

INHOUD

INLEIDING	15
1 AARDING: FUNCTIES, WETTEN EN NORMEN	19
1.1 FUNCTIES VAN AARDINGSVOORZIENING	20
1.2 NORMEN BETREFFENDE ONTWERP VAN AARDINGSVOORZIENINGEN	20
1.2.1 NEN 1010	21
1.2.2 NEN-EN-IEC 60204	21
1.2.3 NEN-EN-IEC 61936-1	22
1.2.4 NEN-EN-IEC 62305	22
1.2.5 EMC-richtlijn	22
1.3 NEN 50110, NEN 3140, NEN 3840	22
1.3.1 Werken aan laagspanningsinstallaties	22
1.3.2 Werken aan hoogspanningsinstallaties	23
2 DEFINITIES OP GEBIED VAN AARDING	25
2.1 TOEGEPASTE STELSELS EN AARDELEKTRODEN	26
2.1.1 TT-stelsel	26
2.1.2 TN-stelsel	28
2.2 FOUT-, STAP- EN AANRAKINGSSPANNINGEN (EN STROMEN DOOR LICHAAM)	30
2.3 BESCHERMINGS- EN VEREFFENINGSLEIDINGEN	33
2.4 OVERIGE DEFINITIES	35
3 ELEKTROTECHNISCHE GRONDBEGINSELEN	37
3.1 SPANNING, STROOM EN IMPEDANTIE	38
3.2 WETTEN VAN KIRCHHOFF	39
3.3 EMC-BEGRIPPEN	40
3.3.1 Geleidende verbindingen	41
3.3.2 Inductieve koppeling	43
3.3.3 Capacitieve koppeling	44
3.3.4 Straling	47
3.4 CONCLUSIE	47
4 AARDEN VOOR ELEKTRISCHE VEILIGHEID	49
4.1 MENS EN TOELAATBARE STROOM DOOR LICHAAM	50
4.2 LICHAAMSWEEERSTAND	51
4.3 VEILIGE AANRAKINGSSPANNING	52
4.4 TT-STELSEL	53
4.5 AARDLEKBEVEILIGING	57
4.6 TN-STELSEL	58
4.7 POTENTIALVEREFFENING	62
5 AARDING IN ELEKTRICITEITSNETTEN	69
5.1 AANSLUITMOGELIJKHEDEN	70

5.2	AARDEN IN LAAGSPANNINGSNETTEN	71
5.2.1	Toelaatbare fout- en aanrakingsspanningen	71
5.2.2	Uitvoeringsvormen op overdrachtpunt	72
5.2.3	Toepassing van PEN-geleider	74
5.3	AARDEN IN MIDDENSPIANNINGSNETTEN	76
5.3.1	Aanrakings- en stapspanningen	76
5.3.2	Corrosie en mechanische sterkte	80
5.3.3	Thermische kortsluitvastheid	82
5.3.4	Koppeling in laag- en middenspanningsnetten	83
5.3.5	Aarden van eenfasekabels	84
6	AARDEN VOOR BLIKSEMBEVEILIGING	87
6.1	RELATIE TUSSEN BLIKSEMBEVEILIGING EN AARDING	88
6.2	BLIKSEMBEVEILIGINGSKLASSEN	89
6.3	AARDING TYPE A	90
6.4	AARDING TYPE B	91
6.5	FUNDATIEAARDING	93
6.6	VEILIGHEID ROND BLIKSEMBEVEILIGING	96
6.7	PRAKTISCHE AANWIJZINGEN	97
6.8	BIJZONDERE OBJECTEN	98
6.8.1	Windmolens	98
6.8.2	Kleine schepen	99
6.9	POTENTIALVEREFFENING	100
6.9.1	Basispotentiaalvereffening	101
6.9.2	Uitgebreide potentiaalvereffening	102
7	AARDEN VOOR EMC	103
7.1	CONVENTIONELE SCHONE AARDE	105
7.1.1	Lage weerstand en impedantie	105
7.1.2	Uitvoering van conventionele schone aarde	106
7.1.3	Aarde als riool voor storingen	109
7.1.4	Scheiden van aardingssystemen	111
7.1.5	Vermijden van aardlussen	112
7.2	MODERNE EMC-AARDING	114
7.2.1	Tweezijdig aarden van afschermingen	114
7.2.2	Verbeteren van kabeltracés	115
7.2.3	Omgaan met lussen	117
7.3	PRAKTISCHE UITVOERING VAN EMC-AARDING	119
7.3.1	Aarding in computervloeren	119
7.3.2	Kastaarding	120
7.3.3	Afwerken van kabels	121
7.3.4	Aarding in technische ruimten	122
7.4	EMC-AARDING VOOR COMPLEET GEBOUW	124
7.5	UITZONDERINGEN	127
8	AARDEN VOOR STATISCHE ELEKTRICITEIT	129
8.1	ENKELE BEGRIPPEN	131

