

# ENERGY TRANSITION DAYS

Bari 20 e 21 aprile 2023

## Strutture per impianti fotovoltaici su coperture

### Residenziali



### Industriali



# Impianto Politecnico di Bari



# Impianto Politecnico di Bari



# Individuazione del tipo di copertura

## - **Struttura portante**

- laterocemento
- legno
- ferro
- altro

## - **Stratigrafia della copertura**

- Spessori
- Materiali
- Manto di copertura
- altro

## NTC 2018 Norme Tecniche per le Costruzioni

*Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018*

...

### 7.2.4. CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

Il presente paragrafo fornisce indicazioni utili per la progettazione e l'installazione antisismica degli impianti, intesi come insieme di: impianto vero e proprio, dispositivi di alimentazione dell'impianto, **collegamenti tra gli impianti e la struttura principale.**

...

**È compito del progettista della struttura individuare la domanda, mentre è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire impianti e sistemi di collegamento di capacità adeguata.**

...

**Gli impianti non possono essere vincolati alla costruzione contando sull'effetto dell'attrito, bensì devono essere collegati ad essa con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili...**

## 3.4. AZIONI DELLA NEVE

### 3.4.1. CARICO DELLA NEVE SULLE COPERTURE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t \quad [3.4.1]$$

dove:

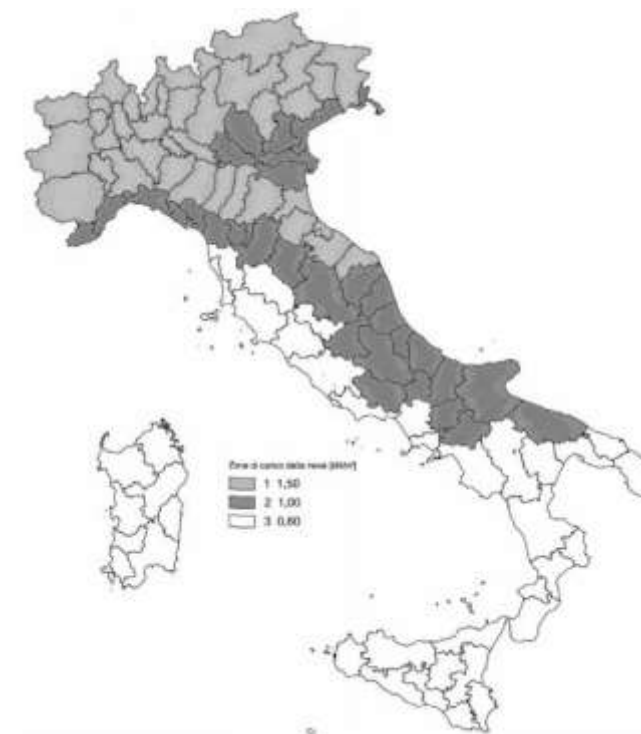
$q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3;

$C_E$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4;

$C_t$  è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.



### 3.3. AZIONI DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al § 3.3.3. Per le costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'uso di metodologie di calcolo e sperimentali adeguate allo stato dell'arte.

Tab. 3.3.1 - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32





Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

ZONE 1,2,3,4,5						
	mare		costa			
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

