen van het kunstlicht aan bijzondere gevaren zijn blootgesteld.

In hoogbouw en of meerdere verdiepingen met trappenhuizen, is het raadzaam om bij de toegangen en in de trappenhuizen noodstroom verlichting aan te brengen.

6.8 Bouwkeet

Een voorziening op een bouwlocatie zoals de bouwkeet, een toiletwagen, een mobiel kantoor enzovoorts valt niet onder het strengere regiem van NEN 1010 bouwlocaties maar wordt beschouwd als een gewone ruimte.

In de ruimte moeten alle wandcontactdozen zijn beveiligd door aardlekbeveilingen $\Delta I = 30 \text{ mA}$. In de voorzieningen is daarvoor meestal een aparte schakel- en verdeel-inrichting opgenomen zoals deze ook in particuliere woningen wordt toegepast.

Wandcontactdozen moeten zijn voorzien van beschermingscontacten, geaard omdat in de bouwkeet klasse I toestellen worden aangesloten zoals een koffiezetapparaat, waterkoker, PC, printer, enzovoorts. Dit zijn allemaal apparaten waarbij veiligheidsaarding noodzakelijk is. Vreemd geleidende delen als gas- water- en CV- leidingen, welke door een defect onder spanning kunnen komen te staan, dienen net als bij een vaste installatie met een beschermende vereffening met de hoofdaardrail verbonden te worden.



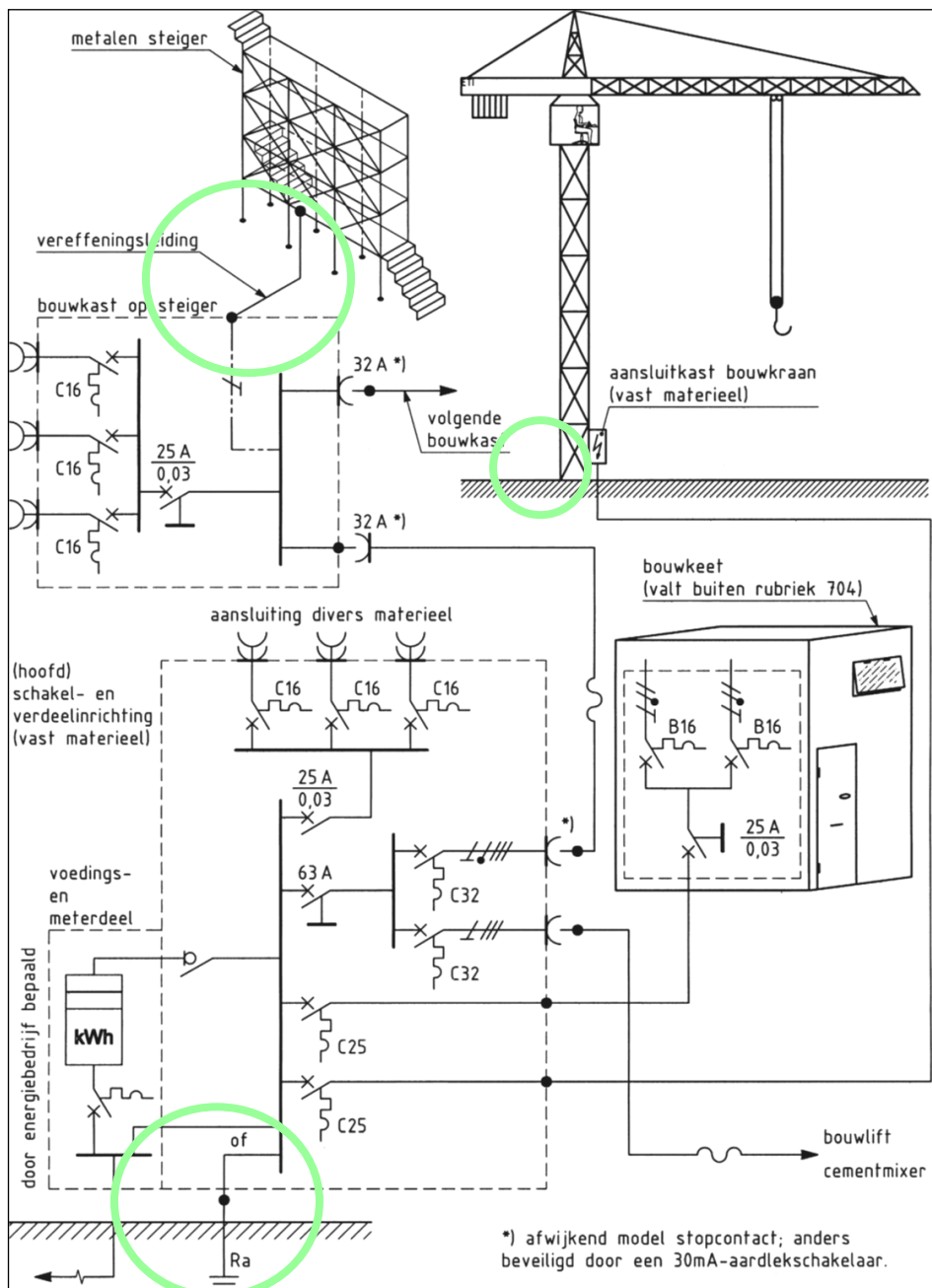
Figuur 105 bouwaccommodatie / bouwkeet

De elektrische arbeidsmiddelen die in een bouwkeet worden toegepast, vallen net zoals de boormachine en de haspel onder het NEN 3140 regiem en behoren dus ook onder het beheer van een installatieverantwoordelijke. Ook deze arbeidsmiddelen moeten passend veilig zijn en periodiek worden gecontroleerd om vast te stellen dat ze dat nog zijn! Materialen die in de privésfeer worden afgedankt, zoals een oude radio, een huishoudelijk koffiezetapparaat en dergelijke horen ook niet op deze werkplek thuis.

7. Veiligheidsaarding

7.1 Inleiding

Veiligheidsaarding draagt bij aan een veilige omgeving voor mensen op de bouwplaats. Een aardelektrode is een onderdeel van een aardsysteem. Onder een aardelektrode wordt verstaan een geleidend medium dat deugdelijk contact maakt met de aarde. Vaak is dit medium een koperen staaf maar aarding kan ook op een andere manier. De wijze waarop veiligheidsaarding wordt gerealiseerd wordt een stroomstelsel genoemd.



Figuur 106 Overzicht gehele installatie op een bouwplaats

Een stroomstelsel is een term, bestaande uit twee hoofdletters met eventuele aanvullingen. De letter T betekent Terre ofwel aarde. De eerste letter geeft de situatie

aan bij de bron (distributietransformator of het aggregaat, de tweede letter de situatie bij de eindgebruiker (de meterkast, de bouwaansluiting, de bouwkast).

Zo zijn er de volgende stroomstelsels die op een bouwlocatie zouden kunnen worden toegepast:

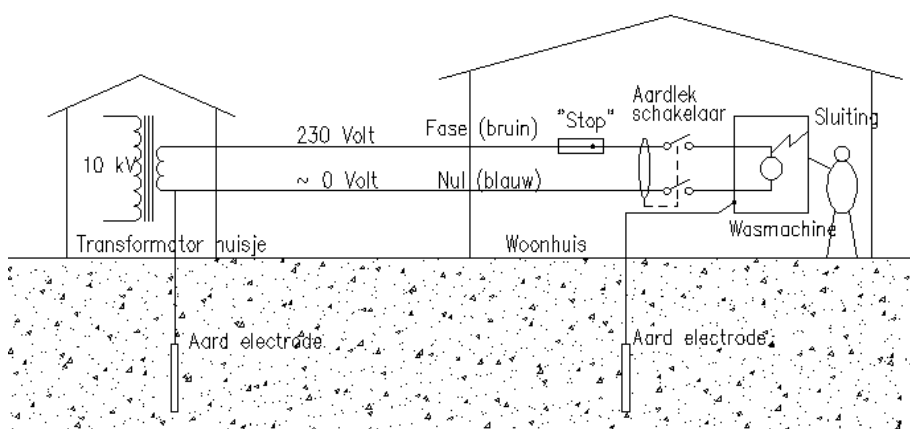
- TT-stelsel;
- TN-stelsel;
- IU / IT-stelsel.

7.2 TT-stelsel

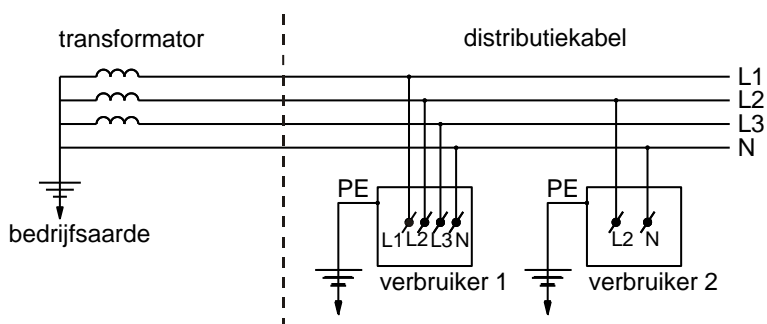
In een gedeelte van Nederland is het TT-stelsel gangbaar. Dit is met name het geval bij woningen in een streek waar de soortelijke weerstand van de grond niet te hoog is. Dit is bijvoorbeeld het geval in streken waar de grond vochtig is, turf bevat, leemhoudend is, enzovoorts. Op droge zandgronden is een TT-stelsel vaak niet realiseerbaar.

Bij een TT-stelsel is het sterpunt van de voedende transformator geaard (de eerste T). Het aarden van de distributietransformatoren is in Nederland algemeen gangbaar en valt onder de verantwoordelijkheid van het netbedrijf.

De twee T (dus bij een TT-stelsel) zal de aannemer (installateur) een aardsysteem moeten (laten) realiseren op de bouwplaats. Oftewel bij de hoofdaansluiting zal een aardelektrode, in de grond moeten worden gedreven. De aarde, de grond, gedraagt zich nu als een beschermingsleiding, een geleider die de beide elektroden elektrisch met elkaar verbindt.



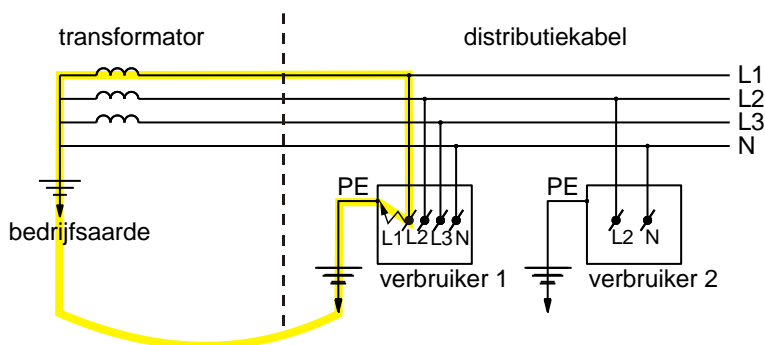
Figuur 107 Tekening TT-stelsel



Figuur 108 Schema TT-stelsel: aardelektroden bij de transformator en bij alle verbruikers

7.2.1 Waarvoor dient het aardsysteem ?

Als er een aardfout ontstaat, bijvoorbeeld de fasedraad raakt een geleidende omhulling (bijvoorbeeld in een betonmolen), dan zal er nu, door de beschermingsleiding, door de aarde, in het circuit een grote stroom gaan lopen. Deze stroom moet zo groot zijn dat een beveiligingstoestel binnen een zeer korte tijd volgens NEN 1010 de installatie automatisch uitschakelt. Voor de meeste situaties geldt een maximale uitschakeltijd van 0,4 seconde.



Figuur 109 Stroomcircuit in TT-stelsel waardoor een beveiliging aanspreekt

Het automatisch uitschakelen gebeurt meestal door een aardlekschakelaar als deze de installatie beveiligt waar de fout zich in voordoet. Bij afwezigheid van een aardlekschakelaar moet er een nog (veel) grotere stroom lopen want dan moet de installatieautomaat of een smeltpatroon aanspreken. In de praktijk doet deze situatie zich voor in een TT-stelsel voor woningen gebouwd in de vorige eeuw, waar dus geen of niet alle groepen zijn beveiligd met aardlekschakelaars. Hier moet de foutstroom ruim 50 A zijn zodat bijvoorbeeld een smeltpatroon van 16 A heel snel aanspreekt.

Hoe groter de foutstroom, des te beter. Immers des te sneller zal de beveiliging aanspreken en automatisch de installatie uitschakelen.

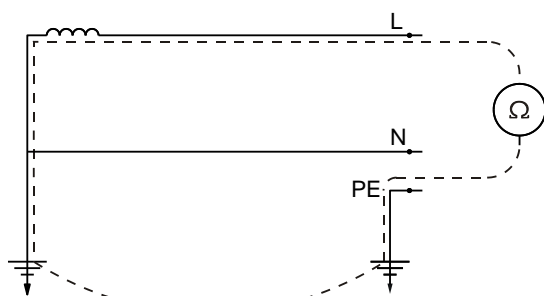
De grootte van de stroom wordt bepaald door de weerstand van het circuit (de circuitweerstand) ($I = U : R$) Hoe kleiner de circuitweerstand, hoe groter de stroom, des te beter de installatie.

Om die reden moeten de aardelektroden een hele goede elektrische verbinding maken met de aardbol met name in TT-stelsels waar niet elke eindgroep met een aardlekbeveiliging is beveiligd.

Het aarden gebeurt door een elektrische verbinding te maken met de aarde, een zogenaamde aardelektrode. Vaak worden hiervoor een of meerdere staven in de grond geslagen. Andere mogelijkheden zijn er ook. Deze worden in de volgende paragraaf beschreven.



Figuur 110 Indrijven van een staafvormige aardelektrode



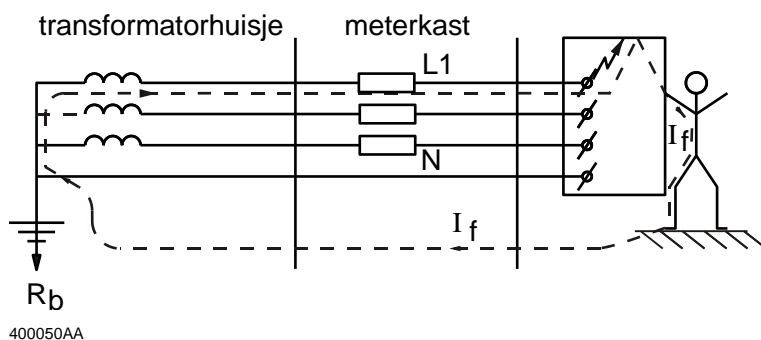
400051AA

Figuur 111 De circuitweerstand in een TT-stelsel

Het contactoppervlak tussen de aarde en de elektrode en de grondgesteldheid bepaalt een mate van weerstand. Deze weerstand wordt de aardverspreidingsweerstand (R_a) genoemd. De aardverspreidingsweerstand van beide elektroden in een TT-stelsel moet voldoende laag zijn. Het netbedrijf is verantwoordelijk voor de elektrode bij de transformator. De installateur is verantwoordelijk voor het aanbrengen van de elektrode bij de woning. De waarde van de aardverspreidingsweerstand wordt hierbij gebaseerd op de nominale stroom van de beveiligingen (bijvoorbeeld een installatieautomaat 16 A) en het type (bij een installatieautomaat type B of C en de aanwezigheid van aardlekschakelaars in de meterkast).

7.2.2 Wat is het probleem als de aardverspreidingsweerstand van de elektrode niet voldoende laag is ?

Bij een slechte aarding, een te hoge aardverspreidingsweerstand, zal bij een aardsluiting de stroom te laag zijn. Een beveiliging spreekt dan na een (ontoelaatbare) langere tijd aan of bij geen of een slechte aarding zelfs helemaal niet. Dit is een levensgevaarlijke situatie want meerdere omhullingen van elektrische toestellen staan nu onder spanning !



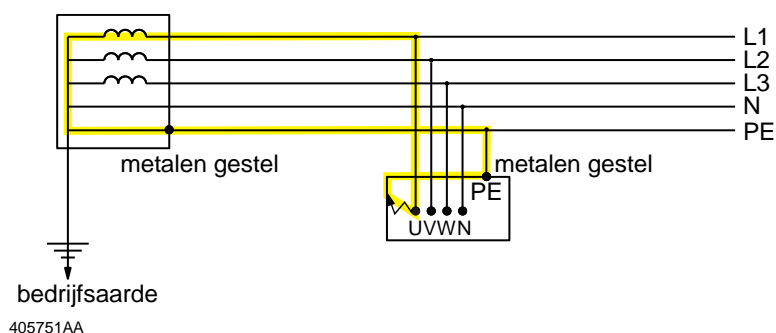
Figuur 112 bij geen aarding of een slechte aarding volgt geen uitschakeling en loopt er bij het aanraken een stroom door het lichaam ! Als de installatie is voorzien van 30 mA aardlekschakelaars zullen deze aanspreken maar wellicht pas als het toestel wordt aangeraakt

7.3 TN-stelsel

In gebieden in Nederland waar aarding door de grondgesteldheid lastiger is (bijvoorbeeld droge zandgronden) wordt voor woningen een TN-stelsel toegepast. Voor bedrijven, grote bouwaansluitingen, is een TN-stelsel gangbaar.

De letter T staat voor Terre (aarde bij de trafo van het netbedrijf of generator), de tweede letter; N staat voor Neutre (niet geaard via de grond).

In een TN-stelsel wordt de beschermingsleiding (PE) meegevoerd door het netbedrijf. Deze draad "vervangt de aarde" als verbinder.



Figuur 113 TN-stelsel

De circuitweerstand in een TN-stelsel is in het algemeen veel lager dan in een TT-stelsel. De koperdraad als beschermingsleiding (PE) geleidt immers beter dan de aarde. Het werkingsprincipe zoals dat bij een TT-stelsel is beschreven geldt hier ook op dezelfde manier. Nu loopt de stroom echter niet door de aardelektroden maar door de beschermingsleiding.

Doet zich nu in bijvoorbeeld in een betonmolen een aardsluiting voor, dan loopt er een grote stroom door de fasegeleider en de beschermingsleiding. Deze stroom moet ook zodanig hoog zijn dat de beveiliging zeer snel automatisch aanspreekt. NEN 1010 stelt voor de meeste situaties een maximale uitschakeltijd van 0,4 seconde.

Waarvoor dient de elektrode bij de trafo of aggregaat in een TN-stelsel dan nog ?

Stel, de medewerker op de bouwplaats raakt per ongeluk een fasedraad aan, bijvoorbeeld in een kabel van zijn arbeidsmiddel met beschadigde isolatie. Dan vormt de medewerker een circuit via de grond en de aardelektrode bij de bron. Doordat op deze plaats de installatie op een bouwplaats volledig achter 30 mA aardlekschakelaars is aangesloten, gaat er nu kortstondig een stroom door het lichaam lopen die de aardlekschakelaar snel genoeg activeert om lichamelijke letsel te voorkomen. Zonder een aardelektrode bij een generator gaat er wellicht ook een stroom lopen doordat de installatie ook capacitief is gekoppeld met de aarde. Als niet zou worden geaard bij een transformator of een aggregaat, is vooraf niet te bepalen hoe groot deze stroom is en of er wel of geen automatische uitschakeling (tijdig) plaatsvindt en of dit alleen een schok of ook dodelijk letsel kan veroorzaken. Praktisch noemen we dit "Russisch roulette". Aggregaten en transformatoren moeten daarom primair worden geaard.



Figuur 114: Pas op, elektrocutiegevaar

7.4 IU-stelsel / IT met hoge weerstand - aggregaten

Soms is het plaatsen van een aardelektrode in de praktijk echt geen optie. Bijvoorbeeld een voeding in of op een rijdend voertuig. Ook een klein aggregaat dat even nodig is om ter plekke een installatie te voorzien van elektriciteit voor een klus. Een alternatief is dan het toepassen van het zogenaamde IU-stelsel. Hierbij wordt niet geaard bij de bron (het aggregaat) en niet bij de gebruiker.

In de vorige paragraaf is beschreven dat een volledig niet geaarde installatie gevaarlijk kan zijn omdat de installatie niet of te laat automatisch uitschakelt.

Bij het toepassen van een IU-stelsel wordt op een andere manier, dan met aardlekschakelaars, gezorgd voor een tijdig automatische uitschakeling; een isolatiebewakingstoestel.

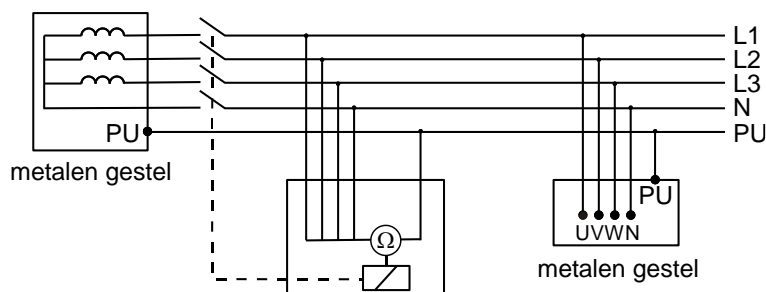
Kenmerkend in een IU-stelsel is dat de beschermingsleiding nu niet met het sterpunt van de generator is gekoppeld en ook niet met aarde. Deze beschermingsleiding heet daarom nu protective conductor unearthed (PU).

Een isolatiebewakingstoestel moet als beveiliging in het aggregaat worden toegepast, of in de schakel- en hoofdverdeelinrichting daarbij. Het meet continue of er in de achterliggende installatie een onbedoelde verbinding, een aardsluiting, ontstaat tussen de PU en de overige geleiders (L1, L2, L3, N). Doet zich een aardsluiting voor, dan wordt de volledige installatie automatisch spanningsloos geschakeld door een magneetschakelaar aangestuurd door het isolatiebewakingstoestel.

Sommige isolatiebewakingstoestellen zijn ingesteld op een vaste waarde, bijvoorbeeld 20 k Ω . Op andere typen is de tripwaarde instelbaar.

Feit is wel dat er één isolatiebewakingstoestel aan de voedende zijde van de complete installatie moet worden geïnstalleerd. Komt de weerstand in de achterliggende installatie door bijvoorbeeld vocht, plantengroei en dergelijke beneden de ingestelde waarde, dan

schakelt het isolatiebewakingstoestel de complete installatie uit ! Hoe omvangrijker de installatie, des te vaker wordt bedoeld, maar ook onbedoeld automatisch uitgeschakeld. Dit principe van beveiligen met een isolatiebewakingstoestel is daarom praktisch niet verstandig bij omvangrijke installaties. Het moet zich beperken tot de kleine installaties voor het voeden van enkele toestellen, maar zeker niet voor een complete bouwplaatsinrichting met meerdere zwerfkasten.



Figuur 115 Principe isolatiebewakingstoestel



Figuur 116: in module

Bij een IU-stelsel is de beschermingsleiding bewust niet verbonden met het sterpunt van de generator. Het isolatiebewakingstoestel zou dan immers meteen een verlaagde weerstand constateren (die van de generatorspoel) en direct trippen. Omdat het circuit is onderbroken kan er in dit circuit geen stroom lopen. Aardlekschakelaars in de bouw- en zwerfkasten kunnen hierdoor niet functioneren. Ook om deze reden is een IU-stelsel niet geschikt voor omvangrijke installaties op een bouwplaats met zwerfkasten.

Opmerking

In NEN 1010 2008 wordt het IU-stelsel niet genoemd. Dit wordt hierin IT met hoge weerstand genoemd. In NEN 3140 2011 komt het weer terug vandaar dat we hier bij de oude duidelijke naam IU blijven.

Opmerking

In de gebruiksaanwijzing is te lezen hoe een specifiek aggregaat moet worden aangesloten. Soms is een aggregaat voorzien van een isolatiebewakingstoestel, soms alleen een aardlekbeveiliging. Soms zijn ook beide beveiligingscomponenten aanwezig waarbij een omschakeling tussen TN- en IU-stelsel mogelijk is.

7.5 De aardvoorziening

Een aardelektrode is een geleidend medium dat een goede, betrouwbare elektrische verbinding moet realiseren met de aarde. Er staat in de norm niet wat dat medium expliciet moet zijn. Voor elektroden die worden aangebracht om na de bouwfase te worden gebruikt als permanente aardelektrode moet daarnaast ook rekening worden gehouden met corrosie. De elektrode moet namelijk in alle seizoenen een blijvende goede verbinding met aarde waarborgen.

7.5.1 Een tijdelijke aardelektrode, voor het aansluiten van een aggregaat

Wellicht bevindt er zich al een aardsysteem in de omgeving:

- een veiligheidsaarde van een al bestaande elektrische installatie;
- een bliksembeveiligingsinstallatie;
- een damwandprofiel.

Als u toestemming hebt om hier een verbinding op te maken en u heeft door een meting te verrichten, vastgesteld dat de aardverspreidingsweerstand voldoende laag is, dan is dit een praktische, snel te realiseren oplossing. Zorg er wel voor, dat de elektrische verbinding op het bestaande aardsysteem deugdelijk is en niet door anderen kan worden losgehaald ! Dus geen aardklemmen, zoals een lasklem, toepassen maar bijvoorbeeld een deugdelijke schroefverbinding.

Een molenklem kan worden gebruikt omdat een deugdelijke verbinding te maken. Verwijder dan wel de handel zodat onbevoegden hem niet kunnen losdraaien.



Figuur 117 Molenklem

Andere methoden voor tijdelijke aardvoorzieningen:

- Een gaatje boren in een damwandprofiel, oppervlak schoonmaken en een kabelschoen hierop monteren, geheel afdichten (verven, kitten) in verband met het voorkomen van contactcorrosie door het contact tussen verschillende metalen.
- Een aardnok lassen op een damwandprofiel.
- Voor kort gebruik van een aggregaat kan op goed geleidende grond ook gebruik worden gemaakt van een blank metalen grondboor of twee grondboren die met elkaar worden verbonden. Hierbij is uiteraard niet echt sprake van een betrouwbare verbinding, maar voor tijdelijke gebruik, onder toezicht kan het wellicht voldoen.



Figuur 118 Grondboor

Op een aggregaat bevindt zich een voorziening om de aardleiding aan te sluiten. Op de nok, zie Figuur 119, kan de aardleiding worden aangesloten die wordt verbonden met de aardelektrode.



405760AA

Figuur 119 Aansluitmogelijkheid voor de aardleiding (zie de rode pijl)

7.5.2 Andere vormen van tijdelijke aardelektroden

Wat is **niet** toegestaan:

- Een draad in het water gooien en deze beschouwen als een aardelektrode. Dit is onbetrouwbaar en kan gevaarlijk zijn voor mensen en dieren in het water.
- Een metalen gasbuis gebruiken als aardelektrode.
- Voor een permanente installatie koperen geleiders $< 16 \text{ mm}^2$ te gebruiken als elektrode (of andere metalen $< 25 \text{ mm}^2$).

7.5.3 Tijdelijke en / of permanente aardvoorzieningen

Fundatieaarding

Als het aardsysteem in een later bouwstadium ook voor de vaste installatie wordt gebruikt, dan is het dringend aan te bevelen het wapeningstaal en eventueel het staal in de heipalen elektrisch met elkaar te verbinden (doorlassen of persen) en hier met de messing aardplaat een verbinding tot buiten de (toekomstige) betonlaag te maken. Het beton moet hierbij later minimaal het staal vijf centimeter bedekken om betonrot te voorkomen. De koperdraad mag ook direct door het beton tot buiten de fundatie worden gebracht. Dit wordt een aardstek genoemd. Zie Figuur 121.



Figuur 120 Fundatieaarding. Een zogenaamde aardplaat; messing verbindingen om het staal aan te sluiten aan het aardsysteem in het gebouw; een dergelijke wapening vormt (ingegoten in het beton) een prima aardsysteem

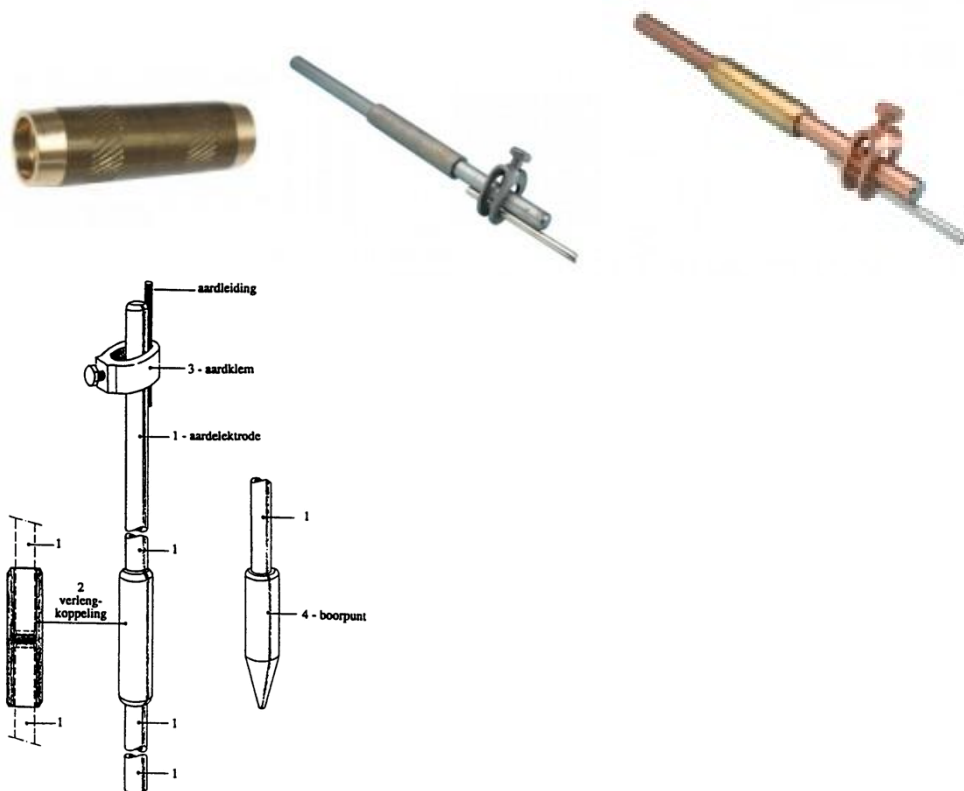


Figuur 121 Aardstek: koperdraad uit het beton

Staafvormige elektrode

Een staafvormige aardelektrode wordt veel toegepast als aardelektrode. De elektrode bestaat uit zwaar verkoperde stalen of verzinkte staven met een lengte van bijvoorbeeld 1,5 m. Deze losse staven worden met conische koppelingen van messing aan elkaar worden gedreven. Een dergelijke staaf kan met een zware hamer in de grond worden gedreven of met een kango. Wellicht kan een graafmachine hem de grond in drukken. Hierbij kan om de 3 m worden gemeten of de staaf de vereiste R_a heeft.

Raadpleeg eerst de plaatselijke beheerder op welke plaats een aardelektrode geslagen kan / mag worden. Kies hiervoor bij voorkeur een lager gelegen, vochtig stuk humusrijke grond uit. Daarna eerst een gat graven en voorprikken om zelf vast te stellen dat er ter plaatse geen leidingen in de grond liggen.



Figuur 122 Aardstaven met conische koppeling (verzinkt / verkoperd)

Draadvormige ringleiding als aardelektrode

Een koperdraad ($\geq 16 \text{ mm}^2$) kan horizontaal op een diepte van minimaal 0,6 m in de grond worden gelegd, bijvoorbeeld een ringleiding.

Draadvormige aardelektrode verticaal

Aan een stalen buis wordt een koperdraad bevestigd. Door de buis de grond in te drijven wordt de koperdraad mee de grond in getrokken.



Figuur 123 Principe van een draadvormige aardelektrode: met een persverbinding wordt de koperdraad met het indrijfmedium verbonden



Figuur 124 Zwaar verzinkte buis als aardelektrode

Ringvormige aardelektrode

Massieve corrosiebestendige geleiders kunnen ook, bijvoorbeeld als een ringleiding om het gebouw in de grond worden gelegd op een minimale diepte van 0,6 m.

7.5.4 Hoe diep in de grond moet een staaf- of draadvormige aardelektrode ?

De diepte moet zodanig zijn dat de aardverspreidingsweerstand (R_a) blijvend betrouwbaar en voldoende laag is. Met andere woorden het gaat niet om de diepte maar om de kwaliteit en de betrouwbaarheid van de elektrische verbinding naar de aarde.

De aardverspreidingsweerstand wordt vooral bepaald door de oppervlakte waarmee de elektrode contact maakt met de grond (bijvoorbeeld de indrijfdiepte en de dikte van de geleider) en de soortelijke weerstand ($\rho = \text{rho}$) van deze grond. De soortelijke weerstand hangt vervolgens af van:

- verontreinigingen in de grond (mineralen, zuren, zouten, enzovoorts);
- vochtigheidsgraad (grondwaterstand);
- type grond (zand, tuf, klei, enzovoorts).

Of de R_a -waarde voldoende laag is kan worden vastgesteld nadat de elektrode in de grond is aangebracht. Is de R_a -waarde te hoog dan moet de elektrode een (nog) groter aanrakingsoppervlak met de aarde krijgen. Dit kan door:

- een staaf dieper in de grond te drijven;
- meer staven in de grond te drijven. Bij voorkeur op ruime afstand van elkaar. Een alternatief is een zogenaamd "sterretje" slaan. Meerdere pennen onder een hoek van 45° meerdere kanten indrijven en deze onderling aan de bovenzijde verbinden;
- combinaties van de beschreven aardsystemen met elkaar te verbinden.

