

Appendice A. Conduttori elettrici, sezioni e diametri

Appendix A. Wires, Sizes and AWG diameters

A.1 Misura dei conduttori elettrici, sezioni e diametri

AWG and kcmil wires' sizes measurement

L'America Wire Gauge (AWG) è utilizzato negli Stati Uniti ed in altre nazioni come metodo standard per l'identificazione dei diametri di conduttori elettrici. L'aumento dei valori corrisponde alla diminuzione del diametro del conduttore; l'utilizzo di questa unità di misura deriva dal tipo di lavorazione che viene effettuata sul conduttore; conduttori molto fini (per esempio 30 AWG) richiedono numerosi passaggi di trafilatura mentre conduttori più grossi hanno passaggi più ridotti e di conseguenza l'AWG che li identifica è più basso.

Per definizione 36 AWG equivale ad un conduttore di diametro di 0,005 pollici mentre 4/0 AWG equivale ad un diametro di 0,46 pollici. I diametri aumentano di $0,46/0,005 = 92$ volte regolarmente suddivisi in 39 sezioni. Quindi il diametro di un conduttore avente una sezione di x AWG è dato da:

$$d_n = 0,005 \cdot 92^{\frac{36-x}{39}} \text{ [inch]}$$

mentre la sezione è

$$A_n = \frac{\pi}{4} \cdot d_n^2 = 0,000019635 \cdot 92^{\frac{36-x}{19,5}} \text{ [inch}^2\text{]}$$

dove per sezioni di m/0 AWG si deve usare $x = -(m-1)$ nelle formule precedenti.

The American Wire Gauge (AWG) is used in the United States and in other countries as a standard method of denoting wire diameter. Increasing gauge numbers give decreasing wire diameters; the use of this unit of measure derives from the type of processing carried out on the wire; very fine wire (for example 30 AWG) requires far more passes through the drawing dies than greater wires which, consequently, have a lower AWG identifying them. By definition, 36 AWG has the same value of a wire with 0,005 inches diameter, while 4/0 AWG has the same value of a 0,46 inches diameter. The diameters increase of $0,46/0,005 = 92$ times regularly divided in 39 Sizes. Therefore, the diameter of a wire with a x AWG Size is given as follows:

$$d_n = 0,005 \cdot 92^{\frac{36-x}{39}} \text{ [inch]}$$

while the Size is

$$A_n = \frac{\pi}{4} \cdot d_n^2 = 0,000019635 \cdot 92^{\frac{36-x}{19,5}} \text{ [inch}^2\text{]}$$

for m/0 AWG Size, use $x = -(m-1)$ in the above formulas.

Tabella A.1a. Sezioni AWG e conversione in mm²

Table A.1a. AWG Size and conversion mm²

AWG	Diametro - Diameter		Area [mm ²]
	[inch]	[mm]	
40	0,0031	0,07987	0,00501
39	0,0035	0,08969	0,00632
38	0,0040	0,1007	0,00797
37	0,0045	0,1131	0,0100
36	0,0050	0,1270	0,0127
35	0,0056	0,1426	0,0160
34	0,0063	0,1601	0,0201
33	0,0071	0,1798	0,0254
32	0,0080	0,2019	0,0320
31	0,0089	0,2268	0,0404
30	0,0100	0,2546	0,0509
29	0,0113	0,2859	0,0642
28	0,0126	0,3211	0,081
27	0,0142	0,3606	0,102
26	0,0159	0,4049	0,129
25	0,0179	0,4547	0,162
24	0,0201	0,5106	0,205
23	0,0226	0,5733	0,258
22	0,0253	0,6438	0,326
21	0,0285	0,7229	0,410
20	0,0320	0,8118	0,518
19	0,0359	0,9116	0,653
18	0,0403	1,024	0,823
17	0,0453	1,150	1,04
16	0,0508	1,291	1,31
15	0,0571	1,450	1,65
14	0,0641	1,628	2,08
13	0,0720	1,828	2,62
12	0,0808	2,053	3,31

AWG	Diametro - Diameter		Area [mm ²]
	[inch]	[mm]	
11	0,0907	2,305	4,17
10	0,1019	2,588	5,26
9	0,1144	2,906	6,63
8	0,1285	3,264	8,37
7	0,1443	3,665	10,5
6	0,1620	4,115	13,3
5	0,1819	4,621	16,8
4	0,2043	5,189	21,2
3	0,2294	5,827	26,7
2	0,2576	6,544	33,6
1	0,2893	7,348	42,4
0(1/0)	0,3249	8,251	53,5
00(2/0)	0,3648	9,266	67,4
000(3/0)	0,4096	10,40	85
0000(4/0)	0,4600	11,68	107
00000(5/0)	0,5165	13,12	135
000000(6/0)	0,5800	14,73	170

