Professor Gennaro Tampone, Ingegnere civile, Architetto
Via Cavour, 104 50129 Firenze tel +39 055 470061, cell. +39 3382772244
g.tampone@tin.it gennaro.tampone@pec.architettifirenze.it

CONSOLIDAMENTO di

STRUTTURE LIGNEE SOPRASTANTI

la SALA LUCA GIORDANO e

SOLAI LIGNEI sopra Economato

di Palazzo Medici Riccardi,

CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE

Direzione Viabilità, LL.PP., Protezione Civile, Forestazione e Gestione Immobili

(Progetto esecutivo)

Elaborazioni di calcolo

Firenze, febbraio 2016

Il Professionista esterno
Prof. Gennaro Tampone

Verifica dell' arcareccio n°1 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento: Arcareccio n°1
Specie legnosa: Abete bianco (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria: II (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,23	h(m)=	0,26	i(m)=	2,05	g(kg/m^3)=	600		18
									32,72727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

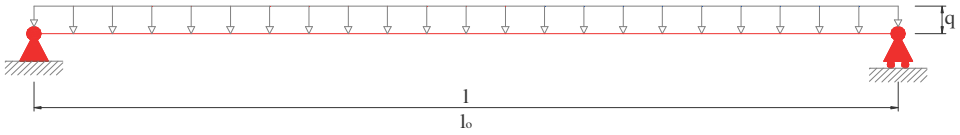
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

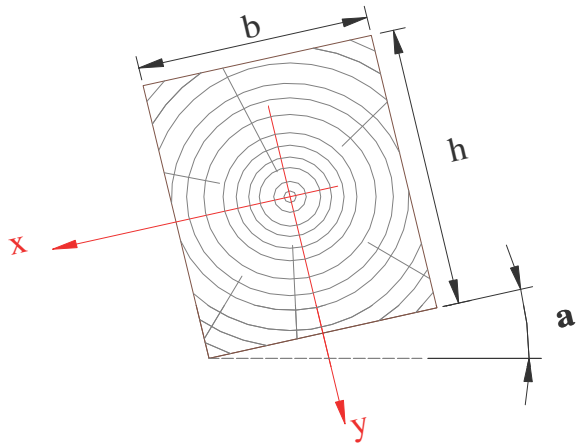
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	32,72727273	42,54545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	147,7272727	392,0454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	600	cm
b	23	cm
h	26	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	33687	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	26362	cm^4
Interasse	205	cm
Angolo	16	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	600	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Breve
$K_{mod,I}$	0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8,05	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,2189	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,7382	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	99849,63216	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	348217,0494	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x\cdot l/2$	± 665,66	kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2321,4 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/I_y$ 43,558 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 134,38 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,6697 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 5,823 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **177,94** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 144 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **6,0577** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2415 kg

$f_{v,d}$ 15 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio 1

Classe di durata del carico Permanente

$K_{mod,II}$ 0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q) 4,45 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x) 1,2266 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 4,2776 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 55196,38051 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 192492,6546 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 367,98 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1283,3 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/J_y$ 24,079 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 74,283 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 0,923 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 3,2189 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **98,362** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 96 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **3,3487** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1335 kg

$f_{v,d}$ 10 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		98214	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6160,7	kg/cm^2
Area della sezione (A)		598	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8347	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,9111	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,452	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5765	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,4967	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,3638	cm
$u_{1,ist}$	1,4187	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,269	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,7385	cm
$u_{2,ist}$	0,7683	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,096	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,0092	cm
$u_{net,fin}$	3,1305	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	2	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	3	cm **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,5563	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,5274	cm
$u_{1,ist}$	1,589	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3013	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,8272	cm
$u_{2,ist}$	0,8605	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,2275	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,3703	cm
$u_{net,fin}$	3,5061	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	2	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	3	cm **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 6 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°1 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,72727273**

peso dell'elemento di legno=(b·h·g·l)l									kg/m
b(m)=	0,23	h(m)=	0,26	l(m)=	6	g(kg/m^3)=	600		**35,88**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

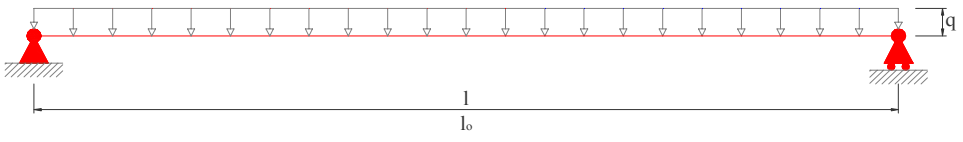
Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

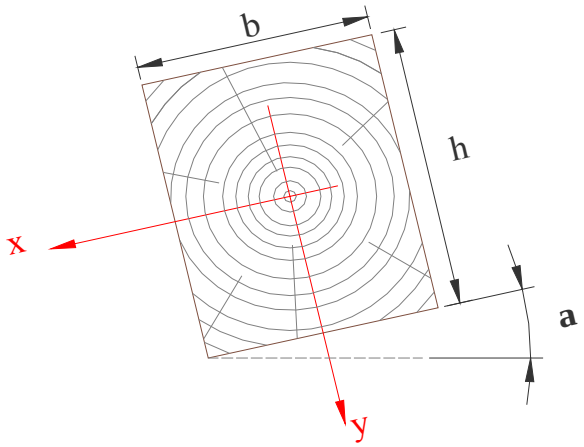
		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell' elemento in opera:

Lunghezza della trave	600	cm	
b	23	cm	
h	26	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	33687	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	26362	cm^4	
Interasse	205	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	600	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	5,4372	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,4987	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	5,2266	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	67441,40717	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	235196,1374	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 449,61	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1568	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

$\sigma_x=(M_x \cdot b/2)/J_y$	29,42	kg/cm²
$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$	90,763	kg/cm²
$\sigma= \sigma_x+\sigma_y$	**120,18**	**kg/cm²**

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 1,1278	kg/cm²
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 3,933	kg/cm²
$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± **4,0915**	**kg/cm²**

$T=q \cdot l/2$ ± 1631,2 kg

Freccia in mezzeria

$f_{x,max}=5/384 \cdot (q_x \cdot l^4/E \cdot J_y)$	0,7995	cm
$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$	2,1818	cm
$f_{max}=f_{x,max} \cdot sen16+f_{y,max} \cdot cos16$	**2,3176**	**cm**
Freccia rilevata im mezzeria	6	cm

rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max}	**100**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)
Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max}	**8**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dell' arcareccio n°1 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando una riduzione della luce delle trave conseguente all'inserimento di due mensole agli appoggi

Numerazione elemento:	Arcareccio n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,23	h(m)=	0,26	i(m)=	2,05	g(kg/m^3)=	600		18
									32,72727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

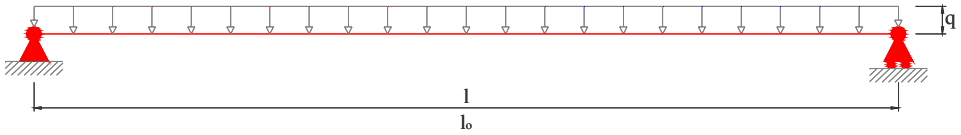
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

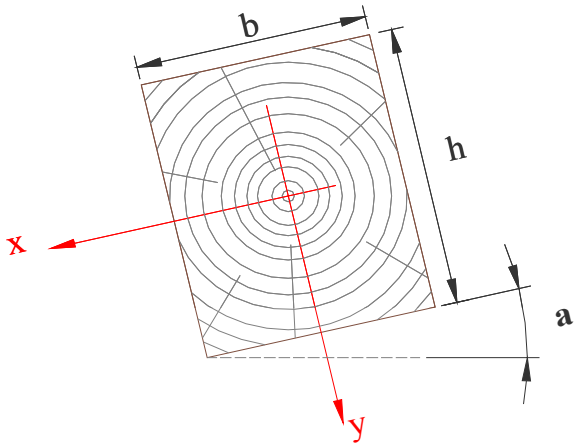
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	32,72727273	42,54545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	147,7272727	392,0454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	500	cm	Distanza tra gli apoggi dopo l'inserimento delle mensole
b	23	cm	
h	26	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	33687	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	26362	cm^4	
Interasse	205	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	500	cm	



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio		1
Classe di durata del carico		Breve
$K_{mod,I}$		0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8,05	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,2189	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,7382	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	69340,02233	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	241817,3954	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ ± 554,72 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 1934,5 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/I_y$ 30,249 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 93,318 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,3914 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 4,8525 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **123,57** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 144 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **5,0481** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2012,5 kg

$f_{v,d}$ 15 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,45	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,2266	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,2776	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 38330,8198 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 133675,4546 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 306,65 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1069,4 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/J_y$ 16,721 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 51,586 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 0,7692 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 2,6825 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **68,307** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 96 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **2,7906** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1112,5 kg

$f_{v,d}$ 10 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		98214	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		6160,7	kg/cm^2
Area della sezione (A)		598	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8347	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,9111	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,452	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5765	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,2418	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,6658	cm
$u_{1,ist}$	0,6926	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,131	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,3605	cm
$u_{2,ist}$	0,3751	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,5336	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,469	cm
$u_{net,fin}$	1,5282	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,6667	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,5	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2709	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,7457	cm
$u_{1,ist}$	0,7757	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,1467	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,4038	cm
$u_{2,ist}$	0,4201	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,5977	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,6453	cm
$u_{net,fin}$	1,7116	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,6667	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,5	cm **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 6 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°2 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°2	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,24	h(m)=	0,23	i(m)=	2,05	g(kg/m^3)=	600		16,5
									31,22727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

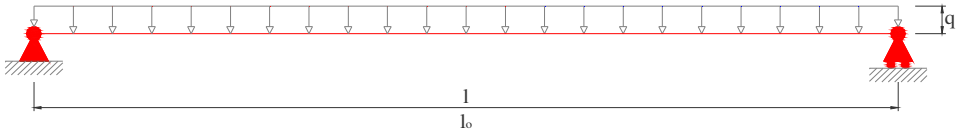
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

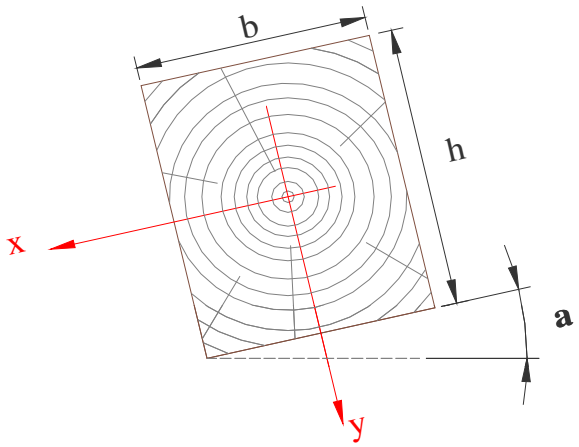
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	31,22727273	40,59545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	146,2272727	390,0954545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	626	cm
b	24	cm
h	23	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	24334	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	26496	cm^4
Interasse	205	cm
Angolo	16	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	626	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C27	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	270	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	28	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	115000	kg/cm^2
	γ_M		1,5	

causa le condizioni dell' elemento rispetto è stato assegnato il valore maggire all'interno di quelli assimilabili a equivalente e legname di abete II categor

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio		1
Classe di durata del carico		Breve
$K_{mod,I}$		0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,2051	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,6901	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	108015,6645	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	376695,3884	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x\cdot l/2$	± 690,2	kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2407 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/I_y$ 48,92 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 178,02 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,8755 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 6,5408 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **226,94** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 162 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **6,8043** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2504 kg

$f_{v,d}$ 16,8 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio 1

Classe di durata del carico Permanente

$K_{mod,II}$ 0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q) 4,4 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x) 1,2128 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 4,2296 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 59408,61545 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 207182,4636 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 379,61 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1323,8 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/J_y$ 26,906 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 97,912 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,0315 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 3,5974 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **124,82** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 108 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **3,7424** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1377,2 kg

$f_{v,d}$ 11,2 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		7200	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		102679	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6428,6	kg/cm^2
Area della sezione (A)		552	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8263	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,8815	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,452	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5765	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,5544	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	2,1016	cm
$u_{1,ist}$	2,1863	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,3033	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	1,1498	cm
$u_{2,ist}$	1,1961	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,2268	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	4,6503	cm
$u_{net,fin}$	4,8377	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	2,0867	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	3,13	cm **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,621	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	2,3538	cm
$u_{1,ist}$	2,4486	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3397	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,2877	cm
$u_{2,ist}$	1,3396	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,3741	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	5,2083	cm
$u_{net,fin}$	5,4182	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	2,0867	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	3,13	cm **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 6 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°2 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°2	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,72727273**

peso dell'elemento di legno=(b·h·g·l)l									kg/m
b(m)=	0,24	h(m)=	0,25	l(m)=	6,26	g(kg/m^3)=	600		**36**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

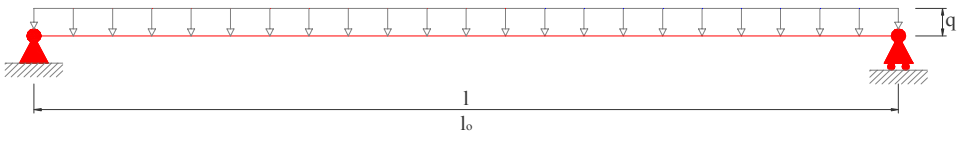
Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

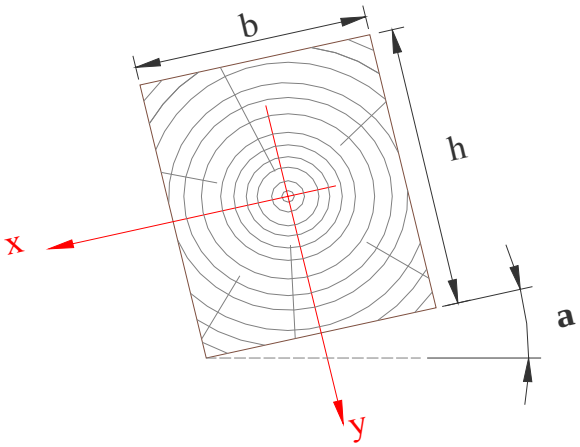
		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell' elemento in opera:

Lunghezza della trave	626	cm	
b	24	cm	
h	25	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	31250	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	28800	cm^4	
Interasse	205	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	626	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	5,4384	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,499	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	5,2277	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	73429,17145	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	256077,9531	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 469,2	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1636,3	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

$\sigma_x=(M_x \cdot b/2)/J_y$	30,595	kg/cm²
$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$	102,43	kg/cm²
$\sigma= \sigma_x+\sigma_y$	**133,03**	**kg/cm²**

