

Gatteo (FC), 25/03/2019

Fibran S.p.A
Via Domenico Fiasella, 5/11
16121 GENOVA (GE)
Italia

ISTITUTO GIORDANO S.p.A.

LABORATORIO DI ACUSTICA E VIBRAZIONI

Rapporto di prova n. 349830 del 12/03/2018

Relazione tecnica: variazione del potere fonoisolante di copertura metallica per incremento della densità dello strato isolante in lana di roccia

Test Report No. 349830 dated 12/03/2018

Technical Report: variation of the sound reduction index of the metal deck roof due to the increase of density of the stonewool insulation

Premessa / Premise

La copertura metallica descritta nel rapporto di prova n. 349830 è stata sottoposta a prova di potere fonoisolante, in accordo con le norme UNI EN ISO 10140-2:2010 e UNI EN ISO 717-1:2013, nelle seguenti n. 3 configurazioni:

- lamiera grecata di copertura;
- "MR39" (lamiera grecata di copertura con greche vuote - lana di roccia "FIBRANgeo BP50", spessore 120 mm e densità 120 kg/m³ - manto impermeabile sintetico);
- "MR40 TRAPEZE" (lamiera grecata di copertura con lana di roccia "FIBRANgeo SI 080 TRAPEZE" nelle greche - lana di roccia "FIBRANgeo BP50", spessore 120 mm e densità 120 kg/m³ - manto impermeabile sintetico).

Nella tabella seguente è riportata una descrizione sintetica delle caratteristiche fisico-geometriche della copertura.

The roof described in the test report no. 349830 has been submitted to a sound insulation test, according to the UNI EN ISO 10140-2: 2010 and UNI EN ISO 717-1: 2013 standards, in the No. 3 following configurations.

- *roof trapezoidal metal sheet;*
- *"MR39" (roof trapezoidal metal sheet with empty channels – stonewool insulation "FIBRANgeo BP50", thickness 120 mm, density 120 kg/m³ – synthetic waterproofing membrane);*
- *"MR40 TRAPEZE" (roof trapezoidal metal sheet with "FIBRANgeo SI 080 TRAPEZE" stonewool insulation inside the channels – stonewool insulation "FIBRANgeo BP50", thickness 120 mm, density 120 kg/m³ – synthetic waterproofing membrane);*

A description of the physical and geometrical characteristics of the roof is given in the following table.

Configurazione <i>Configuration</i>		Solo lamiera <i>Sheet only</i>	MR39	MR40 TRAPEZE
Massa superficiale della lamiera "m ₁ " <i>Surface mass of the trapezoidal sheet "m₁"</i>	[kg/m ²]	10,2	10,2	10,2
Massa superficiale della lana di roccia "m ₂ " <i>Surface mass of the stonewool "m₂"</i>	[kg/m ²]	//	14,4	18,6
Massa superficiale del manto impermeabile "m ₃ " <i>Surface mass of the waterproofing membrane "m₃"</i>	[kg/m ²]	//	1,5	1,5
Massa superficiale totale "m" <i>Total surface mass "m"</i>	[kg/m ²]	10,2	26,1	30,3
Lunghezza parte piana della lamiera "L ₁ " <i>Width of the trapezoidal sheet top edges</i>	[mm]	115	115	115
Lunghezza parte cava della lamiera "L ₂ " <i>Width of the of the trapezoidal sheet channels "L₂"</i>	[mm]	175	175	175
Altezza lamiera della lamiera "H" <i>Trapezoidal sheet height "H"</i>	[mm]	153	153	153

Lo scopo della seguente relazione è stimare il potere fonoisolante della copertura sostituendo la lana di roccia "FIBRANgeo BP50", spessore 120 mm e densità 120 kg/m³ con la lana di roccia "FIBRANgeo BP70", spessore 120 mm e densità 140 kg/m³.

The purpose of the technical report is to evaluate the sound reduction index of the roof by replacing the stonewool insulation "FIBRANgeo BP50", thickness 120 mm and density 120 kg/m³ with the stonewool insulation "FIBRANgeo BP70", thickness 120 mm and nominal density 140 kg/m³.