In Tabel 8 wordt een indruk gegeven van de grondsoort in relatie tot de aardverspreidingsweerstand en de indrijfdiepte.

Tabel 8 Grondsoort in relatie tot aardverspreidingsweerstand en indrijfdiepte

Grondsoort	ρ (Ωm)	R_a bij zes meter diepe elektrode: (Ω)	Voor $R_a = 1,5 \Omega$ is een lengte nodig van circa: (m)
Klei met zout water	10	1.7	7
Klei met zoet water	30	5	20
Laag- hoogveen	50	8	33
Leem	100	17	67
Vochtige zandgrond	200	33	133
Droge zandgrond	1000	167	667

7.5.5 Hoe laag moet de aardverspreidingsweerstand zijn ?

De maximale waarde waaraan een aardverspreidingsweerstand (R_a) voor een (tijdelijke) elektrische installatie moet voldoen hangt af van het type en de nominale stroomwaarde van de gekozen beveiligingen.

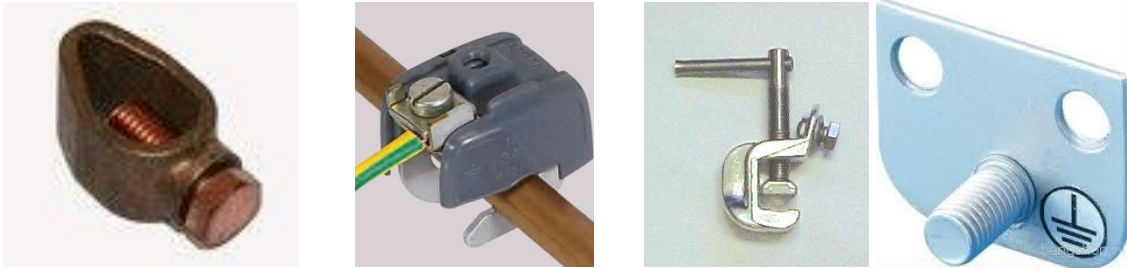
Als bij een tijdelijke installatie alle afgaande groepen zijn beveiligd door aardlek-schakelaars van 300 mA of 30 mA, dan volstaat een elektrode met een aardverspreidingsweerstand $\leq 166 \Omega$. Hoe lager de weerstand des te beter.

Zorg er wel voor dat onbevoegden de elektrode er niet uit kunnen trekken of de verbinding hiermee kunnen verbreken.

Het meten van de aardverspreidingsweerstand staat beschreven in hoofdstuk 10.

7.5.6 Het verbinden van de aardelektrode met het aggregaat; de aardleiding

De verbinding tussen de aardelektrode en het aggregaat heet de aardleiding, deze moet betrouwbaar en deugdelijk zijn. Pas hiervoor dus deugdelijke verbindingen toe en zorg dat onbevoegden deze niet kunnen los nemen. NEN 1010 bepaalt dat de minimale doorsnede voor een beschermingsleiding in deze situatie een koperen draad mag zijn $\geq 6 \text{ mm}^2$.



Figuur 125 Verbindingsmogelijkheden tussen de elektrode en de aardleiding



405759AA

Figuur 126 De verbinding tussen een aardelektrode en een aardleiding moet een goede verbinding vormen

7.6 Wanneer voldoet de veiligheidsaarding in een tijdelijke installatie aan de eisen ?

Als zich in een toestel een aardsluiting voordoet, dan moet binnen een bepaalde tijd een beveiliging aanspreken. Een beveiliging zal aanspreken als de stroom door het circuit voldoende groot is. De waarde van de stroom wordt bepaald door de weerstand van het foutstroomcircuit, kortweg de circuitweerstand (R_c) genoemd.

Uitschakeltijden zijn voor verschillende situaties vermeld in NEN 1010. Voor de meeste situaties geldt 0,4 seconden, maar dit geldt niet altijd !

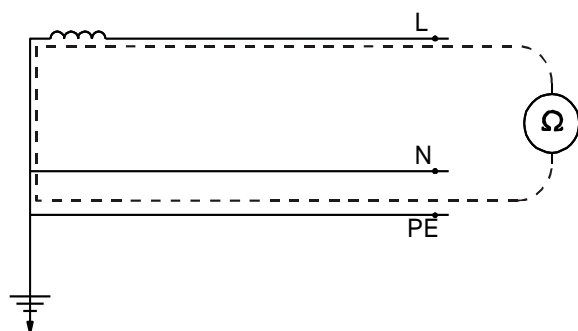
In tegenstelling tot een TN-stelsel wordt in een TT-stelsel de circuitweerstand voornamelijk bepaald door de aardverspreidingsweerstand van de twee aardelektroden.

Andere factoren die de circuitweerstand bepalen en die voor beide stroomstelsels gelden zijn:

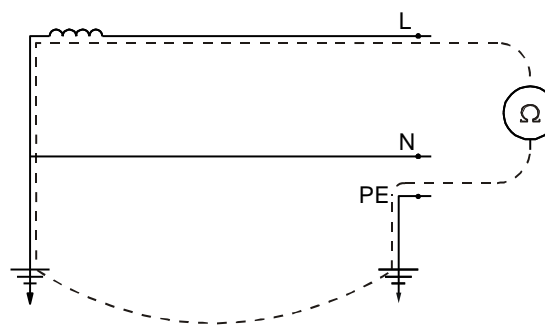
- de lengte en de doorsnede van de kabel en de weerstand;
- de kwaliteit en het aantal verbindingen in het circuit;
- de weerstand van de voeding (trafo of generatorspoel).

De weerstand van het totale circuit is uiteindelijk bepalend voor de grootte van de foutstroom. Deze weerstand van het foutstroomcircuit, de zogenaamde circuitweerstand, moet voor oplevering worden gemeten aan het einde van het circuit; waar een toestel wordt aangesloten.

Het berekenen van de maximale waarde van de circuitweerstand in een TT- en TN-stelsel is het werk van de elektrotechnicus op basis van NEN 1010. Het meten kan met een installatietester. Dit kan **niet** met een universeelmeter of een ohm-meter omdat deze meting plaatsvindt als er spanning op de installaties staat.



Figuur 127 Circuitweerstand in een TN-stelsel



Figuur 128 Circuitweerstand in een TT-stelsel

Het meten van de circuitweerstand wordt beschreven in hoofdstuk 10.

7.6.1 Potentiaalvereffening

Een eis uit NEN 1010 is dat omvangrijke geleidende constructies, zogenaamde vreemd geleidende delen, worden geaard net zoals dat bijvoorbeeld in een woning ook het geval is met de waterleiding, de gasleiding en het CV-circuit en de metalen delen in een badruimte. In bedrijven geldt ditzelfde ook voor bijvoorbeeld stalen gebouwconstructies, stalen luchtbehandelingskokers, persluchtleidingen, stalen containers, enz.

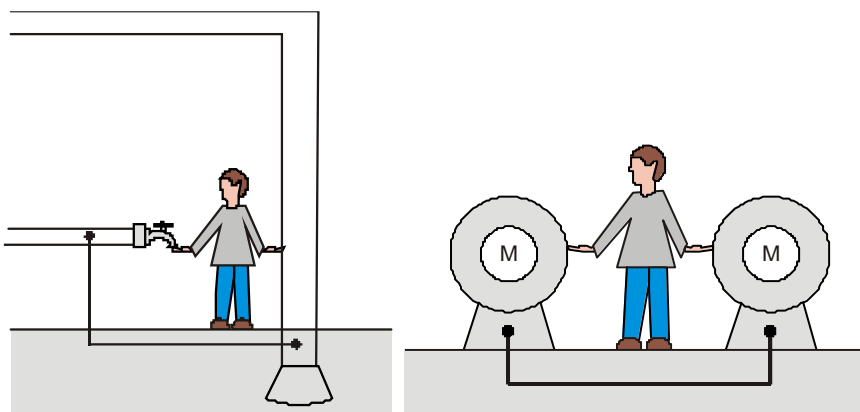


Figuur 129 Een vreemd geleidend deel zoals een stalen constructie van een gebouw, en luchtbehandelingsinstallaties moeten worden geaard

Het doel van potentiaalvereffening is het voorkomen van een potentiaalverschil (spanning) tussen twee gelijktijdig aanraakbare metalen objecten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een spanning tussen:

- de omhulling van een zaagmachine en een metalen container (zie Figuur 132);
- de steigerconstructie en de bouwliftconstructie.

Dit potentiaalverschil is te voorkomen door de verschillende geleidende materialen, zogenaamde metalen gestellen (geleidende omhullingen van elektrische arbeidsmiddelen) en vreemd geleidende delen (geleidende constructies) te vereffenen. Praktisch: Met een draad beide geleidende objecten met elkaar verbinden. Hierdoor kan er geen spanning tussen deze twee objecten staan. Daardoor kan er dan ook geen stroom lopen door een persoon als beide worden aangeraakt.



Figuur 130 Spanning tussen de metalen voorwerpen wordt voorkomen door ze onderling te verbinden met een beschermende vereffening sleiding (potentiaalvereffening)

7.6.2 Aarden van metalen containers

Een stalen container met daarin elektrisch materieel kan worden beschouwd als een metalen gestel of een vreemd geleidend deel.

Als in de container een verdeelinrichting is opgenomen zoals in Figuur 131 is afgebeeld, dan bestaat de mogelijkheid dat bij een kabelbeschadiging, een van de aders in de kabels contact maakt met het staal van de container (zie de onderzijde van de foto). De container zal dan hetzelfde potentiaal aannemen dan de betreffende ader waarmee een sluiting bestaat. Wellicht is dat de fase waardoor er dan 230 V op de stalen container staat.

In dit geval moet de container worden beschouwd als een geleidende omhulling van elektrisch materieel; een metalen gestel. Het is verplicht de container te aarden. Praktisch kan dit door alle delen van de container onderling deugdelijk te verbinden en vervolgens met de aardrail in de verdeelinrichting. De doorsnede van deze beschermingsleiding kan worden bepaald aan de hand van NEN 1010.



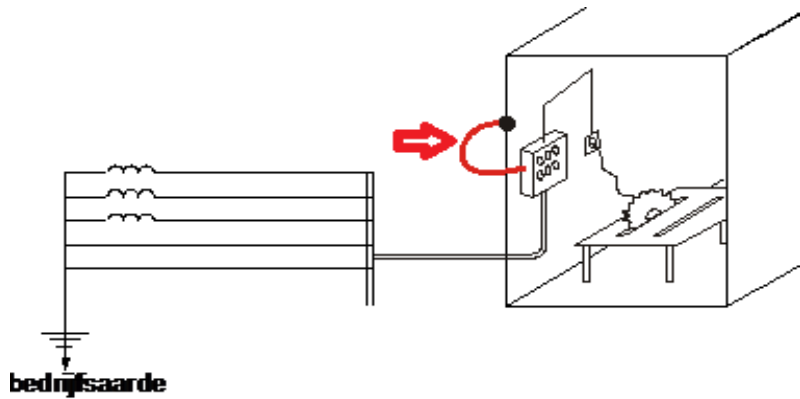
405758AA

Figuur 131 Een stalen (omhulsel) container moet worden verbonden met de aardrail van de elektrische installatie

Ook wordt soms een container gebruikt als werkplaats of voor het opslaan van materialen. Vaak bevindt zich dan een wandcontactdoos en een lichtpunt in de container. In deze situatie kan de container worden beschouwd als een vreemd geleidend deel. In deze situatie moet de container, worden vereffend met de veiligheidsaarding van de elektrisch materieel dat in of bij de container wordt gebruikt. Nu hoeft de omhulling van het elektrisch materieel niet direct met een draad met de container te worden verboden. Het kan ook praktischer. Door de aardrail in de schakel- en verdeelinrichting in de container, of bij een enkele wandcontactdoos; de beschermingsleiding met de metalen wand te verbinden wordt hetzelfde gerealiseerd.

Voorbeeld

Een zaagmachine staat opgesteld in een metalen zeecontainer. De zaagmachine en andere elektrische gereedschappen ter plekke, worden gevoed uit een schakel- en verdeelinrichting.



405754AA

Figuur 132 Elektrische installatie in een stalen container; de aardrail van de verdeelinrichting moet zijn vereffend met de stalen container

Om dezelfde reden zitten er vaak aardnokken aan de buitenzijde van een zwerfkast gemonteerd. Deze kunnen worden gebruikt om ter plekke potentiaalvereffening te realiseren.



Figuur 133 Bouwkast met een aardnok aan stalen frame, verbonden met inwendig aardrail PE. Aardnok is gemarkeerd met pictogram sticker

De vereffening sleiding die de verbinding vormt tussen de aardrail in de verdeelinrichting en het vreemd geleidend deel is in de praktijk vaak niet mechanisch beschermd en daardoor kwetsbaar. De leiding is immers niet in een buis of in een kabelgoot gelegd. De doorsnede van de vereffening sleiding moet worden gebaseerd op de doorsnede van de beschermingsleiding in de dikste voedingskabel nabij het metalen object met een minimale doorsnede van 4 mm^2 . De doorsnede van de vereffening sleiding moet minimaal de helft zijn van de doorsnede van de grootste beschermingsleiding (PE in de kabel) in de voorkomende circuits ter plekke. De doorsnede van een vereffening sleiding hoeft nooit groter te zijn dan 25 mm^2 . Dit mag uiteraard wel.

Voorbeeld

Een metalen container op de bouwlocatie moet worden vereffend met de schakel- en verdeelinrichting in de container. Stel de schakel- en verdeelinrichting wordt gevoed met (de dikste) kabel met het opschrift 5G16. De beschermingsleiding in deze kabel heeft dan een doorsnede van 16 mm^2 . De minimale doorsnede van de beschermende vereffening sleiding tussen de container en de aardrail: $A \geq \frac{1}{2} \times 16 = 8 \text{ mm}^2$. De eerst volgende handelsmaat die hiervoor geschikt is, bedraagt 10 mm^2 .

7.6.3 Aarden van steigers

Stalen steigers moeten worden geaard. De reden hiervoor en de uitvoering hiervan kan divers zijn.

Alle metalen delen van steigers dienen verbonden te zijn met een beschermingsleiding, wanneer zich op, langs, aan of boven steigers elektrische kabels of leidingen bevinden, die kunnen zijn aangesloten op een onder spanning staand elektriciteitsnet.



Figuur 134 Stalen steigers moeten worden geaard

- **Steiger nabij een hoogspanningsleiding**

Om een stroomvoerende hoogspanningsleiding heerst een wisselend elektrisch- en magnetisch veld. Op alle geleidende voorwerpen in de nabijheid van de hoogspanningsleiding, die **niet** zijn geaard komt spanning te staan. Als een stalen steiger in deze omgeving niet deugdelijk is geaard staat er per definitie dus spanning op ! De waarde hiervan hangt af de intensiteit van het veld, de afstand van de steiger tot de leiding(en) en de mate van elektrisch contact van de steigerpoten met de aarde.

Door een steiger deugdelijk te aarden wordt deze vereffend met de aarde waardoor er geen potentiaalverschil tussen de aarde en de steiger komt te staan.

Een hoogspanningstraject met daarop spanningen van bijvoorbeeld 380 kV, 220 kV, 110 kV bevinden zich overwegend bovengronds. Ook ondergronds worden volop hoogspanningsleidingen aangelegd. Hierop staat (meestal) een lagere spanning, zoals bijvoorbeeld; 10 kV, 12,5 kV, 20 kV.

De invloed van de veldsterkte ten gevolge een ondergrondse hoogspanningskabel zal op een steiger beduidend lager zijn dan die ten gevolge van een hoogspanningstraject.

In de Richtlijn Steigers is bepaald dat steigers moeten worden geaard als ze zich bevinden binnen 100 meter van een hoogspanningsleiding (horizontaal gemeten) of boven een ondergronds hoogspanningsleiding worden geplaatst.



Figuur 135 Bovenleiding hoogspanning

- **Steiger nabij een bovenleiding van tram, trein, trolleybus**
Net zoals is beschreven bij de hoogspanningsleiding heerst om een bovenleiding ook een elektrisch en magnetisch veld. Omdat de spanning hierop lager is, is de intensiteit hiervan ook minder maar ook dit veld kan een spanning opwekken in nabijgelegen geleidende materialen. In de richtlijn steigers is bepaald dat een steiger moet worden geaard als deze zich bevindt binnen 50 meter van een bovenleiding van een tram, trein of trolleybus (horizontaal gemeten).
- **Steiger op plaatsen waar statische elektriciteit en vonkvorming gevaar kan opleveren**
Ook kan een elektrisch veld ontstaan door wrijving tussen materialen waarvan er minimaal één isolerend is. Bij een wrijving tussen twee isolerende stoffen en bij een lage luchtvochtigheid is het effect extra groot. Denk hierbij aan een poeder dat door een PVC buis wordt geblazen. De buis wordt hierbij statisch geladen. Als geen ESD-maatregelen (Elektro Static discharge) worden getroffen zoals aarden, luchtbevochtigen, luchtionisatoren en dergelijke dan kunnen er forse vonken overslaan naar andere materialen. Hierdoor kan een explosie ontstaan als er brandbare stoffen in de omgeving zijn.
Een stalen steiger in de nabijheid van geladen procesmaterialen kan, net zoals bij een hoogspanningsmast ook een spanning aannemen die hinderlijk gevaarlijk kan zijn.

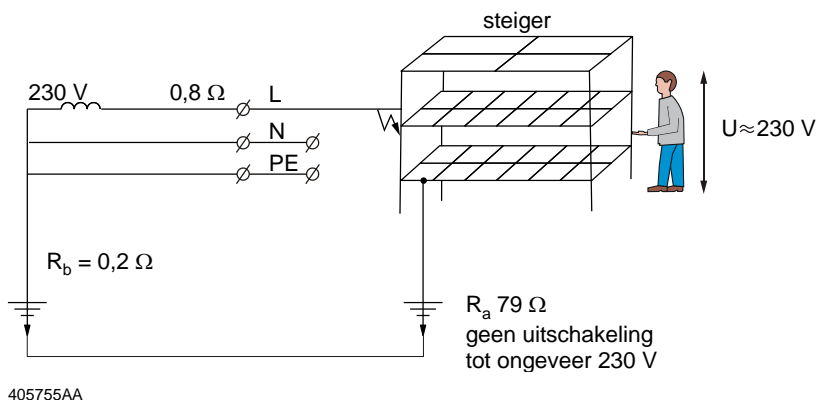


Figuur 136 ⌘ pictogram 'Gevaar Statische elektriciteit'

Voor de drie hiervoor genoemde situaties geldt dat de steiger moet worden geaard om te voorkomen dat ten gevolge van een elektrisch of magnetisch veld er spanning komt te staan op de steiger. De aarding hiervoor kan worden uitgevoerd door nabij de steiger een aardelektrode in de grond te drijven die vervolgens wordt verbonden met de steiger. De methoden om te aarden is reeds beschreven in dit hoofdstuk. Een elektrode met een aardverspreidingsweerstand lager dan 100Ω zal voor de hiervoor beschreven voorbeelden voldoende laag zijn.

- **Elektrische leidingen op en over een steiger**
Anders ligt de situatie als er op de steiger gebruik wordt gemaakt van elektrische arbeidsmiddelen of als er elektrische leidingen op de steiger liggen. Als een kabel beschadigt raakt, en een fasedraad raakt een onderdeel van de stalen steiger, dan staat er spanning op de hele steiger ten opzichte van aarde. Afhankelijk van de manier waarop de elektrische installatie is beveiligd in de verdeelinrichting kan dit een hinderlijke schok zijn of een levensgevaarlijke bedreiging en zal een beveiligingstoestel wel of niet tijdig afschakelen.

Als een steiger wordt geaard met een afzonderlijke aardelektrode, zoals dat in de drie eerder beschreven omstandigheden wordt aanbevolen, en de installatie is niet beveiligd met een 30 mA aardlekbeveiliging, dan ontstaat er een levensgevaarlijke situatie.



Figuur 137 Een steiger, geaard met een afzonderlijke aardelektrode, is onveilig

Toelichting

De weerstand van het totale circuit bedraagt 80Ω . De stroom in het circuit kan als volgt worden berekend: $I = 230 \text{ V} : 80 \Omega = 2,88 \text{ A}$.

Zowel een smeltpatroon als een installatieautomaat in de hoofdverdeelinrichting zullen bij deze minimale stroomwaarde niet aanspreken. Op de steiger staat in dit rekenvoorbeeld een spanning van $79 / 80 \times 230 \text{ V} = 227 \text{ V}$!

Staat een bouwvakker op de (natte) grond en raakt hij de steiger aan, dan is dit levensgevaarlijk ! Ook tussen een geleidend deel aan het gebouw en de steiger kan een gevaarlijke spanning staan.

Als er elektrische leidingen op een steiger lopen die **niet** zijn beveiligd door een 30 mA aardlekschakelaar, dan moet een steiger worden **vereffend** met de elektrische installatie.

Met het woord "aarden" van een steiger wordt bedoeld dat de steiger wordt vereffend met de veiligheidsaarding van de elektrische installaties (en **niet** dat voor een **veiligheidsaarding** een aardelektrode moet worden toegepast).

Om twee redenen is het aarden met alleen een aardelektrode niet toegestaan en onveilig.

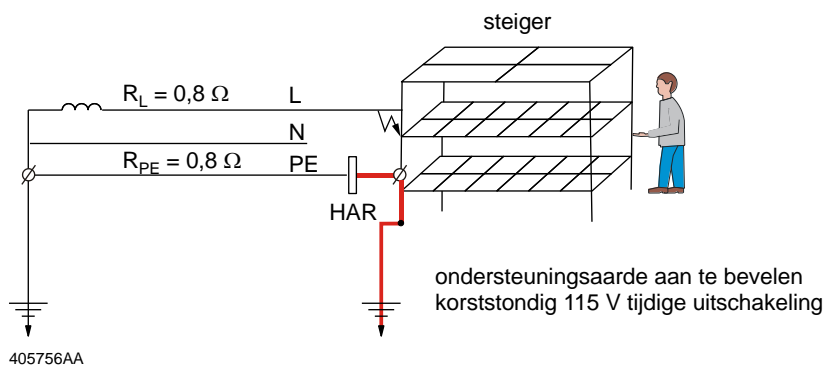
- Distributiekabels hoeven niet te zijn beveiligd met een aardlekbeveiliging van 30 mA. Als de aardverspreidingsweerstand van de elektrode bij de steiger zou moeten worden bepaald op basis van de nominale waarde van de voorbeveiliging, een smeltpatroon of installatieautomaat, dan moet de aardverspreidingsweerstand van de aardelektrode erg laag zijn (bijvoorbeeld $< 0,5 \Omega$). Praktisch betekent dit meerdere lange aardelektroden in de grond drijven die een kostbare tijdelijke aardvoorziening vormen.
- Op basis van NEN 1010 is het aan te bevelen dat de foutbescherming moet worden gerealiseerd door de overstroombeveiliging. Praktisch betekent dit, dat de installatieautomaat of een smeltpatroon tijdig de installatie moet kunnen afschakelen. De 30 mA aardlekbeveiligingen vormen een aanvullende beveiliging.

Een goede aarding is eenvoudig te realiseren met één aardnet, de veiligheidsaarding ter plekke. Praktisch is dit uitvoerbaar door de aardrail in elke schakel- en verdeelinrichting op of nabij de steiger te verbinden met de stalen steiger. Bouwkasten of zwerfkasten zijn hiervoor uitgerust met een aardnok.



Figuur 138 Aardnok op de bouwkast

Alleen een aardelektrode ter plekke in de grond drijven geeft dus **niet** een veilige situatie. **Aanvullend** op deze vereffening een aardelektrode, een hulpelektrode, bij de steiger in de grond drijven en deze met de steiger verbinden is wel aan te bevelen omdat hierdoor de grond ter plaatse ook wordt vereffend met de steiger en de aanrakingsspanning bij een mogelijk defect kleiner is. Ook kan het werken op de steiger dan als veilig worden beschouwd bij het werken in de nabijheid van leidingen die door een elektrisch- en / of magnetisch veld een spanning zouden kunnen induceren op de steiger.



Figuur 139 De steiger is ter plekke geaard met het elektrische systeem (vereffend) en aanvullend is een aardelektrode geplaatst; dit is een veilige installatie

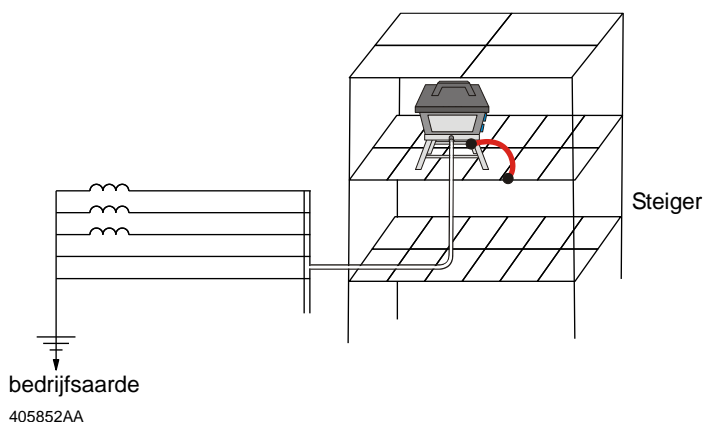
Toelichting

Stel, er doet zich een aardsluiting voor; Een fasedraad maakt contact met de steiger. De circuitweerstand bedraagt, als de steiger is verbonden met de aardrail ongeveer $1,6 \Omega$. De waarde van de stroom in het circuit bedraagt dan:

$$I = 230 \text{ V} : 1,6 \Omega = 144 \text{ A.}$$

Deze hoge stroom zal een beveiliging in een hoofdverdeler zeer snel laten aanspreken waardoor er geen gevaarlijke situatie ontstaat door het aanraken van de steiger.

Het aarden (vereffenen) van een steiger kan uit veiligheidsoverwegingen en praktisch dus het beste gebeuren door de aardnok op de bouwkasten te verbinden met de steiger. **Laat u hierover adviseren door een elektrotechnisch deskundige.**



Figuur 140 Een aardrail in de bouwkast moet worden vereffend met de steiger

De doorsnede van de beschermende vereffening sleiding kan op dezelfde manier worden bepaald als eerder is beschreven bij het vereffenen van de container (minimaal 4 mm² / minimaal ½ doorsnede aders in kabel / maximaal 25 mm²).



Figuur 141 Universele klem om bijvoorbeeld steigers te aarde (bron: Elauma)

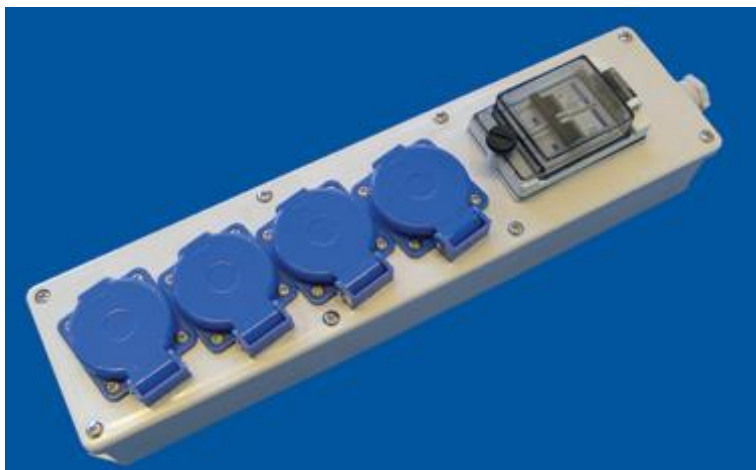
Uiteraard moet de stalen steiger één elektrische geheel vormen. Nadat een steiger is opgebouwd en daarna periodiek, moet de aarding op deugdelijkheid worden gecontroleerd. Dit is bijvoorbeeld nodig als de opbouw van de steiger is veranderd. Ook andere vreemd geleidende delen en metalen gestellen moeten met de steiger worden vereffend. Een voorbeeld hiervan is een bouwlift.

De geleidende constructie van een bouwlift moet zijn vereffend met de steiger.

Een belangrijke eis ook uit NEN 3140 is dat verplaatsbare leidingen en contactdozen in tijdelijke installaties moeten zijn beveiligd door een 30 mA aardlekbeveiliging. Deze eis geldt echter niet voor vast aangesloten distributiekabels tussen verschillende bouw-kasten.

Ook worden, in tegenstelling tot de regelgeving, vaak elektrische arbeidsmiddelen aangesloten op een in het gebouw aanwezige wandcontactdoos. Installaties in de industrie, de utiliteit en de woningbouw voor 1996 zijn overwegend niet voorzien van 30 mA aardlekschakelaars.

Als op een vaste installatie, niet beveiligd door een aardlekschakelaar, bijvoorbeeld voor een verbouwing elektrische arbeidsmiddelen worden aangesloten, dan moet een aardlekschakelaar in het circuit worden opgenomen.



Figuur 142: Contactdoos met interne aardlekschakelaar

7.6.4 Aarden van een torenkraan

Een torenkraan kan worden beschouwd als een elektrisch arbeidsmiddel klasse 1. Normaal maken de stalen onderdelen van het frame onderling goed elektrisch contact. Omdat de kraan wordt beschouwd als een vreemd geleidend deel behoort de aardrail in de voedingskast te zijn vereffend met de stalen kraanconstructie op een manier zoals is toegelicht bij stalen containers en bij steigers. Daarnaast zijn de omhullingen van de elektromotoren, die ook zijn geaard, met deze constructiedelen verbonden.



Figuur 143 Torenkraan

Mocht zich in de kraan een aardsluiting voordoen tussen een fasedraad en de metalen constructie, dan tript razendsnel de beveiliging.

Een torenkraan steekt vaak uit boven de omgeving. Er bestaat daardoor een reële kans dat een torenkraan wordt getroffen door een blikseminslag. Als alle metalen delen van de ruimte waarin de machinist zich bevindt onderling goed zijn verbonden, kan de ruimte worden beschouwd als een kooi van Faraday en bestaat er geen levensbedreigende situatie voor de machinist.

De elektrische installatie in de kraan en de elektrische installatie op de bouwplaats zullen worden beschadigd indien er geen maatregelen worden getroffen.

Een veiligheidsaarding kan niet worden beschouwd als een bescherming tegen blikseminslag.

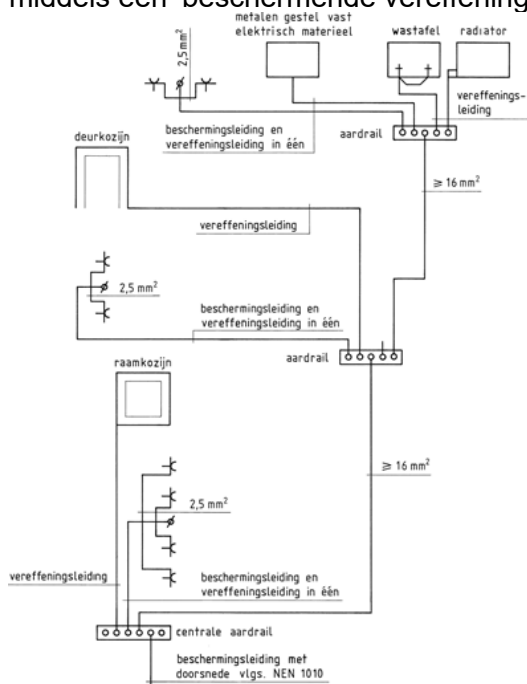
Een bliksemstroom is een stroompuls met een maximale waarde van bijvoorbeeld 100.000 A ! Bij een directe blikseminslag in de kraan, kan de complete elektrische installatie in de kraan worden vernield. Ook de schakel- en verdeelinrichtingen in de voeding kunnen dan zwaar worden beschadigd.

Met een passende bliksembeveiligingsinstallatie is schade wel te voorkomen.

Een dergelijke installatie bestaat uit een aardsysteem; meerdere aardelektroden, die ter plekke bij de kraan in de aarde zijn gedreven. Aanvullend moeten overspanningsbeveiligingen in de verdeelinrichting op de kraan en in de bouwkast (de voeding) worden aangebracht. Het aanbrengen van dergelijke systemen is maatwerk. Aardingsbedrijven kunnen hiervoor passende maatregelen treffen.

7.6.5 Aarden van water- en gasleiding in bouwkeet / units

Wanneer waterleidingen in bouwketen / units van koper, CV- leidingen van staal en of gasleidingen van staal of koper zijn; dienen deze metalliek verbonden te worden met de 'hoofdaardrail'. Dit om te voorkomen dat water- gas- en of CV leidingen door een defect in het daarop aangesloten toestel onder spanning komen te staan; zal de spanning snel uitgeschakeld worden. Onderstaand figuur geeft schematisch aan hoe deze leidingen middels een 'beschermende vereffening' aangesloten worden op de 'hoofdaardrail'.



Figuur 145: Potentiaalvereffening

Wat ook van belang is, zijn de invloeden op de netspanning van buitenaf, waardoor er aandacht besteed dient te worden aan eventuele 'overspanningsbeveiliging' in de voeding van de bouwkeet / units

7.7 Maximale waarde van de circuitweerstand R_c

Maximale waarde van de circuitweerstand (R_c) in TN- of TT-stelsel op een eindgroep
Uitgaande van $t = 0,4$ s en $U = 230 / 400$ V.

In de tabel wordt in de kolom smeltpatroon en installatieautomaat bedoeld een maximale R_c waarbij de groep niet is beveiligd door een aardlekbeveiliging.