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 1,173	kg/cm²
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 4,0907	kg/cm²
$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± **4,2556**	**kg/cm²**

$T=q \cdot l/2$ ± 1702,2 kg

Freccia in mezzeria

$f_{x,max}=5/384 \cdot (q_x \cdot l^4/E \cdot J_y)$	0,8673	cm
$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$	2,7875	cm
$f_{max}=f_{x,max} \cdot sen16+f_{y,max} \cdot cos16$	**2,9186**	**cm**
Freccia rilevata im mezzeria	6	cm

rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max}	**100**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)
Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max}	**8**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dell' arcareccio n°2 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando una riduzione della luce delle trave conseguente all'inserimento di due mensole agli appoggi

Numerazione elemento:	Arcareccio n°2	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,24	h(m)=	0,23	i(m)=	2,05	g(kg/m^3)=	600		16,5
									31,22727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

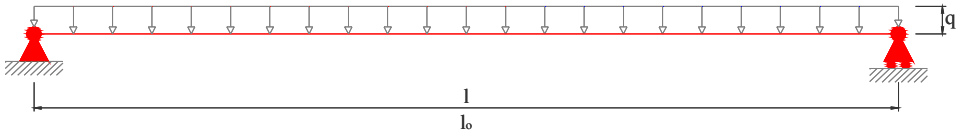
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

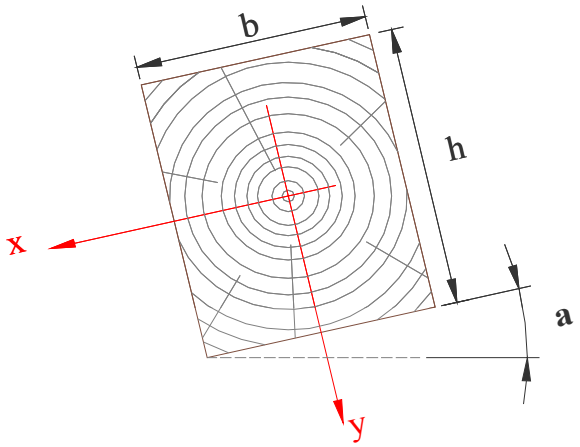
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	31,22727273	40,59545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	146,2272727	390,0954545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	526	cm	Distanza tra gli apoggi dopo l'inserimento delle mensole
b	24	cm	
h	23	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	24334	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	26496	cm^4	
Interasse	205	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	526	cm	



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C27	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	270	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	28	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	115000	kg/cm^2
	γ_M		1,5	

causa le condizioni dell' elemento rispetto è stato assegnato il valore maggire all'interno di quelli assimilabili a

equivalente e legname di abete II categor

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
$K_{mod,I}$	0,9	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,2051	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,6901	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	76262,24107	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	265958,041	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 579,94	kg	
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 2022,5	kg	

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/I_y$	34,539	kg/cm^2	
$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$	125,69	kg/cm^2	

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$	1,5759	kg/cm^2	
$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$	5,4959	kg/cm^2	

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$	**160,23**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)	
$f_{m,d}$	162	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**5,7174**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$T=q \cdot l/2$	± 2104	kg		
$f_{v,d}$	16,8	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,4	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,2128	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,2296	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	41944,23259	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	146276,9225	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	318,97	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	1112,4	kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/J_y$	18,996	kg/cm^2
$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$	69,129	kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	0,8668	kg/cm^2
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	3,0228	kg/cm^2

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$	**88,125**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$f_{m,d}$	108	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**3,1446**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$T=q \cdot l/2$	± 1157,2	kg		
$f_{v,d}$	11,2	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		7200	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		102679	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		6428,6	kg/cm^2
Area della sezione (A)		552	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8263	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,8815	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,452	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5765	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,2789	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,0564	cm
$u_{1,ist}$	1,099	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,1526	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,578	cm
$u_{2,ist}$	0,6013	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,6172	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	2,3376	cm
$u_{net,fin}$	2,4318	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,7533	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,63	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3124	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,1832	cm
$u_{1,ist}$	1,2309	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,1709	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,6473	cm
$u_{2,ist}$	0,6734	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,6912	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	2,6181	cm
$u_{net,fin}$	2,7236	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,7533	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,63	cm **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 6 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°3 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°3	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,175	h(m)=	0,3	i(m)=	2,11	g(kg/m^3)=	600		15
									29,72727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

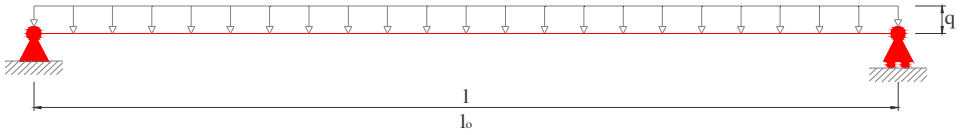
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

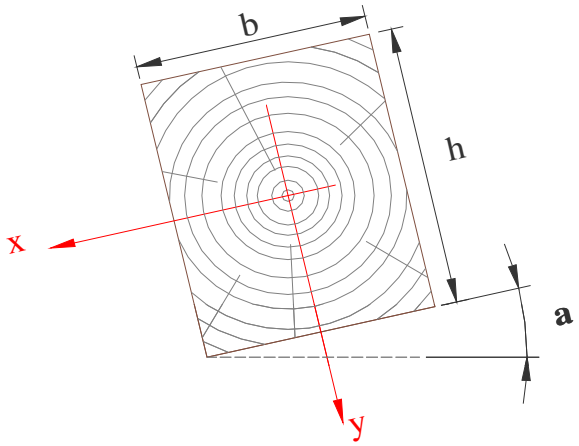
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	29,72727273	38,64545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	144,7272727	388,1454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	654	cm
b	17,5	cm
h	30	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	39375	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	13398	cm^4
Interasse	211	cm
Angolo	16	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	654	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio		1
Classe di durata del carico		Breve
$K_{mod,I}$		0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8,2	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,2602	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,8823	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	120841,87	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	421425,6827	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x\cdot l/2$	± 739,09	kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2577,5 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/I_y$ 78,917 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 160,54 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 2,1117 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 7,3644 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **239,46** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 144 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **7,6611** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2681,4 kg

$f_{v,d}$ 15 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,5	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,2404	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,3257	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 66315,66035 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 231270,1917 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 405,6 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1414,5 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/J_y$ 43,308 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 88,103 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,1589 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 4,0414 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **131,41** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 96 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **4,2043** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1471,5 kg

$f_{v,d}$ 10 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		98214	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6160,7	kg/cm^2
Area della sezione (A)		525	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8417	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,9354	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4653	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,6226	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,3753	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,6664	cm
$u_{1,ist}$	1,7335	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,7602	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,9211	cm
$u_{2,ist}$	0,9582	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,052	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,6979	cm
$u_{net,fin}$	3,8469	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	2,18	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	3,27	cm **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,5404	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,8664	cm
$u_{1,ist}$	1,9416	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,8515	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,0317	cm
$u_{2,ist}$	1,0732	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,4182	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	4,1416	cm
$u_{net,fin}$	4,3085	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	2,18	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	3,27	cm **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 6 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°3 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°3	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,72727273**

peso dell'elemento di legno=(b·h·g·l)l									kg/m
b(m)=	0,175	h(m)=	0,3	l(m)=	6,54	g(kg/m^3)=	600		**31,5**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

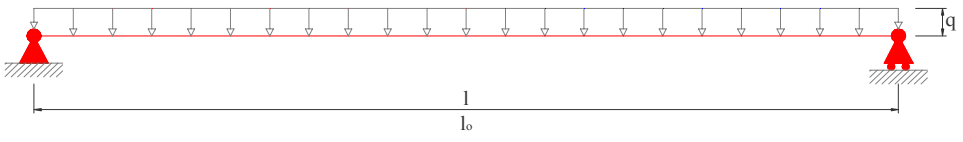
Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

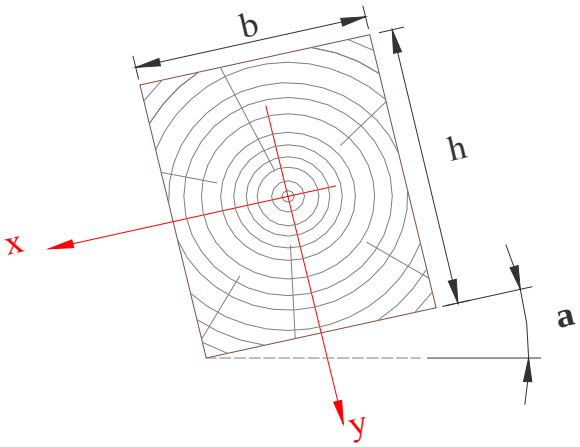
		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell' elemento in opera:

Lunghezza della trave	654	cm	
b	17,5	cm	
h	30	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	39375	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	13398	cm^4	
Interasse	211	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	654	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	5,542	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,5276	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	5,3274	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	81672,08978	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	284824,4255	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 499,52	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1742	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

$\sigma_x=(M_x \cdot b/2)/J_y$	53,337	kg/cm²
$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$	108,5	kg/cm²
$\sigma= \sigma_x+\sigma_y$	**161,84**	**kg/cm²**

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 1,4272	kg/cm²
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 4,9773	kg/cm²
$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± **5,1779**	**kg/cm²**

$T=q \cdot l/2$ ± 1812,2 kg

Freccia in mezzeria

$f_{x,max}=5/384 \cdot (q_x \cdot l^4/E \cdot J_y)$	2,2632	cm
$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$	2,6857	cm
$f_{max}=f_{x,max} \cdot sen16+f_{y,max} \cdot cos16$	**3,2055**	**cm**
Freccia rilevata im mezzeria	6	cm

rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max}	**100**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)
Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max}	**8**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dell' arcareccio n°3 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando una riduzione della luce delle trave conseguente all'inserimento di due mensole agli appoggi

Numerazione elemento:	Arcareccio n°3	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,175	h(m)=	0,36	i(m)=	2,11	g(kg/m^3)=	600		18
									32,72727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

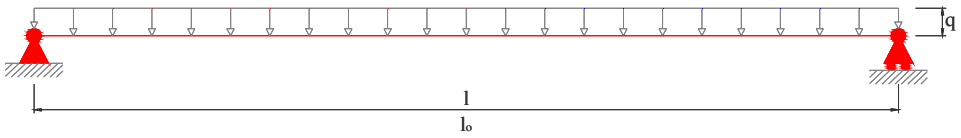
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

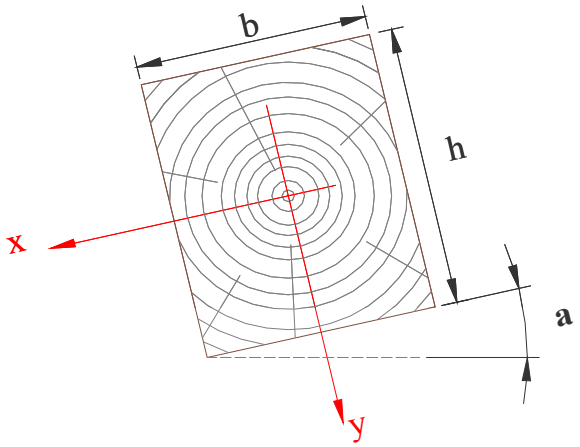
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	32,72727273	42,54545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	147,7272727	392,0454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	554	cm	Distanza tra gli apoggi dopo l'inserimento delle mensole
b	17,5	cm	Aumento della sezione resistente con applicazione sulle facce laterali di due pannelli di legno di abete per usi strutturali dello spessore di 3 cm ciascuno sezione b=(3+30+3 cm), h=17,5 cm
h	36	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	68040	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	16078	cm^4	
Interasse	211	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	554	cm	



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
$K_{mod,I}$	0,9	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8,3	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,2878	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,9785	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	87769,92151	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	306090,092	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 633,72	kg	
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 2210	kg	

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/I_y$	47,766	kg/cm^2
$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$	80,976	kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$	1,5089	kg/cm^2
$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$	5,262	kg/cm^2

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$	**128,74**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)	
$f_{m,d}$	144	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**5,474**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$T=q \cdot l/2$	± 2299,1	kg		
$f_{v,d}$	15	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,55	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,2541	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,3737	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	48114,83649	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	167796,3757	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	347,4	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	1211,5	kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/J_y$	26,185	kg/cm^2
$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$	44,391	kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	0,8271	kg/cm^2
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	2,8846	kg/cm^2

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$	**70,576**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$f_{m,d}$	96	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**3,0008**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$T=q \cdot l/2$	± 1260,4	kg		
$f_{v,d}$	10	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		98214	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6160,7	kg/cm²
Area della sezione (A)		630	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8592	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,9963	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4653	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,6226	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,6049	cm
$u_{1,ist,y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,5228	cm
$u_{1,ist}$	0,5438	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,3276	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,2831	cm
$u_{2,ist}$	0,2945	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,3348	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,1535	cm
$u_{net,fin}$	1,2	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,8467	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,77	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,6775	cm
$u_{1,ist,y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,5855	cm
$u_{1,ist}$	0,6091	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3669	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3171	cm
$u_{2,ist}$	0,3298	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,495	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,2919	cm
$u_{net,fin}$	1,344	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,8467	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,77	cm **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 6 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°4 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento: Arcareccio n°4
Specie legnosa: Abete bianco (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria: III (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,73**
elemento di legno									
b(m)=	0,215	h(m)=	0,25	i(m)=	2,05	g(kg/m^3)=	600		16
									30,73

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

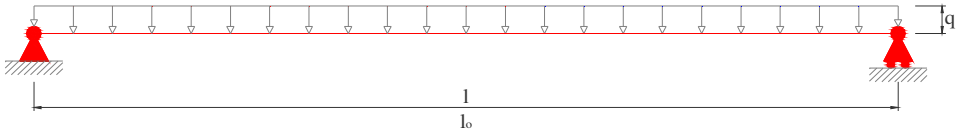
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

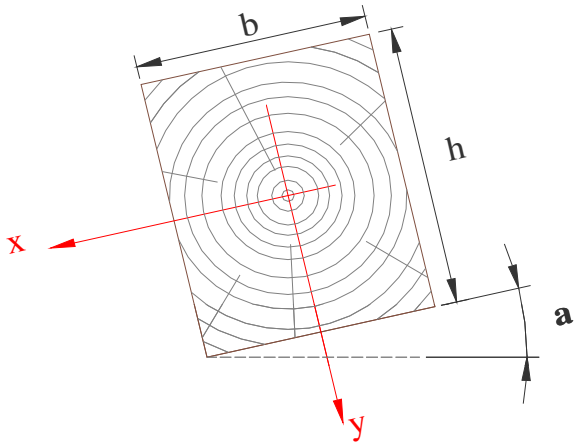
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	30,72727273	39,94545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	145,7272727	389,4454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	555	cm
b	21,5	cm
h	25	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	27995	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	20705	cm^4
Interasse	205	cm
Angolo	16	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	555	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C20		causa le condizioni dell' elemento
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	200	kg/cm^2	rispetto è stato assegganto il valore
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	22	kg/cm^2	maggire all'interno di quelli assimilabili a
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	95000	kg/cm^2	equivalente e legname di abete III catego
	γ_M		1,5		