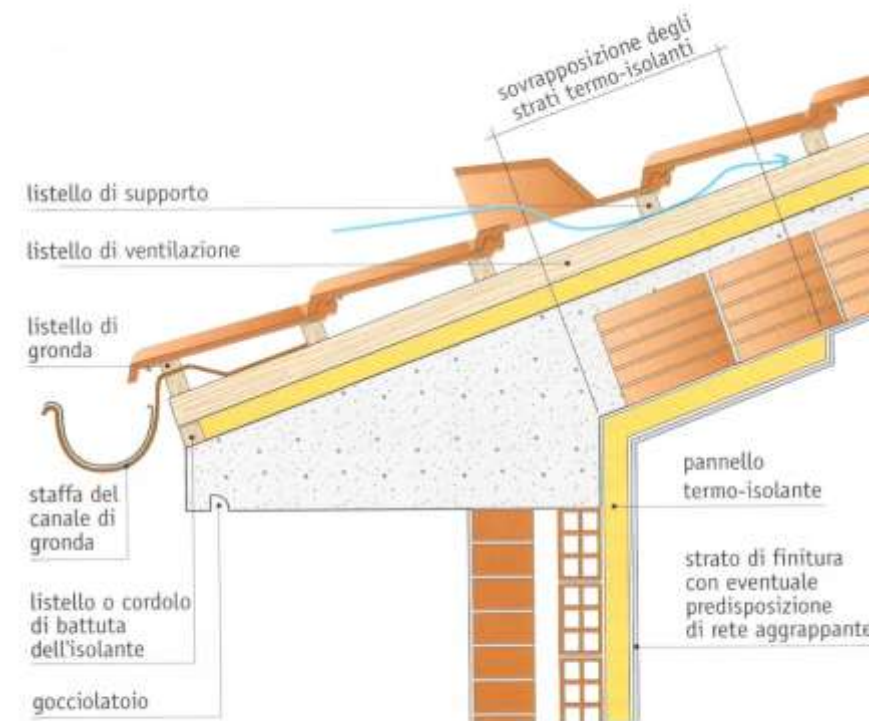
ZONA 9		
	costa	
	mare	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6					
	mare		costa		
	2 km	10 km	30 km	500m	
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare		costa
	1.5 km	0.5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

## Individuazione del tipo di supporto

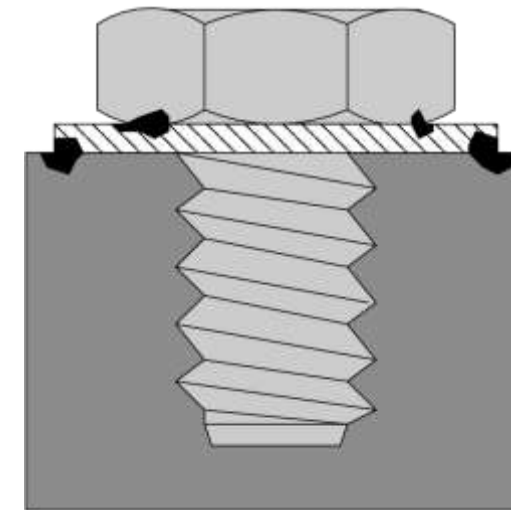
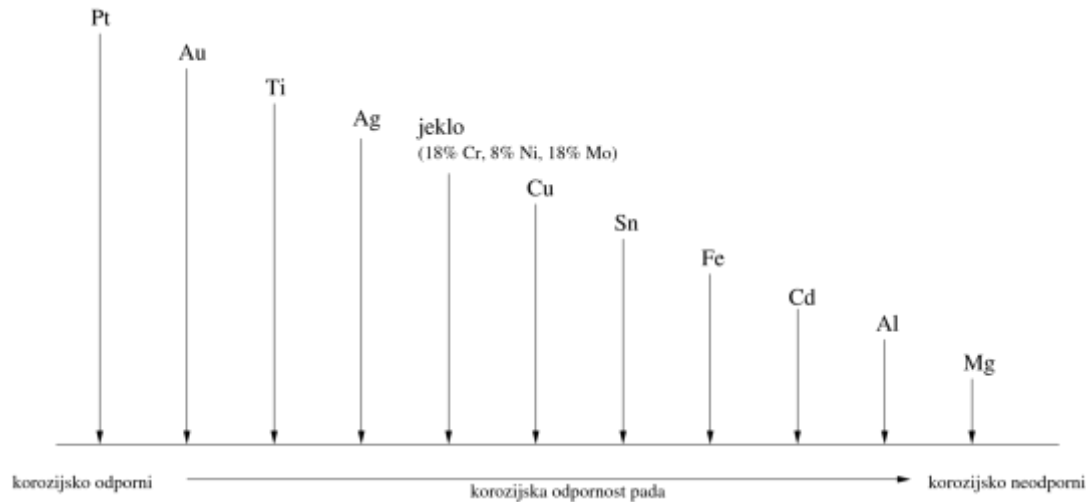
La scelta del supporto è in funzione del manto di copertura, della stratigrafia del tetto e dalla possibilità di poter ancorare il supporto alla struttura portante



# Scelta dei materiali

In fase di progettazione della struttura di un impianto fotovoltaico compito del progettista, oltre al dimensionamento strutturale, è individuare i materiali idonei a preservare l'integrità del modulo.

