



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

TITOLO:

CUP J44H22000820006 - INSTALLAZIONE NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER ABBATTIMENTO CONSUMI ENERGETICI PRESSO GLI IMMOBILI COMUNALI (STRALCIO 2023: PLESSO SCOLASTICO SAN PANCRAZIO)

OGGETTO:

VERIFICA STATICA

COMMITTENTE:



COMUNE DI PALAZZOLO SULL'OGLIO
Via XX Settembre, 32
25036 Palazzolo sull'Oglio (BS)
protocollo@comune.palazzolosulloglio.bs.it
Tel. 030 7405500 | Fax 030 7405566
P. IVA 00559720982

TIMBRO E FIRMA:

PROGETTISTA:



Dott. Ing. Alberto Antonini
PROGETTAZIONE STRUTTURALE

START ENGINEERING S.r.l.
Via per Rovato, 29/C - 25030 ERBUSCO (BS)
info@starteng.it
T. +39 030 5281283
P.I. 04166670986

Dott. Ing. Alberto Antonini
Via Giotto, 4 - 25020 Offlaga (BS)
alberto@antoniniengineering.com
T. +39 030 9976295
P.I. 02871930984

TIMBRO E FIRMA:



Erbusco, 05/06/2023

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	1

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	2

SOMMARIO

1.	PREMESSA	4
1.1.	LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	4
2.	DOCUMENTAZIONE	5
2.1.	STRUTTURE ESISTENTI	5
2.2.	RELAZIONE DI CALCOLO	6
2.3.	PANNELLI DA INSTALLARE	7
2.4.	PLANIMETRIA INTERVENTO.....	9
3.	VERIFICA DELLE STRUTTURE PRINCIPALI.....	10
3.1.	NORMATIVA	10
3.2.	NTC 18	10
3.2.1.	<i>NTC 18 CAPITOLO 8</i>	10
3.3.	CONFRONTO CON VERIFICHE STATICHE	11
3.3.1.	<i>PROGETTO ORIGINARIO</i>	11
3.3.2.	<i>INCREMENTO DEI CARICHI</i>	13
3.3.3.	<i>CONCLUSIONI SULLE VERIFICHE STATICHE</i>	13
4.	CONCLUSIONI	13

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	3

1. PREMESSA

La presente perizia tecnica ha lo scopo di analizzare i carichi per verificare la struttura della copertura esistente al fine di autorizzare l'installazione di un nuovo impianto fotovoltaico da realizzare presso il plesso scolastico San Pancrazio sito nel Comune di Palazzolo S.O. (BS), in via XXV Aprile nr. 6 di proprietà della Comune di Palazzolo S.O.

1.1. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

EdiLus-MS

Mappe Sismiche

EdiLus

Calcolo Strutturale

Provalo GRATIS

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "Contrada Rosole, 13 BAGNOLI IRPINO"

Palazzolo S.O. via XXV aprile 6

Cerca

MappaSatellite

Lattitudine (WGS84)

45.61074159

Longitudine (WGS84)

9.92224614

Lattitudine (ED50)

45.612519

Longitudine (ED50)

9.923348

Altitudine (m)

197

Classe dell'edificio

II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Vita Nominale Struttura

50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica

50

Parametri di pericolosità Sismica

Stato Limite	T _r [anni]	a ₀ /g [-]	F ₀ [-]	T _c [s]
Operatività	30	0.038	2.432	0.210
Danno	50	0.051	2.375	0.230
Salvaguardia Vita	475	0.136	2.455	0.270
Prevenzione Collasso	975	0.174	2.491	0.282

Termini e Condizioni di utilizzo di EdilLus-MS

ACCA

ACCA SOFTWARE

Tel: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35

P.IVA 01883740847 - E-mail: info@acca.it

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	4

2. DOCUMENTAZIONE

2.1. STRUTTURE ESISTENTI

È stata consultata la pratica strutturale dell'edificio interessato dall'intervento per acquisire i dati di verifica

Denuncia delle opere in c.a. ed in ferro effettuata in data 20/02/1974 registrata al n° 8082.

L'edificio è stato realizzato nel 1974, utilizzando componenti industriali prefabbricati.