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
$K_{mod,I}$	0,9	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,2051	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,6901	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	84903,19654	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	296092,6339	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x\cdot l/2$	± 611,91	kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2134 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/I_y$ 44,082 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 132,21 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,7077 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 5,9554 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **176,29** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 120 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **6,1953** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2220 kg

$f_{v,d}$ 13,2 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,4	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,2128	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,2296	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 46696,75809 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 162850,9486 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 336,55 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1173,7 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/J_y$ 24,245 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 72,715 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 0,9392 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 3,2754 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **96,96** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 80 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **3,4074** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1221 kg

$f_{v,d}$ 8,8 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		5900	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		84821	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		5267,9	kg/cm^2
Area della sezione (A)		537,5	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8234	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,8717	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,452	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5765	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,5292	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,3758	cm
$u_{1,ist}$	1,4313	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,2905	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,7553	cm
$u_{2,ist}$	0,7857	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,1721	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,0472	cm
$u_{net,fin}$	3,17	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,85	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,775	cm **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,5927	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,5409	cm
$u_{1,ist}$	1,603	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3254	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,8459	cm
$u_{2,ist}$	0,88	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,3127	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,4129	cm
$u_{net,fin}$	3,5504	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,85	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,775	cm **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 3,5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°4 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°4	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	III	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,72727273**

peso dell'elemento di legno=(b·h·g·l)l									kg/m
b(m)=	0,215	h(m)=	0,25	l(m)=	5,55	g(kg/m^3)=	600		**32,25**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

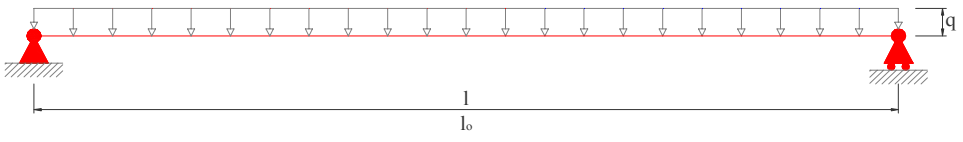
Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

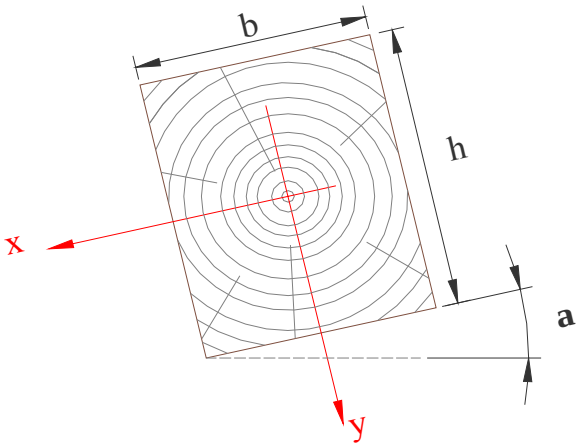
		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell' elemento in opera:

Lunghezza della trave	555	cm	
b	21,5	cm	
h	25	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	27995	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	20705	cm^4	
Interasse	205	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	555	cm	
Modulo di elasticità (E)	110000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	5,4009	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,4887	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	5,1917	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	57319,30575	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	199896,1748	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 413,11	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1440,7	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

$\sigma_x=(M_x \cdot b/2)/J_y$	29,76	kg/cm²
$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$	89,256	kg/cm²
$\sigma= \sigma_x+\sigma_y$	**119,02**	**kg/cm²**

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 1,1529	kg/cm²
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 4,0205	kg/cm²
$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± **4,1826**	**kg/cm²**

$T=q \cdot l/2$ ± 1498,8 kg

Freccia in mezzeria

$f_{x,max}=5/384 \cdot (q_x \cdot l^4/E \cdot J_y)$	0,8075	cm
$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$	2,0828	cm
$f_{max}=f_{x,max} \cdot sen16+f_{y,max} \cdot cos16$	**2,2247**	**cm**
Freccia rilevata im mezzeria	3,5	cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max}	**75**	kg/cm² per legno di abete III categoria (UNI 1119/2004)
Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max}	**7**	kg/cm² per legno di abete III categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dell' arcareccio n°4 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando una riduzione della luce delle trave conseguente all'inserimento di due mensole agli appoggi

Numerazione elemento:	Arcareccio n°4	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	III	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,73**
elemento di legno									
b(m)=	0,215	h(m)=	0,25	i(m)=	2,05	g(kg/m^3)=	600		16
									30,73

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

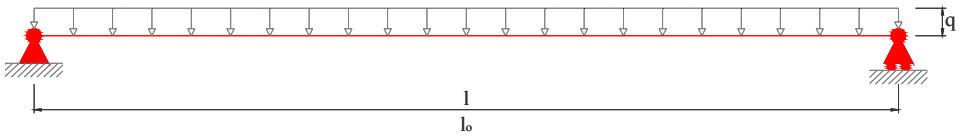
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

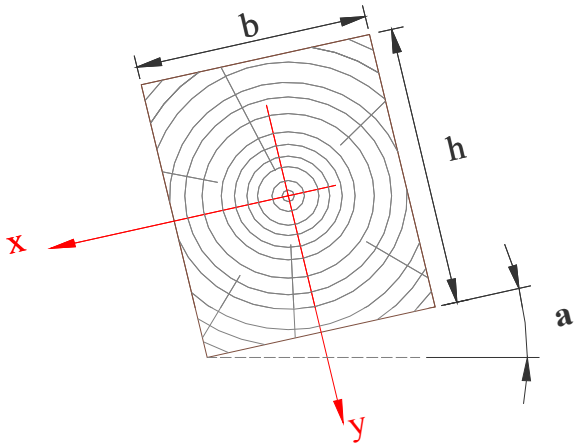
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	30,72727273	39,94545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	145,7272727	389,4454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	455	cm	Distanza tra gli apoggi dopo l'inserimento delle mensole
b	21,5	cm	
h	25	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	27995	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	20705	cm^4	
Interasse	205	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	455	cm	



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C20		causa le condizioni dell' elemento
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	200	kg/cm²	rispetto è stato assegganto il valore
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	22	kg/cm²	maggire all'interno di quelli assimilabili a
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	95000	kg/cm²	equivalente e legname di abete III categor
	γ_M		1,5		

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
$K_{mod,I}$	0,9	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,2051	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,6901	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	57063,8236	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	199005,2026	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ ± 501,66 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 1749,5 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/I_y$ 29,628 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 88,858 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,4 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 4,8823 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **118,49** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 120 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **5,0791** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1820 kg

$f_{v,d}$ 13,2 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio 1

Classe di durata del carico Permanente

$K_{mod,II}$ 0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q) 4,4 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x) 1,2128 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 4,2296 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 31385,10298 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 109452,8614 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 275,91 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 962,22 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/J_y$ 16,295 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 48,872 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 0,77 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 2,6853 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **65,167** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 80 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **2,7935** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1001 kg

$f_{v,d}$ 8,8 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		5900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		84821	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		5267,9	kg/cm²
Area della sezione (A)		537,5	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8234	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,8717	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,452	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5765	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,2417	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,6307	cm
$u_{1,ist}$	0,6561	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,1327	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,3462	cm
$u_{2,ist}$	0,3602	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,5353	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,3969	cm
$u_{net,fin}$	1,4532	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,5167	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,275	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2707	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,7064	cm
$u_{1,ist}$	0,7349	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,1486	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3878	cm
$u_{2,ist}$	0,4034	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,5995	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,5646	cm
$u_{net,fin}$	1,6276	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,5167	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,275	cm **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 3,5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°5 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°5	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,23	h(m)=	0,25	i(m)=	2,21	g(kg/m^3)=	600		16
									30,72727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

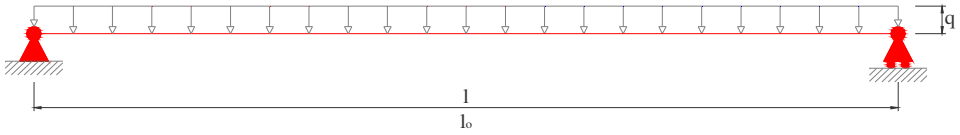
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

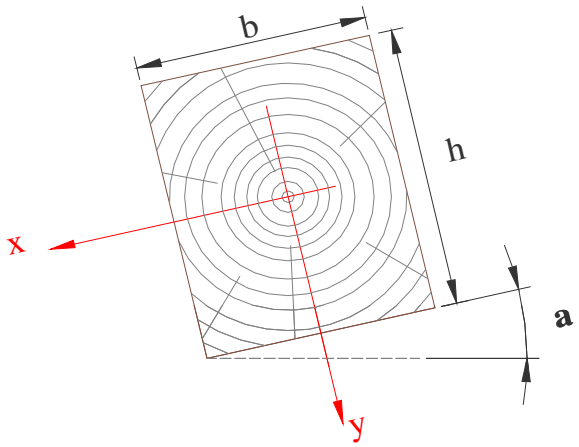
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	30,72727273	39,94545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	145,7272727	389,4454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	557	cm
b	23	cm
h	25	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	29948	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	25348	cm^4
Interasse	221	cm
Angolo	16	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	557	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio		1
Classe di durata del carico		Breve
$K_{mod,I}$		0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8,65	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,3843	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	8,3149	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	92464,4064	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	322461,7064	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x\cdot l/2$	± 664,02	kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2315,7 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/I_y$ 41,95 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 134,59 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,7322 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 6,041 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **176,54** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 144 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **6,2844** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2409 kg

$f_{v,d}$ 15 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio 1

Classe di durata del carico Permanente

$K_{mod,II}$ 0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q) 4,7 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x) 1,2955 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 4,5179 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 50240,77573 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 175210,4069 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 360,8 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1258,2 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/J_y$ 22,794 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 73,131 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 0,9412 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 3,2824 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **95,925** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 96 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **3,4147** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1309 kg

$f_{v,d}$ 10 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		98214	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		6160,7	kg/cm^2
Area della sezione (A)		575	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8877	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		3,0958	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4873	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,6995	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,4094	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,2141	cm
$u_{1,ist}$	1,2631	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,2248	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,6665	cm
$u_{2,ist}$	0,6934	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,9068	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	2,6891	cm
$u_{net,fin}$	2,7975	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,8567	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,785	cm **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,4586	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,3598	cm
$u_{1,ist}$	1,4146	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2517	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,7465	cm
$u_{2,ist}$	0,7766	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,0157	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,0118	cm
$u_{net,fin}$	3,1332	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,8567	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,785	cm **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°5 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°5	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,72727273**

peso dell'elemento di legno=(b·h·g·l)l									kg/m
b(m)=	0,23	h(m)=	0,25	l(m)=	5,57	g(kg/m^3)=	600		**34,5**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

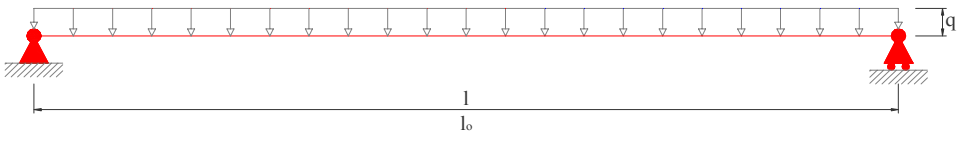
Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

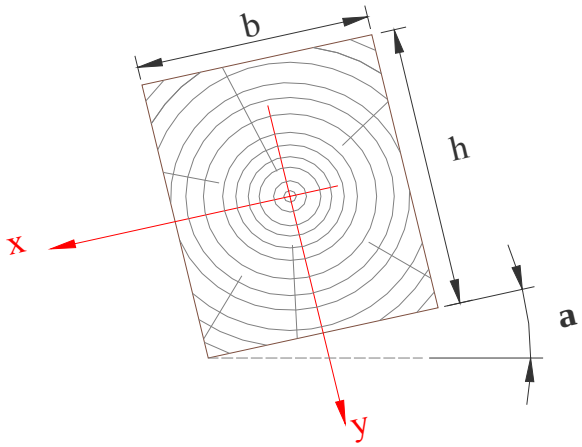
		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell' elemento in opera:

Lunghezza della trave	557	cm	
b	23	cm	
h	25	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	29948	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	25348	cm^4	
Interasse	221	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	557	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	5,8198	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,6041	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	5,5943	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	62210,61626	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	216954,2017	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 446,75	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1558	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

$\sigma_x=(M_x \cdot b/2)/J_y$	28,224	kg/cm²
$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$	90,555	kg/cm²
$\sigma= \sigma_x+\sigma_y$	**118,78**	**kg/cm²**

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 1,1654	kg/cm²
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 4,0644	kg/cm²
$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± **4,2282**	**kg/cm²**

$T=q \cdot l/2$ ± 1620,8 kg

Freccia in mezzeria

$f_{x,max}=5/384 \cdot (q_x \cdot l^4/E \cdot J_y)$	0,661	cm
$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$	1,951	cm
$f_{max}=f_{x,max} \cdot sen16+f_{y,max} \cdot cos16$	**2,0576**	**cm**
Freccia rilevata im mezzeria	5	cm

rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max}	**100**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)
Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max}	**8**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dell' arcareccio n°5 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando una riduzione della luce delle trave conseguente all'inserimento di due mensole agli appoggi

Numerazione elemento:	Arcareccio n°5	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,23	h(m)=	0,25	i(m)=	2,21	g(kg/m^3)=	600		16
									30,72727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

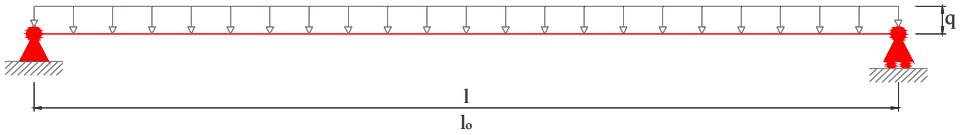
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