La corrosione galvanica è uno dei principali problemi da prevenire, la cornice dei moduli fotovoltaici è in alluminio, quindi individuare in fase di progetto materiali opportunamente compatibili, è fondamentale affinché non si innescano processi di corrosione dovuti al contatto di materiali a differente potenziale.

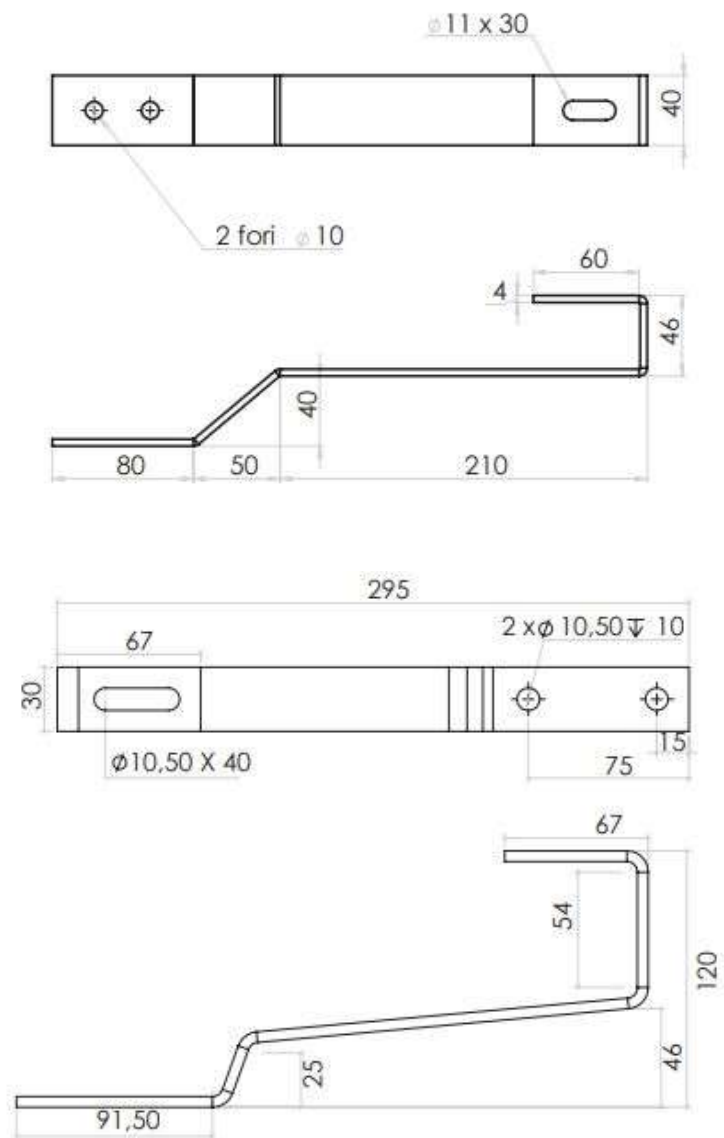


Esempio di corrosione galvanica, determinata dall'accoppiamento di due materiali metallici di natura differente.