Le sezioni molto grandi vengono espresse in kcmil secondo la tabella seguente:

The larger Sizes are given in kcmil according to the following table:

Tabella A.1b. Sezioni kcmil e conversione in mm²

Table A.1b. kcmil Sizes and conversion in mm²

kcmil	Diametro - Diameter		Area [mm ²]
	[inch]	[mm]	
250	0,50	12,7	127
300	0,55	13,9	152
350	0,59	15,0	177
400	0,63	16,1	203
450	0,67	17,0	228
500	0,71	17,9	253
550	0,74	18,8	279
600	0,77	19,7	304
650	0,81	20,5	329
700	0,84	21,3	355
750	0,87	22,0	380
800	0,89	22,7	405
900	0,95	24,1	456
1000	1,00	25,4	507
1200	1,10	27,8	608
1250	1,12	28,4	633
1500	1,22	31,1	760
1750	1,32	33,6	887
2000	1,41	35,9	1010

A.2 Conduttori elettrici secondo EN 60228

Wires according to EN 60228

La norma EN 60228 "Conduttori per cavi isolati" definisce le caratteristiche dei conduttori solidi (classe 1), dei conduttori a trefolo (classe 2) e di quelli flessibili (classe 5 e 6) nel modo seguente.

Conduttori solidi (classe 1)

- I conduttori solidi sono realizzati in rame rosso o stagnato.
- I conduttori solidi in rame devono essere a sezione circolare.
- La resistenza dei conduttori misurata a 20°C non deve eccedere quella indicata in Tabella A.2a.

Conduttori a trefolo (classe 2)

- I conduttori a trefolo circolari sono realizzati in rame rosso o stagnato.
- I fili elementari in ogni conduttore devono avere lo stesso diametro.
- Il numero dei fili elementari presenti in ogni conduttore non deve essere inferiore al numero indicato nella Tabella A.2b.
- La resistenza dei conduttori misurata a 20°C non deve superare il valore indicato nella Tabella A.2b.

Conduttori flessibili (classe 5 e 6)

- I conduttori flessibili sono realizzati in rame rosso o stagnato.
- I fili elementari in ogni conduttore devono avere lo stesso diametro.
- Il diametro dei fili elementari presenti in ogni conduttore non deve superare il valore indicato nella Tabella A.2c e Tabella A.2d.
- La resistenza dei conduttori misurata a 20°C non deve superare il valore indicato nella Tabella A.2c e Tabella A.2d.

The EN 60228 "Conductors of insulated cables" standard defines the characteristics of the solid conductors (class 1), stranded conductors (class 2) and flexible conductors (class 5 and 6) as follow.

Solid conductors (class 1)

- Solid conductors are made of bare or tinned copper.
- Solid copper conductors shall be of circular cross-section.
- The resistance of each conductor at 20°C must not exceed the value given in the Table A.2a.

Stranded conductors (class 2)

- The stranded circular conductors are made of bare or tinned copper.
- The wires in each conductor must have the same nominal diameter.
- The number of wires in each conductor shall be not less than the value given in the Table A.2b.
- The resistance of each conductor at 20°C must not exceed the value given in the Table A.2b.

Flexible conductors (class 5 and 6)

- The flexible conductors are made of bare or tinned copper.
- The wires in each conductor must have the same nominal diameter.
- The diameter of the wires in each conductor must not exceed the value given in the Table A.2c and Table A.2d.
- The resistance of each conductor at 20°C must not exceed the value given in the Table A.2c and Table A.2d.