Modellazione matematica del sistema copertura / Mathematical modeling of the roof system

La rigidità dinamica della lana di roccia "FIBRANgeo BP50" "s'₁", spessore 120 mm e densità 120 kg/m³, è stata calcolata utilizzando il valore di rigidità dinamica dichiarato per lo spessore di 40 mm "s'(40 mm)" utilizzando la seguente relazione:

The dynamic stiffness of the stonewool "FIBRANgeo BP50" "s'₁", thickness 120 mm and density 120 kg/m³, was calculated from the declared dynamic stiffness value for the thickness 40 mm "s'(40 mm)" using the following formula:

$$s'_1 = \frac{s'(40mm)}{\frac{120}{40}}$$

La rigidità dinamica della parte grecata "s'₂" è pari a:

The dynamic stiffness of the corrugated part "s'₂" is equal to:

$$\text{"MR39"} \quad s'_2 = \frac{111}{\frac{H}{2}}$$

$$\text{"MR40 TRAPEZE"} \quad s'_2 = \frac{s'(40mm)}{\frac{H}{40}}$$

Non disponendo del dato della rigidità dinamica della lana di roccia “FIBRANgeo SI 080 TRAPEZE” si è ipotizzato che fosse uguale a quello della “FIBRANgeo BP50”, spessore 40 mm e densità 120 kg/m³ e valutato per l'intera altezza delle greche.

Not having the dynamic stiffness value of the stonewool “FIBRANgeo SI 080 TRAPEZE”, the same value of the “FIBRANgeo BP50”, thickness 40 mm and density 120 kg/m³ was taken for the entire height of the trapezoidal sheet.

La rigidità dinamica dell'isolante “s” è stata calcolata come media ponderata dei vari strati lo compongono utilizzando la seguente formula:

The dynamic stiffness of the insulation “s” was calculated as the weighted average of the different layers of which it is constituted using the following formula:

$$s' = \frac{L_1 \times s'_1 + L_2 \times \frac{1}{\left(\frac{1}{s'_1} + \frac{1}{s'_2}\right)}}{(L_1 + L_2)}$$

La copertura metallica può essere schematizzata come un sistema massa(lamiera)/molla(strato isolante)/massa(strato isolante+manto impermeabile) la cui frequenza di risonanza “f₀” è calcolata con la seguente formula:

The metal roof can be modeled as a system mass (trapezoidal sheet) / spring (insulation layer) / mass (insulation layer + waterproofing membrane) whose resonance frequency “f₀” is calculated with the following formula:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2 + m_3} \right)}$$

In base alle considerazioni precedenti, le due tipologie di copertura metallica “MR39” e “MR40 TRAPEZE” sono caratterizzate dai valori di rigidità dinamica e frequenza di risonanza riportati nella tabella seguente.

Based on the previous considerations, the two types of metal roofs “MR39” and “MR40 TRAPEZE” have the values of the dynamic stiffness and resonance frequency given in the following table:

Configurazione Configuration	MR39	MR40 TRAPEZE
Rigidità dinamica della lana di roccia “s’ (40 mm)” <i>Dynamic stiffness of the stonewool “s’(40 mm)”</i> [MN/m ³]	32	32
Rigidità dinamica della lana di roccia “s’ ₁ ” <i>Dynamic stiffness of the stonewool “s’₁”</i> [MN/m ³]	10,7	10,7
Rigidità dinamica delle greche “s’ ₂ ” <i>Dynamic stiffness of the corrugated part “s’₂”</i> [MN/m ³]	1,5	8,5
Rigidità dinamica totale “s” <i>Total dynamic stiffness “s”</i> [MN/m ³]	5,0	7,1
Frequenza di risonanza “f ₀ ” <i>Resonance frequency “f₀”</i> [Hz]	143	163
Banda di 1/3 d’ottava in cui ricade “f ₀ ” <i>1/3 octave band in which “f₀” falls</i> [Hz]	125/160	160

I valori di potere fonoisolante “R” determinati per le coperture metalliche in accordo con la norma UNI EN ISO 10140-2:2010 sono riportati nella tabella seguente assieme alla variazione del potere fonoisolante “ ΔR ” rispetto alla configurazione con la sola lamiera metallica “ R_0 ”:

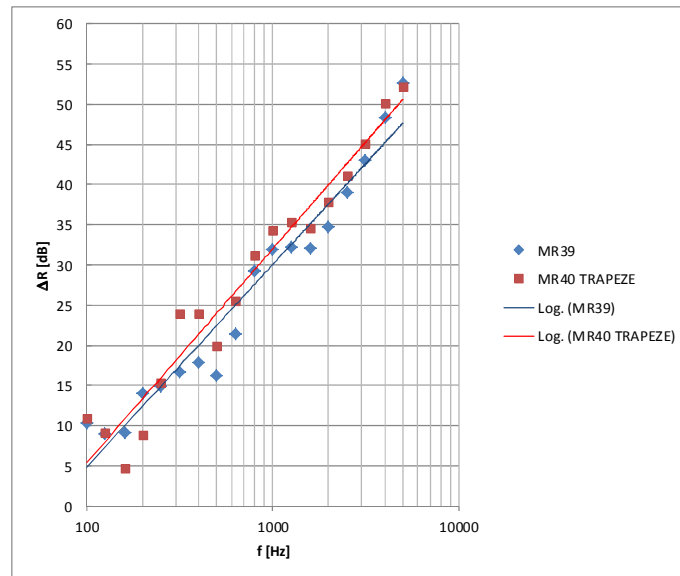
In the following table are indicated the values of the sound insulation “R” determined for the metal roofs in accordance to the standard UNI EN ISO 10140-2: 2010 together with the variations “ ΔR ” of the sound insulation with respect to the configuration just with the trapezoidal sheet “ R_0 ”:

$$\Delta R = R - R_0$$

Frequenza Frequency [Hz]	Solo lamiera Only sheet	MR39	MR40 TRAPEZE	MR39	MR40 TRAPEZE
	R_0 [dB]	R [dB]	R [dB]	ΔR [dB]	ΔR [dB]
100	11,2	21,6	22,1	10,4	10,9
125	13,8	22,8	23,0	9,0	9,2
160	13,2	22,4	17,9	9,2	4,7
200	9,2	23,2	18,1	14,0	8,9
250	10,5	25,4	25,8	14,9	15,3
315	13,2	29,9	37,1	16,7	23,9
400	16,2	34,1	40,1	17,9	23,9
500	19,4	35,6	39,4	16,2	20,0
630	16,0	37,4	41,6	21,4	25,6
800	18,0	47,2	49,2	29,2	31,2
1000	20,9	52,9	55,2	32,0	34,3
1250	23,3	55,6	58,6	32,3	35,3
1600	24,4	56,5	59,0	32,1	34,6
2000	23,2	58,0	61,1	34,8	37,9
2500	21,3	60,4	62,4	39,1	41,1
3150	22,2	65,2	67,3	43,0	45,1
4000	23,2	71,5	73,3	48,3	50,1
5000	23,5	76,1	75,7	52,6	52,2

I valori di “ ΔR ” determinati per i due sistemi di copertura sono stati diagrammati in funzione della frequenza “f” come riportato nella figura seguente, individuando così le regressioni logaritmiche che correlano “ ΔR ” a “f”:

The values of “ ΔR ” determined for the two roofs have been indicated according to the frequency “f” in the following graphs, thus identifying the logarithmic regressions that correlate “ ΔR ” to “f”:



$$\text{"MR39"} \quad \Delta R = 10,919 \ln(f) - 45,375 \quad R^2 = 0,953 \quad [1]$$

$$\text{"MR40 TRAPEZE"} \quad \Delta R = 11,555 \ln(f) - 47,817 \quad R^2 = 0,952 \quad [2]$$

Successivamente i dati sperimentali di "ΔR" sono stati correlati con le proprietà fisiche del sistema "m", "f/f₀" e "s'" tramite le seguenti relazioni:

Subsequently the experimental data of "ΔR" was correlated with the physical properties of the system "m", "f / f₀" and "s" through the following formulas:

$$\text{"MR39"} \quad \Delta R = 15,1 \operatorname{Log} \left(m \frac{f}{f_0} \right) - 10,0 \operatorname{Log}(s') - 22,1 \quad [3]$$

$$\text{"MR40 TRAPEZE"} \quad \Delta R = 16,6 \operatorname{Log} \left(m \frac{f}{f_0} \right) - 10,0 \operatorname{Log}(s') - 19,7 \quad [4]$$

in cui i termini numerici sono stati determinati in modo tale che, per ciascun sistema, le coppie di regressioni logaritmiche [1], [3] e [2], [4] fornissero gli stessi valori di "ΔR" a meno di ± 0,2 dB.

in which the numerical coefficients were determined in such a way that, for each system, the pairs of logarithmic regressions [1], [3] and [2], [4] would give the same values of "ΔR" with a tolerance of ± 0,2 dB.