Tabel 9 Maximale waarde van de circuitweerstand R_c gemeten op het uiteinde van het elektrische circuit

Beveiliging In (A)	Smeltpatroon D snel gF		Smeltpatroon D traag gG		Installatie automaat B		Installatie. automaat C		Aardlek- schakelaar	
	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A) =	R_c (Ω)
16	77	3,00	99	2,32	80	2,88	160	1,44	30 mA	166
20	99	2,32	145	1,59	100	2,30	200	1,15	300 mA	166
25	135	1,70	180	1,28	125	1,84	250	0,92	500 mA	100
35	165	1,39	275	0,84	175	1,31	350	0,66		

50	240	0,96	385	0,60	250	0,92	500	0,46	
63	350	0,66	450	0,51	315	0,73	630	0,37	
<p>Grotere waarden D of mespatronen R_c zijn niet nauwkeurig te meten. Waarden gebaseerd op karakteristieken Weber. I_a + 10% tolerantie, met R_c = 230 V : I_a.</p>									

8. NEN 3140

8.1 Inleiding

In het Arbo-besluit staat beschreven dat: *“Elektrotechnische (bedienings)-werkzaamheden die gevaren kunnen opleveren moeten worden uitgevoerd door deskundige, voldoende onderrichte en daartoe bevoegde personen”*.

Voor veilig werken, inspectie en onderhoud en het beheer van laagspanningsinstallaties geldt de Europese norm NEN-EN 50110-1 met voor Nederland de aanvulling NEN 3140 1998 met de titel: “bedrijfsvoering van elektrische installaties”. Deze twee normen zijn gebundeld in één uitgave SPE 3140. Als wordt gesproken over NEN 3140 dan wordt daar de normbundel mee bedoeld.

Zowel NEN EN 50110-1 als NEN 3140 worden in de Arbobeleidsregels vermeld als “normen om te voldoen aan de Arbo-wet”. De Arbeidsinspectie hanteert de bepalingen uit deze normbundel als criteria voor de veilige bedrijfsvoering van en werkzaamheden aan, met of nabij elektrische installaties.

In SPE 3140 staat bijvoorbeeld beschreven:

- eisen die aan medewerkers worden gesteld ten aanzien van opleiding en kwalificatie;
- de wijze waarop taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden door middel van een aanwijzing moeten worden vastgelegd;
- eisen aan het gebruik van elektrische gereedschappen, hulpmiddelen en beschermingsmiddelen;
- eisen aan de voorbereiding van werkzaamheden;
- de toepassing van werkopdrachten, onderhoudsprocedures, werkprocedures en werkvergunningen;
- de toegang tot technische ruimten;
- de wijze waarop gecommuniceerd moet worden naar medewerkers;
- de eisen die worden gesteld aan een werkomgeving in relatie tot elektrische gevaren;
- inspectie en beproeving van elektrische installaties en toestellen;
- op welke wijze werkzaamheden aan diverse elektrische installaties uitgevoerd moeten worden.



Figuur 146: NEN 3140 2011. Vervangt NEN 3140 1998 en SPE 3140 1998

Achtereenvolgens worden enkele relevante gedeeltes uit NEN 3140 beschreven.

8.2 Periodieke instructie voor medewerkers die worden blootgesteld aan risico's van elektrotechnische aard

Medewerkers moeten op de hoogte worden gebracht van de mogelijke gevaren die bij uiteenlopende elektrische werkzaamheden en werkzaamheden met risico's van elektrotechnische aard kunnen optreden omdat werken met elektriciteit als een bijzonder risico wordt beschouwd.

Hierbij wordt in eerste instantie vaak alleen gedacht aan medewerkers die daadwerkelijk aan elektrische installaties werken. De doelgroep is echter breder. Denk ook aan medewerkers die:

- accu's vervangen (bijvoorbeeld in een heftruck);
- in elektrotechnische ruimten of bouwkasten mogen komen;
- thermische beveiligingen resetten;
- smeltpatronen vervangen in een verdeelinrichting;
- elektrische arbeidsmiddelen inspecteren;
- tijdelijke installaties opstellen;
- aanpassingen doen in een tijdelijke installatie;
- inspecties verrichten in tijdelijke installaties.



Figuur 147

Op het gebied van kennis en kunde geldt “stilstand is achteruitgang”. Medewerkers vergeten op den duur datgene wat ze hebben geleerd over veilig werken en omgaan met elektrische installaties en arbeidsmiddelen. Soms sluipen gevaarlijke gewoonten in. De werkgever is daarom volgens NEN 3140 verplicht elke medewerker periodiek te instrueren over de specifieke risico's bij zijn werkzaamheden en het voorkomen van ongevallen. Hierbij gaat het dan in NEN 3140 om risico's bij elektrotechnische werkzaamheden of werkzaamheden met of nabij elektrisch materieel.

In NEN 3140 staat beschreven dat er een specifiek opleidingsprogramma moet worden opgesteld om de kennis en vaardigheden op peil te houden. Deze opleiding moet representatief zijn voor de uit te voeren werkzaamheden.

Alle medewerkers die op een of andere manier worden blootgesteld aan “elektrotechnische risico's” moeten dus worden geïnstrueerd:

- bij indiensttreding;
- zo vaak als nodig; bijvoorbeeld na een incident of als op basis van toezicht blijkt dat werkzaamheden niet veilig verlopen.
- Periodiek. De werkverantwoordelijke bepaalt dat aan de hand van een tabel in de NEN 3140 met negen relevante factoren een termijn; praktisch variërend tussen de één en vier jaar. Zie Tabel 10.

Ook kan het noodzakelijk zijn medewerkers bij te scholen. Bijvoorbeeld om andere, nieuwe werkzaamheden te verrichten aan installaties, machines, toestellen en dergelijke.

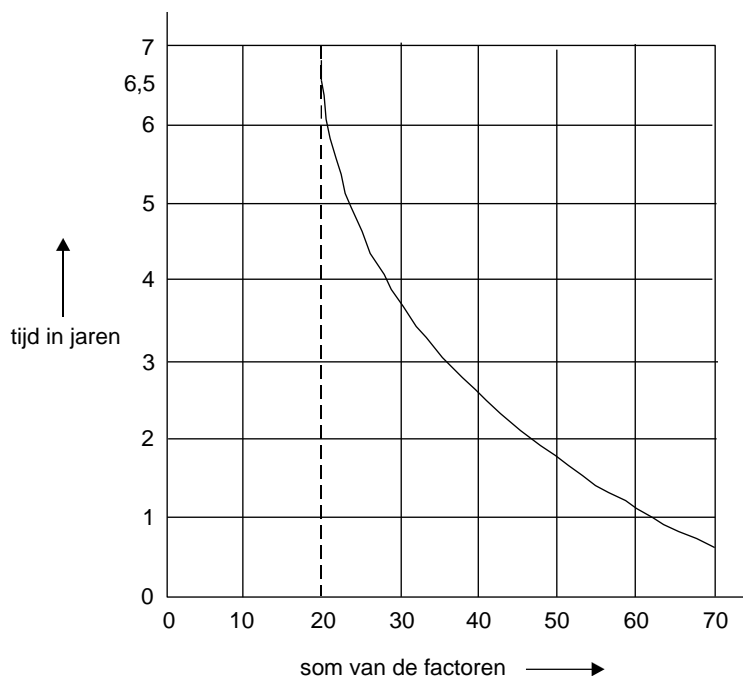
Op basis van de gewenste taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden moet de werkverantwoordelijke (WV) steeds afwegen of de medewerker beschikt over de vereiste kennis, kunde en veiligheidskennis voor een taak. In NEN 3140 staat een tabel en grafiek vermeld (Tabel 10 en Figuur 144) waarmee de trainingsfrequentie kan worden bepaald.



Tabel 10: Bepalen van de tijd tussen twee opeenvolgende instructie

Gevaar aspect	Weging	Wegingsfactor	Resultaat
1. Mate van ervaring met de werkzaamheden met een E-risico	Veel	2	
	Weinig	8	
3 De aard van de werkzaamheden met een E-risico.	Eenvoudig	2	
	Gemiddeld	4	
	Complex	8	
4 Hoe vaak worden de werkzaamheden verricht ?	Zelden	5	
	Regelmatig	2	
	Vaak	5	
5 Letselschade bij falen treft:	Alleen uitvoerende	5	
	Ook anderen	10	
6 Werkomstandigheden zijn:	Meestal volledig spanningsloos	2	
	Regelmatig in de onmiddellijke nabijheid van delen onder spanning	5	
	Zo nu en dan onder spanning	10	
7 Omgeving van de werkplek is:	Overzichtelijk weinig gevaren	2	
	Onoverzichtelijk veel gevaren	8	
8 Mate van toezicht door de werkverantwoordelijke.	Zelden	5	
	Regelmatig	3	
	Voortdurend	1	
9 Mate van verandering van Werkzaamheden.	Weinig	5	
	Regelmatig	2	
10 Is er ervaring met (bijna) E- ongevallen ?	Geen info	10	
	Geen sprake van ernstige (bijna) ongevallen	2	
	Een of meer ernstige ongevallen	10	
Totaal: Optelsom van de negen gekozen getallen			

Omgaan met de tabel: Kies bij elk van de negen gevaaraspecten de weging die past bij de medewerker of groep van medewerkers. Het bijbehorende getal kan rechts bij resultaat worden vermeld. Tel uiteindelijk de negen cijfers op en vermeld de som rechtsonder. In de grafiek (Figuur 144) kan de termijn worden bepaald. Bijvoorbeeld bij een som van 40 hoort een instructietermijn van 2,5 jaar. Dat betekent dat de werkgever moet aantonen dat de medewerker om de circa 2,5 jaar geïnstrueerd wordt over de E-gevaren en het voorkomen van ongevallen.



300785AA

Figuur 144: De tijd tussen twee opeenvolgende instructies

8.3 Aanwijsbeleid

De werkgever is verplicht te borgen dat medewerkers alleen datgene doen waar ze bekwaam en geïnstrueerd voor zijn. Schriftelijk moet worden vastgelegd in een document wie welke werkzaamheden met een elektriciteitsrisico in welke omgeving en met welke middelen mag doen. De schriftelijke bevoegdheid die tussen werkgever en werknemer tot stand komt wordt een aanwijzing NEN 3140 genoemd.

Een aanwijzing is een document waarmee de werkgever de (elektrotechnische) bevoegdheden van elke betreffende medewerker vastlegt die bloot wordt gesteld aan E-risico's. In het document staan de werkzaamheden waartoe de medewerker bevoegd is met name genoemd. Een medewerker mag alleen maar bevoegd worden gesteld voor die werkzaamheden met een elektriciteitsrisico waarvoor hij voldoende kennis, kunde en veiligheidskennis heeft! Door middel van het ondertekenen van de aanwijzing geeft de medewerker aan, dat hij de vermelde taken naar behoren veilig kan uitvoeren.

Aanwijzingen krijgen een **titel** op basis van een elektrotechnisch niveau:

- **VOP**
Voldoend onderricht persoon (voor medewerkers zonder elektrotechnische beroepsopleiding maar wel een specifieke relevante instructie).
- **VP**
Vakbekwaam persoon (niveau monteur elektrotechniek of gelijkwaardig).
- **WV**
Werkverantwoordelijke (niveau technicus elektrotechniek of gelijkwaardig).
- **IV**
Installatieverantwoordelijke (niveau technicus elektrotechniek of gelijkwaardig).

Formeel geeft de werkgever de aanwijzingen aan de betreffende medewerkers. De werkgever is immers verantwoordelijk voor de veiligheid van alle medewerkers. Vaak

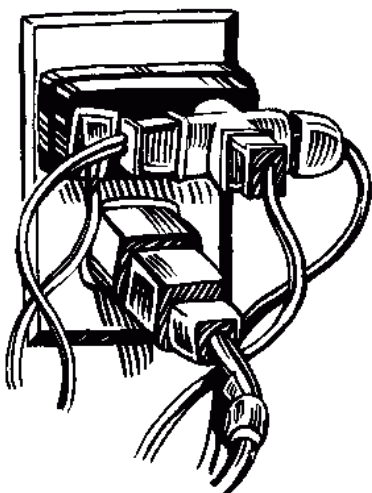
wijst de directie de werkverantwoordelijke (WV) en installatieverantwoordelijke (IV) aan. De werkverantwoordelijke krijgt vervolgens vaak de bevoegdheid om uitvoerende medewerkers aan te wijzen als vakbekwaam persoon (VP) en voldoende onderrichte personen (VOP) in naam van de directie.

In een aanwijzing mogen alleen die taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden worden vermeld, waarvan de "aanwijzer" kan stellen dat de werknemer hiervoor voldoende kennis, kunde, ervaring en veiligheidskennis heeft.

Als het aanwijsbeleid binnen een onderneming is geïmplementeerd, moet een leidinggevende er vervolgens op toezien, dat er binnen het kader van de aanwijzing wordt gewerkt.

Alle medewerkers die te maken hebben met werkzaamheden waarbij sprake is of kan zijn van een elektriciteitsrisico, moeten dus op de hoogte zijn van de mogelijke elektrische gevaren en leren om hier op een veilige manier mee om te gaan.

Medewerkers die niet zijn geïnstrueerd en niet zijn aangewezen, worden als leek betiteld. Een leek mag dus geen werkzaamheden doen waarbij sprake kan zijn van een elektriciteitsrisico. Hij mag geen elektrotechnische ruimten betreden, beveiligingen vervangen, aanpassingen doen aan de elektrische installatie e.d. Ook voor het opstellen van een tijdelijke installatie is inhoudelijke elektrotechnische kennis nodig. Helaas ontbreekt het daar nogal eens aan waardoor er een gevaarlijke situatie op de werkplek kan ontstaan.



Figuur 145 Sommige bouwvakkers zijn creatief in het verkrijgen van spanning op een toestel. Het werkt toch? Een instructie is hiervoor op zijn plaats

Voorbeelden van medewerkers die als VOP geïnstrueerd en aangewezen moeten zijn, zijn bijvoorbeeld medewerkers die de volgende werkzaamheden verrichten:

- elektrisch lassen;
- schoonmaken in een omgeving met elektrische machines;
- werken met elektrische arbeidsmiddelen in een vochtige omgeving, accuimte, nauw geleidende ruimte, ATEX-ruimte en overige ruimten met een verhoogd gevaar;
- het vervangen van lampen, smeltpatronen (zekeringen), motoren, contactstoppen;
- het installeren en controleren van tijdelijke installaties;
- elektrotechnische werkzaamheden in en aan installaties;
- niet-elektrotechnische werkzaamheden: werkzaamheden in de nabijheid van elektrotechnische installaties, in technische ruimten zoals schoonmaken, schilderen en dergelijke bijvoorbeeld de muren schilderen in een transformatorruimte;
- enzovoort.



Figuur 146: Elektrisch lassen alleen met aanwijzing VOP

In NEN 3140 worden de volgende niveaus van aanwijzingen beschreven:

- voldoende onderricht persoon (VOP);
- vakbekwaam persoon (VP);
- installatieverantwoordelijke (IW);
- werkverantwoordelijke (WV).

Relevant is overigens niet de naam van de aanwijzing maar de inhoudelijke tekst die op de aanwijzing staat vermeld. Deze tekst moet duidelijk het kader beschrijven van werkzaamheden, bevoegdheden en verantwoordelijkheden van een medewerker.

Opmerking:

Een aanwijzing met de tekst “Hierbij wijs ik u aan als vakbekwaam persoon in het kader van NEN 3140. U bent bevoegd tot het verrichten van voorkomende elektrotechnische werkzaamheden” is een nietszeggende aanwijzing, een “papieren tijger”. Bespaar het werk en het papier.

Achtereenvolgens worden de verschillende aanwijsbenamingen of titels van aanwijzingen toegelicht.

8.4 Voldoend onderricht persoon

Een voldoende onderricht persoon moet op de hoogte zijn van de gevaren die door

elektriciteit kunnen voorkomen in zijn werkomgeving. Door voldoende instructie moet de persoon de gevaren herkennen en kunnen handelen om gevaren te voorkomen. Een voldoende onderricht persoon hoeft geen specifieke elektrotechnische vakopleiding genoten te hebben, uiteraard wel zijn geïnstrueerd voor die taak of taken waartoe hij bevoegd wordt gesteld. Hij mag dan ook uitsluitend die elektrotechnische werkzaamheden verrichten die hij veilig kan verrichten en die in zijn aanwijzing zijn omschreven. Een voldoende onderricht persoon mag daarom ook uitsluitend bevoegd worden gesteld voor specifiek beschreven eenvoudige elektrotechnische en niet-elektrotechnische werkzaamheden².

Na een specifieke instructie bijvoorbeeld:

- vervangen van een smeltpatroon in een eindgroep;
- aansluiten van een contactstop aan een leiding;
- bedienen van installatieautomaten en aardlekschakelaars in bouwkasten;
- vervangen van lampen;
- verplaatsen van kabels onder spanning;
- resetten van thermische beveiligingen;
- periodiek controleren van elektrische handgereedschappen;
- vervangen van een elektromotor.



Figuur 147 Een creatief bord. Op diverse werkplekken worden leken (medewerkers zonder een aanwijzing) niet toegelaten. Denk hierbij aan technische ruimten

8.5 Vakbekwaam persoon

Een vakbekwaam persoon moet een relevante elektrotechnische vakopleiding hebben genoten en voldoende ervaring hebben waardoor hij in staat is om gevaren te voorkomen die door elektriciteit kunnen worden veroorzaakt. Elektromonteurs kunnen bijvoorbeeld een aanwijzing als vakbekwaam persoon krijgen. Op de aanwijzing staat dan in welke installaties zij bevoegd zijn tot bepaalde werkzaamheden.

Een monteur die huisinstallaties maakt, een brandmeldinstallatie aanlegt of een inspecteur op een bouwplaats kunnen allemaal worden aangewezen als VP. De taak en de daarvoor benodigde kennis is echter wezenlijk anders. Ofwel *de* vakbekwame persoon bestaat niet ! Het is alleen de titel van de aanwijzing.

² Niet-elektrotechnische werkzaamheden zijn werkzaamheden met een elektriciteitsrisico maar niet werken aan de elektrische installatie. Voorbeelden zijn schoonmaken, graven, schilderen en lassen in de nabijheid van een distributie transformator.



Figuur 148 Waarschuwbord

8.6 Installatieverantwoordelijke

Een Installatieverantwoordelijke is een persoon die direct verantwoordelijk is voor de bedrijfsvoering van de elektrische installatie. Hij is de beheerder en moet alles doen om te zorgen dat de installatie veilig is en veilig blijft. Een installatieverantwoordelijke is een medewerker met een middelbare of hogere elektrotechnische beroepsopleiding; een technicus.

Op een aanwijzing IV moet staan vermeld voor welke installatie de betreffende medewerker de verantwoordelijkheid draagt. Hij kan bijvoorbeeld worden aangewezen als IV voor de elektrische arbeidsmiddelen op de bouwplaats of de tijdelijke installatie of in een (gedeelte) van een gebouw.

Bij zeer omvangrijke installaties kunnen meerdere installatieverantwoordelijken zijn aangesteld, ieder voor een gedeelte van de installatie. Wel moet dan duidelijk zijn wie voor welk gedeelte van de installatie verantwoordelijk is.

Taken van een installatieverantwoordelijke zijn bijvoorbeeld:

- periodieke inspecties organiseren en (laten) uitvoeren;
- actualiseren en organiseren van het pakket tekeningen;
- selecteren van nieuw elektrisch materiaal;
- installatieontwerpen beoordelen
- eventueel installaties (laten) ontwerpen;
- toestemming geven tot in- of uitschakelen van een installatie;
- toestemming geven voor aanpassingen aan de installatie;
- overleg voeren met de werkverantwoordelijke;
- omgevingsinvloeden beoordelen.

Op een bouwlocatie moet duidelijk zijn wie de installatieverantwoordelijke is voor de (tijdelijke) elektrische installatie en de elektrische arbeidsmiddelen. Dit moet schriftelijk vastliggen en is een onderdeel van het V&G-plan.

Als de bouwer van de tijdelijke elektrische installatie een ander bedrijf is dan het aanneembedrijf ter plekke, dan moet schriftelijk worden vastgelegd wie het beheer voert van deze installatie. Ditzelfde geldt als er nog meer partijen zijn betrokken bij de totstandkoming of het gebruik van een tijdelijke installatie. Denk bijvoorbeeld aan een aggregatenleverancier.

Verwacht van een leverende partij de schriftelijke bevestiging dat de installatie veilig is voordat hij wordt overgedragen aan gebruikers op de bouwlocatie. Een inspectierapport waarin de veiligheid wordt aangetoond, is een wettelijke verplichting die vaak wordt

vergeten.

8.7 Werkverantwoordelijke

Een werkverantwoordelijke is door de werkgever aangewezen als “leidinggevende organisator” zodat medewerkers veilig hun elektrotechnische werkzaamheden kunnen verrichten. Een werkverantwoordelijke is een medewerker met een middelbare of hogere elektrotechnische beroepsopleiding; een technicus.

Taken van de werkverantwoordelijke die op zijn aanwijzing kunnen staan vermeld zijn bijvoorbeeld:

- ontwikkelen van werkprocedures;
 - opzetten van werkvergunningen;
 - overleg voeren met de installatieverantwoordelijke;
 - overleg voeren met verantwoordelijken op de werkplek voor de planning en organisatie;
 - organiseren van de noodzakelijke veilige hulpmiddelen, gereedschappen, meetinstrumenten, tijdelijke installaties, beschermingsmiddelen enzovoorts;
 - verdelen van het werk naar de juiste medewerkers op basis van de aanwijzingen;
 - instrueren van de medewerkers over veiligheidsaspecten die de medewerkers mogelijk zelf niet herkennen;
 - tijdens het werk toezicht houden op de naleving van de instructies, procedures en dergelijke;
 - afwegen op welke manier elektrotechnische werkzaamheden veilig kunnen verlopen.
- Kortom, hij moet er voor zorgen dat werkzaamheden veilig worden verricht door ze goed voor te bereiden en te controleren.

Bij omvangrijke werkzaamheden kan hij binnen een groep van medewerkers een persoon aanstellen die (tijdelijk) werkverantwoordelijk is voor de veiligheid op de werkvloer. De werkverantwoordelijke speelt dan een coördinerende rol tussen deze personen.

Opmerking:

De aanwijzing werk- en installatieverantwoordelijke kan ook aan één medewerker worden gegeven. Een WV of IV zijn managers verantwoordelijk voor een elektrotechnisch organisatiebeleid. Een dergelijke taak is niet zonder meer weggelegd voor een ervaren monteur. Het zijn immers wezenlijk andere functies.

De werkgever mag pas een aanwijzing aan de medewerker geven, als hij overtuigd is dat de medewerker voldoende kennis, kunde, inzicht en vaardigheden heeft om het werk veilig en correct uit te voeren. Een medewerker tekent de aanwijzing als hij dat zelf ook zo vindt, kortom zichzelf inderdaad in staat acht de taken veilig en vakkundig te verrichten.

8.8 Het opstellen en geven van een aanwijzing

Een aanwijzing moet worden opgesteld voor elke medewerker die te maken kan krijgen met gevaren van elektriciteit en waar een gezagsrelatie mee is in het kader van de Arbo-wet. Dit zijn:

- eigen medewerkers
- ter beschikking gestelde medewerkers zoals inleenkrachten, ZZP-ers, stagiaires, etc.

Het document, de aanwijzing, moet tenminste de volgende aspecten bevatten:

- Naam, geboortedatum van de persoon aan wie de aanwijzing wordt gegeven.
- De functie van de persoon binnen de afdeling.
- De ingangsdatum en eventueel de einddatum van de aanwijzing.
- De persoonsbenaming VOP, VP, IV of WV.
- Voor welke (delen) van de installatie de aanwijzing van toepassing is.
- Welke werkzaamheden de persoon in de genoemde ruimten mag doen.
- Welke verantwoordelijkheden en bevoegdheden de persoon toegewezen krijgt.
- Over welke gereedschappen, hulpmiddelen en beschermingsmiddelen de medewerking de beschikking krijgt.
- De plaats en datum van aanwijzing.
- De naam en functie van de persoon die de aanwijzing verstrekt.
- Handtekening van de medewerker en opsteller.

Door het geven van een aanwijzing krijgt de werknemer de bevoegdheid bepaalde werkzaamheden in een bepaalde omgeving te verrichten. Ook zijn bevoegdheden en verantwoordelijkheden worden in de aanwijzing vastgelegd.

Als de werknemer de overeenkomst ondertekent, dan verklaart hij daarmee dat hij ook de bevoegdheid en de verantwoordelijkheid kan dragen. Deze overeenkomst heeft juridische geldigheid maar let wel, het gaat niet om een "papieren tijger". De leidinggevende kan hiermee niet de verantwoordelijkheid afschuiven op een werknemer. Als de werkcultuur binnen de organisatie niet conform de regelgeving is (georganiseerd), dan valt de werknemer weinig te verwijten. De werkgever en uitvoerende leidinggevenden kunnen strafrechtelijk worden vervolgd bij nalatigheid.

Toezicht door de leidinggevende (de werkverantwoordelijke) moet, ook volgens de Arbeidsinspectie, aantoonbaar zijn !



Opmerking

Zelden is er een ongeval waarbij de schuld puur ligt bij de medewerker. De reden waarom het ongeval kon gebeuren, is dan de vraag.

Cultuur, gewoonten, gehaast werken door tijdgebrek, niet de goede materialen of gereedschappen aanwezig, werkprocedures ontbraken, enzovoort. Dit zijn allemaal voorbeelden van een slechte organisatie waar de leidinggevenden verantwoordelijk voor zijn !

Spanningsloos werken: "dat kan niet" denken sommigen. Jaarlijks gebeuren er diverse ernstige ongelukken met elektriciteit omdat er even onder spanning werd gewerkt.

Werken aan en in de nabijheid van elektrische installaties onder spanning is verboden !

Het voorkomen van persoonlijk letsel moet de drijfveer zijn om niet onder spanning te (willen) werken. Een schadeclaim zou de volgende moeten zijn. Schade ontstaan door het overtreden van de wet wordt in het algemeen niet door een verzekeraar vergoed.

8.9 Werkzaamheden met derden

Door de flexibilisering van arbeid worden werkzaamheden in toenemende mate uitgevoerd door inleenkrachten, uitzend- / detacheringkrachten, enzovoort.

Deze werknemers zijn zelfstandige ondernemers of hebben een verschillende werkgever en opdrachtgever en zijn werkzaam voor verschillende ondernemingen. In dergelijke gevallen kan er onduidelijkheid bestaan over de vraag wie nu verantwoordelijk is voor de veiligheid van de betreffende medewerker. Er kan van onjuiste veronderstellingen worden uitgegaan.

Algemeen staat in de Arbo-wet vermeld dat een werkgever de primaire verantwoordelijkheid draagt voor personen die:

- in zijn dienst zijn of in dienst van de onderneming zijn;
- hem ter beschikking zijn gesteld in verband met werkzaamheden;
- op het terrein aanwezig zijn ten aanzien van de algemene risico's.

In NEN 3140 staat beschreven dat beide werkgevers sluitende afspraken moeten maken met elkaar over de aanwijzing bij het verrichten van elektrotechnische werkzaamheden. Werkverantwoordelijken, installatieverantwoordelijken, vakbekwame personen en voldoende onderrichte personen moeten door de inlener schriftelijk worden aangewezen.

Hoe de verantwoordelijkheden nu precies moeten worden vastgelegd schrijft de norm niet voor. Omdat vaak sprake is van een "grijs gebied" is het belangrijk om verantwoordelijkheidsaspecten op voorhand in de overeenkomst tussen beide partijen op te nemen.

Enkele aandachtspunten bij het inlenen van medewerkers:

- Instrueer de medewerker ook over alle niet elektrische gevaren die binnen de onderneming een rol kunnen spelen. Voorbeelden zijn de geluidssterkte, luchtkwaliteit, lichtintensiteit, vallende voorwerpen en dergelijke. Zorg ervoor dat de medewerker de gevaren herkent, stel passende hulpmiddelen beschikbaar en stel periodiek vast dat de medewerker conform de veiligheidsvoorschriften werkt.
- Vraag naar het elektrotechnisch kennis- en kundeniveau van een inleenkracht. Laat dit onderbouwen met diploma's, certificaten, cv en dergelijke.
- Laat een inleenkracht alleen dat werk doen waarvoor hij capabel is.
- Begeleid een inleenkracht, vooral in het begin, zodat de praktische kennis en kunde ook wordt vastgesteld door een toezichthoudend persoon.

Enkele aandachtspunten bij het laten werken van medewerkers op locatie:

- De opdrachtgever moet samen met de werkgever van de uitvoerende medewerkers overleggen op welke wijze de veiligheid wordt gewaarborgd. Sommige bedrijven hanteren daarbij een schriftelijke rapportage, bijvoorbeeld een “projectrisico-inventarisatieformulier”.
- De opdrachtgever moet de werkgever op de hoogte stellen van:
 - de van toepassing zijnde veiligheidsvoorschriften binnen zijn bedrijf;
 - de omgevingsomstandigheden waarmee rekening moet worden gehouden.

In sommige gevallen treffen opdrachtgevers zelf veiligheidsmaatregelen voor elektrotechnische werkzaamheden. In zo'n geval mag pas met de uitvoering van werkzaamheden worden begonnen, nadat de medewerkers voldoende zijn overtuigd van de getroffen veiligheidsmaatregelen.

Het is aan te bevelen om afspraken over de “verdeling” van de verantwoordelijkheid tussen werkgevers in offertestadium schriftelijk vast te leggen om onduidelijkheden te voorkomen.

8.10 Elektrotechnische ruimten

Een installatieverantwoordelijke is verantwoordelijk voor het beheer van ruimten waarin een elektrotechnische gevaarbron aanwezig is, een zogenaamde elektrotechnische ruimte. Dit zijn ruimten, panelen en kasten met daarin elektrische componenten die een potentieel gevaar vormen voor elektrocutie of waarin door kortsluiting een vlamboog kan ontstaan. Onder een elektrotechnische ruimte kan dus worden verstaan een zodanig grote ruimte waar u binnen kunt lopen maar ook een bouw- of zwerfkast of een verdeelinrichting zoals bijvoorbeeld op een elektrisch bouwkraan.



Figuur 149 Zes voorbeelden van elektrotechnische ruimten op een bouwlocatie

8.11 Toegang tot elektrotechnische ruimten

Alleen bevoegden (medewerkers met een NEN 3140-aanwijzing waarin de toegang staat vermeld) en leken onder toezicht van de eerder genoemde bevoegde personen mogen een elektrotechnische ruimten betreden of toegang hiertoe hebben met hun handen. Medewerkers die niet op de hoogte zijn van de mogelijke elektrische gevaren, mogen dat dus niet.

Een elektrotechnische ruimte, een ruimte met daarin een elektrische gevearenbron moet zijn afgesloten om toegang voor onbevoegden te verhinderen.



Figuur 150

Om toegang door onbevoegden te voorkomen moet de organisatie borgen en erop toezien dat technische ruimten zijn afgesloten en uitsluitend toegankelijk voor bevoegden. De wijze waarop dit wordt geborgd behoort tot de verantwoordelijkheid van de installatieverantwoordelijke.

Als de organisatie besluit om een bepaalde medewerker de bevoegdheid te geven tot bijvoorbeeld het resetten van een thermische beveiliging, het vervangen van een smeltpatroon, het bedienen van lastscheiders en dergelijke, dan zal minimaal een aanwijzing voldoende onderricht persoon moeten worden verstrekt waarin deze taakbevoegdheid staat vermeld. Dit mag uiteraard alleen als de betreffende medewerker ook daadwerkelijk voldoende is geïnstrueerd over de veiligheidsrisico's en de manier waarop de taak moet worden uitgevoerd zodat hij dit veilig kan doen.

Wat verstaan we onder afgesloten ? Afgesloten betekent dat een technische ruimte niet is te openen, zonder daarbij gebruik te maken van hulpmiddelen. Natuurlijk kan dat met een slot en een sleutel, maar ook een digitaal toegangscontrolesysteem of een dichtgeschroefde verdeelinrichting voldoet hieraan, mits de schroeven niet met de hand zijn los te draaien. Zo zijn de veel gebruikte Holec-Eaton Halyester kasten met de bekende transparante polycarbonaat deksels op twee manieren te sluiten; met een schroef met zaagsnede (schroevendraaier) en een schroef voor handbediening. Als de deksel handmatig wordt verwijderd bevindt zich daarachter een kunststof afschermplaat die weer is bevestigd met isolerende schroeven.



Figuur 151 Schroef met de hand te openen



Figuur 152 Eaton Halyester kast, let op de verschillende sluitingen

Samenvattend

Een technische ruimte die toegankelijk is voor leken moet zijn afgesloten met een gesloten deur of zijn dichtgeschroefd. Dit moet er onder normale omstandigheden voor zorgen dat een leek geen mogelijkheid heeft zonder hulpmiddelen in aanraking te komen met actieve delen onder spanning waardoor een gevaarlijke situatie zou kunnen ontstaan.

8.11.1 Opslag van materialen

In een elektrotechnische ruimte mogen uitsluitend die zaken zijn opgeslagen die nodig zijn in de ruimte zoals reservepatronen, hulpmiddelen, schemapakket en dergelijke.

Opmerking

In sommige bedrijven wordt een elektrotechnische ruimte beschouwd als een opslagruimte of zelfs een magazijn. Dit is niet toegestaan !

Goederen, bouwmaterialen en dergelijke materialen niet op of nabij de toegangsdeur of op de vluchtwegen worden opgeslagen van technische ruimten zoals bouwkasten.