Progettista strutture: Ing. Giulio Luigi FAUSTI

D.L. opere strutturali: Ing. G. PELLEGRINELLI

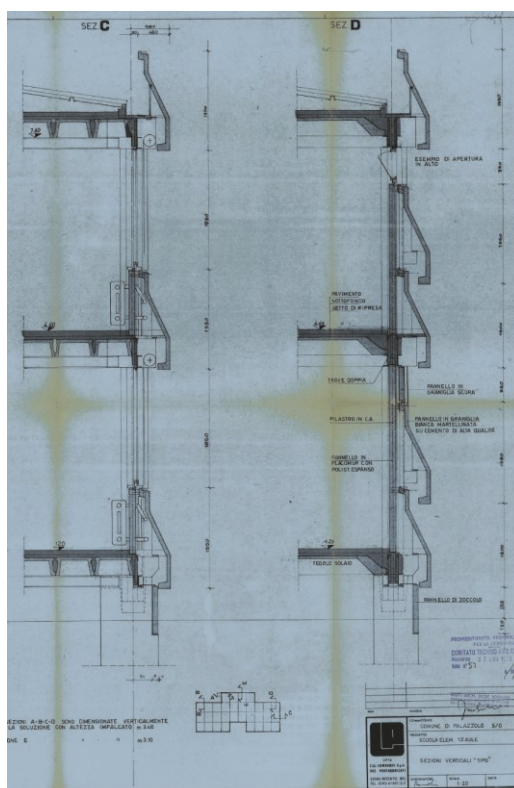
Primo collaudatore delle opere in c.a. (1974): Ing. Franco BRIGNOLI

Secondo collaudatore delle opere in c.a. (1988): Arch. Enrico ROTA

Impresa esecutrice F.lli Lombardi s.p.a. – Rezzato (BS)

Come riportato nel secondo collaudo statico:

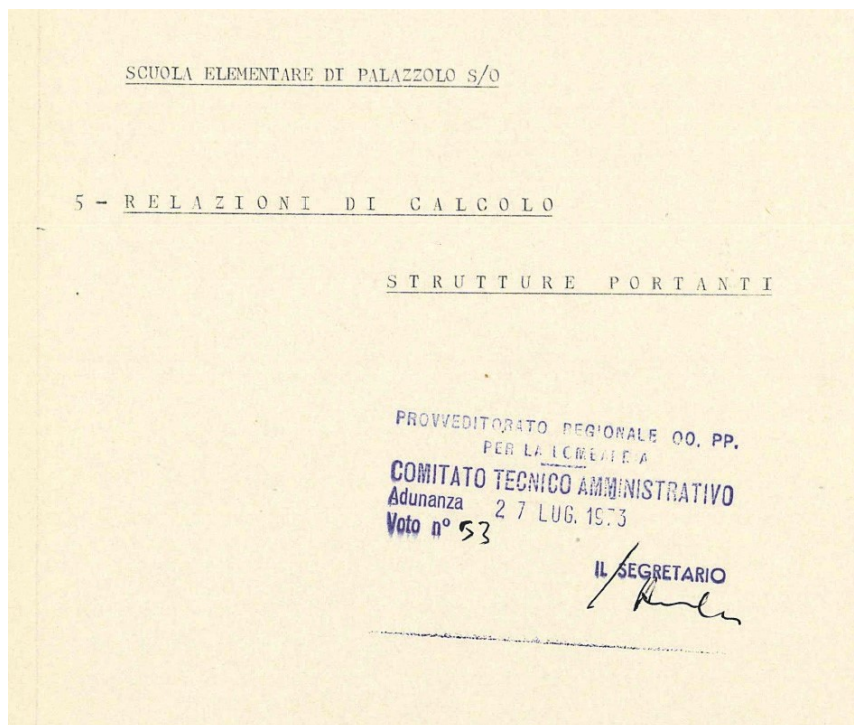
“Trattasi di costruzione a due piani fuori terra e parziale seminterrato, mentre la struttura portante è costituita da plinti di fondazione in c.a. gettato in opera e il resto in c.a. prefabbricato, costituito da pilastri in c.a.v., travi miste in c.a.v. e profilati a C in ferro e solai in pannelli in c.a.v. con forma a C capovolto e getto di completamento in opera appoggiati sui profilati a C delle travi. Il tamponamento è pure in pannelli orizzontali prefabbricati in c.a.v.. Le scale sono costituite da travi a parapetto in c.a. prefabbricate con gradini in marmo armati da piatti in ferro 15x5.”



ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	5

2.2. RELAZIONE DI CALCOLO

Nel seguito si riporta stralcio della relazione di calcolo delle strutture portanti a firma dell'Ing. Giulio Luigi FAUSTI in cui viene dichiarato per la copertura un carico complessivo pari a 540 kg/m^2 .



2 - ANALISI DEI CARICHI

2.1 - Solaio di copertura:

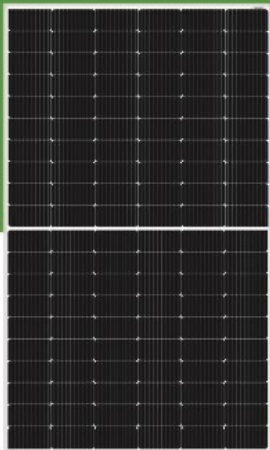
a) - tegoli prefabbricati con cappa collaborante in calcestruzzo (4 cm)	330 Kg/mq
b) - isolamento termico	70 Kg/mq
c) - copertura con doppia lastra in cemento amianto e orditura metallica	40 Kg/mq
d) - vento e neve	100 Kg/mq
	540 Kg/mq

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	6

2.3. PANNELLI DA INSTALLARE

Verranno installati i seguenti pannelli FV (o prodotto analogo e similare).

**Amerisolar | New Energy New World®**



AS-7M120-HC
445W~460W
MONOCRYSTALLINE MODULE

ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 21.26% by using innovative Half-cell design and Multi-busbar(MBB) cell technology.
- Low temperature coefficient and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.

CERTIFICATIONS

- IEC 61215, IEC 61730, CE
- ISO 9001:2015: Quality management system
- ISO 14001:2015: Environmental management system
- ISO 45001:2018: Occupational health and safety management system



SPECIAL WARRANTY

- 20 years product warranty
- 30 years linear power output warranty

**Passionately
committed to
delivering innovative
energy solution**



Year	Standard performance warranty (%)	Linear performance warranty from Amerisolar (%)
0	97.5	97.5
5	95.0	95.0
10	90.0	90.0
15	85.0	85.0
20	80.0	80.0
25	80.0	80.0
30	80.0	80.0

Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.
www.amerisolar-usa.com, sales@amerisolar-usa.com

EN-V1.0-2022

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	7

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Maximum Power (P_{max})	445W	450W	455W	460W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	41.2V	41.4V	41.6V	41.8V
Short Circuit Current (I_{sc})	13.75A	13.80A	13.85A	13.90A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	34.4V	34.6V	34.8V	35.0V
Current at Maximum Power (I_{mp})	12.94A	13.01A	13.08A	13.15A
Module Efficiency (%)	20.57	20.80	21.03	21.26
Operating Temperature	-40°C to +85°C			
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC			
Fire Resistance Rating	Type 1 (in accordance with UL1703) Class C (IEC61730)			
Maximum Series Fuse Rating	25A			

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5; Tolerance of P_{max} : ±3%; Measurement Tolerance: ±3%

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Maximum Power (P_{max})	332W	336W	340W	344W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	38.0V	38.2V	38.4V	38.6V
Short Circuit Current (I_{sc})	11.14A	11.18A	11.22A	11.26A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	31.3V	31.5V	31.7V	31.9V
Current at Maximum Power (I_{mp})	10.61A	10.67A	10.73A	10.79A

NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline PERC 182*91mm
Number of cells	120 (6x20)
Module dimensions	1908x1134x30mm (75.12x44.65x1.18inches)
Weight	24kg (52.9lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68, 3 diodes
Cable	4mm ² (0.006inches ²), Portrait: 300mm (11.81inches); Landscape: 1200mm (47.24inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