Tabella A.2a. Caratteristiche dei conduttori solidi in rame di classe 1 per la produzione di cavi secondo CEI EN 60228:2005

Table A.2a. Characteristics of the copper solid conductors, class 1, for the production of cables according to CEI EN 60228:2005

Sezione nominale [mm²] <i>Nominal Size</i>	Massima resistenza del conduttore a 20°C <i>Maximum resistance of the wire at 20°C [Ω /km]</i>	
	Rame rosso <i>Bare copper</i>	Rame stagnato <i>Tinned copper</i>
0,5	36,0	36,7
0,75	24,5	24,8
1,0	18,1	18,2
1,5	12,1	12,2
2,5	7,41	7,56
4	4,61	4,70
6	3,08	3,11
10	1,83	1,84
16	1,15	1,16
25	0,727	-
35	0,524	-
50	0,387	-
70	0,268	-
95	0,193	-
120	0,153	-
150	0,124	-
185	0,101	-
240	0,0775	-
300	0,0620	-
400	0,0465	-

Tabella A.2b. Caratteristiche dei conduttori a trefolo in rame di classe 2 per la produzione di cavi secondo CEI EN 60228:2005

Table A.2b. Characteristics of the copper stranded conductors, class 2, for the production of cables according to CEI EN 60228:2005

Sezione nominale [mm ²] <i>Nominal Size</i>	Numero minimo di fili elementari <i>Minimum number of wires in the conductor</i>	Massima resistenza del conduttore a 20°C <i>Maximum resistance of the wire at 20°C [Ω /km]</i>	
		Rame rosso <i>Bare copper</i>	Rame stagnato <i>Tinned copper</i>
0,5	7	36,0	36,7
0,75	7	24,5	24,8
1,0	7	18,1	18,2
1,5	7	12,1	12,2
2,5	7	7,41	7,56
4	7	4,61	4,70
6	7	3,08	3,11
10	7	1,83	1,84
16	7	1,15	1,16
25	7	0,727	0,734
35	7	0,524	0,529
50	19	0,387	0,391
70	19	0,268	0,270
95	19	0,193	0,195
120	37	0,153	0,154
150	37	0,124	0,126
185	37	0,0991	0,100
240	37	0,0754	0,0762
300	61	0,0601	0,0607
400	61	0,0470	0,0475
500	61	0,0366	0,0369
630	91	0,0283	0,0286
800	91	0,0221	0,0224
1000	91	0,0176	0,0177

Tabella A.2c. Caratteristiche dei conduttori flessibili in rame di classe 5 per la produzione di cavi secondo CEI EN 60228:2005

Table A.2c. Characteristics of the copper flexible conductors, class 5, for the production of cables according to CEI EN 60228:2005

Sezione nominale [mm ²] <i>Nominal Size</i>	Massimo diametro del filo elementare <i>Maximum diameter of the wires in conductor</i>	Massima resistenza del conduttore a 20°C <i>Maximum resistance of the wire at 20°C [Ω /km]</i>	
		Rame rosso <i>Bare copper</i>	Rame stagnato <i>Tinned copper</i>
0,5	0,21	39,0	40,1
0,75	0,21	26,0	26,7
1,0	0,21	19,5	20,0
1,5	0,26	13,3	13,7
2,5	0,26	7,98	8,21
4	0,31	4,95	5,09
6	0,31	3,30	3,39
10	0,41	1,91	1,95
16	0,41	1,21	1,24
25	0,41	0,780	0,795
35	0,41	0,554	0,565
50	0,41	0,386	0,393
70	0,51	0,272	0,277
95	0,51	0,206	0,210
120	0,51	0,161	0,164
150	0,51	0,129	0,132
185	0,51	0,106	0,108
240	0,51	0,0801	0,0817
300	0,51	0,0641	0,0654
400	0,51	0,0486	0,0495
500	0,61	0,0384	0,0391
630	0,61	0,0287	0,0292

Tabella A.2d. Caratteristiche dei conduttori flessibili in rame di classe 6 per la produzione di cavi secondo CEI EN 60228:2005
 Table A.2d. Characteristics of the copper flexible conductors, class 6, for the production of cables according to CEI EN 60228:2005

Sezione nominale [mm ²] <i>Nominal Size</i>	Massimo diametro del filo elementare [mm] <i>Maximum diameter of the wires in conductor</i>	Massima resistenza del conduttore a 20°C <i>Maximum resistance of the wire at 20°C [Ω/km]</i>	
		Rame rosso <i>Bare copper</i>	Rame stagnato <i>Tinned copper</i>
0,5	0,16	39,0	40,1
0,75	0,16	26,0	26,7
1,0	0,16	19,5	20,0
1,5	0,16	13,3	13,7
2,5	0,16	7,98	8,21
4	0,16	4,95	5,09
6	0,21	3,30	3,39
10	0,21	1,91	1,95
16	0,21	1,21	1,24
25	0,21	0,780	0,795
35	0,21	0,554	0,565
50	0,31	0,386	0,393
70	0,31	0,272	0,277
95	0,31	0,206	0,210
120	0,31	0,161	0,164
150	0,31	0,129	0,132
185	0,41	0,106	0,108
240	0,41	0,0801	0,0817
300	0,41	0,0641	0,0654