Applicazione del modello matematico al sistema copertura con lana di roccia avente densità maggiorata / Application of the mathematical model to the roof system with an increased density stonewool

Sostituendo la lana di roccia "FIBRANgeo BP50", spessore 120 mm e densità 120 kg/m³ con la lana di roccia "FIBRANgeo BP70", spessore 120 mm e densità 140 kg/m³, il sistema copertura è caratterizzato dalle proprietà fisico geometriche riportate nella tabella seguente. La rigidità dinamica della lana di roccia "FIBRANgeo BP70" "s'₁", spessore 120 mm e densità 140 kg/m³, è stata calcolata utilizzando il valore di rigidità dinamica dichiarato per lo spessore di 50 mm "s'(50 mm)" utilizzando la seguente relazione:

Replacing the stonewool "FIBRANgeo BP50", thickness 120 mm and density 120 kg/m³ with the stonewool "FIBRANgeo BP70", thickness 120 mm and density 140 kg/m³, the roof system is characterized by the physical & geometrical data given in the following table. The dynamic stiffness of the stonewool "FIBRANgeo BP70" "s'₁",

thickness 120 mm and density 140 kg/m³, was calculated from the declared dynamic stiffness value for the thickness 50 mm "s' (50 mm)" using the following formula:

$$s'_1 = \frac{s'(50\text{mm})}{\frac{120}{50}}$$

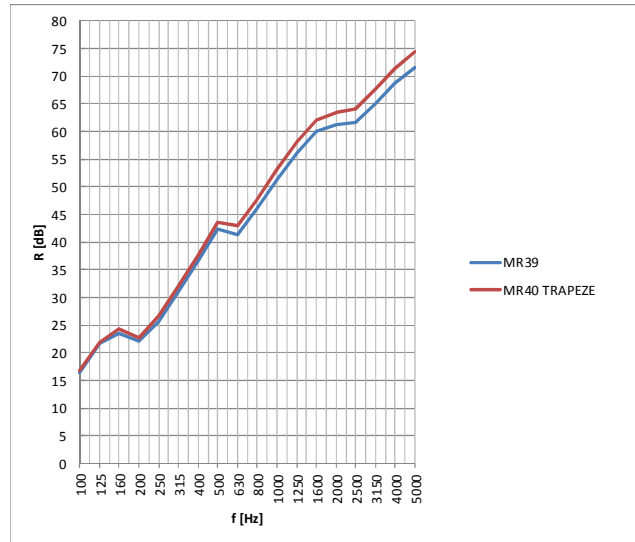
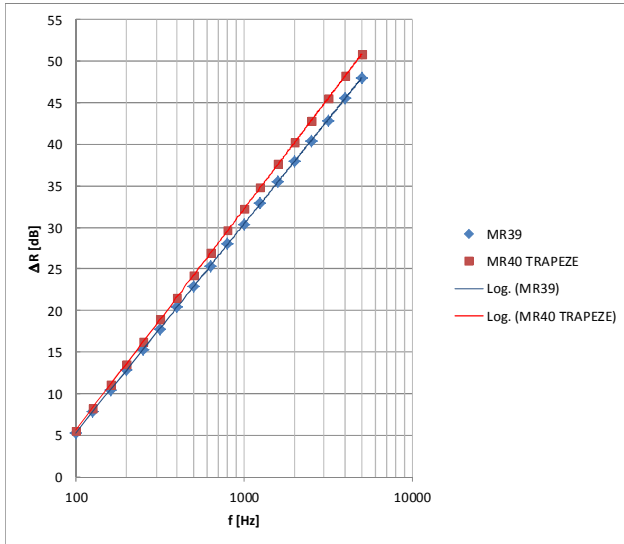
Anche in questo caso non disponendo del dato della rigidità dinamica della lana di roccia "FIBRANgeo SI 080 TRAPEZE" si è considerato che fosse uguale a quello della "FIBRANgeo BP70", spessore 50 mm e densità 140 kg/m³ e valutato per l'intera altezza delle greche.