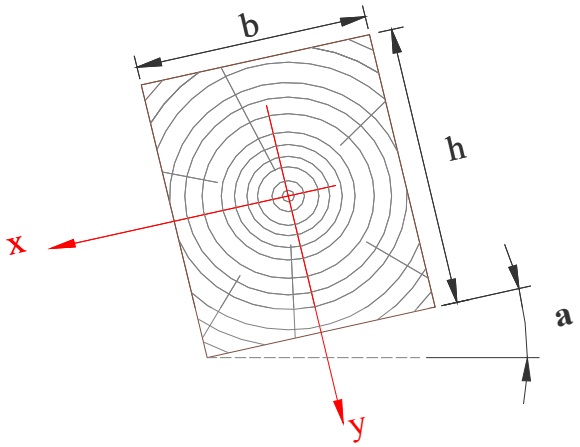
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	30,72727273	39,94545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	145,7272727	389,4454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	457	cm	Distanza tra gli apoggi dopo l'inserimento delle mensole
b	23	cm	
h	25	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	29948	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	25348	cm^4	
Interasse	221	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	457	cm	



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24		
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2	
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2	
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2	equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5		

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
$K_{mod,I}$	0,9	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8,65	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,3843	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	8,3149	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	62243,87126	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	217070,1756	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ ± 544,8 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 1900 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/I_y$ 28,239 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 90,603 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,4212 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 4,9564 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **118,84** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 144 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **5,1562** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1976,5 kg

$f_{v,d}$ 15 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,7	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,2955	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,5179	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 33820,36935 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 117945,6446 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 296,02 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1032,3 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/J_y$ 15,344 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 49,229 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 0,7722 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 2,6931 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **64,573** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 96 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **2,8016** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1074 kg

$f_{v,d}$ 10 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		98214	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6160,7	kg/cm²
Area della sezione (A)		575	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8877	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		3,0958	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4873	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,6995	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,1878	cm
$u_{1,ist,y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,5582	cm
$u_{1,ist}$	0,5807	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,1031	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,3064	cm
$u_{2,ist}$	0,3188	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,416	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,2363	cm
$u_{net,fin}$	1,2861	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,5233	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,285	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2104	cm
$u_{1,ist,y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,6252	cm
$u_{1,ist}$	0,6503	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,1155	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3432	cm
$u_{2,ist}$	0,357	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,4659	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,3846	cm
$u_{net,fin}$	1,4404	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,5233	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,285	cm **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°6 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°6	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	III	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,73**
elemento di legno									
b(m)=	0,17	h(m)=	0,25	i(m)=	1,98	g(kg/m^3)=	600		13
									27,73

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

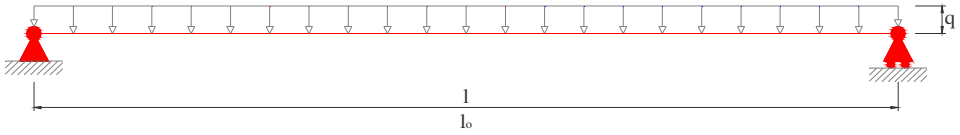
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

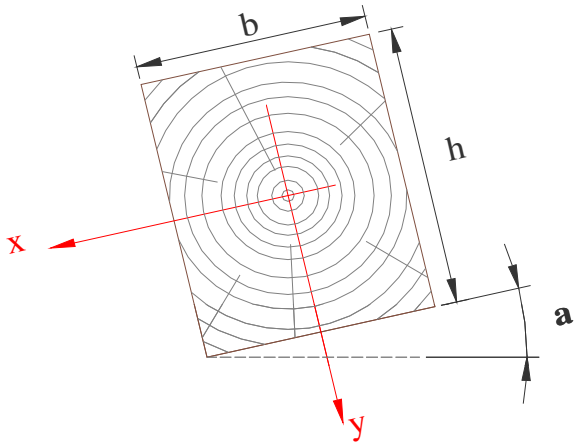
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	27,72727273	36,04545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	142,7272727	385,5454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	558	cm
b	17	cm
h	25	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	22135	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	10235	cm^4
Interasse	198	cm
Angolo	16	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	558	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

si presuppone di farlo diventare di II categoria con interventi strutturali di miglioramento

Legno: *Legno massiccio*		C27	
Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	270	kg/cm^2
Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	28	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	115000	kg/cm^2
γ_M		1,5	

equivalente e legname di abete II categor

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Breve
$K_{mod,I}$	0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	7,65	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,1086	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,3537	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	82068,76937	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	286207,8116	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x\cdot l/2$	± 588,31	kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2051,7 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/I_y$ 68,154 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 161,62 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 2,0764 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 7,2412 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **229,78** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 162 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **7,533** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2134,4 kg

$f_{v,d}$ 16,8 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio 1

Classe di durata del carico Permanente

$K_{mod,II}$ 0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q) 4,15 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x) 1,1439 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 3,9892 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 44520,96639 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 155263,0612 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 319,15 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1113 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/J_y$ 36,972 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 87,678 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,1264 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 3,9282 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **124,65** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 108 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **4,0865** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1157,9 kg

$f_{v,d}$ 11,2 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		7200	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		102679	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6428,6	kg/cm^2
Area della sezione (A)		425	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,779	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,7165	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4366	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5226	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,8473	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,3886	cm
$u_{1,ist}$	1,4445	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,4749	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,7783	cm
$u_{2,ist}$	0,8097	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,8875	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,0934	cm
$u_{net,fin}$	3,2181	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,86	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,79	cm **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,9489	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,5552	cm
$u_{1,ist}$	1,6179	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,5319	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,8717	cm
$u_{2,ist}$	0,9068	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	2,114	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	3,4646	cm
$u_{net,fin}$	3,6043	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,86	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,79	cm **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°6 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°6	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	III	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,72727273**

peso dell'elemento di legno=(b·h·g·l)l									kg/m
b(m)=	0,17	h(m)=	0,25	l(m)=	5,58	g(kg/m^3)=	600		**25,5**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

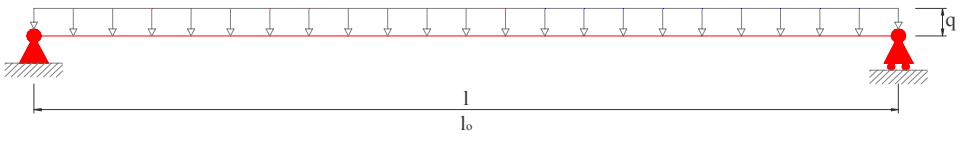
Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

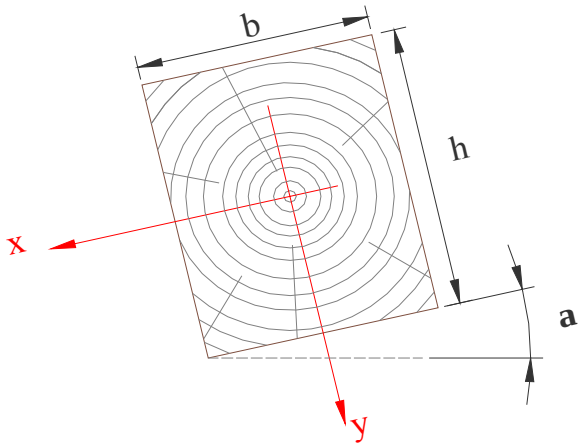
		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell' elemento in opera:

Lunghezza della trave	558	cm	
b	17	cm	
h	25	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	22135	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	10235	cm^4	
Interasse	205	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	558	cm	
Modulo di elasticità (E)	110000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	5,3334	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,4701	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	5,1268	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	57216,5125	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	199537,6921	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 410,15	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1430,4	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

$\sigma_x=(M_x \cdot b/2)/J_y$	47,515	kg/cm²
$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$	112,68	kg/cm²
$\sigma= \sigma_x+\sigma_y$	**160,2**	**kg/cm²**

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 1,4476	kg/cm²
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 5,0484	kg/cm²
$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± **5,2518**	**kg/cm²**

$T=q \cdot l/2$ ± 1488 kg

Freccia in mezzeria

$f_{x,max}=5/384 \cdot (q_x \cdot l^4/E \cdot J_y)$	1,6482	cm
$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$	2,6579	cm
$f_{max}=f_{x,max} \cdot sen16+f_{y,max} \cdot cos16$	**3,0093**	**cm**
Freccia rilevata im mezzeria	5	cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max}	**75**	kg/cm² per legno di abete III categoria (UNI 1119/2004)
Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max}	**7**	kg/cm² per legno di abete III categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dell' arcareccio n°6 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando una riduzione della luce delle trave conseguente all'inserimento di due mensole agli appoggi

Numerazione elemento:	Arcareccio n°6	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	III	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,73**
elemento di legno									
b(m)=	0,17	h(m)=	0,25	i(m)=	1,98	g(kg/m^3)=	600		13
									27,73

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

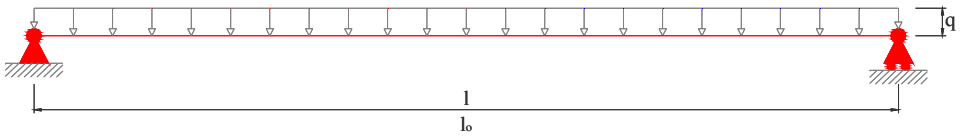
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

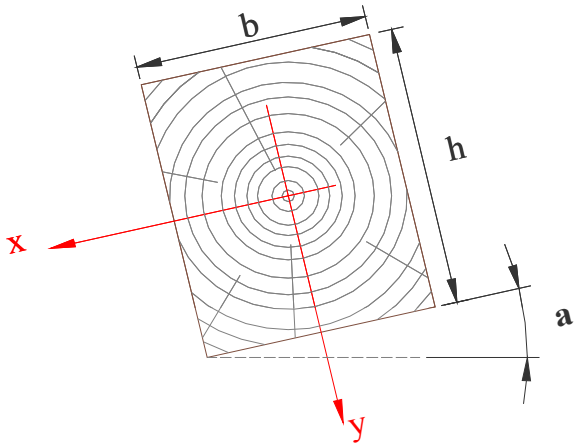
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	27,72727273	36,04545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	142,7272727	385,5454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	458	cm	Distanza tra gli apoggi dopo l'inserimento delle mensole
b	17	cm	
h	25	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	22135	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	10235	cm^4	
Interasse	198	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	458	cm	



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

si presuppone di farlo diventare di II categoria con interventi strutturali di miglioramento

Legno:	*Legno massiccio*		C27	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	270	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	28	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	115000	kg/cm^2
	γ_M		1,5	

equivalente e legname di abete II categor

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio		1
Classe di durata del carico		Breve
$K_{mod,I}$		0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	7,65	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,1086	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,3537	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	55289,22206	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	192816,4316	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 482,88	kg	
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1684	kg	

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/I_y$	45,915	kg/cm^2	
$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$	108,88	kg/cm^2	

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$	1,7043	kg/cm^2	
$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$	5,9435	kg/cm^2	

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$	**154,8**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)	
$f_{m,d}$	162	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**6,183**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$T=q \cdot l/2$	± 1751,9	kg		
$f_{v,d}$	16,8	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,15	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,1439	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	3,9892	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	29993,49955	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	104599,7635	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	261,95	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	913,54	kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/J_y$	24,908	kg/cm^2
$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$	59,068	kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	0,9245	kg/cm^2
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	3,2242	kg/cm^2

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$	**83,976**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$f_{m,d}$	108	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**3,3542**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$T=q \cdot l/2$	± 950,35	kg		
$f_{v,d}$	11,2	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		7200	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		102679	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6428,6	kg/cm²
Area della sezione (A)		425	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,779	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,7165	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4366	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5226	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,3872	cm
$u_{1,ist,y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,6393	cm
$u_{1,ist}$	0,6651	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,217	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,3584	cm
$u_{2,ist}$	0,3728	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,8625	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,4243	cm
$u_{net,fin}$	1,4817	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,5267	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,29	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,4336	cm
$u_{1,ist,y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,7161	cm
$u_{1,ist}$	0,7449	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,243	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,4014	cm
$u_{2,ist}$	0,4175	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,966	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,5952	cm
$u_{net,fin}$	1,6595	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,5267	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,29	cm **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°7 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°7	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	S2	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,73**
elemento di legno									
b(m)=	0,17	h(m)=	0,23	i(m)=	1,98	g(kg/m^3)=	600		12
									26,73

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

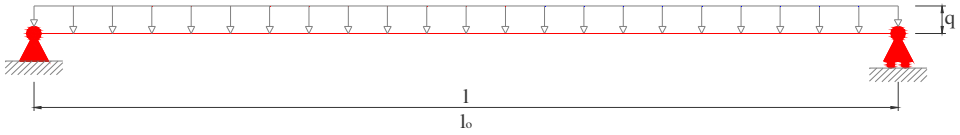
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

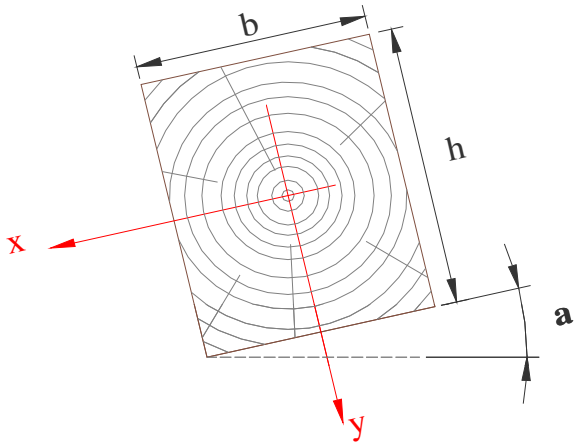
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	26,72727273	34,74545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	141,7272727	384,2454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	566	cm
b	17	cm
h	23	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	17237	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	9416,6	cm^4
Interasse	198	cm
Angolo	16	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	566	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Breve
$K_{mod,I}$	0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	7,65	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,1086	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,3537	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	84438,86474	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	294473,3165	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x\cdot l/2$	± 596,74	kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2081,1 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/I_y$ 76,22 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 196,47 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 2,2893 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 7,9837 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **272,69** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 144 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **8,3054** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2165 kg

$f_{v,d}$ 15 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio 1

Classe di durata del carico Permanente

$K_{mod,II}$ 0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q) 4,15 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x) 1,1439 kg/cm

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 3,9892 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 45806,7044 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 159746,9625 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 323,72 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1129 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/J_y$ 41,348 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 106,58 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,2419 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 4,331 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **147,93** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 96 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **4,5056** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1174,5 kg