8.2	BASIS	131
8.3	AARDEN MET LAGE IMPEDANTIE	132
8.3.1	Voorkomen van oplading	132
8.3.2	Afschermen	133
8.4	AARDEN MET HOGE IMPEDANTIE	134
8.5	AARDEN DOOR IONISATIE	135
8.5.1	Wat is ionisatie?	135
8.5.2	Passieve ionisatie	135
8.5.3	Actieve ionisatie	136
8.6	TOEPASSINGEN	136
8.6.1	Personele veiligheid	136
8.6.2	Ex-omgeving	137
8.6.3	Medisch gebruikte ruimten	138
8.6.4	Elektronicaonderhoud en -fabricage	138
8.6.5	Tankauto's en kleinere mobiele containers	141
8.6.6	Poederverwerking en -opslag	141
9	AARDEN IN MEDISCH GEBRUIKTE RUIMTEN	143
9.1	ALGEMENE AARDINGSMAATREGELEN	145
9.2	MEDISCH GEBRUIKTE RUIMTEN VAN KLASSE 1	146
9.2.1	Impedantie van vereffeningsleidingen	146
9.2.2	Doorsnede van vereffeningsleidingen	147
9.2.3	Maximale lengte van vereffeningsleidingen	147
9.3	MEDISCH GEBRUIKTE RUIMTEN VAN KLASSE 2 EN 3	148
9.4	AANVULLENDE MAATREGELEN VOOR RUIMTEN VAN KLASSE 3	148
9.5	STATISCHE ELEKTRICITEIT	149
9.6	UITVOERING VAN AARDINGSMAATREGELEN	150
10	GEÏNTEGREERDE AARDINGSSYSTEMEN	153
10.1	COMBINEREN VAN SYSTEMEN	154
10.2	PRAKTISCHE UITVOERING VAN HYBRIDE AARDING	157
10.3	OVERZICHT VAN AARDINGSMAATREGELEN	158
11	AARDINGSSYSTEMEN VOOR UITGESTREKTE INSTALLATIES	161
11.1	HORIZONTAAL UITGESTREKTE SYSTEMEN	162
11.2	VERTICAAL UITGESTREKTE SYSTEMEN	163
11.3	TUNNELS	165
11.4	AARDEN VOOR TRACTIE	166
11.4.1	Tractietunnels	167
11.4.2	Trams	167
11.4.3	Metro's, lightrails en treinen 1,5 kV DC	168
11.4.4	Treinen 25 kV AC	170
12	INTERFERENTIE MET ANDERE SYSTEMEN	175
12.1	ZWERFSTROMEN	176
12.2	TRACTIE	178

12.3	KATHODISCHE BESCHERMING	179
12.3.1	Wat is kathodische bescherming?	180
12.3.2	Techniek van kathodische bescherming	181
12.3.3	Interferentie met aardingsystemen	182
12.4	ZWERFSTROMEN IN VEEHOUDERIJ	183
12.4.1	Onrust in melkstal	183
12.4.2	Zwerfstromen als oorzaak	184
12.4.3	Metingen uitvoeren	185
12.4.4	Maatregelen nemen	185
13	BEREKENEN VAN AARDELEKTRODEN	187
13.1	BODEMWEERSTAND	188
13.2	AARDVERSPREIDINGSWEERSTAND	190
13.3	VORMEN VAN AARDELEKTRODEN	192
13.3.1	Horizontale aardelektrode	192
13.3.2	Verticale aardelektrode	193
13.3.3	Ringaarde	194
13.3.4	Vermaasde aarding	194
13.3.5	Plaataarde	195
13.3.6	Stervormige aarding	195
13.3.7	Overzicht van vuistregels	197
13.4	PARALLEL SCHAKELN VAN AARDELEKTRODEN	198
13.5	BEREKENING IN PRAKTIJK	199
14	UITVOEREN VAN AARDINGEN	201
14.1	VERTICALE AARDELEKTRODEN (DIEPTEAARDING)	202
14.1.1	Doorgaande koperdraad	202
14.1.2	Kopermantelstaven	204
14.1.3	Geboorde aarding	205
14.2	HORIZONTALE AARDELEKTRODEN (OPPERVLAKTEAARDING)	206
14.3	RINGAARDE	206
14.4	VERMAASDE AARDING	208
14.5	PLAATAARDE	208
14.6	STERVORMIGE AARDING	209
14.7	CHEMISCHE AARDING	209
14.8	FUNDATIEAARDING ZONDER WATERDICHTE LAAG	210
14.8.1	Heipalen	210
14.8.2	Onderste betonvloer	211
14.8.3	Aardplaten	211
14.8.4	Uitvoering van fundatieaarding	212
14.8.5	Aanvullende aardelektroden	214
14.8.6	Staalvezelbeton	214
14.9	FUNDATIEAARDING MET WATERDICHTE LAAG	215
14.10	AARDINGSMATERIAAL	215
14.11	AARDEN MET BESTAANDE MATERIALEN	217
14.12	SEIZOENSINVLOEDEN OP AARDELEKTRODEN	218
14.13	AARDVERBETERMATERIALEN	219
14.14	VERBINDINGSMIDDELEN	220

14.15	CORROSIE	220
14.15.1	Algemene aspecten van corrosie van metalen in bodem	220
14.15.2	Risico voor omgeving	221
14.15.3	Risico voor aardelektrode	221
14.15.4	Aanvullende aarding bij fundatieaardingen	221
14.15.5	Corrosie door gelijkstromen	222
14.16	ONDERDELEN VAN AARDINGSINSTALLATIES	222
15	METEN AAN AARDE EN AARDINGEN	227
15.1	MEETAPPARATUUR	228
15.1.1	True RMS-universeelmeter en scoopmeter	228
15.1.2	Aardingsmeetbrug	228
15.1.3	Stroomtangcircuitmeter	231
15.2	METEN VAN SPECIFIEKE BODEMWEERSTAND	232
15.2.1	Meetcel	232
15.2.2	Wennermethode	233
15.3	METEN VAN AARDVERSPREIDINGSWEERSTAND	235
15.3.1	Spanningstrechter	235
15.3.2	Klassieke driepuntsmeting	236
15.3.3	Potentiaalvalmethode	239
15.3.4	Slope-methode	242
15.4	METEN VAN AARDVERSPREIDINGSWEERSTAND OP KLEINE OPPERVLAGKEN	247
15.5	CIRCUITMETING	248
15.6	DEELMETING	250
15.7	VOORBEELD VAN METING BIJ GROTE INSTALLATIE	250
	LITERATUUR	255
	TEKENSYMBOLLEN	257
	REGISTER	259