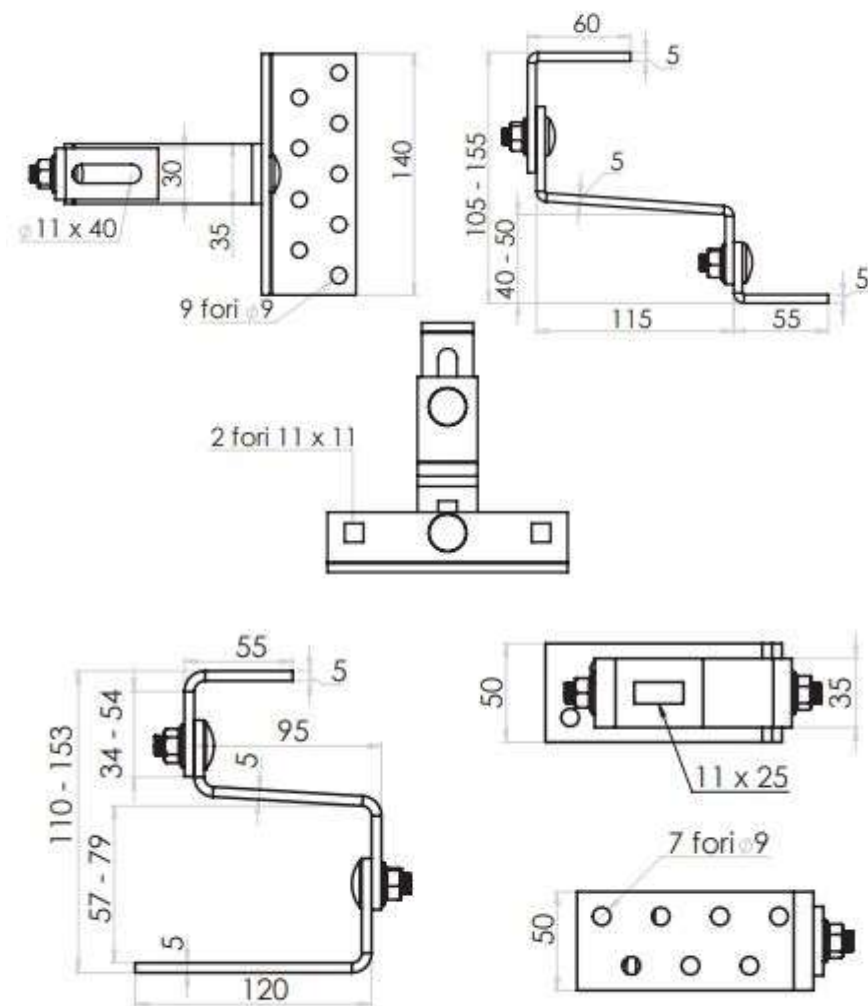


**STAFFE REGOLABILI**  
*ADJUSTABLE BRACKETS*

# Staffe fisse

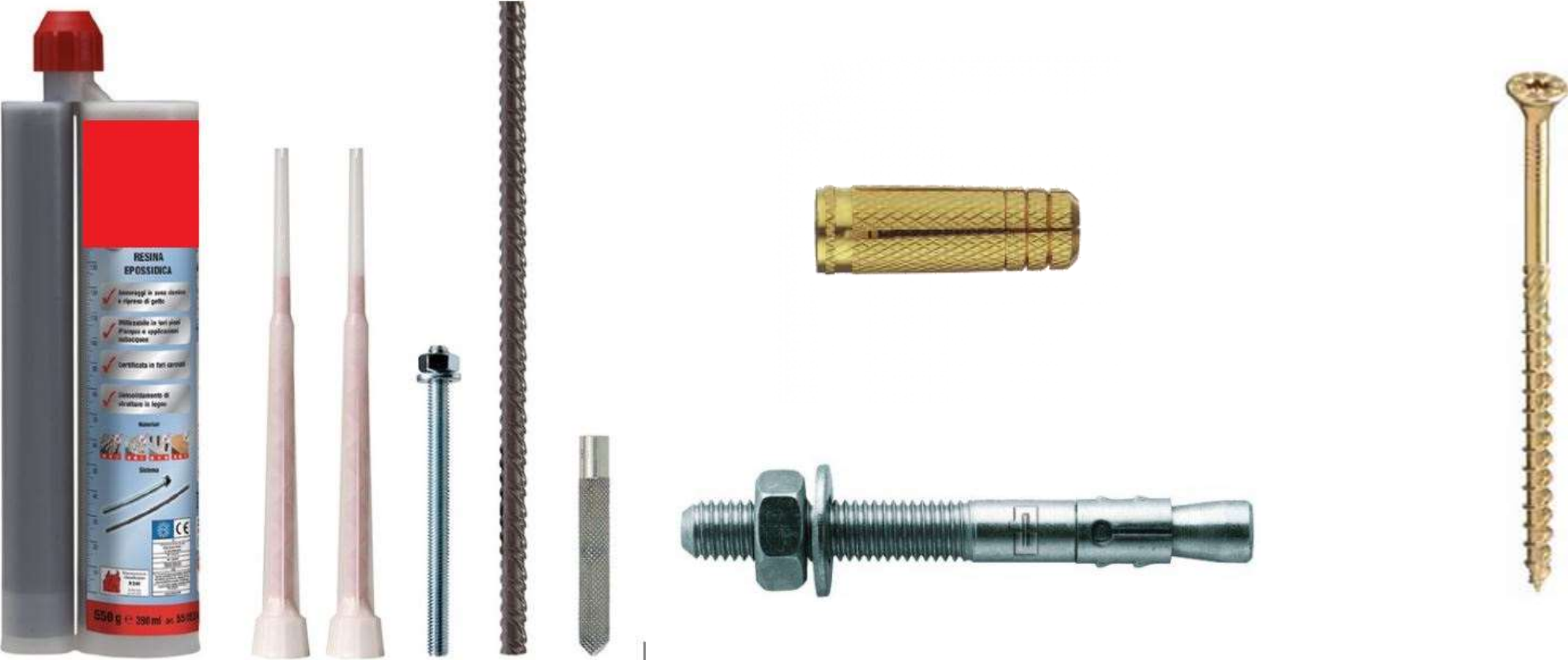


# Staffe regolabili



# Scelta del tipo di ancoraggio

## Tasselli meccanici o chimici



## Utilizzo di ancoranti o tirafondi



# Ancoraggio diretto su coperture in lamiera



**Viti auto filettanti**



**Rivetti a farfalla**



**Nastro butilico**





# Impianti fotovoltaici su tetto piano

## Sistemi su cavalletto



## Sistemi su zavorre



## Sistemi a basso carico

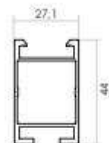


# Orditura di supporto moduli fotovoltaici

La scelta del profilo trave su cui installare il modulo fotovoltaico è in funzione:

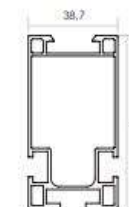
- Interasse supporti
- Carico neve
- Carico vento

PRT2334



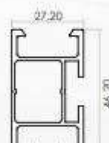
Codice   Code	Lunghezza   Length
<b>PRT2334-340</b>	3400 mm
<b>PRT2334-113</b>	1130 mm
Momento d'inerzia I <sub>xx</sub> Moment of inertia I <sub>xx</sub>	5,414 cm <sup>4</sup>
Momento d'inerzia I <sub>yy</sub> Moment of inertia I <sub>yy</sub>	2,794 cm <sup>4</sup>
Sezione - Section	233 mm <sup>2</sup>