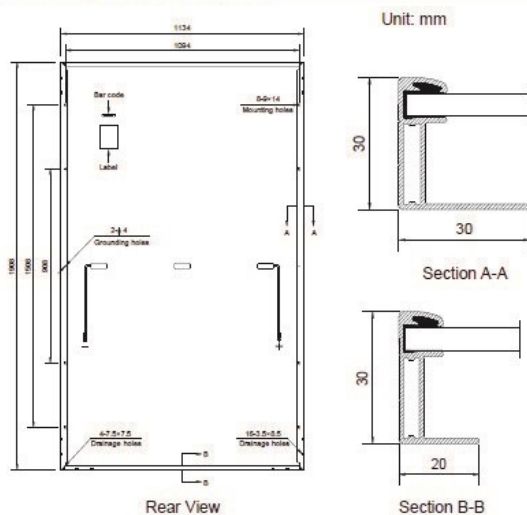
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	43°C±2°C
Temperature Coefficients of P_{max}	-0.36%/°C
Temperature Coefficients of V_{oc}	-0.28%/°C
Temperature Coefficients of I_{sc}	0.05%/°C

PACKAGING

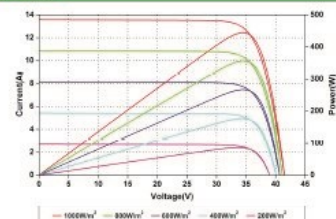
Standard packaging	36pcs/pallet
Module quantity per 20' container	216pcs
Module quantity per 40' container	864pcs (HQ)

ENGINEERING DRAWINGS

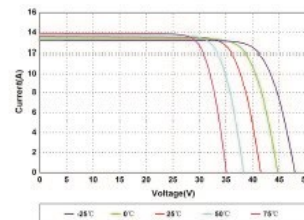


Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances

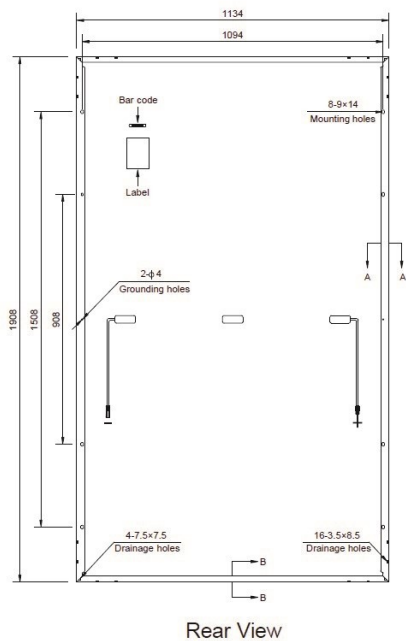


Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Amerisolar and Amerisolar logo denoted with ® are registered trademarks of Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	8

In particolare:

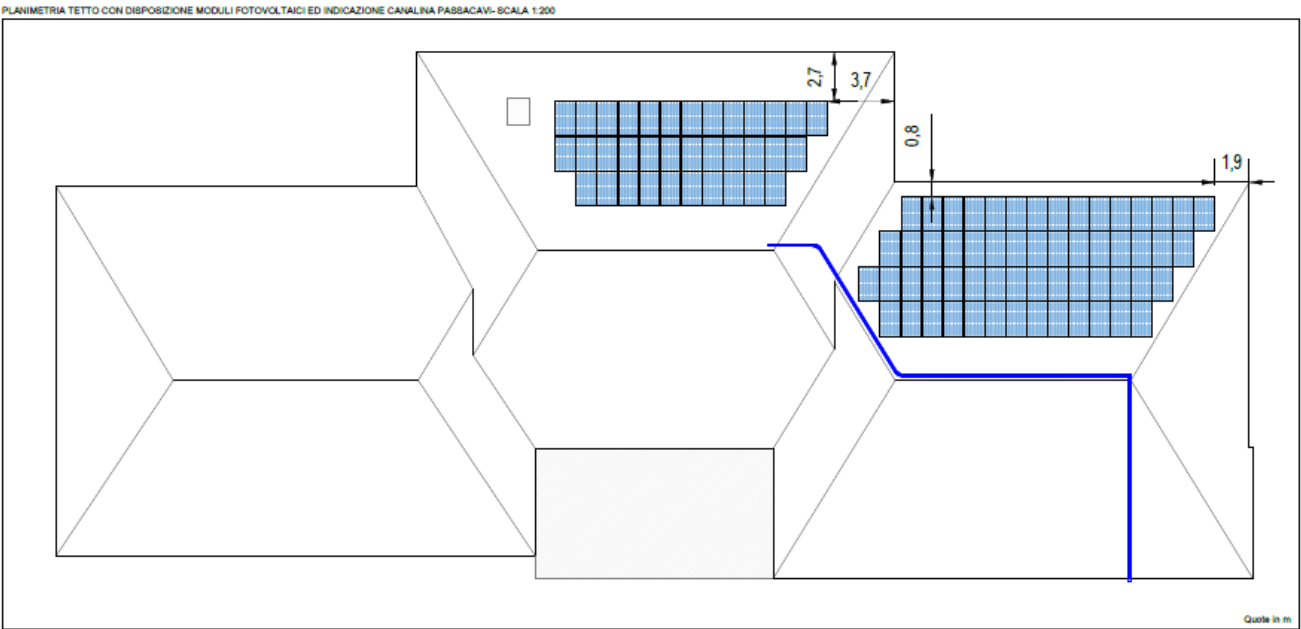


MECHANICAL CHARACTERISTICS	
Cell type	Monocrystalline PERC 182*91mm
Number of cells	120 (6x20)
Module dimensions	1908x1134x30mm (75.12x44.65x1.18inches)
Weight	24kg (52.9lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68, 3 diodes
Cable	4mm ² (0.006inches ²), Portrait: 300mm (11.81inches); Landscape: 1200mm (47.24inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible



2.4. PLANIMETRIA INTERVENTO

Si riporta la planimetria di progetto a firma dell’Ing. Matteo BONO per la Start Engineering srl.



Si osserva come l’installazione dei pannelli occupi una porzione ridotta rispetto alle dimensioni della copertura esistente.

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	9

3. VERIFICA DELLE STRUTTURE PRINCIPALI

Lo scopo della presente relazione è quello di verificare, dal punto di vista strutturale, la fattibilità dell'intervento previsto di installazione di un nuovo impianto fotovoltaico sulla copertura in oggetto.

L'edificio fu calcolato (1974) con carico utile sulla copertura pari a 210 Kg/m².

3.1. NORMATIVA

- D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento delle “*Norme tecniche per le costruzioni*”
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 – “*Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018*”

3.2. NTC 18

Le Norme Tecniche delle Costruzioni (D. M. 17.01.2018 e Circ. 21.01.2019) prevedono che siano verificate le singole porzioni di edificio che vengono ad avere carichi diversi da quelli previsti dal progetto iniziale. Verrà verificato che questo intervento NON richiede la valutazione della sicurezza in quanto non rientra in nessuna delle prescrizioni del Cap. 8 della norma sopra citata.

3.2.1. NTC 18 CAPITOLO 8

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa.

L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	10

- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidezza;
- ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4;
- opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

Non trovandoci in alcun caso sopracitato, essendo per altro il carico applicato pari a:

$$24 \text{ kg} / (1.908 \times 1.134) = 11.09 \text{ kg/m}^2 < 10\% 210 \text{ kg/m}^2 = 21 \text{ kg/m}^2$$

Non è necessario procedere alla valutazione della sicurezza delle strutture interessate dall'installazione.

A margine si consideri che l'analisi sopra citata è stata eseguita a totale favore di sicurezza in quanto non si è tenuto in considerazione come l'area occupata dai pannelli sia una piccola parte rispetto alla dimensione della copertura.

3.3. CONFRONTO CON VERIFICHE STATICHE

Nonostante non sia necessario si procede al confronto fra i carichi incrementati e le verifiche effettuate in fase di progetto.

3.3.1. PROGETTO ORIGINARIO

Nella relazione di calcolo depositata con la denuncia dei c.a. viene riportata la verifica dell'impalcato tipico, si può ragionevolmente ipotizzare che anche per la copertura valgano gli stessi coefficienti di sicurezza a meno di una leggera variabilità.