Also in this case, not having the dynamic stiffness value of the stonewool "FIBRANgeo SI 080 TRAPEZE", the same value of the "FIBRANgeo BP70", thickness 50 mm and density 140 kg/m³ was taken for the entire height of the trapezoidal sheet.

Configurazione <i>Configuration</i>		MR39	MR40 TRAPEZE
Massa superficiale della lamiera "m ₁ " <i>Surface mass of the trapezoidal sheet "m₁"</i>	[kg/m ²]	10,2	10,2
Massa superficiale della lana di roccia "m ₂ " <i>Surface mass of the stonewool "m₂"</i>	[kg/m ²]	16,8	21,0
Massa superficiale del manto impermeabile "m ₃ " <i>Surface mass of the waterproofing membrane "m₃"</i>	[kg/m ²]	1,5	1,5
Massa superficiale totale "m" <i>Total surface mass "m"</i>	[kg/m ²]	28,5	32,7
Lunghezza parte piana della lamiera "L ₁ " <i>Width of the of the trapezoidal sheet top edges "L₁"</i>	[mm]	115	115
Lunghezza parte cava della lamiera "L ₂ " <i>Width of the of the trapezoidal sheet channels "L₂"</i>	[mm]	175	175
Altezza lamiera della lamiera "H" <i>Trapezoidal sheet height "H"</i>	[mm]	153	153
Rigidità dinamica della lana di roccia "s' (50 mm)" <i>Dynamic stiffness of the stonewool "s'(50 mm)"</i>	[MN/m ³]	36	36
Rigidità dinamica della lana di roccia "s' ₁ " <i>Dynamic stiffness of the stonewool "s'₁"</i>	[MN/m ³]	15,0	15,0
Rigidità dinamica delle greche "s' ₂ " <i>Dynamic stiffness of the corrugated part "s'₂"</i>	[MN/m ³]	1,5	12,0
Rigidità dinamica totale "s" <i>Total dynamic stiffness "s"</i>	[MN/m ³]	6,8	10,0
Frequenza di risonanza "f ₀ " <i>Resonance frequency "f₀"</i>	[Hz]	162	190
Banda di 1/3 d'ottava in cui ricade "f ₀ " <i>1/3 octave band in which "f₀" falls</i>	[Hz]	160	200

Utilizzando le equazioni [3] e [4] per il sistema di copertura "MR39" e "MR40 TRAPEZE" si sono determinati gli incrementi del potere fonoisolante "ΔR" rispetto alla lamiera metallica grecata e tali valori sono stati poi aggiunti a quelli rilevati sperimentalmente per la sola lamiera grecata "R" come riportato nei grafici seguenti.

The equations [3] and [4] were applied for the roof systems "MR39" and "MR40 TRAPEZE" in order to determine the increases " ΔR " of the sound insulation with respect to the trapezoidal sheet and these values were then added to those obtained by test for the trapezoidal sheet " R " only as shown in the following graphs.



Seguendo la procedura della norma UNI EN ISO 717-1:2013 si sono determinati gli indici di valutazione " R_w ":
 Following the procedure of the UNI EN ISO 717-1: 2013 standard the values of the sound reduction index. " R_w " were determined:

"MR39"	$R_w = 39$ dB
"MR40 TRAPEZE"	$R_w = 40$ dB

Conclusioni / Conclusions

In base alla modellazione matematica effettuata, si può ritenere che la sostituzione della lana di roccia "FIBRANgeo BP50" con lana di roccia "FIBRANgeo BP70" non comporti una variazione apprezzabile del potere fonoisolante delle coperture metalliche "MR39" e "MR40 TRAPEZE" e quindi gli indici globali di potere fonoisolante " R_w " riportati nel rapporto di prova 349820 del 12/03/2018 possono essere considerati validi.

Based on the mathematical modeling that was carried out, it can be assumed that the substitution of the stonewool "FIBRANgeo BP50" with the stonewool "FIBRANgeo BP70" does not bring significant variations in the sound reduction index of the "MR39" and "MR40 TRAPEZE" metal roofs and therefore the single-number sound insulation indexes " R_w " reported in the test report no. 349830 dated 12/03/2018 can be considered still valid.

Il Responsabile del Laboratorio di Acustica e Vibrazioni
 Head of the Laboratory of Acoustics and Vibrations

Roberto Baruffa