A.3 Correlazione tra le sezioni dei conduttori in AWG e IEC

Wires, correlations between AWG and IEC Sizes

Tabella A.3. Correlazione tra le sezioni dei cavi in mm² (IEC) e in AWG
Table A.3. Correlation between mm² (IEC) and AWG cable Sizes

Sezioni Sizes		Sezione equivalente Equivalent area [mm ²]		
[mm ²]	[AWG]	[mm ²]	[inch ²]	[kcmil]
0,2		0,196	0,000304	387
	24	0,205	0,000317	404
0,3		0,283	0,000438	558
	22	0,324	0,000504	640
0,5		0,5	0,000775	987
	20	0,519	0,000802	1020
0,75		0,75	0,001162	1480
	18	0,823	0,001272	1620
1		1	0,00155	1973
	16	1,31	0,002026	2580
1,5		1,5	0,002325	2960
	14	2,08	0,003228	4110
2,5		2,5	0,003875	4934
	12	3,31	0,005129	6530
4		4	0,0062	7894
	10	5,26	0,008152	10380
6		6	0,0092	11841
	8	8,37	0,012967	16510
10		10	0,0155	19735
	6	13,3	0,02061	26240
16		16	0,0248	31576
	4	21,1	0,03278	41641
25		25	0,0388	49338
	2	33,6	0,0521	66310
35		35	0,0542	69073
	1	42,4	0,0657	83677
50		47	0,0728	92756

Esempio

Un conduttore avente sezione effettiva 10 mm² può essere utilizzato come conduttore 8 AWG in quanto la sezione è 10 mm² > 8,37 mm².

Al contrario, un conduttore prodotto con sezione effettiva 18 AWG non può essere utilizzato come conduttore da 1 mm² poiché la sezione equivalente è 0,823 mm² < 1 mm².

Example

A 10 mm² wire can be used as an 8 AWG wire because its size is 10 mm² > 8,37 mm².

On the contrary, a 18 AWG wire cannot be used as a 1 mm² wire because its equivalent size is 0,823 mm² < 1 mm².



A.4 Sezioni minime dei conduttori secondo EN 60204-1

Minimum cross-Sizeal areas of copper conductors according to EN 60204-1

Tabella A.4. Sezioni minime dei conduttori di rame in funzione del tipo di applicazione secondo IEC 60204-1:2018

Table A.4. Minimum cross-Sizeal areas of copper conductors by application according to IEC 60204-1:2018

Luogo <i>Location</i>	Applicazione <i>Application</i>	Sezione minima [mm²] in funzione del tipo di cavo <i>Minimum cross-Sizeal area [mm²] by type of cable</i>				
		Unipolare <i>Single core</i>		Multipolare <i>Multicore</i>		
		Flessibile Classe 5 o 6 <i>Flexible Calss 5 or 6</i>	A filo unico (Classe 1) o cordato (Classe 2) <i>Solid (Class 1) or stranded (Class 2)</i>	Due poli, schermato <i>Two cores, shielded</i>	Due poli, non schermato <i>Two cores, not shielded</i>	Tre o più poli, scherma- to o non schermato <i>Three or more cores, shielded or not</i>
Cablaggi all'esterno degli involucri di protezione <i>Wiring outside protecting enclosures</i>	Circuiti di potenza, fissi <i>Power circuits, fixed</i>	1,0	1,5	0,75	0,75	0,75
	Circuiti di potenza, soggetti a movimenti frequentissimi <i>Power circuits, subjected to frequent movements</i>	1,0	-	0,75	0,75	0,75
	Circuiti di comando <i>Control circuits</i>	1,0	1,0	0,2	0,5	0,2
	Comunicazione dati <i>Data communication</i>	-	-	-	-	0,08
Cablaggi all'interno degli involucri <i>Wiring inside enclosures</i>	Circuiti di potenza (connessioni non soggette a movimenti) <i>Power circuits (connections and moved)</i>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Circuiti di comando <i>Control circuits</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Comunicazione dati <i>Data communication</i>	-	-	-	-	0,08