Campata* - Span	0,8 m

PRT4689



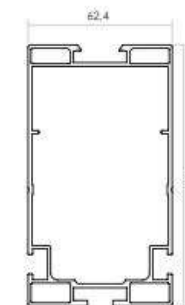
Codice   Code	Lunghezza   Length
<b>PRT4689-340</b>	3400 mm
<b>PRT4689-113</b>	1130 mm
Momento d'inerzia I <sub>xx</sub> Moment of inertia I <sub>xx</sub>	33,284 cm <sup>4</sup>
Momento d'inerzia I <sub>yy</sub> Moment of inertia I <sub>yy</sub>	10,143 cm <sup>4</sup>
Sezione - Section	469 mm <sup>2</sup>
Campata* - Span	2,6 m

PRT2640



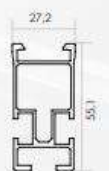
Codice   Code	Lunghezza   Length
<b>PRT2640-340</b>	3400 mm
<b>PRT2640-113</b>	1130 mm
Momento d'inerzia I <sub>xx</sub> Moment of inertia I <sub>xx</sub>	6,013 cm <sup>4</sup>
Momento d'inerzia I <sub>yy</sub> Moment of inertia I <sub>yy</sub>	3,053 cm <sup>4</sup>
Sezione - Section	271 mm <sup>2</sup>
Campata* - Span	1,2 m

PRT7834



Codice   Code	Lunghezza   Length
<b>PRT7834-340</b>	3400 mm
<b>PRT7834-113</b>	1130 mm
Momento d'inerzia I <sub>xx</sub> Moment of inertia I <sub>xx</sub>	141,912 cm <sup>4</sup>
Momento d'inerzia I <sub>yy</sub> Moment of inertia I <sub>yy</sub>	47,569 cm <sup>4</sup>
Sezione - Section	800 mm <sup>2</sup>
Campata* - Span	3,8 m