8.12 Opstelplaats van een bouwkast als elektrotechnische ruimte

Afhankelijk van de uitvoering van technisch materieel op een bouwplaats moet er tijdens werktijd steeds voldoende ruimte (minimaal 70 cm voor uitstekende delen) zijn om veilig te kunnen werken en de vluchtweg moet voldoende ruim zijn (minimaal 50 cm voor uitstekende delen) en vrij zijn van obstakels.



Figuur 153 Opstelplaats

Het is belangrijk dat de volledige elektriciteitsvoorziening na werktijd spanningsloos wordt gemaakt tenzij het bouwwerk wordt bewaakt en / of ontoegankelijk is.

Stel een bevoegd persoon aan die na werktijd in de hoofdverdeelinrichting alle afgaande elektrische installaties spanningsloos maakt.

Schakel- en verdeelinrichtingen voor het voeden van pompen, bouwketen, verlichting en dergelijke die moeten blijven functioneren buiten werktijd, kunnen op een aparte groep worden aangesloten.

Deze installaties moeten zodanig worden aangelegd en afgeschermd dat onbevoegden niet bij de technische installaties, de aansluitingen en de bedieningsknoppen kunnen komen.

8.13 Symbolen op elektrisch materieel

Alle elektrotechnische ruimten die door leken wellicht niet als zodanig zijn te herkennen moet zijn voorzien van een waarschuwingssymbool. Hiermee wordt gewaarschuwd tegen de gevaren verbonden aan elektriciteit.



Figuur 154 Gevaarsymbool elektriciteit

8.14 Noodverlichting

Nabij een elektrotechnische ruimte moet voldoende (nood)verlichting zijn aangebracht zodat een veilige bediening is gewaarborgd. Een noodverlichtingarmatuur kan in de technische ruimte worden gemonteerd. Ook een lantaarnpaal nabij een schakel- en verdeelinrichting kan als zodanig dienst doen als deze op een andere eindgroep is aangesloten. Ook kan voor bepaalde werkzaamheden een tijdelijke lichtvoorziening worden opgesteld.



Figuur 155 Noodverlichting in of nabij technische ruimten

8.15 Passende blusmiddelen in de nabijheid van elektrisch materieel

Nabij een technische ruimte moeten voldoende brandbestrijdingsmiddelen voorhanden zijn. Elektrische branden blussen met water kan gevaarlijk zijn.

Elektrische branden zijn wel te blussen met:

- CO₂ (koolzuursneeuwblussers).
Werd veel gebruikt in het verleden. Voordeel: geen nevenschade. Nadeel beperkte bluscapaciteit met één blustoestel;
- poederblusser bijvoorbeeld PG. Voordeel: effectief blusmiddel. Nadeel de zouten tasten alle apparatuur aan, ook de niet verbrande;
- sproeischuimblussers. Een modern blusmiddel.



Figuur 156 Sproeischuimblussers

9. Het beheer en de inspectie van elektrische arbeidsmiddelen

NEN 3140 stelt dat er een installatieverantwoordelijke (IV) voor de elektrische arbeidsmiddelen moet worden aangewezen. Deze medewerker is belast met het veilig hebben en houden van de elektrische arbeidsmiddelen. Hij moet alles doen, regelen enzovoorts om te zorgen dat de beschikbaar gestelde elektrische arbeidsmiddelen aantoonbaar veilig zijn en blijven.

Wat volgens het Arbo-besluit verplicht is ten aanzien van het beheer van elektrische arbeidsmiddelen staat vermeld op bijlage, paragraaf 12.12.



Figuur 157 Ook een bouwlift valt onder het inspectieregime

De installatieverantwoordelijke moet een inspectiebeleid voeren. Hij behoort daartoe een inspectieplan op te stellen dat antwoord geeft op de volgende vragen:

- Hoe worden nieuwe arbeidsmiddelen aangeschaft binnen ons bedrijf ?
- Hoe wordt er geregistreerd en hoe worden de arbeidsmiddelen geïdentificeerd ?
- Wie gaat er (daadwerkelijk) inspecteren (eigen medewerker of uitbesteden) ?
- Hoe vaak moet een bepaald arbeidsmiddel worden geïnspecteerd (inspectietermijn) ?
- Met welke meetapparatuur moet worden geïnspecteerd en welke metingen moeten eventueel daarbij worden verricht ?
- Hoe wordt er gerapporteerd en geborgd ?

Achtereenvolgende worden deze items nader toegelicht.

9.1 Aanschaf van nieuwe elektrische arbeidsmiddelen

Om een passend veilig arbeidsmiddel aan te schaffen is (technische) kennis nodig om weloverwogen tot een bewuste keuze te komen zoals in het hoofdstuk 6 is omschreven. Dit stelt dus eisen aan het technisch inzicht van de inkoper. Het is aan te bevelen in een document vast te leggen aan welke eisen een arbeidsmiddel dat wordt ingekocht moet

voldoen. Wellicht kan een voorkeuze worden gemaakt uit merken en typen om de diversiteit te beperken.

De werkgever (of de installatieverantwoordelijke (IV) die daartoe is aangewezen) moet kunnen aantonen (schriftelijk) dat het arbeidsmiddel veilig is.

Met veilig wordt bedoeld dat:

- het arbeidsmiddel voldoet aan de eisen die ervoor gelden (richtlijnen - ce-markering);
- het arbeidsmiddel geschikt is voor de betreffende taak, in de specifieke omgeving door de betreffende medewerker in combinatie met eventuele bijzondere risico's.

Als nu anderen dan de installatieverantwoordelijke, arbeidsmiddelen via “de achterdeur” aanschaffen en beschikbaar stellen, hoe kan dan de installatieverantwoordelijke voor de arbeidsmiddelen verantwoordelijk worden gehouden voor het veilig hebben en houden van de elektrische arbeidsmiddelen ? Dat wordt een lastig te organiseren zaak.

Hoe wordt er geregistreerd en hoe worden de arbeidsmiddelen geïdentificeerd ?

De IV moet een register aanleggen waarin voor elk arbeidsmiddel minimaal is opgenomen:

- het kenmerk ter identificatie van het arbeidsmiddel (type,- serie nummer of een uniek nummer aangebracht op een sticker enzovoorts);
- de datum van aanschaf;
- de datum van de eerste controle en elke volgende controle;
- de wijze van controle, (wat wordt gemeten, criteria);
- de goedkeuring (of afkeuring).

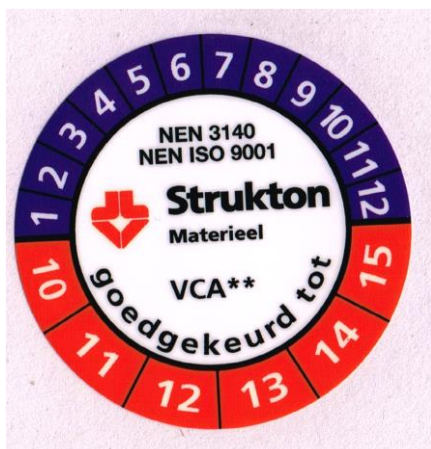
De vorm waarin dit wordt vastgelegd; op papier of digitaal, daarover laat de norm zich niet uit. Als elk arbeidsmiddel afzonderlijk is te herkennen en uit het register blijkt dat het is goedgekeurd is het aantoonbaar een veilig arbeidsmiddel.

Het Arbo-besluit eist: Schriftelijke bewijsstukken van de uitgevoerde keuringen zijn op de arbeidsplaats aanwezig en worden desgevraagd getoond aan de toezichthouder.

Het borgen kan van eenvoudig tot complex. Vaak hangt dit af van het aantal elektrische arbeidsmiddelen dat geïnspecteerd moet worden binnen het betreffende bedrijf:

- Een eenvoudige manier is de volgende: Ontwerp een sjabloon / tabel op een A4-tje. Vervolgens wordt voor elk elektrisch arbeidsmiddel het A4-tje ingevuld. Periodiek, bijvoorbeeld jaarlijks kan de herinspectie worden ingevuld.
- Een Excelsheet zoals bovenstaand maar dan digitaal opgeslagen.
- Een specifiek softwareprogramma passend bij het meettoestel.

Feit is dat niet in wetten of normen staat vermeld dat er een sticker op moet worden geplakt. Dit is een van de mogelijkheden naast de registratie zoals die hiervoor staat vermeld.



Figuur 158 Inspectiesticker

9.2 Welke elektrische arbeidsmiddelen moeten worden geïnspecteerd ?

Alle elektrische arbeidsmiddelen waarbij sprake is van mogelijke achteruitgang in de veiligheid moeten worden geïnspecteerd. Elektrische handgereedschappen vormen slechts een deel van het totaal aan elektrische arbeidsmiddelen. NEN 3140 beschrijft een (niet volledige) lijst van voorbeelden van elektrische arbeidsmiddelen / apparatuur die voor een periodieke inspectie in aanmerking komen.

De periodieke inspectie geldt dus niet alleen voor elektrisch handgereedschap !

Voorbeelden van elektrische arbeidsmiddelen die periodiek geïnspecteerd moeten worden volgens NEN 3140 zijn:

- elektrische handgereedschappen, zoals boor-, schuur-, freesmachines, enzovoorts;
- verplaatsbare elektrische werktuigen, zoals afkortzagen, lasapparatuur, compressors, aggregaten, bouwkranen, bouwliften, mixers, enzovoorts;
- verplaatsbare verlichting zoals handlampen, looplampen, bouwlampen, maar ook veiligheidsverlichting, enzovoorts;
- verplaatsbare elektrische toestellen, zoals koelkasten, radio's, koffiezetters, magnetrons, printers, computers, stofzuigers, laboratoriumapparatuur, enzovoorts (denk aan de bouwkeet);
- verplaatsbare elektrische meetinstrumenten, zoals universeel-, scoop-, volt- en ampèremeters, duspols, enzovoorts;
- persoonlijke beschermingmiddelen voor de elektrotechnisch medewerker, zoals rubber handschoenen, helm met gelaatbeschermer, mespatroontrekkers, isolatiematten, enzovoorts;
- handgereedschappen voor het aan of in de nabijheid werken van installaties onder spanning. De zogenaamde geïsoleerde schroevendraaiers, tangen, sleutels, enzovoorts;
- verplaatsbare schakel- en verdeelinrichtingen, zoals bouw- en zwerfkasten, met inbegrip van ingebouwde aardlekschakelaars en veiligheidstrafo's;
- aansluitleidingen, haspels, verdeel dozen, enzovoorts;
- machines zoals productie-, bewerkings- en verwerkingsmachines, transportbanden, verpakkingsmachines, liften, enzovoorts.

9.3 Hoe vaak moeten elektrische arbeidsmiddelen worden gekeurd ?

Arbeidsmiddelen waarvan de veiligheid afhangt van de wijze van opstellen, aansluiten en dergelijke moeten voor het ingebruikstellen worden geïnspecteerd. Voorbeelden hiervan zijn tijdelijke installaties, aggregaten, machines met eigen verdeelinrichtingen en dergelijke.

Voor alle arbeidsmiddelen geldt dat deze zo vaak als nodig moeten worden geïnspecteerd maar minimaal:

- als sprake is van achteruitgang omdat er beschadigingen waarneembaar zijn;
- er iets abnormaals mee is gebeurd (gevallen, overreden, nat geworden, bliksem-inslag, enzovoorts);
- volgens de termijn zoals vermeld in de gebruiksaanwijzing;
- volgens de vooraf vastgestelde termijn.

Dienstverlenende bedrijven die VCA-gecertificeerd zijn, worden periodiek getoetst op hun VGM-beheersysteem; Een van de aspecten hierin is de aantoonbaarheid van de jaarlijkse controle van elektrisch handgereedschap volgens de VCA-checklist

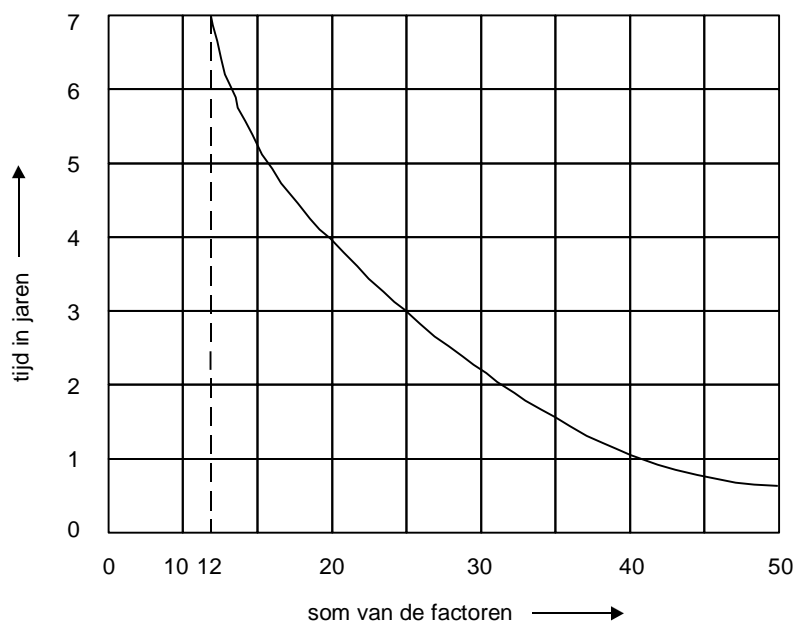
NEN 3140, de norm aangewezen in het Arbo-besluit, bepaalt de periode tussen twee inspecties als volgt:

Tabel 11: Minimale inspectiefrequentie elektrische arbeidsmiddelen.

	Omschrijving	Wegingsfactor	Resultaat
1. Hoe vaak wordt het elektrische arbeidsmiddel gebruikt ?	Regelmatig tot vaak	10	
	Zelden < 5x / jaar	4	
11 Wie gebruikt het arbeidsmiddel ?	Uitsluitend door elektrotechnisch deskundigen	4	
	Niet uitsluitend door elektrotechnisch deskundigen	10	
12 In welke omgeving wordt het arbeidsmiddel gebruikt ?	Niet industrieel, schoon, droog, geen brand / explosiegevaar, vrij van transportmiddelen	2	
	Niet eenduidig, niet een zware industriële omgeving waar met zware transportmiddelen of zware materialen wordt gewerkt	10	
	Zware industriële omgeving, bouwplaats, omgeving met zware transportmiddelen of zware materialen	15	
13 Hoe groot is de kans op beschadiging ?	Bijzonder klein (bijvoorbeeld kantoor)	2	
	Klein maar reëel (bijvoorbeeld servicewagen / kleine werkplaats)	10	
	Groot (bouwplaats)	15	
Totaal: Optelsom van de vier gekozen getallen			

Gebruik tabel: Kies vier keer de relevante wegingsfactor op basis van de beschrijving die er links voor staat. Bereken het totaal door de vier gekozen getallen op te tellen.

In de volgende grafiek kan de minimale inspectiefrequentie worden afgelezen. Bij een som van 40 hoort bijvoorbeeld een termijn van één jaar.



Figuur 159 Grafiek minimale inspectiefrequentie volgens NEN 3140

9.4 Wie mogen er inspecteren ?

In het Arbo-besluit staat vermeld dat keuringen alleen mogen worden uitgevoerd door deskundige natuurlijke persoon, rechtspersonen of instellingen. Wat verstaan we nu onder een deskundige ?

Dit zijn medewerkers die ruime kennis / ervaring hebben in:

- de principiële werking van de arbeidsmiddelen;
- de risico's van de arbeidsmiddelen;
- elektrotechnische principes;
- meetinstrumenten;
- meetmethoden;
- veiligheid bij het meten;
- normen ten aanzien van de afkeurcriteria.

Conform het Arbo-besluit en NEN 3140 mogen uitsluitend bevoegde medewerkers werkzaamheden verrichten waar (mogelijk) sprake is van elektrotechnische risico's. Dit betekent formeel dat een werkgever een eigen medewerker die controleert schriftelijk moet aanwijzen (als VOP of VP). Uiteraard alleen als de werkgever (de installatieverantwoordelijke arbeidsmiddelen) deze medewerker daartoe bekwaam acht. Uiteraard kan een inspectie ook worden uitbesteed aan een andere onderneming. Hiermee wordt niet de verantwoordelijkheid van alle hiervoor genoemde items overgedragen.

“Inspecteren is niet de stekker van een elektrisch toestel in een apparatentester steken en een rapportje uitdraaien”.

Er zijn instanties die een persooncertificeringssysteem hebben opgesteld voor het inspecteren van elektrische arbeidsmiddelen zoals DNV en STIPEL. Deze organisaties

hebben een profiel opgesteld waarin staat vermeld welke kennis en vaardigheden een inspecteur arbeidsmiddelen moet hebben. Na een passende training kan vervolgens bij een onafhankelijk exameninstituut worden getoetst of een persoon daadwerkelijk beschikt over deze kennis en vaardigheden.

Een persooncertificaat geeft het vermoeden dat personen die inspecteren bekwaam zijn. Daarmee wordt niet gesteld dat anderen niet bekwaam zijn.

Het is dus niet zo dat uitsluitend een gecertificeerd persoon een elektrisch arbeidsmiddel mag inspecteren. Wel moet een inspecteur een aanwijzing hebben ontvangen van zijn werkgever en moet de werkgever kunnen aantonen dat de medewerker bekwaam is. Dit kan wellicht doordat de medewerker een training hiervoor heeft gevolgd en wellicht een mate van ervaring heeft.

De elektrische handgereedschappen zoals een boormachine, slijptol, haspel en dergelijke kunnen met een beperkte kennis worden geïnspecteerd. Voor het inspecteren van grotere arbeidsmiddelen zoals bouwkasten, aggregaten, bouwliften en dergelijke is een gedegen elektrotechnische kennis en inzicht nodig. In de aanwijzing kan de werkgever duidelijk afbakenen welke elektrische arbeidsmiddelen de persoon mag inspecteren.

Een werkgever blijft verantwoordelijk voor de arbeidsmiddelen die beschikbaar worden gesteld ook al wordt het inspecteren uitbesteed.

9.5 Waarmee gaan we inspecteren ?

Elke inspectie bestaat uit een visuele controle en een meting en / of beproeving. Voor de visuele controle wordt door NEN 3140 aanbevolen gebruik te maken van een checklist.

Voor meting en beproeving moeten passende veilige meetinstrumenten worden toegepast.

Voor kleine elektrische arbeidsmiddelen zoals 230 V handgereedschap, kan gebruik worden gemaakt van een zogenaamde apparatentester (PAT-tester).

Dit is een handzaam meetinstrument waarin direct de 230 V-stekker van het te beproeven arbeidsmiddel kan worden gestoken.

De tester doorloopt een vooraf vastgelegd meetprotocol en kan tevens (op basis van vooraf geprogrammeerde criteria) direct een oordeel geven; goed- of afgekeurd.



Figuur 160 Voorbeeld van een PAT-tester (apparatentester): de Fluke 6200

Grote arbeidsmiddelen zoals bouwliften, aggregaten, bouwkasten, drie fase-leidingen en dergelijke kunnen niet met een PAT-tester worden geïnspecteerd. Hierbij kan beter gebruik worden gemaakt van losse meetapparatuur of een installatietester.



Figuur 161 Voorbeeld van een installatietester waarmee elektrische installaties en arbeidsmiddelen kunnen worden geïnspecteerd

NEN 3140 vereist dat wordt vastgelegd met welke meetinstrumenten en -apparatuur wordt geïnspecteerd.

9.6 Visuele controle van elektrische arbeidsmiddelen

De Arbo-wet schrijft voor dat een arbeidsmiddel “passend en veilig” moet zijn. Als eerste moet daarom worden bepaald of het arbeidsmiddel een passend arbeidsmiddel is voor de onderneming.

Tabel 12: Checklist passend veilig ?

Nr.	Aspect	OK ?
1.	Het elektrisch arbeidsmiddel wordt toegepast overeenkomstig het ontwerp volgens de gebruiksaanwijzing.	
2.	De vrije ruimte en vluchtwegen rondom vast opgestelde arbeidsmiddelen en elektrotechnische ruimten zoals schakel- en verdeelinrichtingen voldoen aan de minimale eisen.	
3.	Het arbeidsmiddel wordt (nog) gebruikt in de omgeving waar het gebruikt mag worden volgens de specificaties. Beschermingsgraad vocht, stof (IP), brandwerendheid, ATEX.	
4.	De bedieners zijn bekwaam en voldoende (soms verplicht aantoonbaar) geïnstrueerd.	
5.	Zijn er andere (wettelijke) eisen van kracht geworden waardoor het veiligheidsniveau moet worden verhoogd ?	

6.	Voldoet de omgeving van het arbeidsmiddel ? Denk bijvoorbeeld aan: noodverlichting, afzuiging, ventilatie.	
----	--	--

Vervolgens omvat de visuele controle alle taken, op het verrichten van metingen na, om vast te stellen of er sprake is van achteruitgang in de veiligheid van het elektrische arbeidsmiddel.

Tabel 13: Checklist van visuele aspecten

Nr	Aspect	OK ?
1.	De mechanische toestand is in orde, rekening houdend met vocht, vuil en corrosie.	
2.	De beschermingsleidingen zijn niet onderbroken.	
3.	De beschermingscontacten (aardlipjes op stekker) zijn schoon, niet verbogen en kunnen een goed contact maken in de contactstop.	
4.	Hulpmiddelen, bedieningsorganen, contactstoppen en schakelaars zijn in goede staat.	
5.	Signaallampen, meters, akoestische signaalgevers en dergelijke functioneren.	
6.	(Aansluit)leidingen zijn niet beschadigd of gerepareerd.	
7.	Leidingen zijn deugdelijk in het contactstop (stekker) en in het toestel ingevoerd (bijvoorbeeld trekontlasting, wartels en dergelijke).	
8.	Alle uitwendige onderdelen zijn deugdelijk bevestigd.	
9.	Er zijn geen mechanische of elektrische aanpassingen gedaan in het bijzonder in veiligheidsketens.	
10.	Koelopeningen zijn niet afgesloten.	
11.	Er zijn geen tekenen die wijzen op een te hoge temperatuur.	
12.	De omhulling en de bedieningsknoppen vertonen geen gebreken waardoor er eventueel gevaar kan ontstaan.	
13.	Veiligheids- en bedieningsopschriften, pictogrammen en dergelijke zijn duidelijk leesbaar.	
14.	Beveiligingstoestellen zijn juist gekozen en correct afgesteld en niet overbrugd.	
15.	De isolerende omhulling verkeert in goede staat. Het vertoont geen breuken, scheuren, enzovoorts.	

9.7 Meting en beproeving van elektrische arbeidsmiddelen

Als uit de visuele controle geen bezwaar tot het gebruik is geconstateerd dienen er afhankelijk van de klasse van het arbeidsmiddel metingen te worden uitgevoerd. Uitgaande van elektrisch handgereedschap en verplaatsbare elektrische arbeidsmiddelen betreft het de volgende metingen:

Tabel 14

Klasse	Weerstand beschermingsleiding	Isolatiweerstand*
0I	Ja	Ja
I	Ja	Ja (als er uitwendige metalen delen zijn)
II	Nee	Ja (als er uitwendige metalen delen zijn)
III	Nee	Ja (als er uitwendige metalen delen zijn)

- **Opmerking**
Als alternatief voor een isolatieweerstandmeting kan een lekstroommeting worden verricht.

9.8 Meten van de beschermingsleiding

De weerstand tussen het PE-contact op de stekker en het metalen gestel moet als eerste worden gemeten. Deze weerstand moet zeer laag zijn, zie tabel 15. De metalen omhulling moet immers een goed contact hebben met de PE-pen of de aardlipjes op de contactstop.



Figuur 162 PE-contacten op de contactstoppen

Het meten van de weerstand van de beschermingsleiding moet gebeuren met een weerstandmeter die een open spanning heeft tussen 4 - 24 V en minimaal een stroom kan laten lopen van 0,2 A. Op sommige PAT-testers kan de meetstroom, bound current, worden ingesteld. Hoe groter de meetstroom, des te nauwkeuriger is de meting. De weerstand van de beschermingsleiding inclusief de overgangswaarde mag een waarde hebben zoals deze staat vermeld in Tabel 15.



405757AA

Figuur 163 Meten van de weerstand van de beschermingsleiding

De weerstandwaarde is dus afhankelijk van de lengte en de doorsnede van de beschermingsleiding.

Om deze zeer lage weerstand nauwkeurig te meten is het belangrijk het meetinstrument te "nullen" en vervolgens een optimaal elektrisch contact te maken tussen de meetpennen en het metalen gestel en het PE-contact.

Tabel 15 Maximale weerstand in Ohm van een beschermingsleiding bij een bepaalde lengte en doorsnede van een geleider

Lengte (m)	Doorsnede S (mm ²)				
	≤ 2,5	4	6	10	16
≤ 5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
5 - 10	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
10 - 15	0,5	0,25	0,2	0,2	0,2
15 - 20	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2
20 - 25	0,7	0,35	0,2	0,2	0,2
25 - 30	0,8	0,4	0,25	0,2	0,2
30 - 35	0,9	0,45	0,3	0,2	0,2
35 - 40	1	0,5	0,35	0,2	0,2
> 40	1	1	1	1	1

9.9 Meten van de isolatieweerstand

Tussen de spanningvoerende delen in het toestel en uitwendige metalen delen mag geen onbedoelde verbinding zijn. Deze zou bijvoorbeeld kunnen zijn ontstaan door slijtage, vocht, of door vervuiling. De isolatieweerstand moet zo hoog mogelijk zijn maar minimaal de waarde hebben zoals vermeld in Tabel 16.

De isolatieweerstand moet worden gemeten met een hoge beproevingsspanning UDC van 250, 500 of 1000 V. Hoe hoger de beproevingsspanning des te nauwkeuriger de meting.

Tabel 16 Minimale isolatieweerstand, maximale lekstroom van een elektrisch toestel

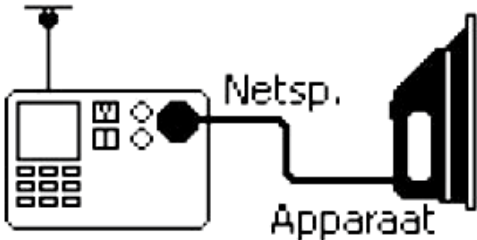
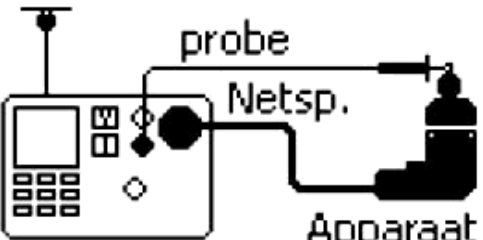
Klasse toestel	Minimale beproevingsspanning (V)	Minimale waarde van R_{iso} (M Ω)	Maximale reële lekstroom (mA)
0I	500* / 250	1	1 mA
I	500* / 250	1	1 mA
II	500* / 250	2	0,5 mA
III	250	0,5	0,5 mA

*Een beproevingsspanning van 500 V kan een elektrisch toestel beschadigen. Zo zijn elektronische componenten soms niet bestand tegen 500 V. Bij twijfel kan en mag worden gemeten met 250 V in plaats van 500 V.

Deze hoge spanningen zijn bij de lage stroom niet dodelijk maar kunnen wel schadelijk en hinderlijk zijn. Zorg er daarom voor dat tijdens de meting geen contact door het lichaam wordt gemaakt met de meetpennen of geleidende voorwerpen die hiermee in verbinding staan. Een beproeving verrichten op een geleidende stalen tafel of vloerplaat is onveilig.

Om een correcte isolatiemeting uit te voeren moet het te beproeven toestel zijn ingeschakeld, oftewel de handschakelaar moet zijn ingedrukt.

Een alternatief voor het meten van de isolatieweerstand is het meten van de lekstroom met een PAT-tester. De meetopstelling is hierbij hetzelfde als voor een isolatiemeting.

	
<p>Figuur 164 Isolatiemeting in klasse I-toestel</p>	<p>Figuur 165 Isolatiemeting in klasse II-toestel met metalen omhulling met aparte probe op alle geleidende uitwendige onderdelen</p>

Waarschuwing

Op sommige PAT-testers wordt in het standaard protocol ook een functietest verricht. Hierbij gaat het toestel spontaan functioneren. Als het toestel een slijptol betreft gaat de slijpschijf plotseling draaien. Als een functietest wordt verricht, zorg er dan voor dat het te beproeven elektrisch arbeidsmiddel stevig is bevestigd. De functietest is niet verplicht volgens NEN 3140.

10. Inspecteren van tijdelijke installaties

Elke nieuwe (tijdelijke) installatie of elk gedeelte van deze installatie moet worden geïnspecteerd:

- tijdens het installeren en / of voordat het door de gebruiker in bedrijf wordt gesteld;
- na wijziging en of uitbreiding van de bestaande installatie.

Als aan de installatie tekortkomingen of defecten worden geconstateerd, dan moeten deze worden verholpen voordat de installatie in bedrijf mag worden gesteld.

De inspectie moet gebeuren aan de hand van de veiligheidsbepalingen zoals deze zijn vermeld in de arboregelgeving en uiteraard NEN 1010 en eventuele aanvullingen normen.

Een dergelijke inspectie bestaat uit een visuele controle en meting en beproeving. Wat een dergelijke inspectie precies omvat hangt uiteraard van de omvang van de betreffende installatie af en het wel of niet aanwezig zijn van bijzondere installaties en of bijzondere omstandigheden. In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de wijze van inspecteren van een tijdelijke installatie.



Figuur 166 Het inspecteren van een tijdelijke installatie

De onderdelen van een tijdelijke installatie kunnen worden beschouwd als elektrische arbeidsmiddelen. Deze onderdelen zoals een aggregaat, de losse kabels, de bouwkasten, de schakel- en verdeelinrichtingen, de bouwkraan, de bouwlift, enzovoorts, moeten periodiek worden geïnspecteerd.

Nadat het geheel is samengebouwd tot een installatie moet het geheel op veiligheid worden geïnspecteerd conform NEN 1010.

De inspectie moet gebeuren door een medewerker, een elektrotechnisch inspecteur, die daartoe bekwaam is en ervaring heeft in het verrichten van dergelijke inspecties en daartoe schriftelijk door de werkgever is aangewezen als minimaal Vakbekwaam Persoon volgens NEN 3140.

Ook voor deze inspectie geldt dat het aantoonbaar moet zijn dat er geïnspecteerd is. Hanteer inspectielijsten waarop staat vermeld:

- visuele controle aspecten (afvinklijst);
- metingen en de meetresultaten.

De lijsten vormen uiteindelijk een onderdeel van het elektrotechnisch dossier. Hierin behoren ook de schema's van de installatie te worden opgenomen.

NEN 1010: Ter afronding van een uitgevoerde inspectie moet een rapport worden opgesteld. Het rapport waarin de resultaten van de inspectie zijn vermeld moet worden bewaard door de eigenaar van de installatie.

10.1 Visuele controle

Van een installatie op een bouwlocatie behoort een ontwerpplan te zijn gemaakt. Dit plan vormt het uitgangspunt voor een inspecteur om een inspectie te verrichten. Zonder een plan is het ter plekke vrijwel onmogelijk om te bepalen of kabels niet te lang zijn en de geleiders de juiste doorsnede hebben.

Een eerste inspectie heeft tot doel om vast te stellen of de installatie conform het ontwerpplan is opgeleverd en of er nog gebreken of fouten aanwezig zijn. Deze kunnen dan worden verholpen, waarna de installatie in bedrijf mag worden genomen. De installatie voldoet dan aan de geldende veiligheidsbepalingen en er zijn geen levensgevaarlijke en brandgevaarlijke situaties aanwezig.

Voor eenvoudige klussen in de particuliere sector is de praktijk anders. Hier wordt overwegend geen plan gemaakt omdat de installatie beperkt van omvang en overzichtelijk is. Toch moet ook hier een visuele controle worden verricht.

Bij een visuele controle moet worden gekeken naar de volgende zaken:

- Voldoet het aangesloten materieel aan de veiligheidsbepalingen uit de relevante productnormen en is het gekeurd als arbeidsmiddel ?
- Is het materieel gekozen en geïnstalleerd conform de bepalingen uit de NEN 1010 en volgens de instructies van de fabrikant ?
- Is het materieel niet zodanig zichtbaar beschadigd dat de veiligheid nadelig wordt beïnvloed ?

De visuele controle behoort in het algemeen spanningsloos te worden uitgevoerd voordat er metingen en beproevingen worden verricht.

In de bijlage, paragraaf 10.11.1 op bladzijde 166 is een uitgebreide checklist weergegeven voor de visuele controle van de elektrische installatie op de bouwplaats.

10.2 Meting en beproeving

Nadat de visuele controle is uitgevoerd moeten enkele metingen worden uitgevoerd.

Dit is een taak voor een Vakbekwaam Persoon die ervaring heeft met het inspecteren van elektrische installaties op een bouwlocatie.

Met vakbekwaam wordt bedoeld dat de inspecteur voor deze werkzaamheden schriftelijk is aangewezen door de werkgever.

Bij het verrichten van metingen kunnen door verkeerde handelingen gevaarlijke situaties ontstaan. Deze zijn beschreven in hoofdstuk 2. Passende veilige hulpmiddelen zoals PBM's, zijn in sommige gevallen noodzakelijk.

Ook aan meetinstrumenten worden eisen gesteld. Niet zomaar elke meter is geschikt voor de metingen die moeten worden verricht bij een inspectie.

Opmerking

In de volgende teksten worden oppervlakkig de metingen die moeten worden verricht beschreven. De technische details hoe dit precies moet, met welke meetapparatuur, de tips en trucs vormen specifieke elektrotechnische kennis die wordt verwacht van een bekwaam inspecteur. Inspecteren met meetapparatuur is niet toegestaan door leken.