$f_{v,d}$ 10 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		98214	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6160,7	kg/cm^2
Area della sezione (A)		391	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,7735	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,6975	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4366	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5226	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,0116	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,9492	cm
$u_{1,ist}$	2,0278	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	0,571	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean}*A))$	1,1003	cm
$u_{2,ist}$	1,1446	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	2,2582	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	4,351	cm
$u_{net,fin}$	4,5264	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,8867	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,83	cm **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,133	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	2,1831	cm
$u_{1,ist}$	2,2711	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,6396	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*I^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*I^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,2323	cm
$u_{2,ist}$	1,282	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	2,5292	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	4,8732	cm
$u_{net,fin}$	5,0696	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,8867	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,83	cm **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°7 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°7	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	S2	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,72727273**

peso dell'elemento di legno=(b·h·g·l)l									kg/m
b(m)=	0,17	h(m)=	0,23	l(m)=	5,66	g(kg/m^3)=	600		**23,46**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

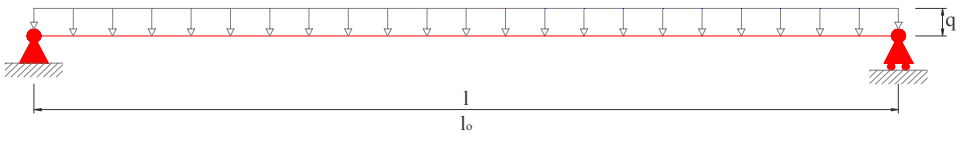
Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

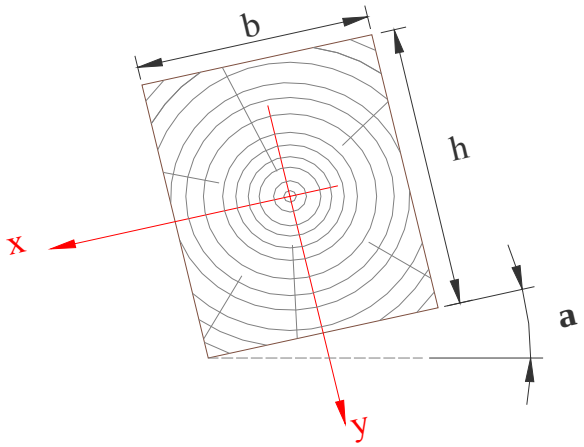
		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell' elemento in opera:

Lunghezza della trave	566	cm	
b	17	cm	
h	23	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	17237	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	9416,6	cm^4	
Interasse	198	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	566	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	5,1396	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,4167	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,9405	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	56729,67179	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	197839,8768	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 400,92	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1398,2	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

$\sigma_x=(M_x \cdot b/2)/J_y$	51,208	kg/cm²
$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$	132	kg/cm²
$\sigma= \sigma_x+\sigma_y$	**183,2**	**kg/cm²**

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 1,538	kg/cm²
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 5,3638	kg/cm²
$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± **5,5799**	**kg/cm²**

$T=q \cdot l/2$ ± 1454,5 kg

Freccia in mezzeria

$f_{x,max}=5/384 \cdot (q_x \cdot l^4/E \cdot J_y)$	1,6753	cm
$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$	3,1919	cm
$f_{max}=f_{x,max} \cdot sen16+f_{y,max} \cdot cos16$	**3,53**	**cm**
Freccia rilevata im mezzeria	5	cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max}	**100**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)
Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max}	**8**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dell' arcareccio n°7 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando una riduzione della luce delle trave conseguente all'inserimento di due mensole agli appoggi

Numerazione elemento:	Arcareccio n°7	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	S2	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,73**
elemento di legno									
b(m)=	0,17	h(m)=	0,29	i(m)=	1,98	g(kg/m^3)=	600		15
									29,73

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

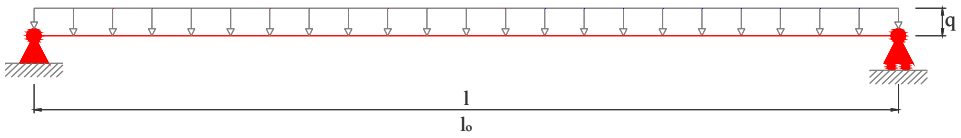
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

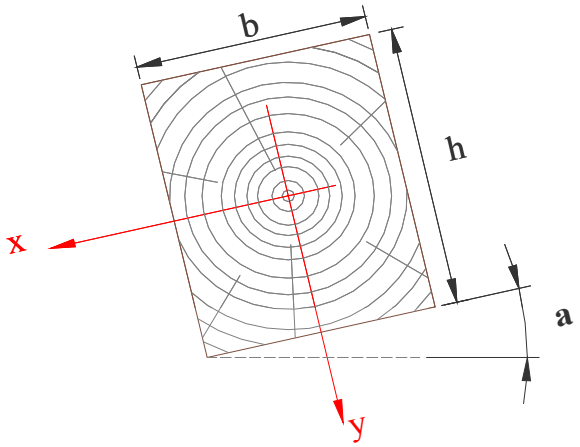
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	29,72727273	38,64545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	144,7272727	388,1454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	466	cm	Distanza tra gli apoggi dopo l'inserimento delle mensole
b	17	cm	Aumento della sezione resistente con applicazione alle facce di due pannelli di legno di abete per usi strutturali dello spessore di 3 cm ciascuno sezione b=(3+23+3 cm), h=17cm
h	29	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	34551	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	11873	cm^4	
Interasse	198	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	466	cm	



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Breve
$K_{mod,I}$	0,9

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	7,7	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,1224	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,4017	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	57611,69419	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	200915,8544	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ ± 494,52 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 1724,6 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/I_y$ 41,245 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 84,318 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,5046 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 5,2473 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **125,56** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 144 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **5,4587** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1794,1 kg

$f_{v,d}$ 15 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,2	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,1577	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,0373	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 31424,56046 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 109590,466 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 269,74 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 940,69 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/J_y$ 22,497 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 45,992 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 0,8207 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 2,8621 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **68,489** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 96 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **2,9775** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 978,6 kg

$f_{v,d}$ 10 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		98214	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		6160,7	kg/cm^2
Area della sezione (A)		493	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,7899	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,7546	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4366	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,5226	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L\text{^}4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,3789	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L\text{^}4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,4714	cm
$u_{1,ist}$	0,4904	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l\text{^}4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,2094	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,2606	cm
$u_{2,ist}$	0,2711	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,8408	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,0461	cm
$u_{net,fin}$	1,0882	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,5533	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,33	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,4244	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,528	cm
$u_{1,ist}$	0,5492	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2346	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2918	cm
$u_{2,ist}$	0,3036	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,9417	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,1716	cm
$u_{net,fin}$	1,2188	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,5533	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,33	cm **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°9 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°9	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	I	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,185	h(m)=	0,26	i(m)=	2,12	g(kg/m^3)=	600		14
									28,72727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

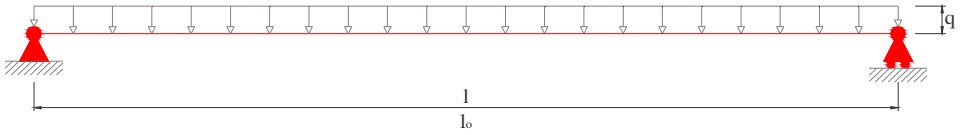
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

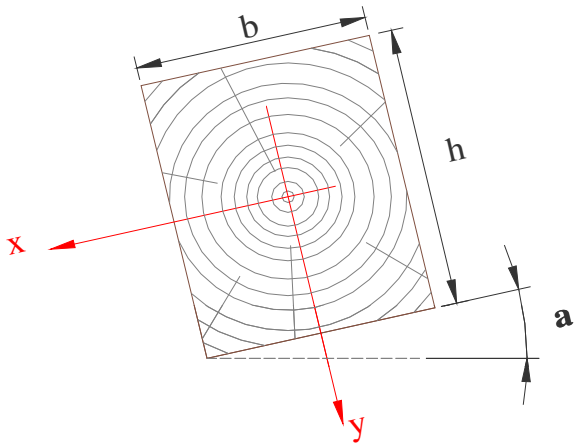
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	28,72727273	37,34545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	143,7272727	386,8454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	553	cm
b	18,5	cm
h	26	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	27096	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	13719	cm^4
Interasse	212	cm
Angolo	16	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	553	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C35	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	350	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	34	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	130000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete I categori
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
$K_{mod,I}$	0,9	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8,25	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,274	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,9304	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	86926,52116	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	303148,8054	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x\cdot l/2$	± 628,76	kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2192,8 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/I_y$ 58,612 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 145,44 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,9608 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 6,8381 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **204,05** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 210 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **7,1137** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 2281,1 kg

$f_{v,d}$ 20,4 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,45	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,2266	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,2776	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 46887,63869 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 163516,6284 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 339,15 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 1182,8 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d=}(M_x \cdot b/2)/J_y$ 31,615 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 78,45 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,0576 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 3,6884 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d+}\sigma_{y,m,d}$ **110,07** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 140 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **3,8371** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1230,4 kg

$f_{v,d}$ 13,6 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		8100	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		116071	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		7232,1	kg/cm^2
Area della sezione (A)		481	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8399	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,929	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4675	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,6303	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L^4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,5833	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	1,047	cm
$u_{1,ist}$	1,0892	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,3247	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,5828	cm
$u_{2,ist}$	0,6063	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,297	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	2,3279	cm
$u_{net,fin}$	2,4217	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,8433	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,765	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,6533	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	1,1726	cm
$u_{1,ist}$	1,2199	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,3637	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,6527	cm
$u_{2,ist}$	0,679	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,4527	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	2,6073	cm
$u_{net,fin}$	2,7123	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,8433	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,765	cm **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 3 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica dell' arcareccio n°9 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Arcareccio n°9	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	I	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		**14,72727273**

peso dell'elemento di legno=(b·h·g·l)l									kg/m
b(m)=	0,185	h(m)=	0,26	l(m)=	5,53	g(kg/m^3)=	600		**28,86**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

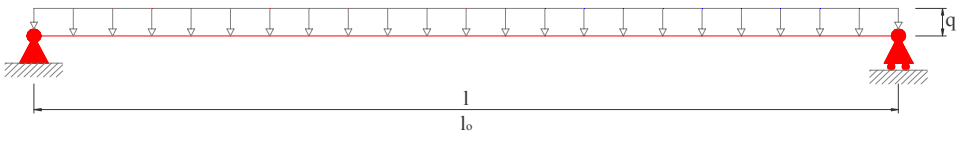
Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

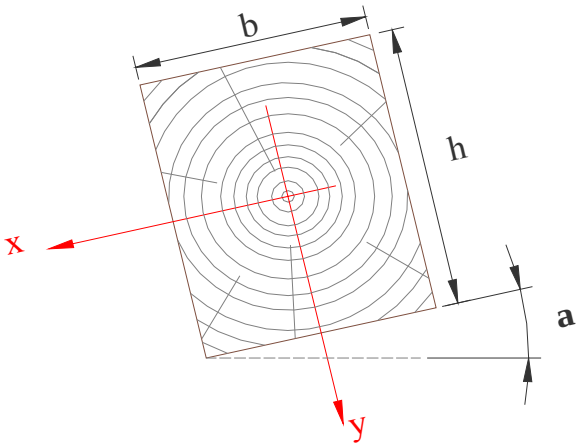
		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell' elemento in opera:

Lunghezza della trave	553	cm	
b	18,5	cm	
h	26	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	27096	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	13719	cm^4	
Interasse	212	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	553	cm	
Modulo di elasticità (E)	130000	kg/cm^2	per legno di abete I categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	5,5404	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,5271	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	5,3258	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$	58376,88222	kgcm
$M_y=q_y \cdot l^2/8$	203584,3822	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$	± 422,26	kg
$T_y=q_y \cdot l/2$	± 1472,6	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

$\sigma_x=(M_x \cdot b/2)/J_y$	39,362	kg/cm²
$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$	97,674	kg/cm²
$\sigma= \sigma_x+\sigma_y$	**137,04**	**kg/cm²**

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 1,3168	kg/cm²
$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± 4,5922	kg/cm²
$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	± **4,7773**	**kg/cm²**

$T=q \cdot l/2$ ± 1531,9 kg

Freccia in mezzeria

$f_{x,max}=5/384 \cdot (q_x \cdot l^4/E \cdot J_y)$	1,0427	cm
$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$	1,8411	cm
$f_{max}=f_{x,max} \cdot sen16+f_{y,max} \cdot cos16$	**2,0572**	**cm**
Freccia rilevata im mezzeria	3	cm

rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max}	**100**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)
Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max}	**8**	kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dell' arcareccio n°9 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando una riduzione della luce delle trave conseguente all'inserimento di due mensole agli appoggi

Numerazione elemento:	Arcareccio n°9	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	I	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
elemento di legno									
b(m)=	0,185	h(m)=	0,26	i(m)=	2,12	g(kg/m^3)=	600		14
									28,72727273

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
tegole					60
guaina bituminosa					10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800	45
				G2=	**115**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. Neve		80
	Q_1k=	**80**

		kg/m^2
Carico accidentale. Vento		38
	Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

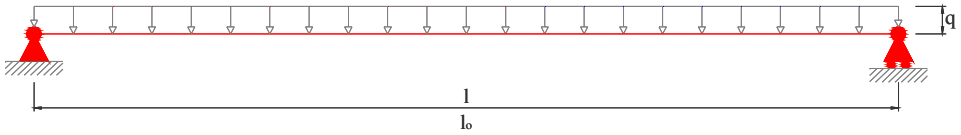
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

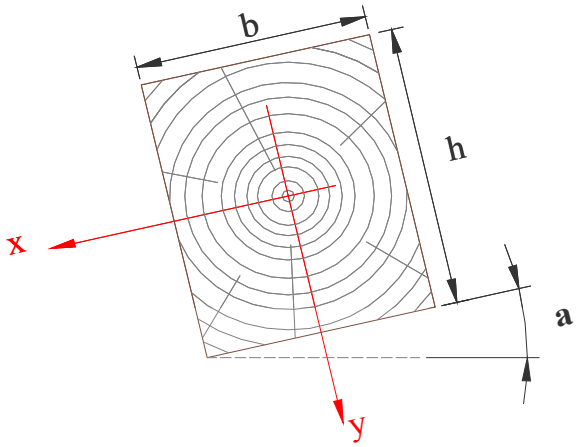
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	28,72727273	37,34545455	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	143,7272727	386,8454545	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	453	cm	Distanza tra gli apoggi dopo l'inserimento delle mensole
b	18,5	cm	
h	26	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	27096	cm^4	
$J_y=h\cdot b^3/12$	13719	cm^4	
Interasse	212	cm	
Angolo	16	°	
Lunghezza di calcolo (l_0)	453	cm	



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C35		
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	350	kg/cm^2	
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	34	kg/cm^2	
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	130000	kg/cm^2	equivalente e legname di abete I categori
	γ_M		1,5		