6 - CALCOLO DI UN ELEMENTO DI SOLAIO

Il solaio in analisi ha le dimensioni di cm 60 x 640; esso viene sollecitato in due fasi distinte:

- 1 - Il tegolo solaio si trova in semplice appoggio sui profilati metallici della trave ed è sollecitato dal proprio peso e dal peso del getto di completamento (prima della presa) per un totale di 205 Kg/ml
- 2 - A presa avvenuta si è realizzata la continuità del tegolo con i solai adiacenti ed i carichi aggiunti (320 Kg/ml) sono sopportati dal tegolo, dalla cappa in getto soprastante e dalle nervature interposte.

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	11

Per sovrapposizione degli effetti realizzata graficamente si ottiene:

$$\sigma_f = 2059 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_c = 30 \text{ Kg/cm}^2$$

Sollecitazioni senz'altro accettabili.

Materiali adottati per le strutture:

e provenienza. Il ferro è del tipo Fe B44; il cemento della classe R=425. Gli inerti provengono da cave che danno una sicura garanzia.

Secondo il D.M. 30 maggio 1972:

- Tensione ammissibile calcestruzzo

Le classi 400 e 500 richiedono studi preliminari e controlli statistici continuativi in corso d'impiego e studi delle strutture particolarmente accurati.

Le tensioni ammissibili σ'_b vengono definite in base alla formula sotto indicata, con riferimento alla resistenza caratteristica a 28 giorni R'_{bk} , tenuto presente quanto disposto nel paragrafo 3.2.

$$\sigma'_b = 60 + \frac{R'_{bk} - 150}{4} \text{ in kg/cm}^2$$

$$\sigma_{amm} = 128,75 \text{ kg/cm}^2$$

Tensione ammissibile acciaio FeB44k

PROSPETTO IV

Tensioni ammissibili per (kg/cm ²)	Tipo di acciaio		
	A 38	A 41	Fe B 44
Acciai controllati in stabilimento	2.200	2.400	2.600
Acciai non controllati in stabilimento	1.900	2.000	2.200

$$\sigma_{amm} = 2.200 \text{ kg/cm}^2$$

(ipotizzando a favore di sicurezza acciaio non controllato in stabilimento)

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	12

Ne deriva uno sfruttamento pari a:

- Calcestruzzo = $30 / 128.75 = 0.233 \rightarrow 23.3 \%$
- Acciaio = $2059 / 2200 = 0.936 \rightarrow 93.6 \%$

3.3.2. INCREMENTO DEI CARICHI

Trascurando l'area ridotta di installazione dei pannelli fotovoltaici, ipotizzando che essi coprano tutto l'elemento di solaio, il carico passa dagli originari 540 kg/m^2 ai 551 kg/m^2 portando le sollecitazioni ad un incremento del 2%.

3.3.3. CONCLUSIONI SULLE VERIFICHE STATICHE

Ammettendo un incremento del 2% delle sollecitazioni e quindi dello sfruttamento del materiale i coefficienti di sfruttamento passano a:

- Calcestruzzo = $30 \times 1.02 / 128.75 = 0.237 \rightarrow 23.7 \%$
- Acciaio = $2059 \times 1.02 / 2200 = 0.954 \rightarrow 95.4 \%$

Valori del tutto accettabili.

4. CONCLUSIONI

Le verifiche di cui al § 3.2 (NTC 18) non sono state necessarie alla luce delle verifiche dei § 3.3 perché non sono stati applicati carichi superiori ai carichi considerati in fase di calcolo strutturale maggiorati del 10% come concesso dalla normativa.

Come comunque precedentemente dimostrato, anche confrontando i tassi di lavoro dei materiali utilizzati con l'incremento delle sollecitazioni, questi risultano essere del tutto accettabili.

Le strutture su cui verranno installati i pannelli fotovoltaici risultano pertanto verificate per reggere il carico dell'impianto fotovoltaico progettato.

L'analisi dell'azione del vento sull'impianto non viene svolta in quanto le sollecitazioni a cui sarà sottoposto l'impianto rimangono le medesime alle quali è sottoposta la copertura.



Il tecnico incaricato
Ing. Alberto ANTONINI

ELABORATO	NOME FILE	REDAZIONE	APPROVAZIONE	REVISIONE	PAG
R16_CP	Verifica Statica	AA	MB	01	13