De volgende metingen moeten worden verricht, conform NEN-EN 1010, Rubriek 61.3.1:

- ononderbroken leidingen PE en N;
- spanningsverlies;
- circuitweerstand;
- aardverspreidingsweerstand;
- isolatieweerstand;
- uitschakeltijd en -stroom van aardlekbeveiligingen;
- fasevolgorde;
- isolatiebewakingstoestel beproeven.

Achtereenvolgens worden de metingen toegelicht.

10.3 Ononderbroken leidingen PE en N meten

Door middel van een meting moet worden vastgesteld dat er geen onderbreking is in de nul en beschermingsleidingen. Dit betekent praktisch op drie plaatsen in het net vaststellen dat een leiding niet is onderbroken:

- **De weerstand van de nulleiding (N) in een drie-fase keten**
Dit kan worden gemeten op een eindgroep door het meten van de inwendige weerstand Z_i of Z_{L-N} met een installatietester.
Als de N onderbroken raakt en er geen sprake is van een symmetrische belasting, dan neemt de spanning, U_{fase} -nul een waarde aan die afhankelijk is van de impedantie van elke afzonderlijke fase.
Zo kan U_{fase} -nul op elke fase variëren tussen de 0 V en 400 V. Spanningen hoger dan circa 250 V gedurende enige tijd kunnen in een aangesloten toestel schade veroorzaken.
- **De weerstand van beschermingsleidingen**
Of beschermingsleidingen correct zijn aangesloten op de contactstoppen en daadwerkelijk goed zijn “geaard” kan worden bepaald door het meten van de circuitweerstand met een installatietester. De aanduiding van circuitweerstand kan divers zijn afhankelijk van het merk installatietester: Z_C , Z_{scI} , Z_{L-PE} .

- **De weerstand van beschermende vereffeningssleidingen**

In de praktijk wordt deze weerstand gemeten met een installatietester.

Met een laagohmige meting (Z_{lo} , R_{lo}) met een stroom $> 0,2$ A wordt de weerstand van deze beschermingsleidingen gemeten. Het resultaat moet een minimale weerstandswaarde zijn (0,1 - 0,5 Ω (conform Tabel 16).

Bijvoorbeeld moet worden gemeten tussen:

- beschermingscontact verdeler - metalen container;
- beschermingscontact verdeler - stalen steiger;
- aardelektrode - aardaansluitpunt aggregaat;
- aardaansluitpunt op het aggregaat en de PE op de uitgaande contactstop van het aggregaat (dan is de TN-configuratie bevestigd).

10.4 Spanningsverlies meten

Als de lengte van een kabel toeneemt en er loopt een stroom door de geleider, dan treedt er een spanningsverlies op. Het spanningsverlies mag tussen de aansluiting van het netbedrijf (of aggregaat) en de contactstop op een eindgroep maximaal 5% bedragen. Uitgaande van een netspanning van 230 V bedraagt dat 11,5 V.

De spanning op een contactstop moet in dit geval dus hoger zijn dan 218,5 V.

Als een kabel langer wordt, of als een kabel een hogere stroom voert wordt het verlies groter. In de praktijk is het spanningsverlies alleen te meten als de installatie in bedrijf is. Dan pas loopt er immers de nominale stroom.

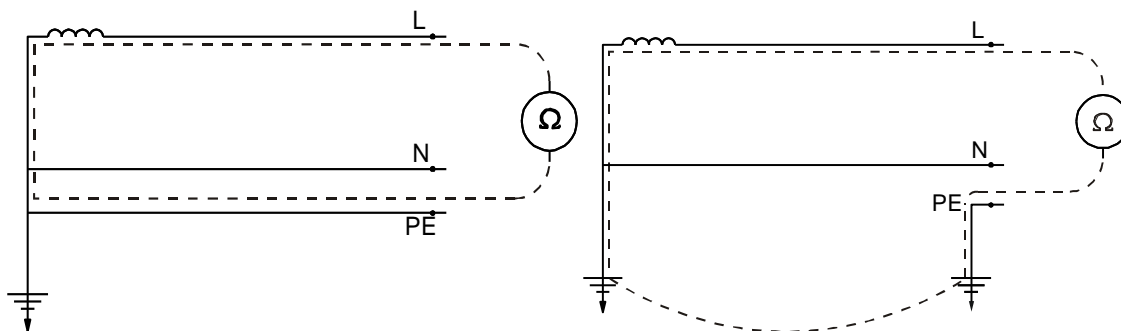
De waarde van de spanning kan worden gemeten met een TRUE-RMS voltmeter op het einde van de keten.



Figuur 167 TRUE-RMS CAT IV voltmeter in de stand V~

10.5 Circuitweerstand meten

De weerstand van het foutstroomcircuit (het gestippelde circuit) moet zo laag mogelijk zijn. In ieder geval zo laag dat een beveiligingstoestel tijdig kan aanspreken.



Figuur 168 Weerstand van het foutstroomcircuit

De weerstand van dit circuit, de circuitweerstand kan worden gemeten met een installatietester.



Figuur 169 Voorbeelden van installatietesters waarmee de circuitweerstand kan worden gemeten

De circuitweerstand kan worden gemeten door de stekker van het meettoestel aan te sluiten op de contactstop in de eindgroepen. In drie-fase groepen kan met losse meetpennen tussen L en PE worden gemeten.

Het toestel moet worden ingesteld op circuitweerstand: De aanduidingen hiervan is divers op meettoestellen van verschillende fabrikanten: R_C , Z_C , R_{L-PE} , Z_{L-PE} , Z_{schl} , R_{schl} . Sommige installatietesters kunnen de circuitweerstand niet nauwkeurig meten achter een aardlekschakelaar omdat de meting alleen te verrichten is met een verlaagde meetstroom zodat de aardlekbeveiliging niet aanspreekt. Moderne installatietesters kunnen dat meestal wel en zijn beduidend nauwkeuriger in deze meting dan de oudere meettoestellen.

In de volgende tabel zijn maximale waarden van de circuitweerstand vermeld, gebaseerd op een type beveiliging en de nominale stroom daarvan.

Tabel 17 Maximale waarde van de circuitweerstand (R_c) in een eindgroep

Beveiliging I_n (A)	Smeltpatroon D snel gF		Smeltpatroon D traag gG		Installatie automaat B		Installatie. automaat C		Aardlek- schakelaar als foutbescherming	
	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A) =	R_c (Ω)
16	77	3,00	99	2,32	80	2,88	160	1,44	30 mA	166
20	99	2,32	145	1,59	100	2,30	200	1,15	300 mA	166
25	135	1,70	180	1,28	125	1,84	250	0,92	500 mA	100
35	165	1,39	275	0,84	175	1,31	350	0,66		
50	240	0,96	385	0,60	250	0,92	500	0,46		
63	350	0,66	450	0,51	315	0,73	630	0,37		
Bij grotere I_a waarden van beveiligingen is: <ul style="list-style-type: none"> • in het algemeen sprake van distributiegroepen en geldt vijf seconden in plaats van 0,4 seconden; • R_c niet nauwkeurig te meten ($< 0,5 \Omega$). Waarden zijn gebaseerd op karakteristieken Weber. $I_a + 10\%$ tolerantie. $R_c = 230 \text{ V} : I_a$.										

Toelichting op tabel 17

De tabel geldt in een TN- of TT-stelsel voor een eindgroep.

Toepasbaar voor die eindgroepen waarvoor geldt: $t \leq 0,4 \text{ s}$ bij een netspanning $U = 230 / 400 \text{ V}$.

Bij smeltpatroon en installatieautomaat wordt bedoeld zonder aardlekbeveiliging.

I_a (A) = de minimale aanspreekstroom die de beveiliging binnen 0,4 seconde laat uitschakelen.

R_c (Ω) = de maximale waarde van de circuitweerstand die bij 230 V de benodigde aanspreekstroom kan laten lopen ($R_c = 230 \text{ V} : I_a$).

Maximale waarde van de circuitweerstand in een eindgroep.

Voor eindgroepen die zijn beveiligd met een aardlekschakelaar levert de gemeten waarde van de circuitweerstand overwegend geen problemen op.

In de verdeelinrichting waar zware toestellen vast op de installatie worden aangesloten moet de waarde van de circuitweerstand veel lager zijn. Hierbij wordt in het algemeen geen aardlekschakelaar in het circuit opgenomen. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij het aansluiten van een torenkraan.

Stel dat een schakel- en verdeelinrichting gemonteerd aan de torenkraan vast is aangesloten op een kabel. De kabel in de bouwkast ervoor is beveiligd met een installatieautomaat C25.

Uitgaande van een TN-stelsel en een distributiegroep mag de circuitweerstand dan niet hoger zijn dan $1,53 \Omega$ (zie Tabel 18). 150 A is immers nodig om de installatieautomaat in vijf seconden te laten trippen.

Tabel 18 Maximale waarde van de circuitweerstand (R_c) in een distributiegroep

Beveiliging I_n (A)	Mespatroon NH gG		Installatieautomaat type C	
	I_a (A)	R_c (Ω)	I_a (A)	R_c (Ω)
25	110	2,09	150	1,53
35	165	1,39	210	1,10
50	245	0,94	300	0,77
80	350	0,66	480	0,48
100	550	0,42	600	0,38
125	660	0,35	750	0,31
160	880	0,26	960	0,24
200	1100	0,21	1200	0,19
250	1400	0,17	1500	0,15
400	2500	0,1	2400	0,1

Toelichting op tabel 18

De tabel geldt in een TN-stelsel.

Toepasbaar voor die distributiegroepen waarvoor geldt: $t \leq 5$ s bij een netspanning $U = 230 / 400$ V.

Bij smeltpatroon en installatieautomaat wordt bedoeld zonder aardlekbeveiliging.

I_a (A) = de minimale aanspreekstroom die de beveiliging binnen vijf seconde laat uitschakelen.

R_c (Ω) = de maximale waarde van de circuitweerstand die bij 230 V de benodigde aanspreekstroom kan laten lopen. ($R_c = 230 \text{ V} : I_a$)

Een installatieautomaat zal bij een tijd van vijf seconde thermisch aanspreken bij een waarde van ongeveer $6 \times 2_n$. Dit is af te leiden uit de karakteristiek zoals deze is beschreven hoofdstuk 4.

Maximale waarde van de circuitweerstand in een distributiegroep.

Feit is dat een zeer lage circuitweerstand, bijvoorbeeld kleiner dan $0,3 \Omega$ in de praktijk niet met een installatietester nauwkeurig is te meten. De meeton nauwkeurigheid neemt toe naarmate de weerstandwaarden kleiner worden. De kwaliteit van de installatietester, de overgangsweerstanden van de meetpennen en de weerstand van de meetsnoeren zijn dan bepalend voor het meetresultaat.

De visuele controle van de aansluitingen en het controleren van de juiste lengte en de doorsnede van de kabel die is toegepast conform de kabelberekening vormen dan de boring dat waarschijnlijk sprake is van een veilige installatie.

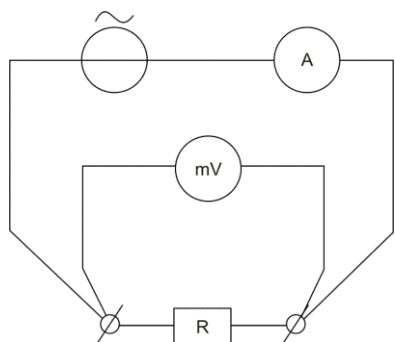
10.6 Aardverspreidingsweerstand meten

Als een aggregaat als voeding wordt gebruikt voor een installatie op een bouwlocatie, dan moet het sterpunt van het aggregaat worden geaard. Een deugdelijke aardvoorziening moet dan worden gerealiseerd.

Ook als een TT-stelsel is gewenst voor bijvoorbeeld een particuliere woning moet een aardvoorziening worden gemaakt. Voordat een aardvoorziening wordt aangesloten aan de installatie of het aggregaat, moet de aardverspreidingsweerstand worden gemeten.

Bij het indrijven van een staafvormige aardelektrode kan om bijvoorbeeld de drie meter de aardverspreidingsweerstand worden gemeten.

Voor het meten van een aardverspreidingsweerstand, is een speciaal hiervoor bestemd meetinstrument nodig, een zogenaamde aardverspreidingsweerstandmeter. Sommige installatietesters kunnen hiervoor ook worden toegepast.



Figuur 170 Vierpuntsmeting

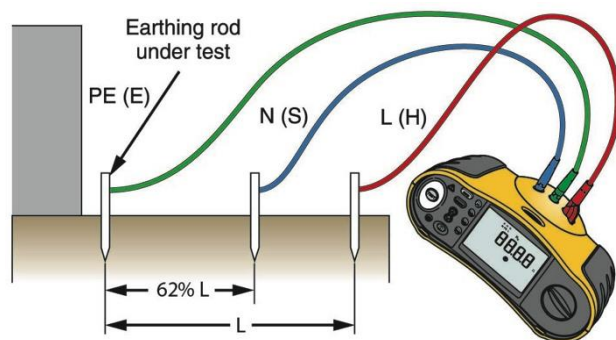


Figuur 171 Vierpuntsmeetinstrument

- E wordt verbonden met de aardelektrode
- S wordt verbonden met een hulpelektrode, de sonde genaamd
- HE wordt verbonden met de hulpelektrode

Om de aardverspreidingsweerstand te meten zijn op het toestel vier draden aangesloten. Twee stroomvoerende draden (E en H) en twee draden waartussen nauwkeurig de spanning wordt gemeten (ES en S).

Doordat de draden E en ES beide op de aardelektrode worden aangesloten kunnen deze ook worden gecombineerd. Op het meetinstrument voor een vierpuntsmeting zit daarvoor vaak een schakelaar. Door deze in te drukken wordt E en ES met elkaar verbonden en hoeven maar drie draden te worden aangesloten. Andere meetinstrumenten hebben standaard drie aansluitdraden (E, H en S).

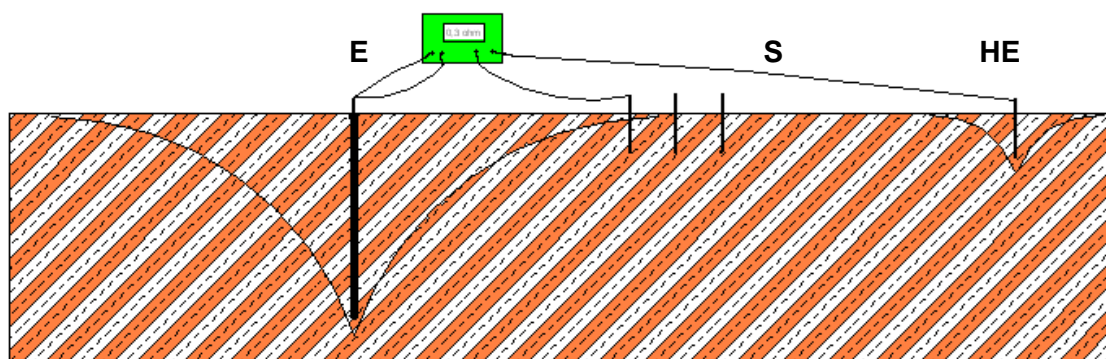


405761AA

Figuur 172 Installatietester Fluke 1653 voor het meten van de aardverspreidingsweerstand, standaard een driepuntsmeting

In de praktijk wordt door het meten met drie draden een kleine meetfout gemaakt, de weerstand van de draad naar de elektrode wordt bij het meetresultaat opgeteld. Op een te meten R_a -waarde van $\leq 166 \Omega$ is deze meetfout van bijvoorbeeld $0,2 \Omega$, verwaarloosbaar klein. Als een aardverspreidingsweerstand moet worden gemeten die moet voldoen aan een hele lage waarde, bijvoorbeeld 1Ω , dan is een vierpuntsmeting nauwkeuriger.

Let er op dat alle aansluitingen deugdelijk zijn verbonden, in het bijzonder die op de aardelektrode (E).



Figuur 173 Vierpuntsmeting

Het meten van de aardverspreidingsweerstand moet gebeuren met behulp van twee hulpelektroden. Een hulpelektrode is een willekeurige metalen pen, bijvoorbeeld een stukje koperen buis of een stukje massieve draad $25 - 50 \text{ mm}^2$ met een lengte van ongeveer $0,3 - 0,5 \text{ m}$.

De hulpelektrode (HE) wordt op de grootste afstand, bijvoorbeeld 40 meter vanaf de aardelektrode ongeveer $0,2 \text{ m}$ in de grond gedrukt. De tweede hulpelektrode, de sonde (S) op ongeveer 60% van deze afstand (ongeveer 24 m vanaf de elektrode) ertussen of de andere kant op.

Voor een elektrode $R_a \leq 167 \Omega$ hoeven deze maten niet nauwkeurig te worden aangehouden. Voor een meer nauwkeurigere laagohmige meting, bijvoorbeeld bij het meten van de aardverspreidingsweerstand van een elektrode die laag zou moeten zijn, bijvoorbeeld 1Ω , is deze afstand wel zodanig krap dat er een te grote meetfout wordt gemaakt. Afstanden van respectievelijk 60 en 35 meter zijn dan bijvoorbeeld gangbaar. Algemeen geldt; hoe groter de afstand van de hulpelektrode tot de aardelektrode des te nauwkeuriger de meting.

Vuistregel: Als op een afstand 20 m en 12 m de hulpelektrode en de sonde worden geplaatst wordt een iets lagere R_a gemeten dan de werkelijke waarde van R_a . Ligt de gemeten waarde voor R_a lager dan 150Ω , dan kan worden gesteld dat de

aardverspreidingsweerstand voldoende laag is voor een tijdelijke aardvoorziening voor bijvoorbeeld een aggregaat. Echter hoe lager de R_a , des te beter de installatie.

Bij een permanente aardvoorziening moet ook terdege rekening worden gehouden met de fluctuatie van de grondwaterstand en de veranderende grondeigenschappen door seizoensinvloeden.

Nadat de aardverspreidingsweerstand is gemeten kan deze worden gekoppeld aan het aggregaat of een andere elektrische installatie.

10.7 Isolatiweerstand meten

Door het verrichten van een isolatiemeting, kan worden vastgesteld of door bijvoorbeeld beschadiging, vervuiling, slijtage, vocht en dergelijke er geen onbedoelde verbindingen is tussen de actieve geleiders (fasen / nul) ten opzichte van de beschermingsleiding, het aardscherm of geleidende omhullingen. Deze meting kan alleen worden verricht als er geen verbruikende toestellen op de installatie zijn aangesloten en de installatie is gescheiden van de voeding.

Praktisch is het aan te bevelen een isolatiemeting te verrichten op de losse afzonderlijke componenten voordat deze worden samengebouwd tot een tijdelijke installatie. Als delen van de tijdelijke installatie zoals de kabels en bouwkasten vooraf zijn geïnspecteerd kan de meting wellicht (voor delen) worden nagelaten.



Figuur 174 Isolatiemeting

De isolatieweerstand moet worden gemeten tussen elk actief deel en aarde. Voor elektrisch materieel dat wordt gebruikt in een omgeving met brandgevaar moet ook de isolatieweerstand tussen de actieve delen (L1, L2, L3 en N) onderling worden gemeten.

De isolatieweerstand moet worden gemeten met een beproevingsspanning die afhankelijk is van de nominale spanning van de installatie. In Tabel 19 is de waarde van de beproevingsspanning weergegeven. Voor een 230 / 400 V installatie bedraagt deze 500 V. Als een inspecteur twijfelt of er verbruikende toestellen zijn aangesloten die beschadigd kunnen worden door de hoge meetspanning, mag worden gemeten met 250 V_{DC}. De isolatieweerstand moet voor elke stroomketen, zonder dat verbruikende toestellen zijn ingeschakeld, ten minste gelijk zijn aan de waarde in de rechtse kolom. Zie Tabel 19.

Tabel 19

Nominale spanning (V)	Minimale beproevingsspanning (V)	Minimale isolatieweerstand (kΩ)
SELV- en PELV-ketens	250	500
≤500 V (geen SELV- of PELV-keten)	500	1000
500 V	1000	1000

Als de minimum isolatiewaarde in de totale keten niet wordt bereikt, moet de beproeving worden uitgevoerd in elk gedeelte van de installatie:

- tussen twee opeenvolgende beveiligingstoestellen;
- na het laatste beveiligingstoestel tegen overstroom.

De criteria zoals deze hiervoor zijn vermeld gelden ook voor de isolatieweerstand tussen de actieve delen en de PU-leiding(en).

10.8 Uitschakeltijd en -stroom van aardlekbeveiligingen

De werking van een aardlekbeveiliging is beschreven in hoofdstuk 4.

Een aardlekbeveiliging is een verschilstromschakelaar. Ontstaat er een verschilstroom, dan moet de beveiliging razendsnel trippen. Een test of hij schakelt kan worden uitgevoerd door het bedienen van de testknop. Dit moet voordat een installatie in gebruik wordt gesteld en minimaal 2 maal per jaar worden gedaan. Advies is om deze test maandelijks uit te voeren.

Bij het gebruik van aardlekbeveiligingen in bijzondere omstandigheden zoals voor werkzaamheden in een nauwe geleidende ruimte moet de test direct voorafgaand aan de werkzaamheden gebeuren.

Of de aardlekschakelaar ook snel genoeg reageert, en bij welke stroomwaarde hij reageert, moet worden geïnspecteerd met een meetinstrument.

Bij de periodieke inspectie behoort, naast de aanspreekstroom, de uitschakeltijd te worden gecontroleerd conform EN 61008 en EN 61009. De uitschakeltijd moet korter zijn dan weergegeven in Tabel 20.

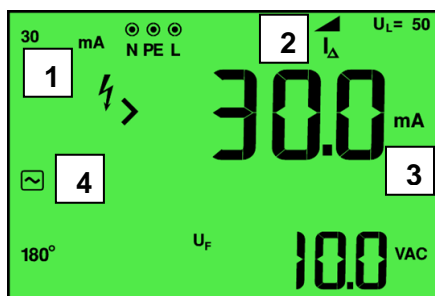
Tabel 20 De maximale uitschakeltijden

Foutstroom	Uitschakeltijd
$0,5 \times (2\Delta n)$	Geen uitschakeling
$1 \times (2\Delta n)$	$t \leq 300 \text{ ms}$
$2 \times (2\Delta n)$	$t \leq 150 \text{ ms}$
$\geq 5 \times (2\Delta n)$	$t \leq 40 \text{ ms}$

Installatietesters moeten worden ingesteld op het type aardlekbeveiliging dat wordt getest. De volgende factoren moeten worden gekozen:

- de verschilstroomwaarde: 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA of 500 mA;
- Het type aardlekbeveiliging: Type AC, A of B;
- Een factor: $\frac{1}{2}$, 1, 2 of 5.

Als het meetinstrument wordt geactiveerd, schakelt de aardlekbeveiliging uit en is de uitschakeltijd op het display af te lezen.



1. Ingestelde verschil stroomwaarde (30 mA)
2. symbool voor oplopende foutstroom
3. Uitgeschakeld bij een verschilstroom van 30 mA
4. Type: AC

Figuur 175 Display

Hoe groter de meetstroom des te sneller moet de beveiliging trippen.

Voorbeeld: een 30 mA aardlekbeveiliging moet bij een meetstroom van $1 \times \Delta I$ (30 mA) trippen binnen een tijd van 300 ms (0,3 s). Bij een meetstroom van 60 mA binnen een tijd van 150 ms.

Gebruikelijk is om te controleren met een meetstroom van $1 \times \Delta I$.

10.8.1 Uitschakelstroom

Nadat de aardlekbeveiliging opnieuw is ingeschakeld kan de tweede (verplichte) meting plaatsvinden.

Nadat opnieuw op het meetinstrument is vastgesteld dat de ingestelde waarden overeenkomen met het betreffende type aardlekbeveiliging wordt het toestel zodanig ingesteld dat er een toenemende foutstroom wordt gegenereerd door het meettoestel. Als de meting wordt gestart, stijgt de waarde van de foutstroom langzaam. Plotseling tript de aardlekbeveiliging. De stroomwaarde waarbij dat is gebeurd is dan af te lezen op het display van het meettoestel.

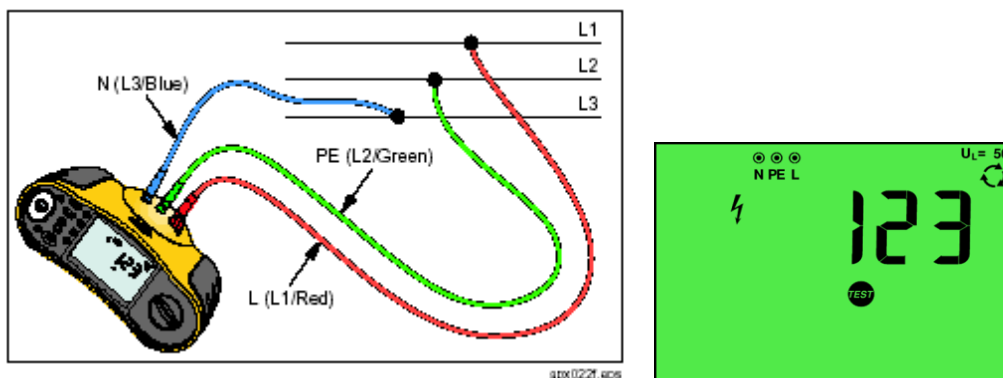
De waarde waarbij de aardlekbeveiliging tript moet altijd liggen tussen de $\frac{1}{2}$ - 1 x de nominale waarde (bij een 30 mA aardlekbeveiliging tussen de 15 en 30 mA)

10.9 Fasevolgorde

Met een installatietester of een fasevolgordemeter kan de fasevolgorde worden gemeten. De fasevolgorde is van belang bij het aansluiten van motoren.

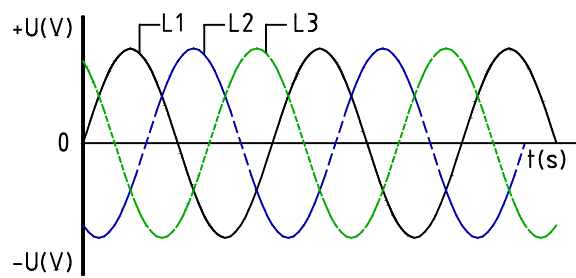
De draairichting van een driefasemotor is afhankelijk van de fasevolgorde. Door het verwisselen van twee van de drie fasen wordt de fasevolgorde gewijzigd en ontstaat er een linksdraaiend veld. Motoren in een bouwlift, een zaagmachine en dergelijke draaien, als ze worden aangesloten op een linksdraaiend veld, de verkeerde kant op. Dit kan een gevaarlijke situatie geven. Gebruikelijk is dat in een installatie de fasevolgorde zodanig is dat het veld rechtsdraaiend is.

Met een meting volgens Figuur 176 kan de fasevolgorde worden vastgesteld.



Figuur 176

- Bij een rechtsdraaiend net volgen de fasen elkaar in spanning op, L1, L2 en daarna L3: 1 - 2 - 3.
- Bij een linksdraaiend net is de volgorde omgedraaid en geeft de meter in het display 3 - 2 - 1 aan.



Figuur 177 Rechtdraaiend net

10.10 Isolatiebewakingstoestel beproeven

Specifiek bij het gebruik van (kleine) aggregaten en inverters wordt een isolatiebewakingstoestel toegepast. Een isolatiebewakingstoestel moet voordat de installatie in bedrijf wordt gesteld, worden beproefd op een goede werking.

Vastgesteld moet worden:

- Of de juiste weerstandwaarde is ingesteld. Een reëel getal: ongeveer $23\text{ k}\Omega$
- Of het toestel tript als er de weerstand lager wordt dan de ingestelde waarde. Dit kan door de testknop te bedienen.



Figuur 178 Isolatiebewakingstoestel

10.11 Bijlagen

10.11.1 Checklist visuele controle van een tijdelijke elektrische installatie op de bouwplaats

		Aspecten bij de visuele controle op een bouwlocatie	OK ?
1.	Algemeen	Schema's, tekeningen, gebruiksaanwijzingen zijn aanwezig. Keuringsrapporten van elektrische arbeidsmiddelen zijn aanwezig.	
2.	Organisatie	<p>Installatieverantwoordelijke (IV) is aangewezen volgens NEN 3140. Sleutelbeheer E-technische ruimten is geregeld. De medewerkers zijn onderricht en aangewezen (VOP / VP) die:</p> <ul style="list-style-type: none"> • smeltpatronen mogen vervangen; • schakelhandelingen mogen verrichten; • modificatie mogen uitvoeren aan elektrisch materieel; • leidingen mogen verleggen tijdens het bouwproces; • een aggregaat mogen bedienen. <p>De benodigde hulpmiddelen zijn op de locatie aanwezig voor eventuele dringende elektrische werkzaamheden zoals bij calamiteiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mespatroontrekker; • dubbelpolige spanningsaanwijzer; • borgingsmiddelen; • PBM's. 	
3.	Bouwkast behuizing Afscherming / omhulsels	<p>De bouwkast / schakel- en verdeelinrichting is gekeurd als arbeidsmiddel ?</p> <p>De opstelling is correct:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vrije ruimte om te vluchten. • Scheidingsmogelijkheid (schakelaar) aanwezig, bereikbaar opgesteld en vergrendelbaar. • Deugdelijk, rechtop en stevig opgesteld. • Niet nabij brandbare materialen of in een ATEX-omgeving. <p>Omhulsel is onbeschadigd, gesloten en niet zonder hulpmiddelen te openen en voldoende beschermd tegen uitwendig stof en / of vocht. (\geq IP 44.) Alle contactstoppen zijn voorzien van goed afsluitende deksels. Klepje voor de beveiligingen is goed afgesloten.</p> <p>Waarschuwbord is aanwezig (gele driehoek, zwarte rand), nodig als de schakel- en verdeelinrichting (wellicht door leken) niet als zodanig is te herkennen.</p>	

		Aspecten bij de visuele controle op een bouwlocatie	OK ?
4.	Bouwkasten intern	<p>De noodzakelijke beveiligingen zijn aanwezig.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle WCD's ≤ 32 A beveiligd met aardlekbeveiliging 30 mA. • Alle WCD's > 32A beveiligd met aardlekbeveiliging 300 mA. • Geen toestellen en machines aangesloten op koppelcontactstoppen ? • Instelbare beveiligingen zijn correct ingesteld. • Type automaat B / C volgens ontwerp ? • Type aardlekbeveiliging AC, B, Selectief volgens ontwerp ? • Beschermingscontacten (aardlipjes in 230 V WCD) verend, schoon-blank en in goede staat ? • Verbindingen in aardleidingen / op de aardrail deugdelijk verbonden ? • Contactstoppen vertonen geen beschadigingen (inbranden contacten, verkleuringen, laspunten op pennen en bussen). • Aanduidingen staan vermeld bij de beveiligings-toestellen en de contactstoppen. (Welke beveiliging hoort bij welke contactstop.) • Aanduiding van waaruit wordt gevoed staat vermeld. 	
5.	Kabel	<ul style="list-style-type: none"> • Juiste leiding toegestaan voor het gebruik op een bouwlocatie. • De kabels zijn gekeurd als arbeidsmiddel. • Kabelmantel onbeschadigd (waar zichtbaar). • De leiding is correct aangelegd: • Mechanisch beschermd ? Diepte in de grond $> 0,5$ m¹ • Niet mechanisch beschermd: kabeltraject markeerlint + piketpaaltjes boven de grond ? • Waarschuwingsborden aanwezig. • De lengte en doorsnede van de leiding is conform ontwerp in relatie tot de beveiliging (niet langer en dunner). • Ligging van de kabel (temperatuur, bundels) is conform het ontwerp. 	

		Aspecten bij de visuele controle op een bouwlocatie	OK ?
6.	Kabels aansluitingen	<p>De vaste kabel is correct aangesloten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Afdichting bij invoeren \geq IP 44. • Trekontlasting deugdelijk. • Beschermingsleiding / kabelarmering-aardscherm aangesloten op aardrail. • De kabelschoenen zijn voorzien van goede persverbindingen. • De fasen en nulgeleider zijn deugdelijk aangesloten. • De Fasevolgorde is bruin - zwart - grijs (L1, L2 en L3). <p>De beschermingsleiding PE en N leiding zijn gecodeerd.</p> <p>Soepele kabel- leidingen aangesloten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contactstoppen zijn deugdelijk bevestigd aan de leidingen. • De trekontlasting en kabelmantel invoer zijn in orde. • Er zijn geen zichtbare beschadigingen in relatie tot de veiligheid op de contactstoppen waarneembaar zoals laspunten op pennen van contactstop. 	
7.	Aggregaat Op vaste locatie	<p>Organisatie</p> <ul style="list-style-type: none"> • verantwoordelijkheid voor aggregaat is geregeld (intern of extern) • gebruiksaanwijzing is aanwezig • bedienend personeel is geïnstrueerd <p>Opstelling</p> <ul style="list-style-type: none"> • Er is een vrije ruimte om te vluchten. • Er is een scheidingsmogelijkheid (schakelaar) aanwezig, bereikbaar opgesteld en vergrendelbaar. • Het aggregaat staat deugdelijk, rechtop en stevig opgesteld. <p>(TN-configuratie)</p> <ul style="list-style-type: none"> • De sterpuntaarding is ingeschakeld. (Kijken of er een doorverbinding is gemaakt.) • De aardvoorziening is deugdelijk en betrouwbaar gecreëerd (R_a-meten). • De aardverbindingen zijn niet toegankelijk voor onbevoegden of beschermd tegen losdraaien door onbevoegden. • De aardleiding koperdraad \geq 6 mm². • De aardlekbeveiliging is correct ingesteld op tijd / stroomwaarde veilig voor de mens ? • Aanduidingen staan vermeld bij de beveiligings-toestellen en de contactstoppen. 	