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
$K_{mod,I}$	0,9	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare (q)	8,25	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	2,274	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,9304	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x\cdot l^2/8$	58330,86822	kgcm
$M_y=q_y\cdot l^2/8$	203423,9123	kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ ± 515,06 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 1796,2 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/I_y$ 39,331 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ 97,597 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=(T_x \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 1,6062 kg/cm²

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 5,6016 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **136,93** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ 210 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **5,8273** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1868,6 kg

$f_{v,d}$ 20,4 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	4,45	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione x(q_x)	1,2266	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	4,2776	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_x=q_x \cdot l^2/8$ 31463,3168 kgcm

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 109725,6254 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_x=q_x \cdot l/2$ 277,82 kg

$T_y=q_y \cdot l/2$ 968,88 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{x,m,d}=(M_x \cdot b/2)/J_y$ 21,215 kg/cm²

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ 52,643 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{yz}=T_x/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 0,8664 kg/cm²

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ 3,0215 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}=\sigma_{x,m,d}+\sigma_{y,m,d}$ **73,858** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ 140 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ **3,1432** **kg/cm²** (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ ± 1007,9 kg

$f_{v,d}$ 13,6 kg/cm² (resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		8100	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		116071	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$)		7232,1	kg/cm^2
Area della sezione (A)		481	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0,8399	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		2,929	kg/cm
Carichi accidentali in direzione x (q_{kx})		0,4675	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		1,6303	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*L\text{^}4)/(E_{0,mean}*I_y))+\chi*((g_{kx}*L\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,2649	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L\text{^}4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,4791	cm
$u_{1,ist}$	0,4984	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l\text{^}4)/(E_{0,mean}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,1474	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,2667	cm
$u_{2,ist}$	0,2774	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,5889	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,0652	cm
$u_{net,fin}$	1,1081	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,51	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,265	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ x}=(5/384)*((g_{kx}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((g_{kx}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2966	cm
$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,5366	cm
$u_{1,ist}$	0,5582	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,x}=(5/384)*((q_{kx}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_y))+\chi*((q_{kx}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,1651	cm
$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2987	cm
$u_{2,ist}$	0,3107	cm
$u_{net,fin,x}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,6596	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	1,193	cm
$u_{net,fin}$	1,2411	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	1,51	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	2,265	cm **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 3 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica del falso puntone n°1 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Falso puntone n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	I	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m
peso proprio dell'elemento =(b·h·g)									
b(m)=	0,31	h(m)=	0,42			g(kg/m^3)=	600		78,12
									78,12

									kg/m^2
peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
peso degli arcarecci di legno =(B·H·g)/i (media tra le dimensioni)									
b(m)=	0,223	h(m)=	0,27	i(m)=	2,1	g(kg/m^3)=	600		17,5
									32,22727273

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)		(favorevole)	(sfavorevole)
	γ_{G1}	1	1,3
	γ_{G2}	1	1,5
	γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

Carichi concentrati sull'elemento

Interasse tra i puntoni	6,15	m
Interasse tra gli arcarecci e tra arcareccio e muro:		
interasse 1	2,05	m
interasse 2	2,15	m
interasse 3	2,11	m

			Componenti					
P1	4934,5	kg	$p1_1$	4743,4	kg	$p1_2$	1360,1	kg
P2	5175,2	kg	$p2_1$	4974,7	kg	$p2_2$	1426,5	kg
P3	5078,9	kg	$p3_1$	4882,2	kg	$p3_2$	1399,9	kg

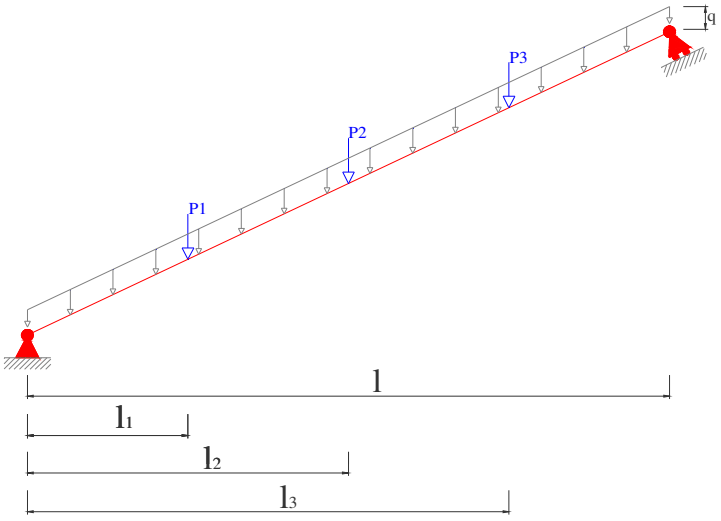
Carichi distribuiti sull'elemento

q	1,0156	kg/cm

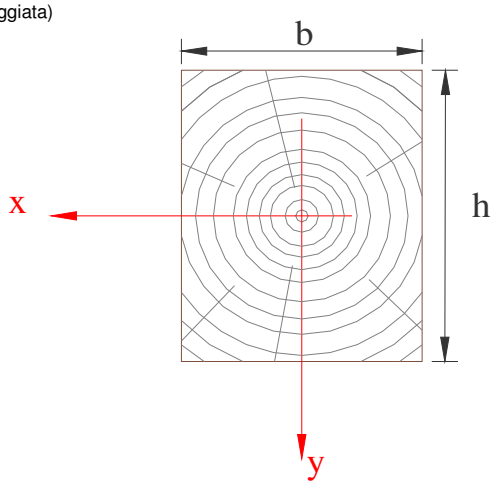
Dati geometrici dell'elemento in opera:

l	800	cm	
Angolo di inclinazione della trave	16	°	
b	31	cm	
h	42	cm	
$J_x = b \cdot h^3/12$	191394	cm^4	
Interasse	615	cm	
Lunghezza della trave	832,24	cm	
Modulo di elasticità (E)	130000	kg/cm^2	equivalente e legname di abete I categoria

l1	1,95	m
l2	3,99	m
l3	6,08	m
l	8	m



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C35	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	350	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	34	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	130000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete I categori
	γ_M		1,5	

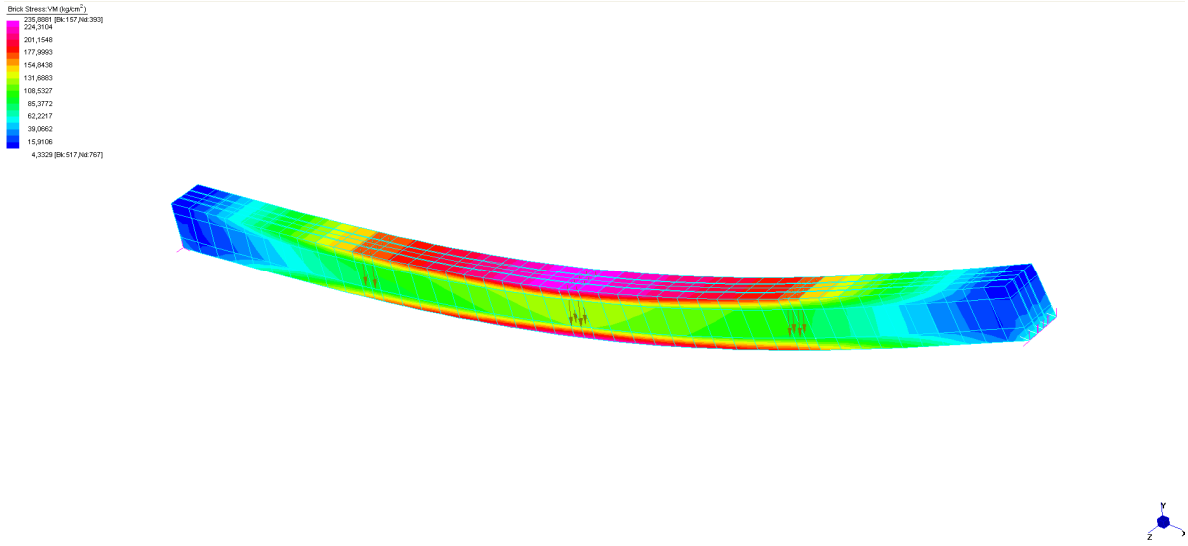
A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Breve
$K_{mod,I}$	0,9

Resistenza di calcolo

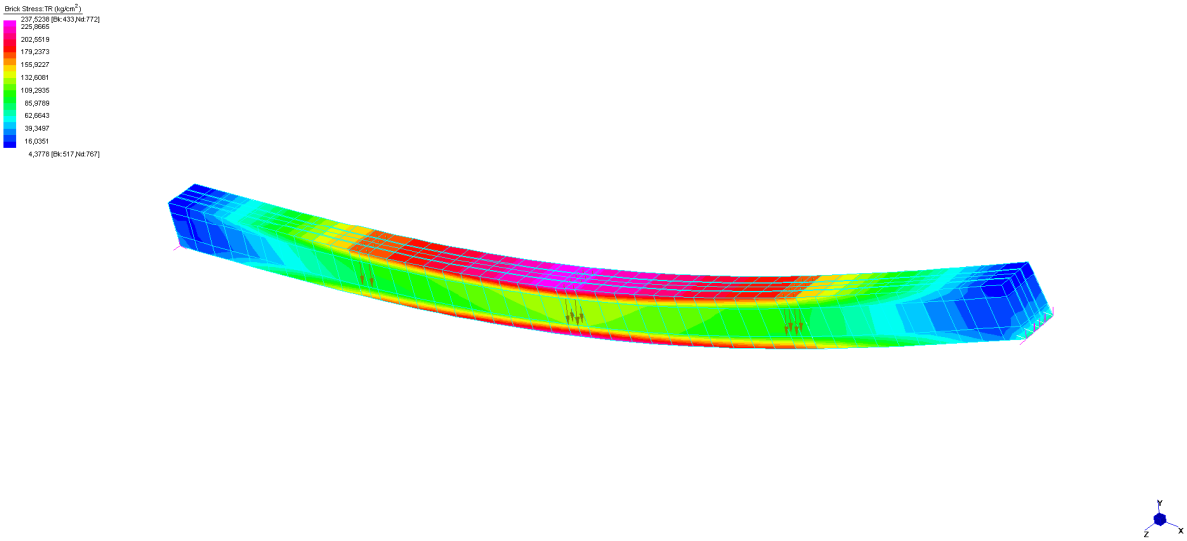
$f_{m,d}$	210	kg/cm^2	(resistenza di calcolo a flessione del legno)
$f_{v,d}$	20,4	kg/cm^2	(resistenza di calcolo a taglio del legno)

Sollecitazioni nel legno



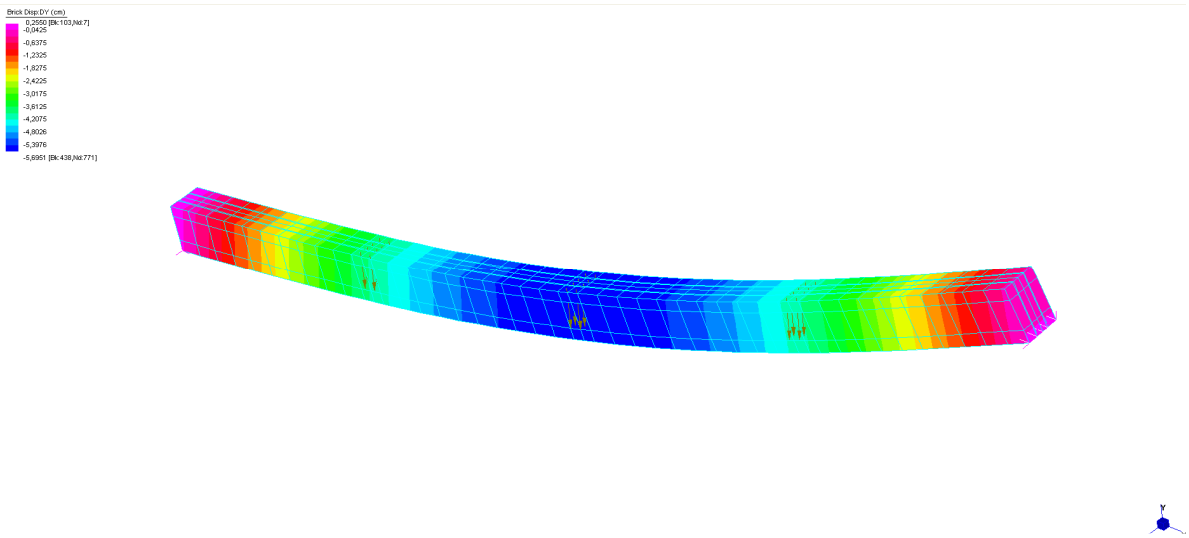
Verifica con il metodo di Von Mises

σ max 235,88 kg/cm2



Verifica con il metodo di Tresca

σ max 237,52 kg/cm2



z x

Freccia massima -5,7 cm

Sollecitazione nel legno non verificate

Verifica del falso puntone n°1 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Falso puntone n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	I	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento.