PRT2947



Codice   Code	Lunghezza   Length
<b>PRT2947-340</b>	3400 mm
<b>PRT2947-113</b>	1130 mm
Momento d'inerzia I <sub>xx</sub> Moment of inertia I <sub>xx</sub>	9,454 cm <sup>4</sup>
Momento d'inerzia I <sub>yy</sub> Moment of inertia I <sub>yy</sub>	2,932 cm <sup>4</sup>
Sezione - Section	303 mm <sup>2</sup>
Campata* - Span	1,7 m

# Ancoraggio del modulo fotovoltaico

Consultare il manuale di installazione e verificare la posizione dei morsetti indicata dal produttore del modulo FV in base ai carichi vento e neve del sito

Es. 1  
Moduli Q-Cells

## Specifications

MODULE TYPE	MOUNTING OPTION	POSITION OF CLAMPS* [MM]	TEST LOAD PUSH/PULL** [PA]	DESIGN LOAD PUSH/PULL** [PA]	SAFETY FACTOR
Q.PEAK DUO ML-G9 Q.PEAK DUO ML-G9+ Q.PEAK DUO BLK ML-G9 Q.PEAK DUO BLK ML-G9+	CL1a	150 - 450 (max span 1250mm)	5400/3250	3600/2165	1.5
	FB1	376	5400/4000	3600/2660	
	FB2	376	3300/4000	2200/2660	
	IP1	-	3300/3300	2200/2200	
	CL1a	20 - 550	2400/2400	1600/1600	
	CL1b	150 - 550	3300/3250	2200/2165	
	CL5	short side: 100 - 250 long side: 300 - 450	3800/3800	2530/2530	
CL6b	short side: 100 - 250 middle: 720 - 1120****	6000/4000	4000/2660		

→ The below mounting options are only possible under certain conditions.

MODULE TYPE	MOUNTING OPTION	POSITION OF CLAMPS* [MM]	TEST LOAD PUSH/PULL*** [PA]	DESIGN LOAD PUSH/PULL*** [PA]	SAFETY FACTOR
Q.PEAK DUO ML-G9 Q.PEAK DUO ML-G9+ Q.PEAK DUO BLK ML-G9 Q.PEAK DUO BLK ML-G9+	CL2a (with rails)	20 - 300	2400/2000	1600/1330	1.5
	CL2b (without rails)	20 - 300	2000/2000	1330/1330	
	IP2	-	2000/2000	1330/1330	

\* Distance between outer edge of module and middle of the clamp; consider further details below.

\*\* Loads according to IEC 61215-2:2016 and UL 61730-2:2020

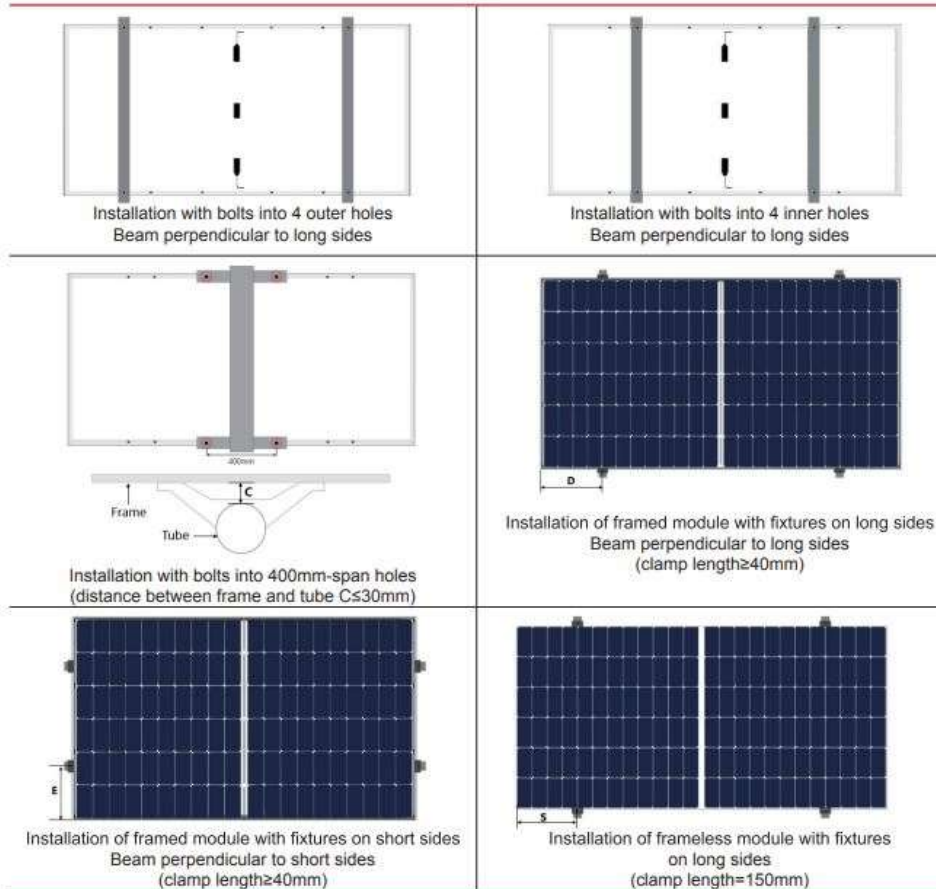
\*\*\* Test procedure according to IEC 61215-2:2016 and UL 61730-2:2020. These mounting options are below the required minimum test loads of 2400 Pa.