		Aspecten bij de visuele controle op een bouwlocatie	OK ?
8.	Aggregaat Mobiel of kleine installatie	(IU-configuratie) <ul style="list-style-type: none"> • Het isolatiebewakingstoestel is ingeschakeld. • De sterpuntaarding is los van beschermingsleiding (PU) en het aardsysteem ter plekke. • Aanduidingen staan vermeld bij de beveiligings-toestellen en de contactstoppen. 	
9.	Aangesloten materieel	<ul style="list-style-type: none"> • Toegepast, opgesteld volgens de handleiding van de fabrikant ? • Dichtheid ? (\geq IP 44) • Klasse ? • Buiten handbereik ($>$ 2,5 m) bouwlampen klasse I 	
10.	Beschermings- en veiligheids- transformatoren	<ul style="list-style-type: none"> • Dichtheid ? (\geq IP 44) • Opgesteld buiten nauwe geleidende ruimten. • Uitwendige beschadigingen ? 	
11.	Potentiaalvereffening	<ul style="list-style-type: none"> • Vreemd geleidende delen zijn geaard (vereffend met de veiligheidsaarding). • De doorsnede van de vereffeningleiding is $\geq \frac{1}{2}$ PE, minimaal 4 mm². • Stalen steigers zijn vereffend met verdeelinrichtingen • De verbindingen zijn deugdelijk en niet zonder hulpmiddelen losneembaar. • Metalen containers zijn vereffend met de aardrail in de schakelverdeelinrichting. • Bouwkasten klasse I zijn vereffend. 	
12.	Bouwkeet	<ul style="list-style-type: none"> • Materieel (arbeidsmiddelen) in de bouwkeet zijn gekeurd. • Materieel wordt gebruikt overeenkomstig de gebruiksaanwijzing. • Leidingen, stekkerdozen worden correct toegepast. • Opgesteld vermogen van aanwezig materieel is toelaatbaar. 	
13.	Nauwe geleidende ruimten	<ul style="list-style-type: none"> • Veiligheidsketens zijn correct geïnstalleerd. • De opstelling van veiligheidstrafo / beschermingstrafo is goed. • Elektrisch materieel wordt toegepast volgens de vereiste klasse. 	
14.	Omgevingsrisico's	<ul style="list-style-type: none"> • Is er rekening gehouden met risico's voor werkzaamheden met elektrische installaties en arbeidsmiddelen in een bijzondere omgeving ? • Zo ja: een RI&E is aanwezig en vermelde maatregelen zijn getroffen. • ATEX (brandstofopslag, lasgassen, acculaders). • HS-lijnen. • Water. 	

10.11.2 Checklist metingen en beproeven

Let op: de metingen moeten op alle door de inspecteur te bepalen locaties worden verricht.

	Meting	Wat moet worden gemeten
1.	Ononderbroken van leidingen PE en N	Beschermingsleidingen PE en PU (Beschermende) vereffeningleidingen N in 3~ ketens
2.	Spanningsverlies	$\leq 5\%$
3.	Circuitweerstand	$Z_c \leq 230 \text{ V} : I_A$ (bijlage tabellen)
4.	Aardverspreidingsweerstand	$R_a \leq U_{\text{net}} / I_A$ (aanspreekstroom beveiliging) $R_a \leq 166 \Omega$ (achter ALS)
5.	Isolatiweerstand	230 / 400 V net: Meten $U \geq 500 \text{ V}$ (voorkeur) $R_{\text{iso}} > 1 \text{ M}\Omega$
6.	Uitschakeltijd en -stroom van aardlekbeveiligingen	Uitschakeltijd $t (1 \times \Delta I) \leq 300 \text{ ms}$ uitschakelstroom: $x \frac{1}{2} \leq \Delta I \leq x1$
7.	Fasevolgorde	Rechtsom net is standaard
8.	Isolatiebewakingstoestel beproeven	Instelling $R \cong 23 \text{ k}\Omega$ Werking vooraf testen.

CHECKLIST ELEKTRISCH MATERIEEL



formulenummer:

Hoofdgroep: Elektrische installaties

Materieelsoort: Verdeelkasten

Datum: 30 aug. 2000

Werkinstructie:

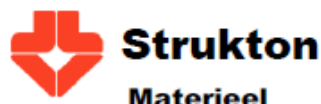
Rev.: 2

Checklistnr.: IT1

Afdeling: Installatietechniek

Maco nummer:

TYPE-GEGEVENS		
Merk: *Bos *Strukton *Keraf *.....	Primaire werkspanning: *1N~230V *.....V *3~400V *3N~400V	
Behuizing: *IJzer *Hout *Kunststof	getest met meetinstr.: MIT	
Constructie: *IJzer *Hout *Kunststof	Primaire aansluitwaarde: Ampère	
Type: *Zwerf *Maxi *Grande *Kraan *Doorlus *..... *Loodsbord *Meterverdeelkast *Hoofdverdeelkast *Unitverdeelkast *.....	Serienummer: Monteur:	
GEMETEN WAARDEN		
1 Isolati weerstand van de voeding onderling en t.o.v. aarde (beschermingscontact) en constructie (laagste Riso):	.....	Ohm
2 Hoogste uitschakelstroom van de aardlekschakelaar(s):	.....	mA
3 Langste uitschakeltijd van de aardlekschakelaar(s):	.....	mS
4 Inwendige weerstand fase(n) t.o.v. nul (hoogste Zi):	.....	Ohm
5 Weerstand van de fase(n) t.o.v. aarde (hoogste Zschl.):	.....	Ohm
6 Weerstand van vereffening sleiding(en) en aarde (hoogste Rlo):	.....	Ohm
7 Kortsluitstroom (Ik):	.....	kA
8		
VISUELE CONTROLE		
9 Is/zijn er (een) aardlekschakelaar(s) aanwezig:		*JA / Nee
10 Is/zijn de aardlekschakelaar(s) in orde, incl. Testknop:		*JA / Nee / n.v.t.
11 Voldoen de aardlekschakelaar(s) aan de toepassing:		*JA / Nee / n.v.t.
12 Is de installatie schoon, droog en niet beschadigd:		*JA / Nee
13 Is er een installatietekening / groepsverklaring aanwezig:		*JA / Nee / n.v.t.
14 Is/zijn evt. automaten juist ingesteld (lr, lm, ln)		*JA / Nee / n.v.t.
BEOORDELING / VERKLARING		
15 De minimaal gemeten isolati weerstand is tenminste 500 kOhm bij voeding t/m 500Volt (250kOhm SEL-V/PEL-V)		*JA / Nee
16 Zijn alle eindgroepen juist afgezekerd:		*JA / Nee
17 Huidige/nieuwe keuringsdatum aangebracht:		*JA / Nee
18 Is het ingangsgedeelte uitgevoerd met een toestelcontactstop:		*JA / Nee
19 Het materieel is geïnspecteerd en voldoet aan de criteria:		*JA / Nee
OPMERKING(EN)		
STATUS MATERIEEL: *Goedgekeurd *Afgekeurd *Reparatie *Inzetbaar		
Inspectie datum:	Administratie	
Locatie: *Werk *		
Paraaf:		
BIJ REPARATIE OF AFGEKEURD, LABEL AANBRENGEN!		
Controleer of alle items juist zijn ingevuld (*) Omcirkel wat van toepassing is!		


**OPLEVERINGSRAPPORT EN VEILIGHEIDSINSPECTIE
ELEKTROTECHNISCHE LAAGSPANNINGSINSTALLATIE**

Datum: 21 febr. 2001

Rev.: 4

Werkinstructie:

Blad 1-2

Checklistnr.: IT4

Installateur/monteurInstallatieNaam : Strukton Materieel bv

Project/Naam : _____

Adres : Kantonnaleweg 1

Contactpersoon : _____

Postcode : 3542 DB

Adres : _____

Plaats : Utrecht

Plaats : _____

Telefoon : 030 - 248 65 15

Werkordernummer : _____

Inspectiedatum : _____

Nieuwbouw	Uitbreiding/wijziging	Renovatie/repairatie	Tijdelijk
-----------	-----------------------	----------------------	-----------

Installatie uitgevoerd voor: 1 fase 3 fasen Deeloplevering: nee ja,T.w.: Bouwplaatsinrichting & onderkomens

Technisch overzicht elektrotechnische installatie, Opstelling:

ketenpark	bouwplaats inrichting	Aggregaat	_____
TT- stelsel	TN- stelsel	Hoofdbeveiliging:	.....Amp. ja* nee* nvt*

a, de gemeten isolatieweerstand van de totale installatie is tenminste 500 kOhm

b, blanke spanningvoerende delen zijn afgeschermd

c, alle aardlekschakelaars/automaten zijn gecontroleerd op de juiste nominale

aanspreekstroom, aanspreektijd, de juiste werking en in orde bevonden

d, alle beschermingscontacten van de wandcontactdozen en verbindingen tussen

metalen gestellen van vast aangesloten toestellen met de beschermingsleiding

zijn gecontroleerd door meting en in orde bevonden

e, de basis- en vereffeningisleidingen, beschermingsleidingen en aanvullende

vereffeningisleidingen zijn gecontroleerd en in orde bevonden

f, leidingberekening/doorsneden zijn op alle punten gecontroleerd en in orde bevonden

g, beveiligingen (inclusief selectiviteit) zijn op alle punten gecontroleerd en in orde

bevonden

h, de verspreidingsweerstand van de aardelektrode en/of de aardcircuitweerstand op het

ongunstigste punt van de installatie, is/zijn gecontroleerd door meting en in orde

bevonden

Ra = _____ Ohm, Zri = _____ Ohm, Zschl. = _____ Ohm, Rcircuit = _____ Ohm (evt. berekend)

punt van de installatie waar gemeten is: _____

i, installatie in bijzondere ruimten uitgevoerd en gecontroleerd conform voorschriften

a. installatie in bad/doucheruimte (badlokaal) uitgevoerd conform de zone-indeling

b. installatie in andere ruimten, t.w. _____ gecontroleerd en in orde

bevonden

j, materieel en materiaal gekeurd

(* aankruisen van toepassing)

11. Werkprocedures NEN 3140

In dit hoofdstuk worden enkele belangrijke werkprocedures beschreven die relevant zijn op een bouwlocatie:

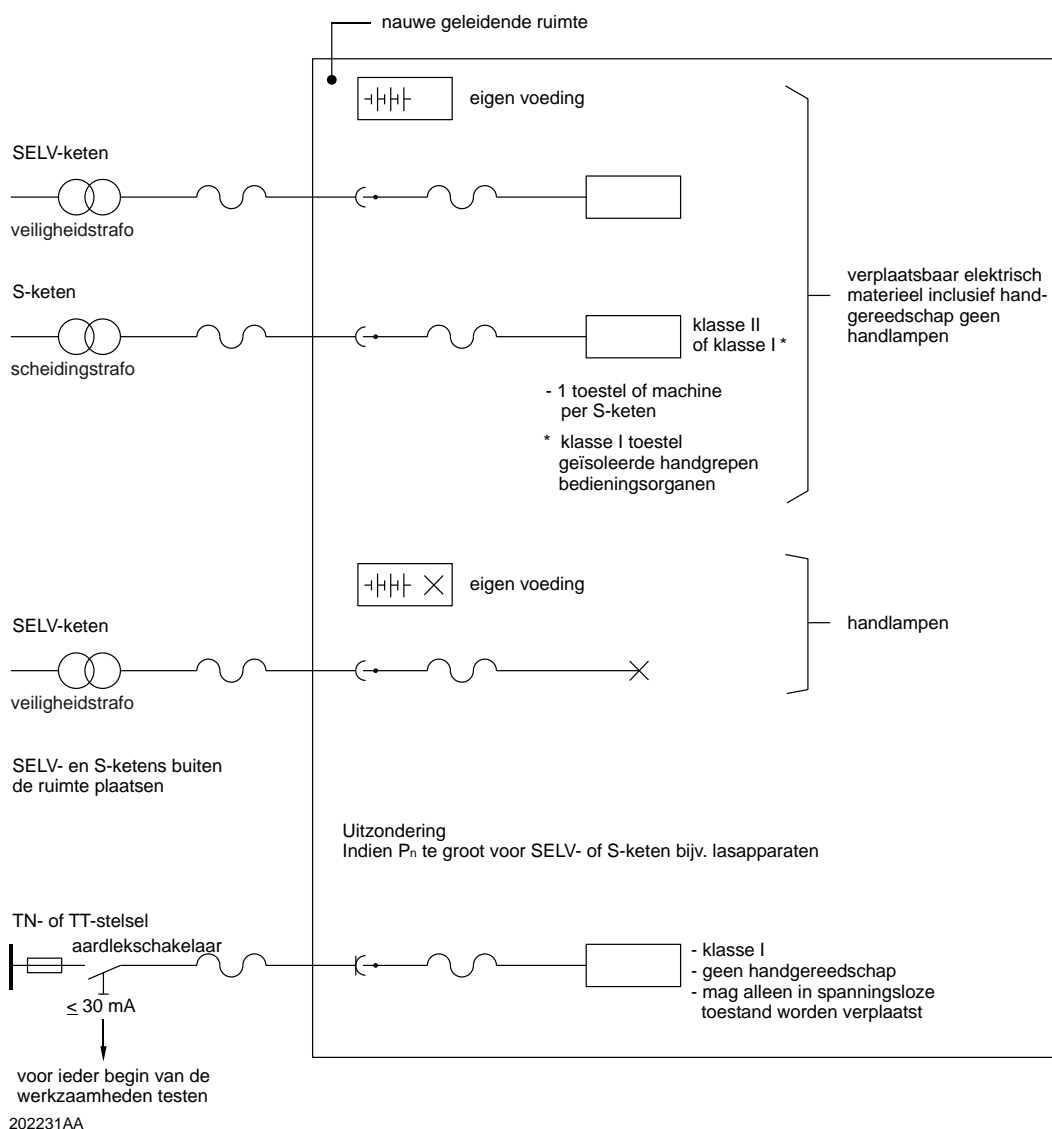
- Werken met elektrische arbeidsmiddelen in een nauwe geleidende ruimte.
- Tijdelijke elektrische installaties op bouwterreinen.
- D-patronen vervangen.
- Veilig stellen van een elektrische installatie.

11.1 Werken in een nauwe geleidende ruimte

Een nauwe geleidende ruimte is een ruimte begrensd door metalen of andere geleidende delen waarbij de bewegingsvrijheid van de medewerker zodanig is beperkt dat voortdurend of vrijwel voortdurend contact met deze geleidende delen niet is te vermijden.

Nauwe geleidende ruimten kunnen zijn: bordessen, op, aan en in machines en tanks, staand op een metalen trap tegen spanten, op metalen vloeren, werkzaamheden in kruipruimten en dergelijke.

Werkzaamheden in een nauwe geleidende ruimte moeten bij voorkeur niet met elektrische arbeidsmiddelen worden uitgevoerd. Als hieraan noodzakelijkerwijs niet kan worden voldaan, dan moet de meest veilige werkmethode worden gekozen. In het schema van Figuur 179 heeft de bovenste situatie steeds de voorkeur. Als deze keuze niet realiseerbaar is, volgt de keuze die eronder staat. Dit geldt zowel voor verplaatsbaar elektrisch materieel inclusief handgereedschappen als handlampen. In de praktijk komt het er op neer dat in veel situaties gebruik moet worden gemaakt van accugereedschap en anders van scheidings- en / of veiligheidstransformatoren.



Figuur 179 Toegestaan elektrisch materiaal in nauwe geleidende ruimten

11.2 Veilig werken en juist meten met veilige meetapparatuur in de elektrotechniek

Voordat een meettoestel wordt gebruikt, moet het visueel worden gecontroleerd op gebreken. Bij geconstateerde gebreken mag het meetinstrument niet worden gebruikt.

Voordat een meting in de nabijheid van aanraakbare spanningsvoerende delen mag worden uitgevoerd, binnen een afstand van 0,5 m, moeten veiligheidsmaatregelen worden getroffen.



Figuur 180 Meten met een dubbelpolige spanningsaanwijzer (Duspol)

11.3 Spanning meten

Spanning meten is een breed begrip. De keuze van het meetinstrument wordt bepaald door het doel van de meting. Zo kan een onderscheid worden gemaakt tussen het meten van spanning om:

- spanningsloosheid vast te stellen;
- de waarde van de spanning te meten;
- een storing te zoeken door het vaststellen van de aanwezigheid van wel of geen spanning.

Spanningsloosheid vaststellen

Spanningsloosheid vaststellen moet met een dubbelpolige spanningsaanwijzer; een duspol genoemd. Een dubbelpolige spanningsaanwijzer moet voor gebruik visueel worden gecontroleerd en worden beproefd op een goede werking. Bij voorkeur moet hij ook worden beproefd na het gebruik.



Duspols volgens de oude norm



Duspol met tweeknopsbediening; de nieuwe norm

Figuur 181 Dubbelpolige spanningsaanwijzers

Nadat een installatie is gescheiden van het voedende net, is het verplicht met een dubbelpolige spanningsaanwijzer spanningsloosheid vast te stellen voordat er aan of nabij de elektrische installatie mag worden gewerkt. Spanningsloosheid moet worden vastgesteld tussen alle polen. In een installatie bestaande uit vijf geleiders: L1, L2, L3 N, PE moeten dus tien metingen worden verricht.

Duspols die voldoen aan de huidige norm IEC 61243-3 hebben een tweehandsbediening.

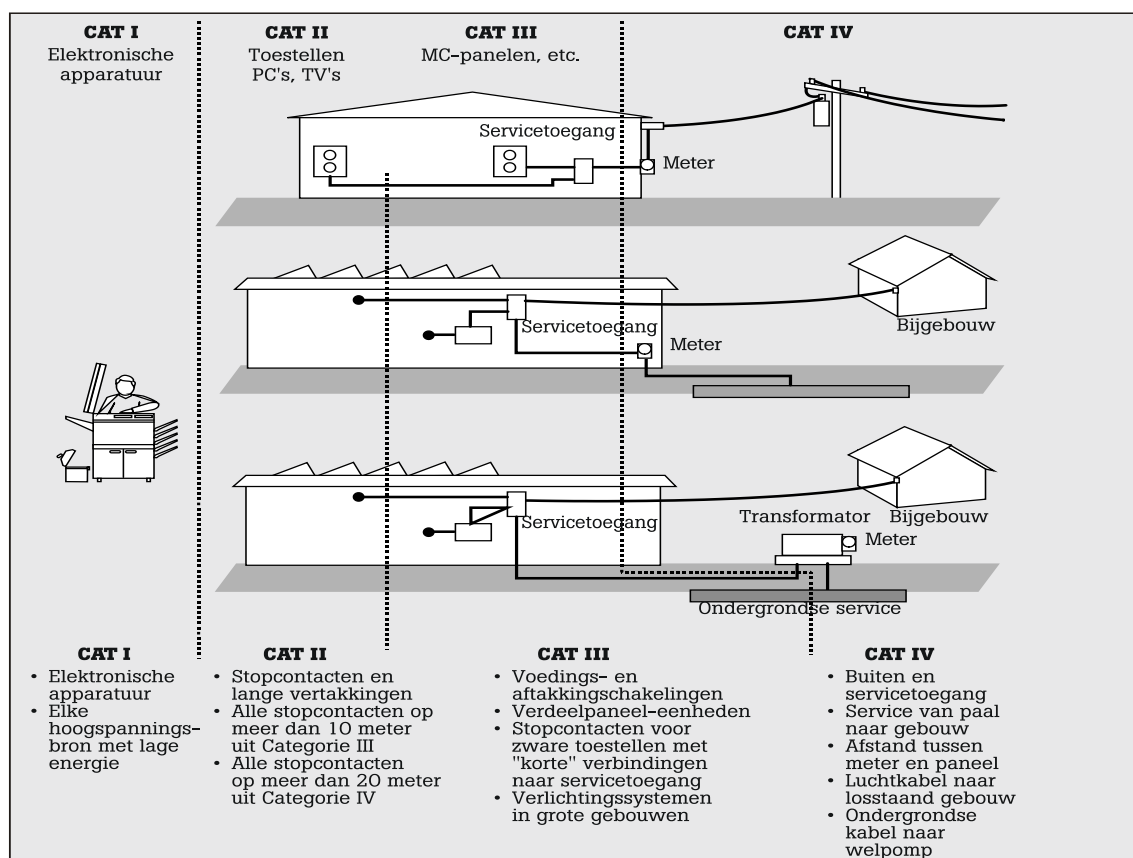
Meetapparatuur dat buiten wordt toegepast moet een beschermingsgraad hebben tegen vocht, bijvoorbeeld \geq IP 44.

Een universeelmeter is ongeschikt voor deze taak en mag hiervoor dan ook niet worden gebruikt.

De waarde van de spanning meten

De waarde van spanning kan worden gemeten met een multi- of universeelmeter. Deze meter moet in voldoende mate een kortsluitvastheid hebben en bestand zijn tegen overspanningen. Dit is genormaliseerd in de CAT I- tot en met IV-aanduiding (zie Figuur 182).

Voor werkzaamheden op een bouwlocatie is een CAT III- of CAT IV-instrument geschikt.



303099AA

Figuur 182 CAT-aanduidingen op meetapparatuur

Storing zoeken door het meten van spanning

Voor het opsporen van gebreken wordt vaak op diverse plaatsen in een installatie de spanning gemeten. Het gaat dan niet zozeer om de waarde vast te stellen dan wel om het feit of er wel of geen spanning wordt gemeten.

NEN 3140 stelt voor deze situatie niet vast welk meetinstrument moet worden gekozen.

Altijd geldt natuurlijk de Arbo-regelgeving: Een arbeidsmiddel moet passend en veilig zijn. Enkele meetinstrumenten vallen daardoor af op een bouwlocatie:

- meetinstrumenten die niet voldoende kortsluitvast zijn of foutief zijn in te stellen;
- spanningzoekers zijn niet betrouwbaar af te lezen in het daglicht;
- inductiepenningen, voltsticks, werken op basis van capacitieve koppelingen zijn niet altijd betrouwbaar.

Stroom meten

Stroom door een draad kan wordt gemeten door de bek van een ampèretang om een draad of ader van een kabel te plaatsen³. Er bestaan ampèretangen die aangesloten moeten worden op een universeelmeter en er zijn ampèretangen waarop de stroomwaarde direct is af te lezen.

Let op: Eenvoudige ampèretangen meten uitsluitend zuivere sinusvormige wisselstromen. Andere tangen meten wisselstromen inclusief hogere harmonische (RMS-tang) en weer andere aanvullend ook gelijkstromen (TRUE RMS-tang).

Voor een enigszins correcte stroommeting in een installatie met frequentieregelaars, elektronica, enzovoorts, moet het meetinstrument van het type TRUE-RMS zijn. Als een willekeurige meter wordt toegepast kan de meetfout oplopen tot wel 40% !



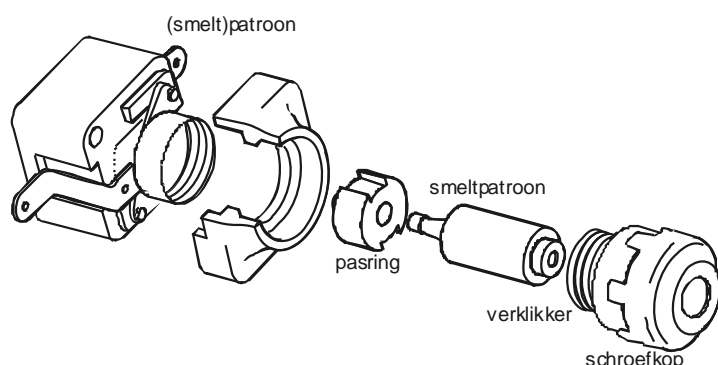
Meter links: 59,2 A.
Meter rechts: 40,5 A.

303100AA

Figuur 183 De linkse A-meter is een type TRUE RMS, de rechtse A-meter niet

³ Door de bek van de tang om een kabel met meerdere aders te plaatsen wordt nauwelijks iets gemeten.

11.4 Tijdelijke elektrische installaties op bouwterreinen



Figuur 184 De onderdelen van een smeltveiligheid

D-patronen worden ook wel zekeringen of stoppen genoemd. Het vervangen van een D-patroon lijkt eenvoudig. Echter, regelmatig branden verdeelinrichtingen uit omdat ondeskundige medewerkers patronen hebben vervangen. Het vervangen van D-patronen binnen een onderneming, of dat nu in de werkplaats is of in een bouwkast, is daarom alleen toegestaan door bevoegden. Bevoegden zijn medewerkers die weten wat ze doen en waarbij deze taak op de aanwijzing staat vermeld.

NEN 3140: smeltpatronen moeten bij voorkeur spanningsloos worden verwijderd en geplaatst. Als dit niet kan, dan moet dit minimaal stroomloos gebeuren.



Figuur 185 D-patroon 16A gG

Praktisch betekent dit het volgende: Als er zich een hoofdschakelaar op een bouwkast of op de verdeelinrichting bevindt, dan moet deze in de "0"-stand worden geplaatst zodat de hele installatie spanningsloos wordt.

Als er installaties op zijn aangesloten die niet spanningsloos mogen worden, dan kan de groepenschakelaar die zich wellicht bij de patroon bevindt, worden bediend. Als er zich geen schakelaar bevindt nabij de beveiliging, dan moet worden vastgesteld dat de machine die door de betreffende patroon wordt beveiligd, is uitgeschakeld.

Bij een bouwkast kan wellicht ook een contactstop worden verwijderd.

Bij twijfel; eerst vragen aan een deskundige en daarna pas een patroon vervangen !

Als een patroon zo maar wordt verwijderd, terwijl de patroon stroomvoerend is, dan veroorzaakt dat een vonk tussen de patroon en de pasring. Deze vonk veroorzaakt een "laspuntje", een oneffenheid op het metalen vlakje in de pasring. Een nieuwe geplaatste patroon maakt nu slecht contact in de pasring. Hierdoor kan de temperatuur in de patroonhouder zodanig hoog worden, dat er brand kan ontstaan.

Bij een mespatroon is dit niet een vonkje maar een grote vonk, een gevaarlijke vlamboog !

Draai nooit zomaar de schroefkop los om een patroon te vervangen.

In tegenstelling tot in woningen, worden krachtinstallaties zoals in werkplaatsen en op bouwplaatsen beveiligd door drie smeltpatronen. Controleer bij een storing alle drie de smeltveiligheden.



Figuur 186 Rijen van drie smeltpatronen in krachtgroepen

Een VOP-er (afhankelijk van uw bevoegdheid) mag uitsluitend een D-patroon vervangen als de patroonhouder niet is beschadigd (stukjes porselein ontbreken) en er zich geen aanraakbare blanke metalen delen onder spanning in de kast bevinden.

Een patroon en patroonhouder kan, direct na uitschakeling zeer warm zijn. Wees hierop alert.

Een mespatroon in een hoofd- schakel en verdeelinrichting mag alleen worden vervangen door een bevoegd Vakbekwaam Persoon. Voor leken is dit ronduit gevaarlijk !

11.5 Veilig stellen van een elektrische installatie

Conform het Arbo-besluit en NEN 3140 is het verboden te werken aan, met of in de nabijheid (< 0,5 m) van aanraakbare spanningsvoerende delen.

Dit betekent in de praktijk dat de installatie veilig moet worden gesteld voordat er aan mag worden "gesleuteld".

In NEN 3140 zijn uitzonderingen genoemd wanneer toch onder spanning mag worden gewerkt:

- Als de noodzakelijkheid van het onder spanning werken door de WV / IV is aangetoond en
- er heeft een schriftelijke voorbereiding plaatsgevonden (werkvergunning opgesteld door WV) en
- de installatie leent er zich toe om met passende veilige middelen het betrekkelijk veilig te doen, dan kan ondanks het verbod wel onder spanning worden gewerkt.

Deze uitzondering is in de praktijk op een bouwlocatie niet van toepassing !

Het veiligstellen van een elektrische installatie moet gebeuren in vijf stappen waarvan de eerste drie op elke laagspanningsinstallatie van toepassing zijn:

1. volledig scheiden;
 - 14 beveiligen tegen wederinschakeling;
 - 15 controleren op spanningsloosheid;
 - 16 aarden en kortsluiten;
 - 17 afschermen tegen naastgelegen actieve delen.

Achtereenvolgens worden de stappen beschreven.

Stap 1: Volledig scheiden

Een installatie kan al spanningsloos zijn bijvoorbeeld ten gevolge van een defect of een storing. De installatie is dan echter nog niet spanningsloos conform de norm en zeker nog niet gegarandeerd veilig om eraan te gaan werken.

Onder een spanningsloze installatie wordt verstaan een installatie die volledig is gescheiden van het voedende net en geen restlading meer heeft.

Bij het verwijderen van alleen smeltpatronen in een verdeelinrichting, worden alleen de fasen onderbroken. Ook de nulgeleider moet worden onderbroken. Volledig scheiden is dus het onderbreken van alle fasen en de nul van de voeding.

Elke installatie moet zijn uitgerust met een zogenaamde lastscheider; een hoofdschakelaar. Kleine zwerfkasten vormen hierin een uitzondering. Hier kan door simpelweg de contactstop eruit te trekken een scheiding worden gerealiseerd.



Figuur 187 Scheiden met een lastseparator: werkschakelaar, hoofdschakelaar of contactstop

In sommige toestellen bevinden zich condensatoren die kunnen zijn opgeladen, bijvoorbeeld in een frequentieregelaar voor een bouwlift. Voordat hier spanningsloos werkzaamheden aan kunnen en mogen worden verricht, moeten de condensatoren worden ontladen.

Fabrikanten hebben in dergelijke apparaten een ontladvoorziening ingebouwd waardoor het toestel na een korte tijd, bijvoorbeeld vijf seconden na uitschakeling, veilig spanningsloos is. In de gebruiksaanwijzing staat de ontladtijd vermeld.

Stap 2: Beveiliging tegen wederinschakeling

Beveiligen tegen wederinschakeling moet voorkomen dat iemand de installatie inschakelt terwijl er aan wordt gewerkt. De maatregelen die moeten worden getroffen voor het beveiligen tegen wederinschakeling zijn:

- Met een label of een opschrift moet duidelijk kenbaar worden gemaakt dat niet mag worden (in)geschakeld. Zo zijn er labels en bordjes met de tekst "Niet inschakelen".



Figuur 188 Labels en bordjes

- Het schakelmateriaal moet worden vergrendeld, bijvoorbeeld met een borgingsmiddel zoals een slot en / of met een dummy zodanig dat het niet mogelijk is in te schakelen.



500837AA

Figuur 189 Borging op een installatieautomaat



Figuur 190 Contactstopvergrendeling: Borging voor CEE-contactstop



Figuur 191 Dummy D-patroon met bijpassende sleutel

Stap 3: Controleren op spanningsloosheid

Controleer of de installatie spanningsloos is met een dubbelpolige spanningsaanwijzer waarvan de werking is gecontroleerd, voordat er wordt gemeten. Meet vervolgens tussen elke geleider of de installatie daadwerkelijk spanningsloos is. De procedure; spanningsloosheid vaststellen is in de vorige paragraaf behandeld.



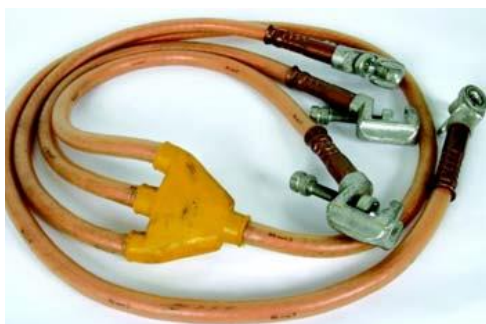
500227AA

Figuur 192 Meten met een dubbelpolige spanningsaanwijzer

Controleer indien mogelijk, na het vaststellen op spanningsloosheid, opnieuw de werking van de spanningsaanwijzer, bijvoorbeeld in een nabijgelegen wandcontactdoos. Hierdoor wordt gecontroleerd of de spanningsaanwijzer correct functioneert.

Stap 4: Aarden en kortsluiting

Bij laagspanningsinstallaties waarbij de mogelijkheid bestaat van terugvoeding moeten alle geleiders onderling worden kortgesloten. De verbinding wordt gemaakt met zogenaamde aardingsgarnituur. Op een bouwlocatie zal deze stap nauwelijks van toepassing zijn.



Figuur 193 Aardingsgarnituur; dikke litzedraad om alle geleiders onderling te koppelen

Dit wordt gedaan door de fasen, de nul en de aarde met elkaar te koppelen nadat ter plekke de spanningsloosheid is aangetoond.

De volgorde van koppelen is als volgt:

- eerst één klem op het aardpunt plaatsen;
- dan de andere klemmen op de andere aansluitpunten plaatsen.

Terugvoeding is mogelijk in de volgende situaties:

- De installatie is gekoppeld aan twee voedingsbronnen, bijvoorbeeld behalve aan het elektriciteitsnet en ook aan een noodstroomvoorziening zoals een generator.
- In distributielaagspanningsinstallaties die ring- of maasvormig zijn uitgevoerd.

Stap 5: Afscherming tegen naastgelegen spanningvoerende delen

Als in een gedeelte van een schakel- en verdeelinrichting moet worden gewerkt en een ander gedeelte kan niet spanningsloos worden gemaakt dan moeten de nabijgelegen spanningsvoerende delen worden afgeschermd.