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m
peso proprio dell'elemento =(b·h·g)									
b(m)=	0,31	h(m)=	0,42			g(kg/m^3)=	600		78,12
									78,12

									kg/m^2
peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
peso degli arcarecci di legno =(B·H·g)/i (media tra le dimensioni)									
b(m)=	0,223	h(m)=	0,27	i(m)=	2,1	g(kg/m^3)=	600		17,5
									32,22727273

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Carichi concentrati sull'elemento

			Componenti					
Interasse tra i puntoni	6,15	m						
Interasse tra gli arcarecci e tra arcareccio e muro:								
interasse 1	2,05	m						
interasse 2	2,15	m						
interasse 3	2,11	m						
P1	3343,9	kg	$p1_1$	3214,3	kg	$p1_2$	921,69	kg
P2	3507	kg	$p2_1$	3371,1	kg	$p2_2$	966,65	kg
P3	3441,7	kg	$p3_1$	3308,4	kg	$p3_2$	948,67	kg

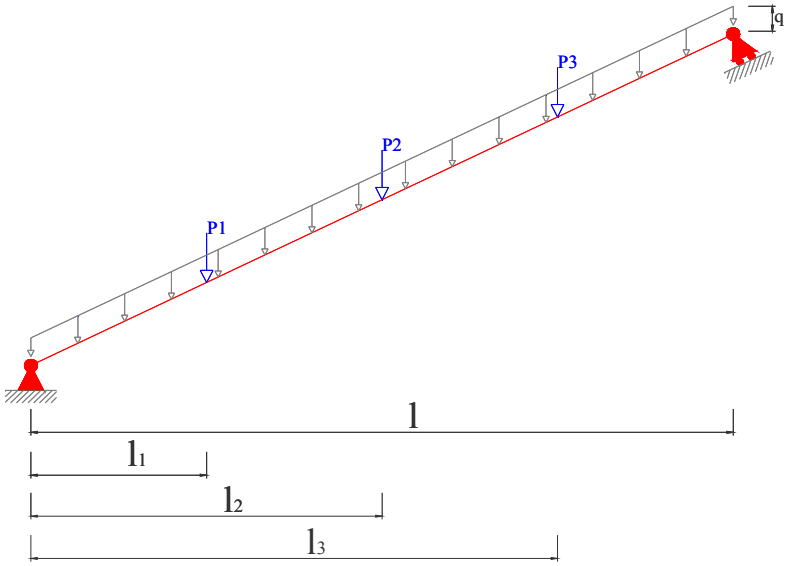
Carichi distribuiti sull'elemento

q	0,7812	kg/cm

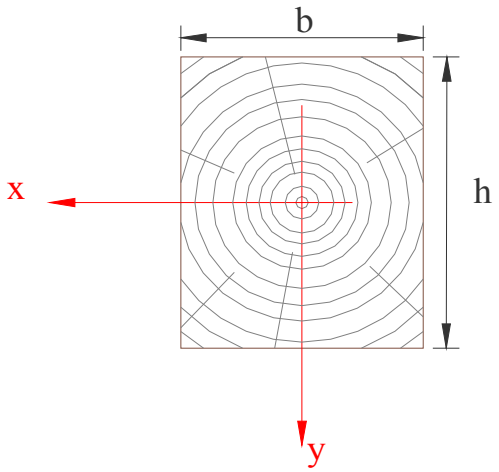
Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	800	cm
Angolo di inclinazione della trave	16	°
b	31	cm
h	42	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	191394	cm^4
Interasse	615	cm
Lunghezza della trave	832,24	cm
Modulo di elasticità (E)	130000	kg/cm^2 per legno di abete I categoria (UNI 1119/2004)

l_1	1,95	m
l_2	3,99	m
l_3	6,08	m
l	8	m



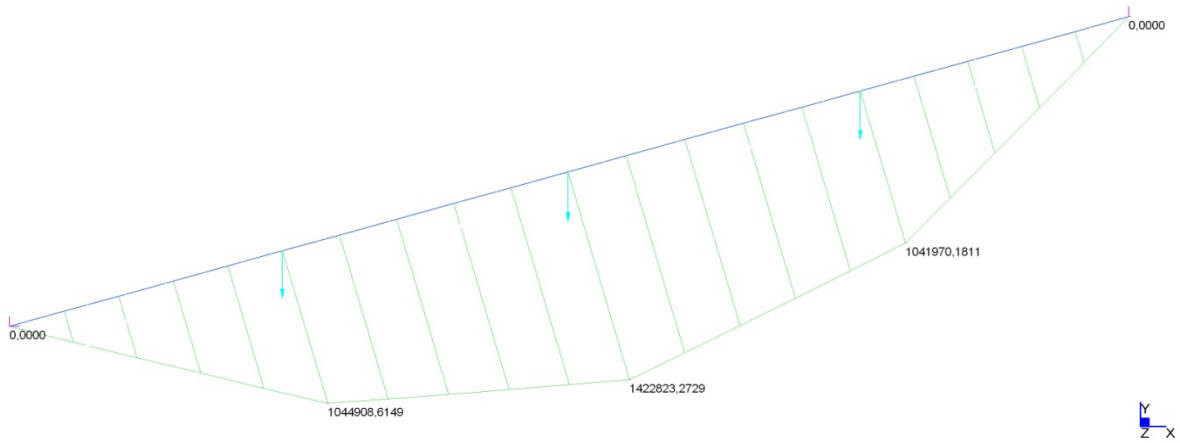
Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

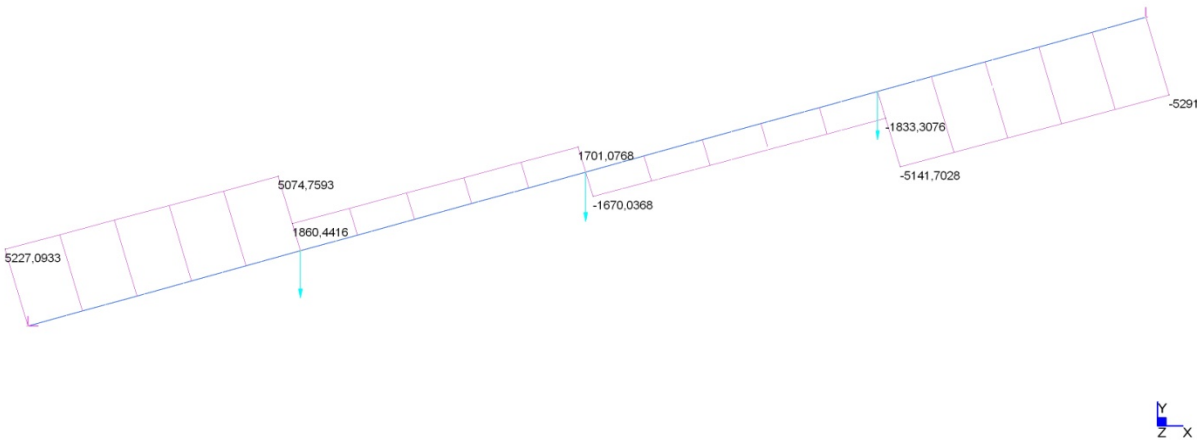
Calcolo dei diagrammi Mx,Tx, Nx,

	MIN	MAX
BM2(kgf.cm)	0,0000	1422823,2729
	[Bm:1]	[Bm:2]



$Mx_{,max}$ 1422823,27 kgcm

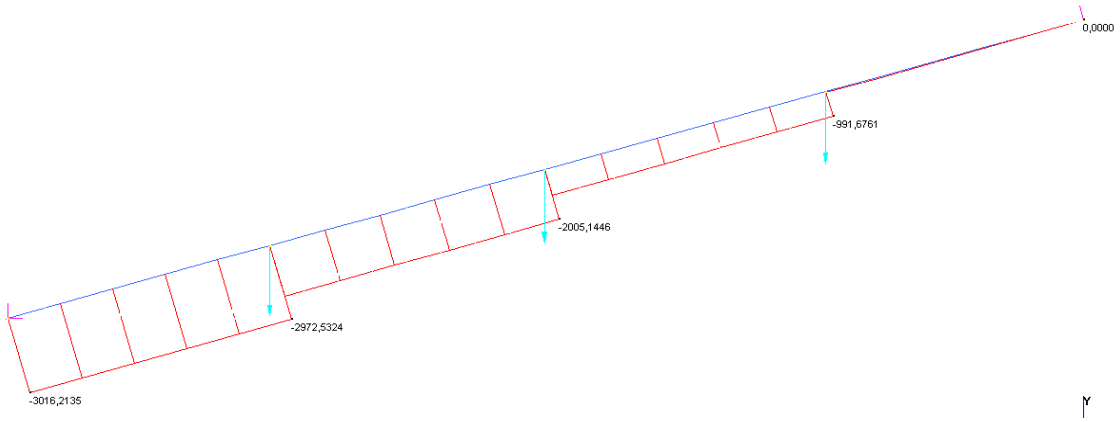
	MIN	MAX
SF2(kgf)	-5291,6932	5227,0933
	[Bm:4]	[Bm:1]



$Tx_{,max}$ + 5277,09 kg

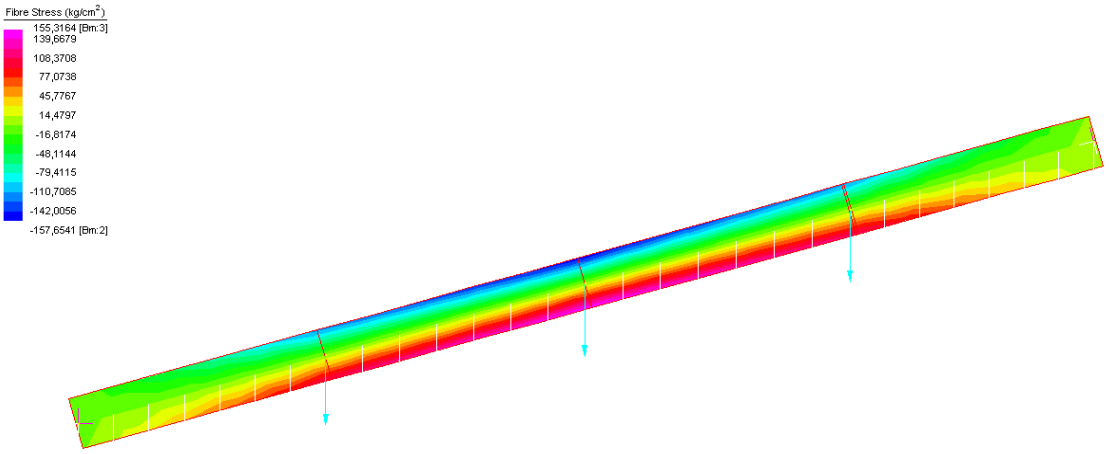
− 5291,69 kg

	MIN	MAX
Force(kgf)	-3016,2135	0,0000
	[Bm:1]	[Bm:4]



$Nx_{,max}$ + 0 kg

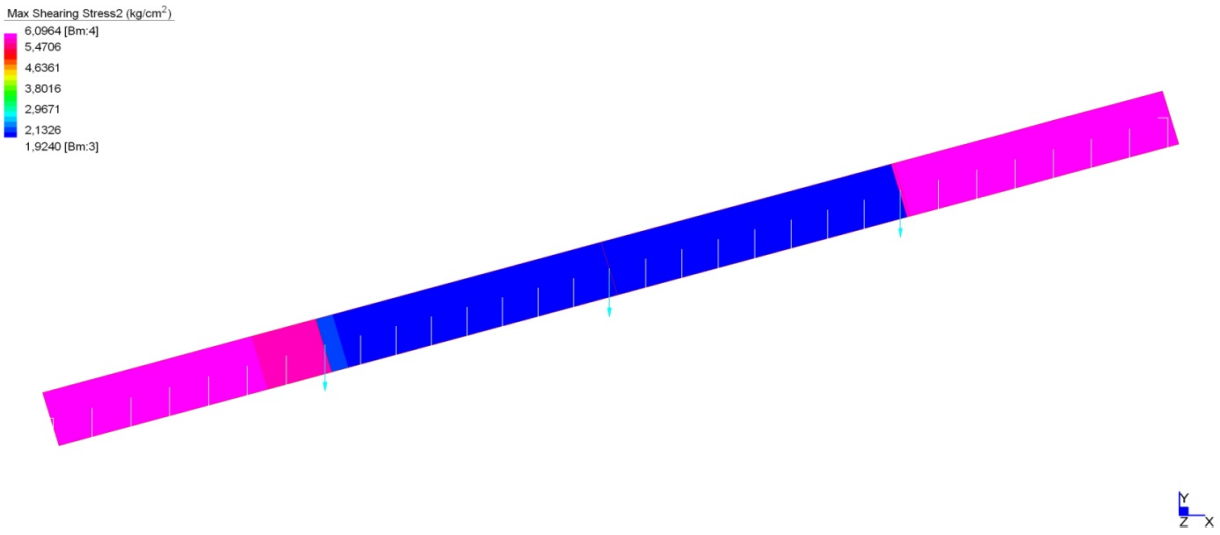
− 3016,2135 kg



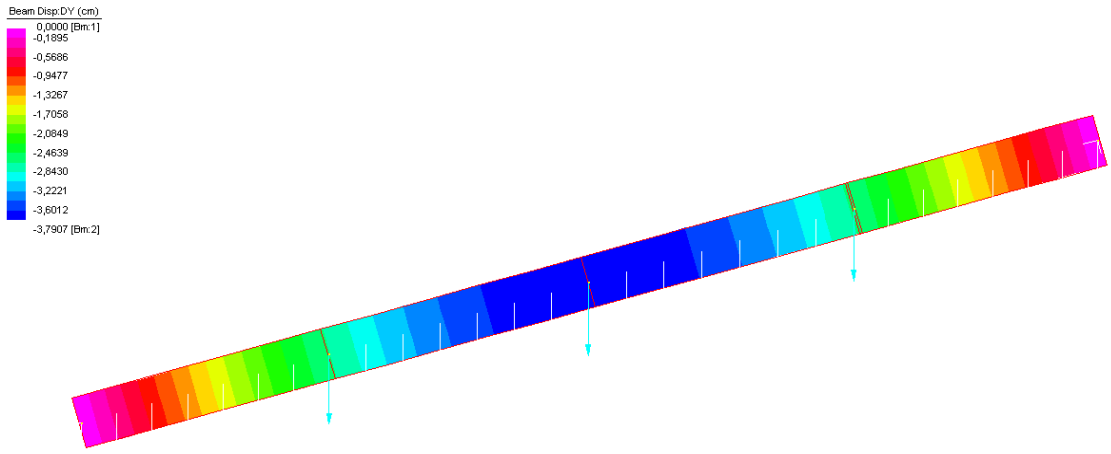
σ max

+ 155,31 kg/cm2

− 157,65 kg/cm2



τ max 6,09 kg/cm2



Freccia massima -3,79 cm

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max} **115** kg/cm^2 per legno di abete I categoria (UNI 1119/2004)

Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max} **9** kg/cm^2 per legno di abete I categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica del falso puntone n°1 del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando il consolidamento eseguito mediante iserimento di lamine nel bordo inferiore e profili ad L al bordo superiore

Numerazione elemento:	Falso puntone n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	I	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m
peso proprio dell'elemento =(b·h·g)									
b(m)=	0,31	h(m)=	0,42			g(kg/m^3)=	600		78,12
peso proprio delle lamine di acciaio inox AISI 304=(b·h·g)									
b(m)=	0,02	h(m)=	0,1			g(kg/m^3)=	8000		16
peso proprio dei profili ad L di acciaio inox AISI 304 =(A·g)									
A(m^2)=	0,0038					g(kg/m^3)=	8000		30,4
									124,52

									kg/m^2
peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									
b(m)=	0,09	h(m)=	0,09	i(m)=	0,33	g(kg/m^3)=	600		14,72727273
peso degli arcarecci di legno =(B·H·g)/i (media tra le dimensioni)									
b(m)=	0,223	h(m)=	0,27	i(m)=	2,1	g(kg/m^3)=	600		17,5
									32,22727273

									kg
peso proprio di ciascuna coppia delle mensole di acciaio inox AISI 304 =(V·g)									
V(m^3)=	0,0125					g(kg/m^3)=	8000		**100**

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)		(favorevole)	(sfavorevole)
	γ_{G1}	1	1,3
	γ_{G2}	1	1,5
	γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