\*\*\*\* Rails must not be under the junction box.

TYPE OF INSTALLATION	MODULE	POINT MOUNTING SYSTEM	LINEAR MOUNTING SYSTEM
INSTALLATION WITH CLAMPS	Q.PEAK DUO ML-G9 Q.PEAK DUO ML-G9+ Q.PEAK DUO BLK ML-G9 Q.PEAK DUO BLK ML-G9+		
HYBRID CLAMPING	Q.PEAK DUO ML-G9 Q.PEAK DUO ML-G9+ Q.PEAK DUO BLK ML-G9 Q.PEAK DUO BLK ML-G9+		
INSTALLATION ON MOUNTING POINTS	Q.PEAK DUO ML-G9 Q.PEAK DUO ML-G9+ Q.PEAK DUO BLK ML-G9 Q.PEAK DUO BLK ML-G9+		
INSTALLATION WITH INSERTION PROFILES	Q.PEAK DUO ML-G9 Q.PEAK DUO ML-G9+ Q.PEAK DUO BLK ML-G9 Q.PEAK DUO BLK ML-G9+	NOT PERMITTED	

### 5.2.3 Installation and Mechanical Load of Monofacial Module

Monofacial modules can be installed with bolts into 4 outer installation holes, bolts into 4 inner installation holes, bolts into 400mm-span installation holes, and fixtures. Detailed installation positions and corresponding load capacities are shown in the table below.



Load Capacities of Framed Monofacial Modules:

Module Type	Installation Method	Installation with bolts			Installation with fixtures			
		4 outer holes (beam perpendicular to long sides)	4 inner holes (beam perpendicular to long sides)	400mm-span holes	14L, 50sDs14L+50 (beam perpendicular to long sides)	300 ≤ D ≤ 400 (beam perpendicular to long sides)	350sDs450 (beam perpendicular to long sides)	150sEs250 (beam perpendicular to short sides)
6066-type Framed Monofacial Module	LRS-60-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60HV-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60BK-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PE-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PH-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PB-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60HP-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PH-***MC	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60HB-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60HS-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60DG-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PD-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PH-***M	+5400, -2400	±2400	/	/	+5400, -2400	/	±2400
	LRS-60PH-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PH-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PH-***M	±2400	+5400, -2400	/	+5400, -2400	/	/	±2400
	LRS-60PH-***M	+5400, -2400	±2400	/	/	+5400, -2400	/	±2400
	LRS-60PH-***M	+5400, -2400	±2400	/	/	+5400, -2400	/	±2400
	LRS-60PH-***M	+5400, -2400	±2400	/	/	+5400, -2400	/	±2400
	72-type Framed Monofacial Module	LRS-72-***M	+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/
LRS-72HV-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72BK-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72PE-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72PH-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72PH-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72PH-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72PH-***MC		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72HB-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72DG-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72PD-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72PH-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	+5400, -2400	/	/	/
LRS-72PH-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	/	+5400, -2400	/	/
LRS-72PH-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	/	/	+5400, -2400	/
LRS-72PH-***M		+5400, -2400	±2400	±2400	/	/	+5400, -2400	/