Ditzelfde geldt bijvoorbeeld ook als werkzaamheden moeten worden verricht nabij een accu waarvan de polen niet zijn afgeschermd.

De afscherming kan plaatsvinden met goedgekeurde isolerende materialen zoals doek of een zeil dat met isolerende doekklemmen kan worden bevestigd.



Figuur 194 Isolatiematten, isolatieklem, isolatiedeksel automatisch

Het aanbrengen van de isolerende materialen dient bij voorkeur spanningsloos te gebeuren. Indien dat niet mogelijk is moeten passende PBM's worden gedragen.

12. Bijlagen

12.1 Vermogensbepaling formules

Vermogen en stroom in één-fase-systeem

$P = U_{\text{eff}} \times I_{\text{eff}}$ (bij 1 fase ohmse belasting) of $I_{\text{eff}} = P : 230 \text{ V}$.

$P = U_{\text{eff}} \times I_{\text{eff}} \times \cos \varphi$ (U en I niet in fase) of $I_{\text{eff}} = P : 230 \text{ V} \times \cos \varphi$.

$\cos \varphi$ is de vermogensfactor van een installatie. $\cos \varphi$ moet bij voorkeur 1 zijn (de hoek φ tussen de stroom en spanning bij voorkeur 0°). In het geval $\cos \varphi$ niet gelijk is aan 1, ten gevolge van inductieve lasten (spoelen) kunnen condensatoren parallel aan het net worden geschakeld om de inductiviteit te compenseren.

Vermogen en stroom in drie-fase-systeem

$P = \sqrt{3} \times U_{\text{lijn}} \times I_{\text{lijn}} \times \cos \varphi$ (U lijn = 400 V)

$I = P : (\sqrt{3} \times 400 \times \cos \varphi)$

12.2 Elektrische vermogen, wat is dat ?

Het vermogen van een elektrisch toestel wordt bepaald door de spanning waarop het toestel is aangesloten en de stroom die er vervolgens loopt. In formule:

$$P = U \times I$$

- P = vermogen in Watt (W)
- U = spanning in Volt (V)
- I = stroom in Ampère (A)

Opmerking

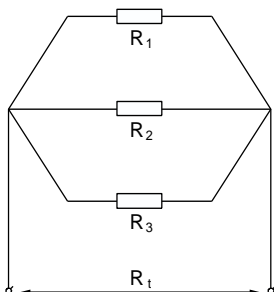
In tegenstelling tot de meeste elektrische toestellen staat op een elektromotor het mechanische asvermogen vermeld in kW.



Figuur 195 Bouwlamp

Aangesloten op een spanning van bijvoorbeeld 230 V kan de stroom door een 500 W bouwlamp worden berekend: $I = 500 \text{ W} : 230 \text{ V} = 2,17 \text{ A}$

Als aan een aggregaat drie bouwlampen (voorstellend R1, R2 en R3 in Figuur 196) worden aangesloten, dan moet het aggregaat 3 x 2,17 A kunnen leveren. Door de draden loopt dan een stroom van 6,51 A. Oftewel, hoe meer toestellen, des te meer stroom moet het aggregaat leveren.



Figuur 196 Drie bouwlampen

Voor zogenaamde ohmse apparaten, dit zijn toestellen zoals een bouwlamp en een verwarmingselement, geldt dat als deze op een wisselspanning worden aangesloten, de stroom precies dezelfde sinusvormige spanning volgt. Voor ohmse apparaten die op driefasen worden aangesloten geldt de volgende formule:

$$P = U_{\text{lijn}} \times 2_{\text{lijn}} \times \sqrt{3}$$

- P_t (totale vermogen) in W (Watt);
- U_6 (lijnspanning) in U (Volt) Meestal 400 V, soms in oude binnensteden 230 V, soms 690 V;
- 26 (lijnstroom) in A (Ampère). De stroom door elk van de drie fasegeleiders.

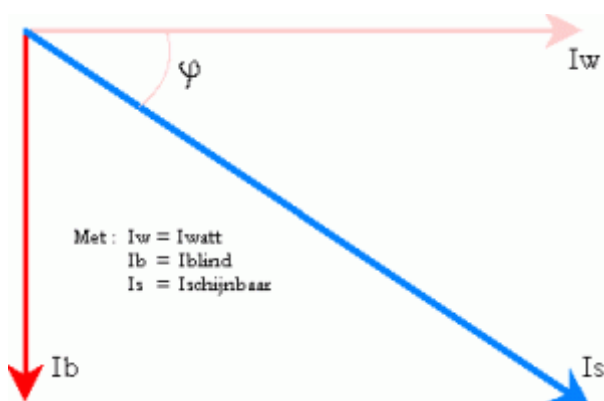
Er zijn echter ook toestellen die, als ze op een wisselspanning worden aangesloten, zich anders gedragen. Dit zijn zogenaamde inductieve toestellen.

Inductieve toestellen zijn toestellen met spoelen zoals motoren en transformatoren.

Het praktische gevolg van dit gedrag is dat het vermogen op een andere manier wordt bepaald.

$$P = \sqrt{3} \times U_{\text{lijn}} (400V) \times 2_{\text{lijn}} \times \cos \varphi$$

- P_t (totale vermogen) in VA (Volt x Ampère);
- U_6 (lijnspanning) in U (Volt) meestal 400 V, soms in oude binnensteden 230 V, soms 690 V;
- 26 (lijnstroom) in A (Ampère). De stroom door elk van de drie fasegeleiders.
- $\cos \varphi$ cosinus phi = de fasehoek tussen de spanning en de stroom.



Figuur 197 Vectordiagram van het vermogen

Toelichting $\cos \varphi$

Een inductief toestel aangesloten op een wisselspanning gedraagt zich anders dan een ohms toestel. Bij een ohms toestel aangesloten op een sinusvormige wisselspanning, zal de stroom precies hetzelfde sinusvormige verloop hebben. Bij een inductief of capacitief toestel zal de stroom in fase worden verschoven ten opzichte van de spanning.

De faseverschuiving wordt uitgedrukt in graden van $0 - 90^\circ$. Als beide precies in fase zijn (ohmse belasting) dan is $\cos \varphi = 1$. (De pijl 2_w is even lang dan de pijl 2_s .) Naarmate de faseverschuiving (de hoek φ toeneemt, neemt het opgenomen schijnbare vermogen (2_s) toe ten opzichte van het nuttige, werkelijke vermogen (2_w). $\cos \varphi = 0,9$ betekent dat maar 90% nuttig wordt omgezet in arbeid. $\cos \varphi$ wordt ook wel 'powerfactor' genoemd.

Wat betekent dit in de praktijk:

Als $\cos \varphi$ **niet** gelijk is aan 1, dan is het daadwerkelijk vermogen dat in het toestel wordt omgezet in nuttige arbeid, kleiner dan de berekende waarde $U \times I$. Wel loopt er door de geleiders de volledige stroom.

Vergelijk dit met een postorderbedrijf dat pakketjes verstuurt. Stel een postorderbedrijf verkoopt 100 pakketjes. Echter na bezorging blijken tien pakketjes niet te voldoen, deze worden teruggestuurd want ze zijn niet nuttig.

Netto zijn er maar 90 pakketjes verstuurd, door het bedrijf zijn er echter wel 110 vervoerd. Ditzelfde gebeurt met de stroom als voor de belasting geldt $\cos \varphi \neq 1$.



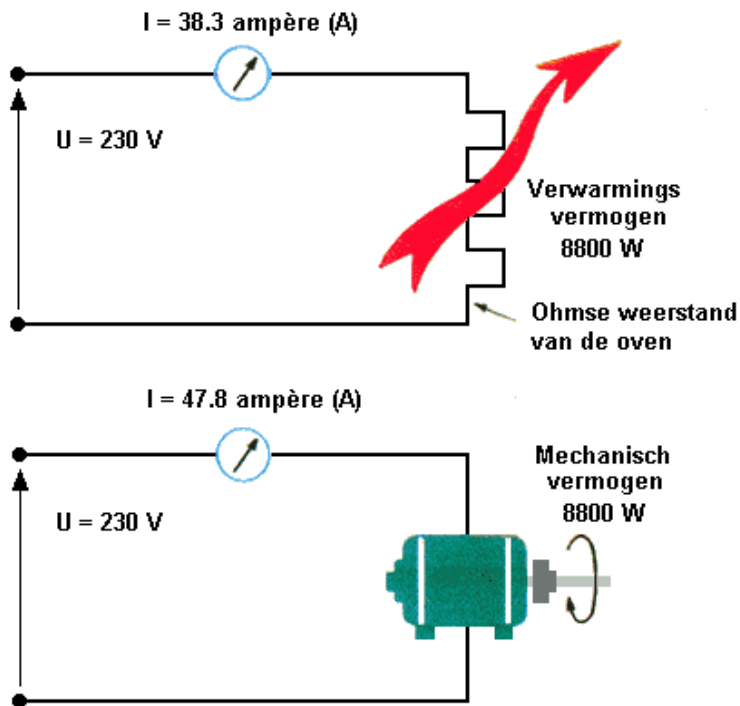
405762AA

Figuur 198 Blindvermogen; de pakketjes die telkens (50 keer per seconde) heen en weer worden gestuurd

Het totale vermogen (VA) van een installatie heet het schijnbare vermogen 2_s ($U \times I$). Dit schijnbare vermogen is opgebouwd uit het werkelijk vermogen (dat nuttig wordt verbruikt, in watt) en het blindvermogen (dat op en neer gaat in VAR).

Afhankelijk van de componenten die worden toegepast zal een installatie veel of weinig blindvermogen hebben. De maatstaf voor dit blindvermogen (dat heen en weer gaat) is de grootte van $\cos \varphi$.

Het netwerkbedrijf is niet blij met installaties die een lage $\cos \varphi$ hebben (veel heen en weer stroom). Immers al deze energie gaat 50 keer per seconde over de distributiekabels heen en weer en heeft alleen maar verliezen.

Figuur 199 $\cos \varphi$

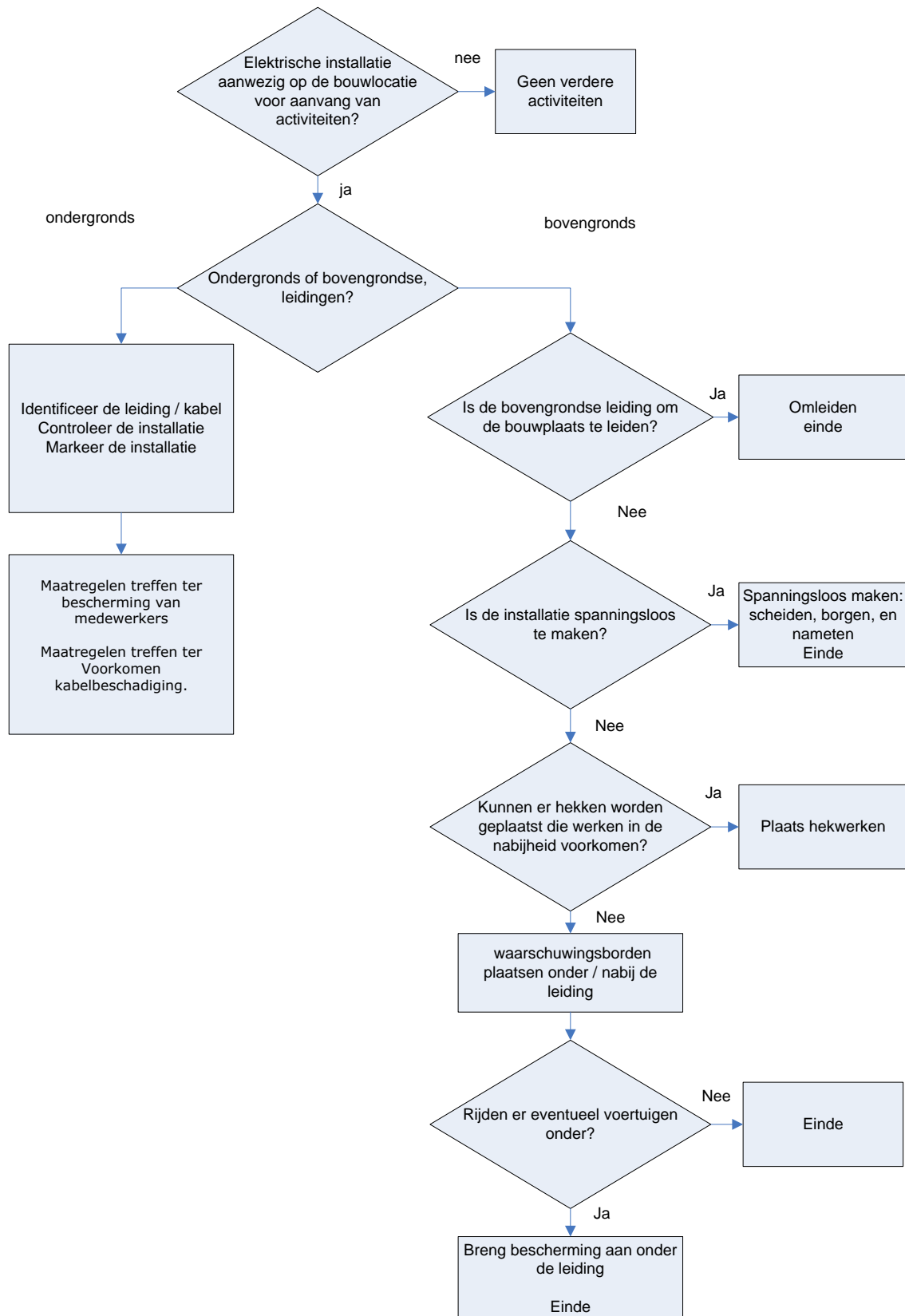
Uitgaande van hetzelfde nuttig- of werkelijke vermogen.

Verwarmingselement $\cos \varphi = 1$, $U = 230 \text{ V}$, $P = 8800 \text{ W}$, $I = 8800 : 230 = 38,3 \text{ A}$

Motor $\cos \varphi = 0,8$, $U = 230 \text{ V}$, $I = 8800 : 230 : 0,8 = 47,8 \text{ A}$.

In paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** staat een tabel weergegeven met voorbeelden van toestellen met de bijbehorende $\cos \varphi$.

12.3 Flowchart van toepassing op een bouwlocatie waarbij artikel 3.29 van het Arbo-besluit wordt toegepast.



Figuur 200 Flowchart bouwlocatie

12.4 Stroom in relatie tot het werkelijk vermogen (Pw) en het schijnbaar vermogen (Ps)

Tabel 21.

Ps kVA	Pw KW	208 V	220 V	240 V	380 V	400 V
6,3	8	17,5	16,5	15,2	9,6	9,1
9,4	7,5	26,1	24,7	22,6	14,3	13,6
12,5	10	34,7	33	30,1	19,2	18,2
18,7	15	52	49,5	45	28,8	27,3
25	20	69,5	66	60,2	38,4	36,4
31,3	25	87	82,5	75,5	48	45,5
37,5	30	104	99	90,3	57,6	54,6
50	40	139	132	120	77	73
62,5	50	173	165	152	96	91
75	60	208	198	181	115	109
93,8	75	261	247	226	143	136
100	80	278	264	240	154	146
125	100	347	330	301	192	182
156	125	433	413	375	240	228
187	150	520	495	450	288	273
219	175	608	577	527	335	318
250	200	694	660	601	384	364
312	250	866	825	751	480	455
375	300	1040	990	903	576	546
438	350	1220	1155	1053	672	637
500	400	1390	1320	1203	770	730
625	500	1735	1650	1504	960	910
750	600	2080	1980	1803	1150	1090
875	700	2430	2310	2104	1344	1274
1000	800	2780	2640	2405	1540	1460
1125	900	3120	2970	2709	1730	1640
1250	1000	3470	3300	3009	1920	1820
1563	1250	4350	4130	3765	2400	2280
1875	1500	5205	4950	4520	2880	2730
2188	1750			5280	3350	3180
2500	2000			6020	3840	3640
2812	2250			6780	4320	4095
3130	2500			7520	4800	4560
3750	3000			9040	5760	5460
4375	3500			10550	6700	6360
5000	4000			12040	7680	7280

$\cos \varphi$ (powerfactor) = P_w / P_s .

In deze tabel geldt $\cos \varphi = 0,8$.

12.5 Gelijktijdigheidsfactor

Met het oog op de optredende verwarming, het dimensioneren van het railsysteem en de voeding, is het in verdeelsystemen noodzakelijk te weten hoe groot de som van de stromen van de afgaande velden of groepen kan zijn. Het is zeer onwaarschijnlijk dat alle afgaande groepen gelijktijdig voor honderd procent belast zullen zijn. In de praktijk

wordt dan ook een reductiefactor toegepast, de zogenoemde gelijktijdigheidsfactor. De definitie van deze factor is:

$$\text{gelijktijdigheidsfactor} = \frac{\sum I_{\text{werkelijk van de groepen}}}{\sum I_{\text{nominaal van de groepen}}}$$

$I_{\text{werkelijk}}$: de werkelijke stroom van de groep;

I_{nominaal} : de nominale stroom van de groep, waarop de beveiliging is gebaseerd.

Als er op een bouwlocatie geen specifieke eisen ten aanzien van de gelijktijdigheidsfactor worden gesteld, kan men de voorgeschreven gelijktijdigheidsfactoren uit de NEN-EN-IEC 60439 aanhouden. In de Tabel 22 zijn deze factoren opgenomen.

Tabel 22: Gelijktijdigheidsfactoren NEN-EN-IEC 60439-1

Aantal afgaande velden / groepen	Gelijktijdigheidsfactor
2 en 3	0,9
4 en 5	0,8
6 tot en met 9	0,7
meer dan 10	0,6

Uit Tabel 22 blijkt, dat de gelijktijdigheidsfactor afneemt naarmate er meer groepen zijn. Dit is logisch: stel dat er maar één groep zou zijn, dan is het aannemelijk dat deze wel eens voor honderd procent van de nominale stroom wordt belast. Zijn er echter meer dan tien groepen, dan kan de ene groep tot honderd procent zijn belast, terwijl de andere groep helemaal geen stroom voert. Met andere woorden: het gemiddelde is veel lager dan honderd procent. Volgens de NEN-EN-IEC 60439-1 moet men minimaal zestig procent aanhouden.

Zoals al aangegeven, is de gelijktijdigheidsfactor van belang voor de opwarming binnen de schakel- en verdeelinrichting en de dimensionering van de voedingskabels en het railsysteem in de verdeelinrichting.

12.6 Voorbeelden van waarden voor $\cos \varphi$

Tabel 23 $\cos \varphi$

Elektrisch toestel	$\cos \varphi$	Opmerking
Gewone asynchrone motoren belast met:	0% 25% 50% 75% 100%	0,17 0,55 0,73 0,80 0,85
Gloeilampen	1	
TL-lampen afzonderlijk geschakeld	0,5	
Duoschakeling TL-lampen	0,93	Deze lampen worden vaak in duoschakeling gebruikt wat hun $\cos \varphi$ compenseert tot goede waarden. Een condensator wordt opgenomen in de schakeling ter compensatie.
Ovens met weerstandsverwarming Boilers	1	Behalve als ze geregeld worden met thyristoren (fase aansnijding).

Inductieovens	0,85	Uitgaande van compensatie met condensatoren die er standaard in zitten.
Lasapparaten met weerstandsverwarming	0,80 à 0,90	
Statische booglasomvormers	0,50	Uitgaande van compensatie met condensatoren die er standaard in zitten.



Nadelen van een slechte (lagere) $\cos \varphi$ zijn de volgende:

- Het heeft extra spanningsverlies in kabels en leidingen tot gevolg.
- Het verhoogt de verliezen door extra warmteontwikkeling tijdens het elektriciteits-transport.
- Het verhoogt de energierekening ten gevolge van een hoger gebruik of zelfs een boete.
- Het vermindert de transportcapaciteit van kabels.
- Het zorgt voor een overdimensionering van nieuwe installaties: kabels, leidingen, transformatoren, enzovoorts.
- Het laat op de secundaire transformatorwikkelingen wellicht geen extra ruimte over voor nieuwe belastingen.

12.7 IP-codering, de beschermingsgraad





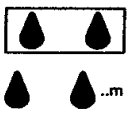
Elektrisch materieel moet een beschermingsgraad hebben tegen het indringen van voorwerpen en tegen vocht. Beide worden met een cijfer aangegeven in de zogenaamde IP-codering (International Protection). Op ene bouwlocatie moet elektrisch materieel een beschermingsgraad hebben van minimaal IP 44.

De eerste 4 betekent dat de kast niet stofdicht is, maar een draadje met een doorsnede van 1 mm² mag u niet naar binnen kunnen steken. De tweede 4 houdt in dat een bouwkast tegen opspattend water is beschermd. Als materieel op de grond ligt kan een hoger beschermingsgraad nodig zijn (IP 67). In de volgende twee tabellen is de betekenis van de IP-codering beschreven.

Eerste kencijfer	Beschermingsgraad				
	IP-code	Bescherming van het materieel	Bescherming van personen	Symbool ¹⁾	Opmerkingen
0	IP0X	niet beschermd	niet beschermd		
1	IP1X	tegen vaste voorwerpen groter dan 50 mm	tegen aanraking van gevaarlijke delen met de rug van de hand		
2	IP2X	tegen vaste voorwerpen groter dan 12 mm	tegen aanraking van gevaarlijke delen met een vinger		aanrakingsveilig ²⁾
3	IP3X	tegen vaste voorwerpen groter dan 2,5 mm ³⁾	tegen aanraking van gevaarlijke delen met gereedschap		
4	IP4X	tegen vaste voorwerpen groter dan 1mm ²⁾	tegen aanraking van gevaarlijke delen met een draad		
5	IP5X	tegen stof ²⁾	tegen aanraking van gevaarlijke delen met een draad		stofvrij Het binnendringen van stof is niet geheel te verhinderen, maar het stof zal de goede werking van het materieel of de veiligheid niet beperken.
6	IP6X	stofdicht	tegen aanraking van gevaarlijke delen met een draad		stofdicht

1) De symbolen komen niet voor in NEN 10529, maar wel in NEN-EN-IEC 60598.
2) Uiteraard zijn IP3X tot en met IP6X eveneens aanrakingsveilig.
3) Voor materieel dat condenswater-afvoeropeningen of ventilatieopeningen bevat moet de norm voor dat materieel worden geraadpleegd.

Figuur 201 IP-tabel, deel 1

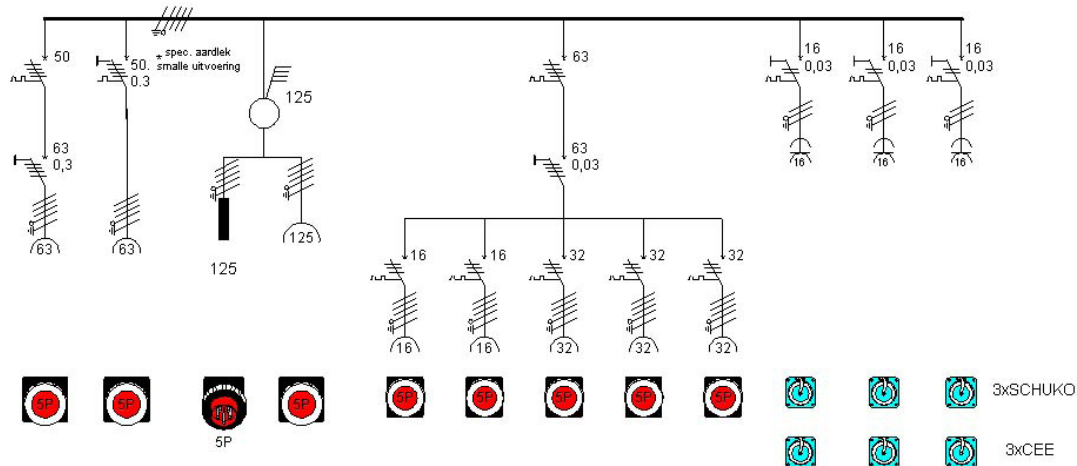
Tweede kencijfer	Beschermingsgraad				Opmerkingen
	IP-code	Bescherming van het materieel	Bescherming van personen	Symbol 1)	
0	IPX0	niet beschermd	–		gewoon
1	IPX1	tegen druppelend water	–		druiptwaterdicht
2	IPX2	tegen druppelend water bij een schuine stand tot 15°	–		
3	IPX3	tegen sproeiend water	–		regenwaterdicht
4	IPX4	tegen opspattend water	–		spatwaterdicht
5	IPX5	tegen waterstralen	–		sputwaterdicht
6	IPX6	tegen golven	–		
7	IPX7	tegen onderdompeling	–		waterdicht Onderdompeling 1 m diep en gedurende 30 min.
8	IPX8	tegen opstelling onder water	–		drukwaterdicht Onderdompeling, diepte en tijd nader overeen te komen.

1) De symbolen komen niet voor in NEN 10529, maar wel in NEN-EN-IEC 60598.

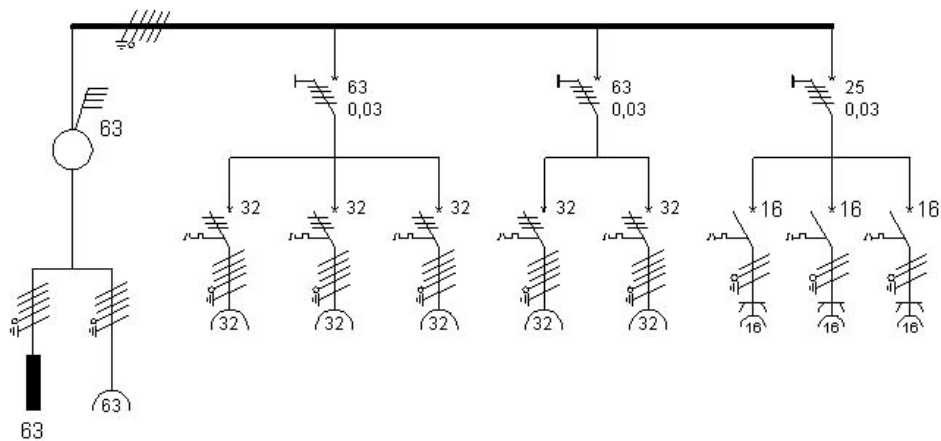
Figuur 202 IP-tabel, deel 2

12.8 Voorbeelden van de technische opbouw

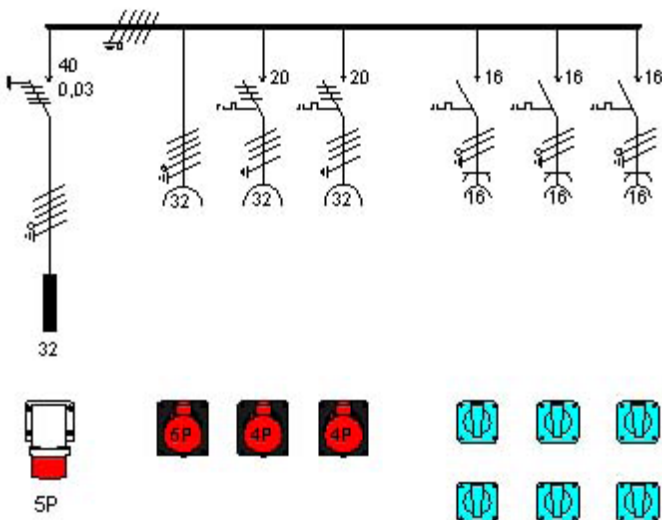
Bouwkast 125 A



Figuur 203 Bouwkast 125 A (Bron: Bos elektro)



Figuur 204 Bouwkast 63 A (Bron: Bos elektro)



Figuur 205 Bouwkast 32 A (Bron: Bos elektro)

12.9 Specificaties kabels

Polyethyleenmantelleiding

Soepele leiding met PUR mantel.



Figuur 206

- NEN: BMqI 300 / 500 V.
- CLC: H05BQ-F
- IEC: 60245 IEC 53.

Aansluiting van verplaatsbare elektrische toestellen, verlichtingsarmaturen, looplampen met beperkte mechanische omstandigheden.

Constructiegegevens:

- Samenstelling geleider: Klasse 5 = soepel.
- Aderisolatie: Rubber (EPR).
- Adercodering: Kleur.
- Scherm: Nee.
- Materiaal buitenmantel: Rubber (PUR).
- Mantelkleur: Zwart.
- Uitvoering: Rond.
- Rookarm vlgs. EN 61034-2: Nee.
- Halogeenvrij volgens EN 50267-2-2: Ja.
- Brandvertraging: Nee.
- Oliebestendig vlgs. EN 60811-2-1: Nee.
- Max. toelaatbare geleidertemperatuur: 60°C.
- Min / max installatietemperatuur: -25 / 50°C.
- Min / max bedrijfstemperatuur: -25 / 60°C.
- Nominale spanning U_0 : 300 V.
- Nominale spanning U : 500 V.
- Samenslag: Meeraderig.

Overige gegevens:

- Minimum installatietemperatuur: -25°C.
- Maximum geleidertemperatuur: 60°C.
- Gebruikstemperatuur: Min. -25°C, max. +50°C.
- Mantelkleur: Zwart.

Zware rubbermantelleiding - Neopreenkabel

Soepele leiding met Polychloropreen mantel



Figuur 207

Toepassing:

Aansluiting van verplaatsbare elektrische apparatuur, machines, motoren, gereedschappen en andere werktuigen in fabrieken en werkplaatsen, wanneer aan de mechanische eigenschappen redelijk zware eisen worden gesteld.

- NEN: RMcLz 450 / 750 V (= 6 mm²).
RMcLzz 450 / 750 V (= 10 mm²).
- CLC: H07RN-F.
- IEC: 60245 IEC 66.

Constructiegegevens

- | | |
|---|------------------------|
| • Samenstelling geleider: | Klasse 5 = soepel. |
| • Aderisolatie: | Rubber (EPR). |
| • Scherm: | Nee. |
| • Materiaal buitenmantel: | PCP (Polychloropreen). |
| • Mantelkleur: | Zwart. |
| • Uitvoering: | Rond. |
| • Rookarm vlgs. EN 61034-2: | Nee. |
| • Halogeenvrij volgens EN 50267-2-2: | Nee. |
| • Brandvertraging | Volgens EN 60332-1-2: |
| • Oliebestendig vlgs. EN 60811-2-1: | Ja. |
| • Max. toelaatbare geleidertemperatuur: | 60°C. |
| • Min / max installatietemperatuur: | -25 / 50°C. |
| • Min / max bedrijfstemperatuur: | -25 / 50°C. |
| • Nominale spanning U ₀ : | 450 V. |
| • Nominale spanning U: | 750 V. |
| • Samenslag: | Meeraderig. |

Overige gegevens:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| • Minimum installatietemperatuur: | -25°C. |
| • Maximum geleidertemperatuur: | +60°C. |
| • Gebruikstemperatuur: | min. -25°C, max. +50°C. |
| • Mantelkleur: | Zwart. |

12.10 Toelaatbare stroom in leidingen

Tabel 24 Toelaatbare stroom in A voor rubbermantelleidingen

Kerndoorsnede mm ²	Buigbare leidingen			
	Rubber			
	Twee belaste aders	Drie belaste aders		
1	2	3		
0,75	6	6		
1	10	10		
1,5	16	16		
2,5	25	20		
4	32	25		
6	40	-		
10	63	-		

Tabel 25 Toelaatbare stroom in A voor zware rubber mantelleidingen

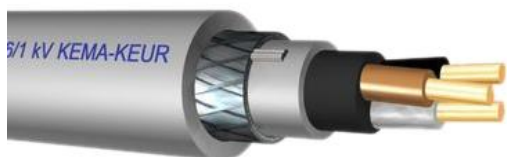
Kerndoorsnede mm ²	Zware buigzame leidingen			
	Eénaderige leiding		Tweeaderige leiding	
	Twee belaste aders	Drie belaste aders	Twee belaste aders	Drie belaste aders
1	2	3	4	5
4	34	30	34	29
6	43	38	43	36
10	60	53	60	51
16	79	71	79	67
25	104	94	105	89
35	129	117	135	110
50	162	148	169	138
70	202	185	211	172
95	240	222	250	204
120	280	260	292	238
150	321	300	335	273
185	363	341	378	309
240	433	407	447	365
300	497	468	509	415
400	586	553	-	-
500	670	634	-	-
630	784	742	-	-

Tabel 26 Correctiefactoren voor buigzame leidingen voor andere omgevingstemperaturen van lucht dan 30°C

Omgevings-temperatuur °C	Factor
15	1,22
20	1,15
25	1,08
30	1,00
35	0,91
40	0,82
45	0,71
50	0,58
55	0,41

Installatiekabel niet gearmeerd

Stugge leiding met omvlechting



Figuur 208

Toepassing

Voedings- en stuurstroomkabel in laagspanningsinstallaties tot 1kV, geschikt voor alle in NEN 1010 aangegeven toepassingen. Bedoeld voor aanleg direct in de grond als voedingskabel voor hoofd- en onderverdeelinrichtingen of als aansluitleidingen van motoren etc. eveneens geschikt voor bovengrondse installaties waar extra eisen gesteld worden aan de mechanische bescherming van de kabel. Kan onder ongunstige omstandigheden, zoals een verhoogde omgevingstemperatuur en in kabelbundels worden geïnstalleerd.

- NEN: VO-YMvKasmb
- Fabrikant: VULTO mb (Draka).
- NEN-EN-IEC: VO-YMvKasmb 0,6 / 1kV

Constructiegegevens:

- Samenstelling geleider: Klasse 2 = samengeslagen.
- Geleider: CU (koper)
- Aderisolatie: XLPE (VPE)
- Scherm: Nee.
- Litze: Ja
- Bewapening: Ja.
- Materiaal buitenmantel: PVC
- Mantelkleur: Grijs.
- Uitvoering: Rond.
- Geleidervorm: Rond
- Rookarm vlg. EN 61034-2: Nee.
- Halogeenvrij volgens EN 50267-2-2: Nee.
- Brandvertraging: Volgens EN 60332-3-24:
- Moeilijk brandbaar: Ja
- Oliebestendig: Goed.
- Max. toelaatbare geleidertemperatuur: 90°C.
- Min / max installatietemperatuur: -0 / 80°C.
- Min / max bedrijfstemperatuur: -40 / 80°C.
- Nominale spanning U_0 : 600 V.
- Nominale spanning U : 1000 V.
- Samenslag: Meeraderig.

Overige gegevens:

- Minimum installatietemperatuur: 0°C.
- Maximum geleidertemperatuur: +90°C.
- Gebruikstemperatuur: min. -40°C, max. +80°C.
- Mantelkleur: Grijs
- Kwadratuur: tot en met 16mm²

Normen / Referenties:

- NEN 3617.
- KEMA 42C-1-4.
- HD 604-4-d
- NEN-EN-IEC 60332-3

Installatiekabel niet gearmeerd

Stugge leiding met afscherming



Figuur 209

Toepassing: Voedings- en stuurstroomkabel in laagspanningsinstallaties tot 1 kV, niet geschikt voor alle in NEN 1010 aangegeven toepassingen. Bedoeld voor aanleg direct in de grond als voedingskabel voor hoofd- en onderverdeelinrichtingen of als aansluitleidingen van motoren etc. Kan onder ongunstige omstandigheden, zoals een verhoogde omgevingstemperatuur en in kabelbundels worden geïnstalleerd.

- NEN: “onbewapende kabel met aardscherm”
- Fabrikant: 2,5mm² tot 25mm²; NYCY (Faber).
vanaf 25mm²; NYCWY (Faber)
- VDE: 0276-603

Constructiegegevens:

- Samenstelling geleider: Klasse 1 = massief (tot 25mm²)
Klasse 2 = samengeslagen (vanaf 25mm²)
- Geleider: CU (koper)
- Aderisolatie: PVC, type DIV4
- Scherm: Ja (aardscherm)
- Bewapening: Nee
- Materiaal buitenmantel: PVC, type DMV5
- Mantelkleur: Grijs.
- Uitvoering: Rond.
- Geleidervorm: Rond (tot 25mm²)
Sectorvormig (vanaf 25mm²)
- Rookarm vlg. EN 61034-2: Nee.
- Halogeenvrij volgens EN 50267-2-2: Nee.
- Brandvertraging: Volgens EN 60332-1
- Moeilijk brandbaar: Nee
- Oliebestendig: Goed.
- Max. toelaatbare geleidertemperatuur: 70°C.
- Min / max installatietemperatuur: -5 / 70°C.
- Min / max bedrijfstemperatuur: -40 / 70°C.
- Nominale spanning U₀: 600 V.
- Nominale spanning U: 1000 V.
- Samenslag: Meeraderig.

Overige gegevens:

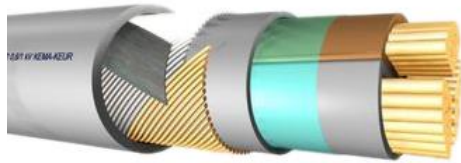
- Minimum installatietemperatuur: -5°C.
- Maximum geleidertemperatuur: +70°C.
- Gebruikstemperatuur: min. -40°C, max. +70°C.
- Mantelkleur: Zwart
- Kwadratuur: tot en met 240mm²

Normen / Referenties:

- DIN VDE 0295, 271, 0276-603.

Installatiekabel gearmeerd

Stugge leiding met bewapening



VULTA mb		Draka	
1000B VULTA 0,6/1KV mb gnl 4x0025 mm2			
Specificatie			
Type: 1000B VULTA 0,6/1KV mb gnl 4x0025 mm2			
Norm: EN 50525-2-2			
Nominale spanning U ₀ /U: 0,6/1 kV			
Leidingsamenstelling: 4 x 25 mm ² (3 aders + 1 aardader)			
Bewapening: 0,5 mm			
Mantel: 3,0 mm			
Mantelkleur: Grijs			
Uitvoering: Rond			
Geleidervorm: Sectorvormig			
Rookarm vlgs. EN 61034-2: Nee			
Halogeenvrij volgens EN 50267-2-2: Nee			
Brandvertraging: Volgens EN 60332-3-24			
Moeilijk brandbaar: Ja			
Oliebestendig: Goed			
Max. toelaatbare geleidertemperatuur: 90°C			
Min / max installatietemperatuur: -0 / 80°C			
Min / max bedrijfstemperatuur: -40 / 80°C			
Nominale spanning U ₀ : 600 V			
Nominale spanning U: 1000 V			
Samenslag: Meeraderig			
Overige gegevens			
Minimum installatietemperatuur: 0°C			
Maximum geleidertemperatuur: +90°C			
Gebruikstemperatuur: min. -40°C, max. +80°C			
Mantelkleur: Grijs			
Kwadraat: vanaf 25mm ²			

Figuur 210

Toepassing:

Voedingskabel in laagspanningsinstallaties tot 1kV, geschikt voor alle NEN 1010 aangegeven toepassingen.

Bedoeld voor aanleg direct in de grond als voedingskabel voor hoofd- en onderverdeelinrichtingen of als aansluitleidingen van motoren etc. eveneens geschikt voor bovengrondse installaties waar extra eisen gesteld worden aan de mechanische bescherming van de kabel. Kan onder ongunstige omstandigheden, zoals een verhoogde omgevingstemperatuur en in kabelbundels worden geïnstalleerd.

- NEN: VG-YMvKasmb
- Fabrikant: VULTA mb (Draka).
- NEN-EN-IEC: VG-YMvKasmb 0.6 / 1kV

Constructiegegevens

- Samenstelling geleider: Klasse 2 = samengeslagen.
- Geleider: CU (koper)
- Aderisolatie: XLPE (VPE)
- Scherm: Nee.
- Bewapening: Ja.
- Materiaal buitenmantel: PVC
- Mantelkleur: Grijs.
- Uitvoering: Rond.
- Geleidervorm: Sectorvormig
- Rookarm vlgs. EN 61034-2: Nee.
- Halogeenvrij volgens EN 50267-2-2: Nee.
- Brandvertraging: Volgens EN 60332-3-24:
- Moeilijk brandbaar: Ja
- Oliebestendig: Goed.
- Max. toelaatbare geleidertemperatuur: 90°C.
- Min / max installatietemperatuur: -0 / 80°C.
- Min / max bedrijfstemperatuur: -40 / 80°C.
- Nominale spanning U₀: 600 V.
- Nominale spanning U: 1000 V.
- Samenslag: Meeraderig.

Overige gegevens:

- Minimum installatietemperatuur: 0°C.
- Maximum geleidertemperatuur: +90°C.
- Gebruikstemperatuur: min. -40°C, max. +80°C.
- Mantelkleur: Grijs
- Kwadratuur: vanaf 25mm²

Normen / Referenties:

- NEN 3617.
- KEMA 42C-1-4.
- HD 604-4-d
- NEN-EN-IEC 60332-3

12.11 Checklist arbeidsmiddelen

Checklist arbeidsmiddelen		OK ?
1.	Ce-markering op arbeidsmiddel ?	
18	Gebruiksaanwijzing in het Nederlands ?	
19	Verklaring van overeenstemming aanwezig in dossier ?	
20	Is de omgeving waar het arbeidsmiddel wordt gebruikt passend binnen de scope van de gebruiksaanwijzing ? <ul style="list-style-type: none"> • Vocht IP-klasse ? • ATEX-zone ? • Stof IP ? • Straling beïnvloeding. 	
21	Wordt het arbeidsmiddel gebruikt waarvoor het is bedoeld ?	
22	Is het arbeidsmiddel visueel in goede staat ? Behuizing, kabel, contactstop, soepel functioneren bedieningsorganen en dergelijke.	
23	Zijn er eventueel noodzakelijke veiligheidsmaatregelen getroffen om het arbeidsmiddel veilig te gebruiken (afzetting, aanvullende afscherming, metingen, enzovoorts) ?	
24	Is het arbeidsmiddel deugdelijk opgesteld, bevestigd, ingericht enzovoorts ?	
25	Is het kennis- en kundeniveau van de medewerker toereikend voor het gebruik van het arbeidsmiddel ?	
26	Is de medewerker geïnstrueerd over het gebruik / de bediening ?	
27	Is de medewerker geïnstrueerd over de specifieke risico's en hoe hier mee om te gaan ?	
28	Is het elektrische arbeidsmiddel goedgekeurd (borging kan bijvoorbeeld door middel van sticker).	

12.12 Wettelijke eisen elektrische arbeidsmiddelen Arbo-besluit

Artikel 7.4

1. Een arbeidsmiddel waarvan de veiligheid afhangt van de wijze van installatie wordt na de installatie en voordat het voor de eerste maal in gebruik wordt genomen gekeurd op de juiste wijze van installatie en goed en veilig functioneren.
 - 29 Een arbeidsmiddel als bedoeld in het eerste lid, wordt voorts na elke montage op een nieuwe locatie of een nieuwe plek gekeurd op de juiste wijze van installatie en goed en veilig functioneren.
 - 30 Een arbeidsmiddel dat onderhevig is aan invloeden die leiden tot verslechtingen welke aanleiding kunnen geven tot het ontstaan van gevaarlijke situaties wordt, zo dikwijls dit ter waarborging van de goede staat noodzakelijk is, gekeurd, waarbij het zo nodig wordt beproefd.
 - 31 Een arbeidsmiddel als bedoeld in het derde lid wordt voorts gekeurd, waarbij het zo nodig wordt beproefd, telkens wanneer zich uitzonderlijke gebeurtenissen hebben voorgedaan die schadelijke gevolgen kunnen hebben voor de veiligheid van het arbeidsmiddel. Als uitzonderlijke gebeurtenissen worden in ieder geval aangemerkt: natuurverschijnselen, veranderingen aan het arbeidsmiddel, ongevallen met het arbeidsmiddel en langdurige buitengebruikstelling van het arbeidsmiddel.
 - 32 Keuringen worden uitgevoerd door een deskundige natuurlijke persoon, rechtspersoon of instelling.

- 33 Schriftelijke bewijsstukken van de uitgevoerde keuringen zijn op de arbeidsplaats aanwezig en worden desgevraagd getoond aan de toezichthouder.

Artikel 7.4: Deugdelijkheid arbeidsmiddelen en ongewilde gebeurtenissen

1. Een arbeidsmiddel bestaat uit deugdelijk materiaal.
2. Een arbeidsmiddel is van een deugdelijke constructie.
3. Een arbeidsmiddel is zodanig geplaatst, bevestigd of ingericht en wordt zodanig gebruikt dat het gevaar dat zich een ongewilde gebeurtenis voordoet zoals verschuiven, omvallen, kantelen, getroffen worden door het arbeidsmiddel of onderdelen daarvan, oververhitting, brand, ontploffen, blikseminslag en directe of indirecte aanraking met elektriciteit zoveel mogelijk is voorkomen.

Artikel 7.5: Montage, demontage, onderhoud, reparatie en reiniging van arbeidsmiddelen

1. De nodige maatregelen worden genomen om ervoor te zorgen dat de arbeidsmiddelen tijdens de gehele gebruiksduur door toereikend onderhoud in een zodanige staat worden gehouden, dat gevaar voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemers zoveel mogelijk is voorkomen.
 - 34 Onderhouds-, reparatie- en reinigingswerkzaamheden aan een arbeidsmiddel worden slechts uitgevoerd als het arbeidsmiddel is uitgeschakeld en drukloos of spanningsloos is gemaakt. Als dit niet mogelijk is worden doeltreffende maatregelen genomen om die werkzaamheden veilig te kunnen uitvoeren.
 - 35 Het tweede lid is van overeenkomstige toepassing op productie- en afstelwerkzaamheden met of aan een arbeidsmiddel.
 - 36 Een bij een arbeidsmiddel behorend onderhoudsboek wordt goed bijgehouden.
 - 37 Montage en demontage van een arbeidsmiddel vindt op veilige wijze plaats, met inachtneming van de eventuele aanwijzingen van de fabrikant.

Artikel 7.6: Deskundigheid werknemers

1. Met betrekking tot arbeidsmiddelen waarvan het gebruik een specifiek gevaar voor de veiligheid van de werknemers kan opleveren blijft het gebruik voorbehouden aan werknemers die met het gebruik belast zijn.
 - 38 Werknemers die belast zijn met het ombouwen, onderhouden, repareren of reinigen van arbeidsmiddelen als bedoeld in het eerste lid, bezitten daartoe een specifieke deskundigheid en ervaring.

12.13 Symbolen op elektrisch materieel

Symbolen

	Het product is geregistreerd en goedgekeurd met Intertek-SEMKO-certificaat.		Het product is getest bij een val op een cementvloer van 1m hoogte.
	Het product is geregistreerd en goedgekeurd met Fimko-certificaat.		Het product is goedgekeurd voor directe montage op een brandbare ondergrond.
	Het product is geregistreerd en goedgekeurd met Demko-certificaat.		Het product is uitgevoerd met dubbele isolatie.
	Het product is geregistreerd en goedgekeurd met Nemko-certificaat.		Bescherming tegen water. Spatwaterdichte uitvoering.
	Het product is geregistreerd en goedgekeurd met PCBC-certificaat, dat geldig is in Polen.		Stofdicht.
	Oud Pools keurmerk over de werkingsgraad van elektrische producten, aan het verdwijnen.		Scheidingstransformator met kortsluitingsbeveiliging.
	Het product is geregistreerd en goedgekeurd in Rusland met Gost-certificaat.		Beschermingstransformator met kortsluitingsbeveiliging.
	Het product is geregistreerd en goedgekeurd met het certificaat Eidgenössisches S Starkstromsinspektorat.		Het materiaal is getest met gloeidraad 650° / 750° / 850°.
	De armatuur is goedgekeurd in overeenstemming met ENEC-vereisten volgens Intertek-SEMKO.		Het product bevat een zekering.
	De verklaring van de fabrikant dat het product voldoet aan de richtlijnen die erop van toepassing zijn (Ce-markering)		Het product mag niet worden afgedankt via het huisvuil, maar moet worden gerecycled.

12.14 Definities

Contatcstop	stekker
Koppelcontactstop	contrastekker
CEE-form	genormaliseerd contactmateriaal (stekker etc.)
Schuko	“schutz-kontakt” ofwel beschermingscontact, randaarde bij stekker / contrastekker. Europees contactsysteem (type F), o.a. in Nederland toegepast
Arbeidsmiddel	machine, apparaat, gereedschap, verlengkabel en installatie op de arbeidsplaats
Zwerfkast	verplaatsbare bouw-verdeelkast met contactdozen
Installatieautomaat	maximumschakelaar, automatische zekering
Aardlekschakelaar	schakelaar welke de stroom uitschakelt bij isolatie defecten
Energie	het vermogen dat ontstaat bij spanning x stroom x tijd
Vlamboog	elektrische ontlading tussen minimaal 2 geleiders
Distributienet	verbinding tussen transformatorstations, gevoed vanuit een elektriciteitscentrale
Netbedrijf	energiebedrijf dat de distributie van energie (elektra, aardgas, stadsverwarming) verzorgt
Elektrisch toestel	arbeidsmiddel, gevoed door elektrische energie
Foutstroom	aardsluiting of kortsluiting
Beschermingsleiding	aardleiding (geel / groen in kabel), veelal blank- of vertindkoper
Aansluitleiding	buigzame kabel (snoer) aan een toestel, arbeidsmiddel
Isolatiweerstand	weerstand (isolatie) tussen een geleider en de aarde
Circuitweerstand	elektrische weerstand van de gehele installatie
S- of SELV-keten	veilige spanning van een speciale spanningstransformator

12.15 Bronvermelding

Deze uitgave is mede tot stand gekomen met ondersteuning van de volgende ondernemingen:

- Atlas Copco (aggregaten)
- Bender Benelux BV Breda (isolatiebewaking / aardlekbeveiliging)
- Benning (meetinstrumenten)
- Bos elektro Hilversum (tijdelijke installaties, schema's, tabellen kabelberekening)
- Keraf (foto's en schema's)
- Draka kabels Amsterdam (kabels)
- Faber kabels Duitsland (kabels)
- Fluke Nederland
- Jobarco Zoetermeer (kabels)
- Preising GmbH & co (PBM's)

INDEX

3

- 30 mA, 71
- 30 mA aardlekschakelaar is ook een
persoonsbeveiliging en verplicht in tijdelijke
installaties waar personen elektrisch
handgereedschap aansluiten, 73
- 300 mA, 71

8

- 89 / 391 / EEG 1999 / 92 / EG, 6
- 89 / 655 / EEG, 6
- 89 / 656 / EEG, 7

A

- aanloopstroom, 47
- aanraakbaar, 21
- Aanschaf van nieuwe elektrische arbeidsmiddelen,
153
- aanvullende eisen, 26
- Aanwijsbeleid, 138
- aarddraad, 75
- aardelektrode = geleidend medium dat deugdelijk
contact maakt met aarde, 102
- aardelektrode bij het aggregaat, 42
- Aarden van een torenkraan, 131
- Aarden van metalen containers, 122
- Aarden van steigers, 125
- Aarden van water- en gasleiding in bouwkeet /
units, 132
- aardlekautomaat, 75
- aardlekautomaten, 64
- Aardlekautomaten, 75
- aardlekschakelaar, 28
- aardlekschakelaars, 64
- Aardlekschakelaars, 71
- Aardlekschakelaars in serie, 74
- aardnok lassen op damwandprofiel, 110
- aardstek, 113
- aardverspreidingsweerstand $\leq 166 \Omega$, 117
- Aardverspreidingsweerstand meten, 172
- aardvoorziening, 109
- Abomafoon, 20
- AED, 34
- afdeling bouw- en woningtoezicht, 20
- aggregaat als voeding, 42
- Aggregaat als voeding, 42
- Aggregaten in de praktijk, 48
- Aggregaten moeten primair worden geaard, 42
- Andere vormen van tijdelijke aardelektroden, 112
- Arbeidsinspectie, 9, 20
- Arbeidsomstandighedenwet, 8, 9
- Arbo-besluit, 11
- Arbo-besluit art. 3.29: Elektrische installaties en
leidingen**, 13
- Arbo-wet, 8
- Artikel 3.34: Gevaar voor verstikking,
bedwelmig, vergiftiging, brand en explosie**,
13

- Artikel 3.4: Elektrische installaties**, 12
- Artikel 3.5: Elektrotechnische werkzaamheden
en bedieningswerkzaamheden**, 12
- ATEX-richtlijnen, 6
- automatische zekering, 67

B

- bedieningswerkzaamheden*, 12
- bedrijfs hulpverleners, 34
- beheer van elektrische installaties, 18
- belastingstabel voor in de grond gelegde kabels, 87
- Bepalen van de tijd tussen twee opeenvolgende
instructie, 136
- bepaling 704 "Elektrische installaties op bouw en
sloopterreinen", 15
- beschadigde kabels, 21
- bescherming tegen **directe aanraking**, 24
- beschermingsgraad, 206
- beschermingsgraad IP67, 59
- Beveiligingen in bouwkasten, 62
- beveiligingscomponenten, 28
- Beveiligingscomponenten, 63
- BHV-ers, 33
- bimetaal, 68
- blikseminslag, 131
- boetes op te leggen, 20
- Bouwaanvraag bij een nieuwe vaste installatie, 41
- Bouwbesluit, 8, 15, 20
- bouwkast. *Zie*
- bouwkast type-gekeurd, 52
- Bouwkasten - tijdelijke schakel- en
verdeelinrichtingen, 51
- Bouwkeet, 101
- Bouwregelgeving, 20
- brandbestrijding, 9
- branden (de meeste) ontstaan door slechte
elektrische verbindingen, 32
- brandwonden, 22

C

- CEE-form, 55
- CE-markering, 7
- Checklist arbeidsmiddelen, 217
- Checklist metingen en beproeven, 184
- Checklist visuele controle van een tijdelijke
elektrische installatie op de bouwplaats, 180
- Circuitweerstand meten, 169
- codering op een kabel, 81
- Coderingen stroomsoort op aardlekschakelaars, 73
- Contactdozen op een bouwkast, 54
- $\cos \varphi = 0,8$, 47

D

- Definities, 220
- deskundige, 157
- deskundige, voldoende onderrichte en daartoe
bevoegde werknemers*, 12
- differentieelschakelaar, 71
- DNV, 157

Doorsnede van de aders in een kabel, 85
Duitse grondkabel, 83

E

EAN-code, 41
Een norm is verplicht als, 16
een tijdelijke elektrische installatie zoals op een bouwplaats niet valt onder het Bouwbesluit, 15
effect van stroom op het menselijk lichaam, 26
EHBO-cursus, 36
eisen aan een bouwkast, 53
Eisen van netbedrijf aan bouwkasten ≤ 80 A, 53
elektriciteitsvoorziening na werktijd spanningsloos, 61
elektrisch toestel werkend op een wisselspanning ≤ 50 V_{AC}, 93
Elektrische arbeidsmiddelen gebruiken in een nauwe geleidende ruimte, 91
Elektrische arbeidsmiddelen op de bouwplaats, 88
elektrische installatie aangesloten op het vaste net, 39
Elektrische leidingen op en over een steiger, 126
Elektrische vermogen, wat is dat, 199
elektrocucie, 21
Elektrotechnische ruimten, 146
Elektrotechnische werkzaamheden, 12
elke medewerker periodiek instrueren over specifieke risico's, 136
Energievoorziening, 39
EU-richtlijn opnemen in de nationale wetgeving, 6
Europese richtlijnen, 6
Europese richtlijnen, wetten en besluiten, 6

F

Fasevolgorde, 177
Figuur 24 effecten van een vlamboog, 30
Flowchart art 3.29 Arbo-besluit, 202
foutbescherming, 48
Fundatieaarding, 113

G

gaatje boren in damwandprofiel, 110
gearmeerde kabel, 83
gebruiksaanwijzing, 7
Gebruikseisen, 89
geel-groene geleider, 75
geheugenverlies, 22
gelijktijdigheidfactor, 46
Gelijktijdigheidsfactor, 46, 204
Gemeenten, 20
Gevaren ten gevolge van overstroom, 29
gevaren van elektriciteit, 21
Gevaren van vlambogen, 36
grondboor, 110
grootte van de stroom door het lichaam, 25
grootte van het aanrakingsoppervlak, 25

H

Handhaving van regelgeving, 20
Handlampen in een nauwe geleidende ruimte, 95
hartritmestoornissen, 22

het aarden (vereffenen) van een steiger kan uit veiligheidsoverwegingen en praktisch dus het beste gebeuren door de aardnok op de bouwkasten te verbinden met de steiger, 129
Het beheer en de inspectie van elektrische arbeidsmiddelen, 153
Het opstellen en geven van een aanwijzing, 144
Het verbinden van de aardelektrode met het aggregaat; de aardleiding, 118
Hoe diep in de grond moet een staaf- of draadvormige aardelektrode, 116
Hoe laag moet de aardverspreidingsweerstand zijn, 117
Hoe vaak moeten elektrische arbeidsmiddelen worden gekeurd, 156
Hoofdstuk 7: Arbo-besluit, 13
huiddikte, 25
huishoudelijke apparatuur, 7

I

in de Nederlandse taal, 14
inademen van hete giftige metaaldampen, 30
indirecte aanraking, 24
inlenen van medewerkers, 145
Inrichting arbeidsplaatsen, 11
Inschakelstromen, 47
Inspecteren van tijdelijke installaties, 165
Inspectie SZW, 9
installatie automatisch afschakelen, 28
installatieautomaat, 28, 67
installatieautomaten, 64
Installatieautomaten, 67
Installatietemperatuur minimaal -5°C , 83
installatieverantwoordelijke, 153
Installatieverantwoordelijke, 138, 142
International Protection, 206
IP-codering, 206
isolatiebewaking paragraaf 4.9, 42
isolatiebewakingstoestel, 42, 50
Isolatiebewakingstoestel beproeven, 178
Isolatiebewakingstoestellen, 75
Isolatieweerstand meten, 174
I-SZW, 20
IU / IT-stelsel, 103
IU-stelsel / IT met hoge weerstand - aggregaten, 108

J

juiste hulp- en beschermingsmiddelen, 37

K

kabel verlengen, 87
kabel zo kort mogelijk, 86
Kabels, 80
Kabels als verplaatsbare leiding, 81
KEMA, 53
Kiezen van een aggregaat, 44
Klasse van elektrische arbeidsmiddelen, 90
klemmenstrook, 82
klokgetallen, 56, 57
kooi van Faraday, 131
kortsluiting, 21
kortsluiting in een installatie, 31

kunststof wordt week, 85

L

Laagspanningsrichtlijn, 6
 lasapparaat toepassen in een nauwe geleidende ruimte, 95
 lastscheider, 78
 LED-verlichting, 100
 lengte van een kabel, 86
 Letsel als gevolg van stroom door het lichaam, 33
 letter op een installatieautomaat, 69
 lichamelijk letsel, 22
 Losse 30 mA aardlekschakelaar, 73

M

Maandelijks moet een aardlekschakelaar worden beproefd, 28
 Machinerichtlijn, 6
 maximale temperatuur van 60°C, 85
 maximale temperatuur van 90°C, 85
 Maximale waarde van de circuitweerstand, 132
 medische check, 35
 meldertje, 65
 mes- en D-patroon, 65
 Meten van de beschermingsleiding, 161
 Meten van de isolatieweerstand, 163
 Meting en beproefing, 166
 Meting en beproefing van elektrische arbeidsmiddelen, 160
 minimaal veiligheidsniveau, 16
 Minimale isolatieweerstand, 163
 mobiel kantoor, 101
 Molenklem, 110

N

nadele isolatiebewaking, 76
 nauwe geleidende ruimte, 91
 Nederlands Normalisatie Instituut, 15
 NEN, 15
 NEN 1010, 15, 20
 NEN 3140, 16, 134, 158
 NEN EN 50110, 16
NEN EN 50110 - NEN 3140 Bedrijfsvoering van elektrische installaties, 18
 NEN EN 50110-1, 134
 NEN EN IEC 60204, 16
 NEN EN IEC 60439, 16
 NEN EN IEC 61439, 16, 19
 NEN, DIN, ISO, 6
NEN-EN-IEC 60204 Elektrische uitrusting van machines, 18
 niet-gearmeerde kabels, 85
 nok, 111
 Noodverlichting, 151
 Noodverlichting op een bouwplaats, 100
nooit bij een hoogspanningsinstallatie, 33
 nooit meerdere haspels achter elkaar aansluiten, 86
 Normen, 15
NPR 5310 blad 23, 19

O

Onderling verbinden van kabels, 87
 onderzoeken in te stellen, 20
 Ononderbroken leidingen PE en N meten, 167
 Opgesteld vermogen, 45
 opleidingsprogramma om kennis en vaardigheden op peil te houden, 136
 Opslag van materialen, 150
 Opstelplaats van een bouwkast als elektrotechnische ruimte, 59
 Opstelplaats van een bouwkast als elektrotechnische ruimte, 150
 Opzetten van een tijdelijke installatie volgens NEN 1010 704 - NPR 5310, 38
 overbelasting, 31
 Overbelasting, 31
 overstroom, 29
 Overzicht van toegestane draagbare en verplaatsbare elektrische arbeidsmiddelen in een nauwe geleidende ruimte, 96

P

passend veilig, 159
 Passende blusmiddelen in de nabijheid van elektrisch materieel, 152
 PAT-tester, 158
 PBM's, 9
 Periodiek, 74
 Periodiek moet worden gemeten of een aardlekschakelaar (nog) snel genoeg uitschakelt, 28
 Periodieke instructie voor medewerkers die worden blootgesteld aan risico's van elektrotechnische aard, 135
 persoonlijke elektriciteitsongevallen, 32
 piketpaaltjes, 85
 Potentiaalvereffening, 120
 potentiaalverschil, 21
 Producteisen, 89
 Producteisen: Waaraan moet een elektrisch arbeidsmiddel voldoen, 89
 PU, 75
 PV-partij, 41

R

raamwet, 9
 Regelgeving op het gebied van elektrotechnische installaties, 6
 reservevermogen, 47
 Richtlijn, 6, 7
 Richtlijn Steigers, 125
 risico's, 9

S

schadeclaim, 31
 Scheidingsmogelijkheden op een bouwkast, 78
 selectieve aardlekschakelaar, 74
 sleufdiepte van ten minste 0,5 m, 85
 smeltpatronen, 64, 65
 smeltpatroon, 28
 soortelijke weerstand, 116
 Spanning, 23

Spanning meten, 189
 spanningsverlies, 87
 Spanningsverlies meten, 168
 spanningsverlies niet meer dan 5%, 87
 spanningvoerende delen, 21
 SPE 3140, 134
 Specificaties kabels, 209
 spierverkrampingen, 22
 Splitsingswet, 41
 staafvormige aardelektrode, 114
 statische omvormers, 48
 Statische omvormers als voeding, 48
 steiger moet worden vereffend bij afwezigheid van een aardlekschakelaar, 127
Steiger nabij een bovenleiding van tram, trein, trolleybus, 126
steiger nabij een hoogspanningsleiding, 125
Steiger op plaatsen waar statische elektriciteit en vonkvorming gevaar kan opleveren, 126
 steiger, geaard met een afzonderlijke aardelektrode, is onveilig, 127
 sterpunt van de voedende transformator geaard, 103
 STIPEL, 157
 stoppen, 65
 strafzaak in te stellen, 20
 Stroom in relatie tot werkelijk en schijnbaar vermogen, 204
 Stroomdoorgang door het lichaam, 21
 Symbolen op elektrisch materieel, 150, 219

T

Te stellen eisen aan een bouwkast volgens NEN EN IEC 61439, 52
 te veel of te zware apparaten aangesloten, 31
 tijd van stroomdoorgang, 27
 tijdelijke aardelektrode, voor het aansluiten van een aggregaat, 110
 Tijdelijke en / of permanente aardvoorzieningen, 113
 tijdelijke schakel- en verdeelinrichtingen, 51
 TN-stelsel, 103, 107
 Toegang tot elektrotechnische ruimten, 147
 Toelaatbare stroom in leidingen, 212
 toiletwagens, 101
 TT-stelsel, 103
 typeplaatje van een bouwkast, 52

U

uitschakelkarakteristieken van installatieautomaten, 69
 Uitschakelstroom, 177
 Uitschakeltijd en -stroom van aardlekbeveiligingen, 175
 Universele klem om bijvoorbeeld steigers te aarde, 129

V

Vakbekwaam persoon, 138, 141
 Vast aangelegde kabels, 82
 vaste leidingen, 82
 Veilig stellen van een elektrische installatie, 193

Veilig werken en juist meten met veilige meetapparatuur in de elektrotechniek, 188
 veilige elektrische installatie, 16
 Veiligheid en regelgeving, 6
 Veiligheidsaarding, 102
Veiligheidsbepalingen voor elektrische laagspanningsinstallaties, 16
 veiligheidseisen voor de laagspanningsschakel- en verdeelinrichtingen. *Zie*
 veiligheidstransformator, 93
 verbinding tussen aardelektrode en aardleiding, 118
 verdeelsystemen, 19
 vergelijken van de heen- en retourstroom in de fase(n)- en de nuldraad, 71
 verhandeld binnen de EU, 7
 Verlichtingsarmaturen op de bouwlocatie, 98
 Vermogensbepaling formules, 199
 verschilstroomschakelaar, 71
 vervangen van patronen, 66
 visuele aspecten, 160
 Visuele controle, 166
 Visuele controle van elektrische arbeidsmiddelen, 159
 vlamboog, 30
 Vlambooggevaar, 30
 vluchtweg, 59
 vochtigheidsgraad, 25
 Voldoend onderricht persoon, 138, 140
 Voorbeelden $\cos \phi$, 205
 Voorbeelden van de technische opbouw, 208
vrij van stof, 11

W

Waarmee gaan we inspecteren, 158
 Waarom een gearmeerde kabel, 83
 waarschuwingsslint, 85
 Waarvoor dient het aardsysteem, 104
 Wanneer voldoet de veiligheidsaarding in een tijdelijke installatie aan de eisen, 118
 Warenwet, 8
Warenwet besluit liften, 15
 Warenwet en Warenwetbesluiten, 14
Warenwetbesluit elektrotechnische producten, 14
Warenwetbesluit machines, 14
 warmteontwikkeling, 85
 Wat is het probleem als de
 aardverspreidingsweerstand van de elektrode niet voldoende laag is, 107
 weg die de stroom neemt door het lichaam, 28
 Welk armatuur mag in welke situatie worden toegepast, 99
 Welke elektrische arbeidsmiddelen inspecteren, 155
 werk stil te leggen, 20
 Werken in een nauwe geleidende ruimte, 187
 werkgever moet passende veilige arbeidsmiddelen beschikbaar stellen, 89
 Werkprocedures NEN 3140, 187
 Werkverantwoordelijke, 138
 Werkverantwoordelijke, 143
 Werkzaamheden met derden, 145
 Wet Milieubeheer, 8

Wettelijke eisen elektrische arbeidsmiddelen Arbo-
besluit, 217

Wetten en besluiten, 8

Wie mogen er inspecteren, 157

WON, 41

Woningwet, 15

www.eancodeboek.nl, 41

Z

zekeringen, 65

zwerfkast, 19