Carichi concentrati sull'elemento

Interasse tra i puntoni	6,15	m
Interasse tra gli arcarecci e tra arcareccio e muro:		
interasse 1	2,05	m
interasse 2	2,15	m
interasse 3	2,11	m

			Componenti					
P1	5064,5	kg	$p1_1$	4868,3	kg	$p1_2$	1396	kg
P2	5305,2	kg	$p2_1$	5099,7	kg	$p2_2$	1462,3	kg
P3	5208,9	kg	$p3_1$	5007,2	kg	$p3_2$	1435,8	kg

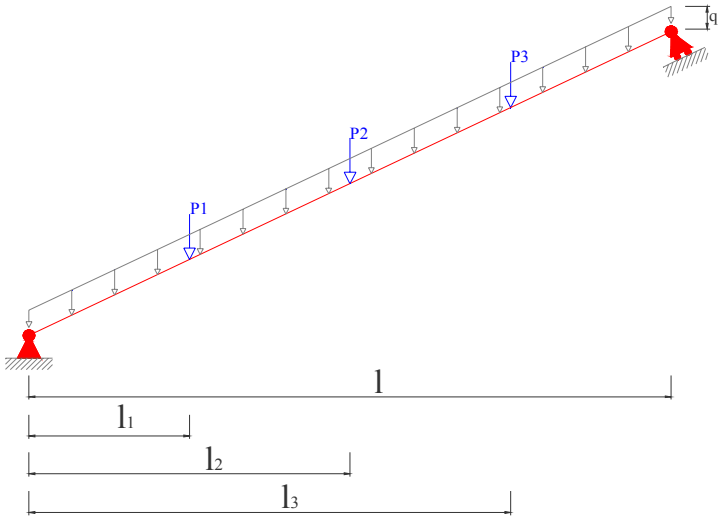
Carichi distribuiti sull'elemento

q	1,6188	kg/cm

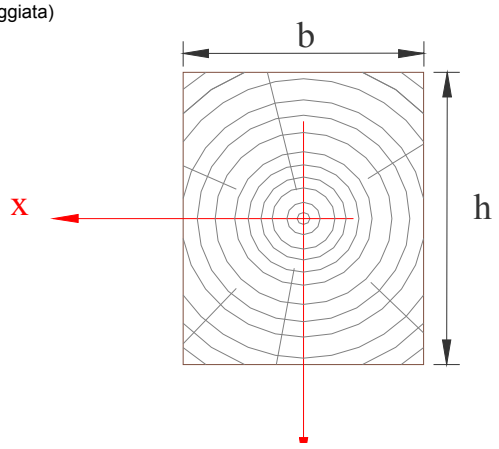
Dati geometrici dell'elemento in opera:

l	800	cm
Angolo di inclinazione della trave	16	°
b	31	cm
h	42	cm
$J_x=b \cdot h^3/12$	191394	cm^4
Interasse	615	cm
Lunghezza della trave	832,24	cm
Modulo di elasticità (E)	130000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete I categoria

l1	1,95	m
l2	3,99	m
l3	6,08	m
l	8	m



Schema statico (trave appoggiata)



Caratteristiche meccaniche del legno e dell'acciaio

Legno:	*Legno massiccio*		C35	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	350	kg/cm²
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	34	kg/cm²
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	130000	kg/cm² equivalente e legname di abete I categori
	γ_M		1,5	

Acciaio:	AISI 304				
	Carico di snervamento minimo	$R_{P0,2}$	1900		kg/cm²
	Carico di rottura	R_m	5000	7000	kg/cm²
	Modulo di elasticità a 20° C	E	2000000		kg/cm²
	Coefficiente di dilatazione termica tra 20 e 200°C (10-6K-1)		16,5		
	Coeff. di Poisson		0,29		
	γ_M		1,05		

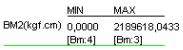
A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Breve
$K_{mod,I}$	0,9

Resistenza di calcolo

$f_{m,d}$	210	kg/cm²	(resistenza di calcolo a flessione del legno)
f_{yk}	1809,5	kg/cm²	(resistenza di calcolo a flessione dell' acciaio)
$f_{v,d}$	20,4	kg/cm²	(resistenza di calcolo a taglio del legno)

Diagrammi



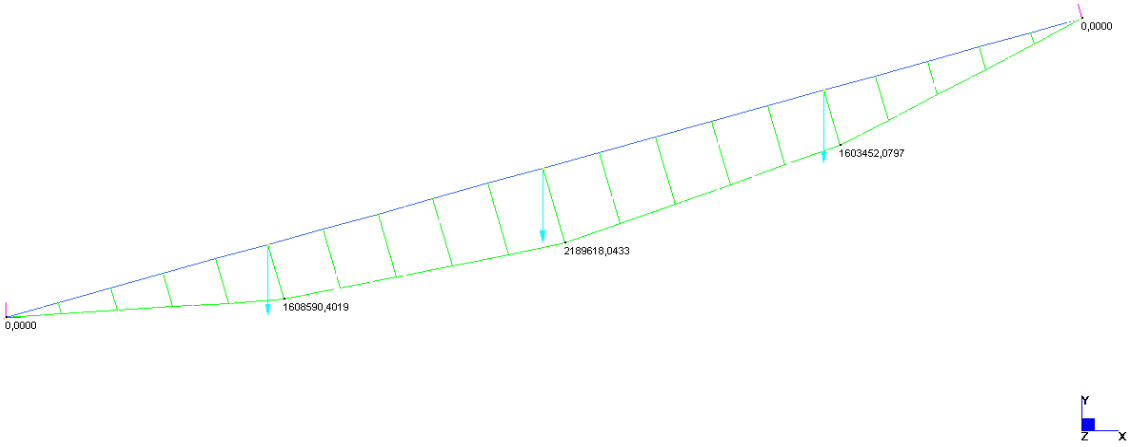


Diagramma del momento flettente

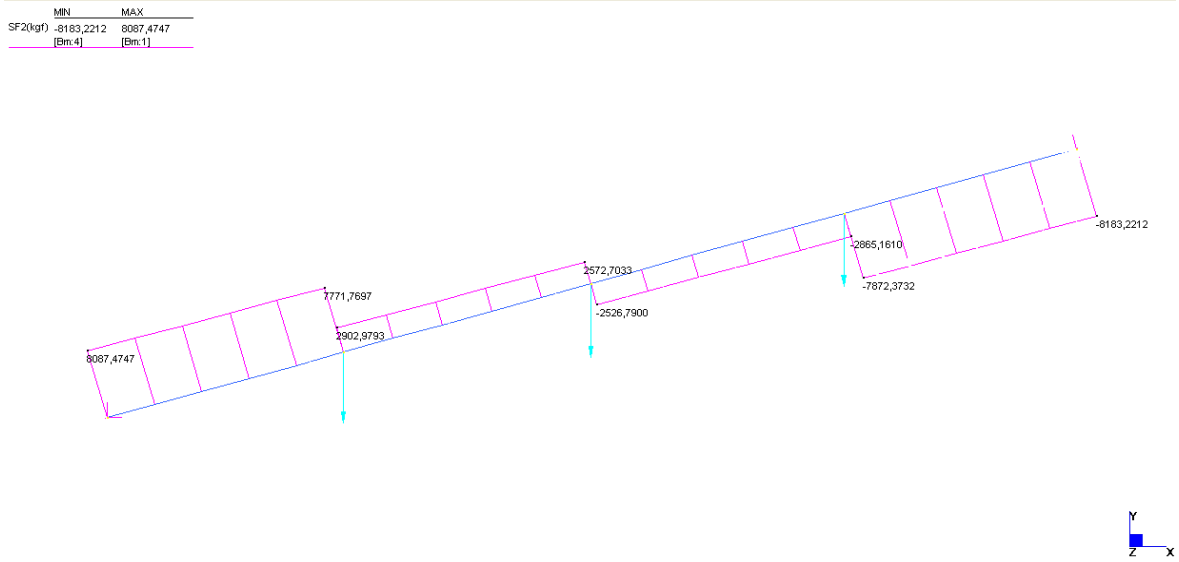


Diagramma del taglio

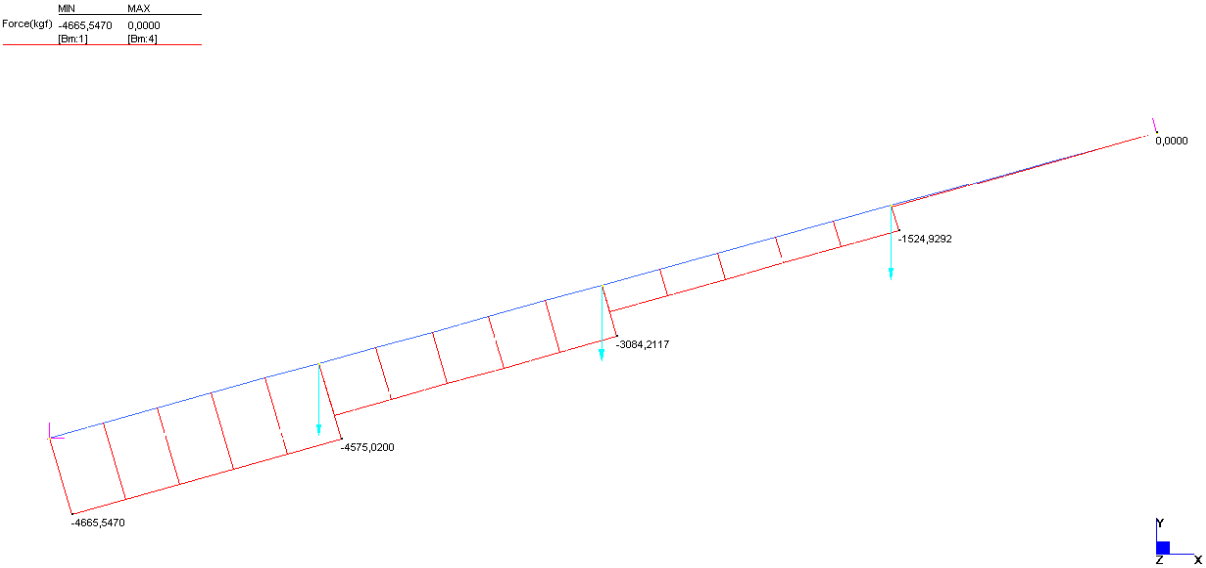
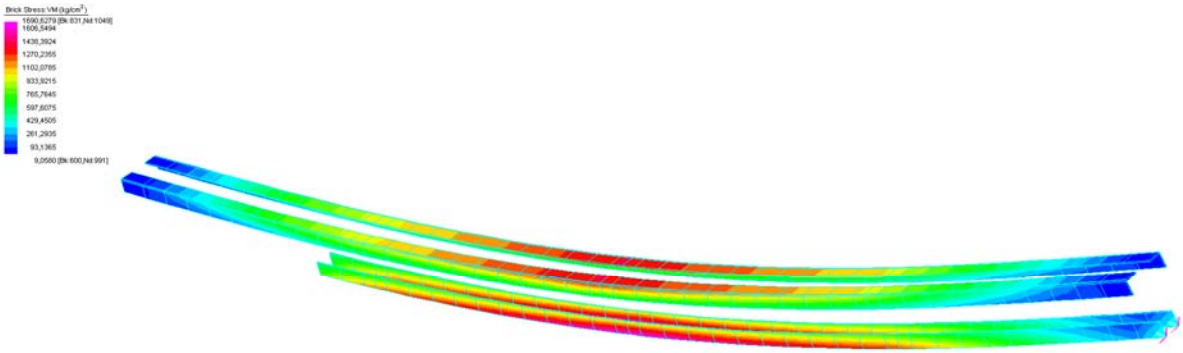


Diagramma dello sforzo normale

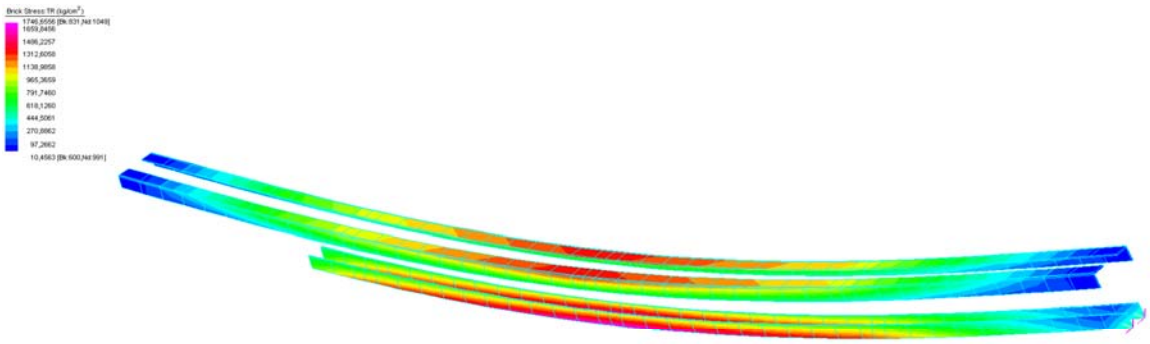
Progettazione del consolidamento della trave

Sollecitazioni nell'acciaio



Verifica con il metodo di Von Mises

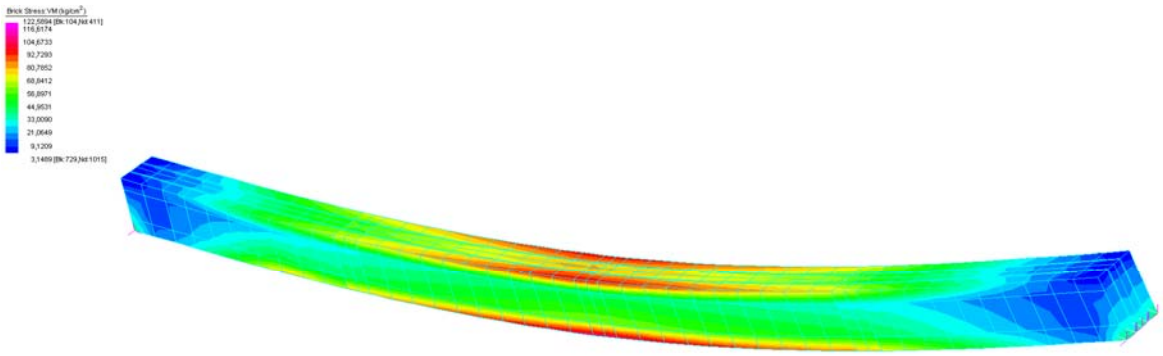
σ_{max} 1690,63 kg/cm2



Verifica con il metodo di Tresca

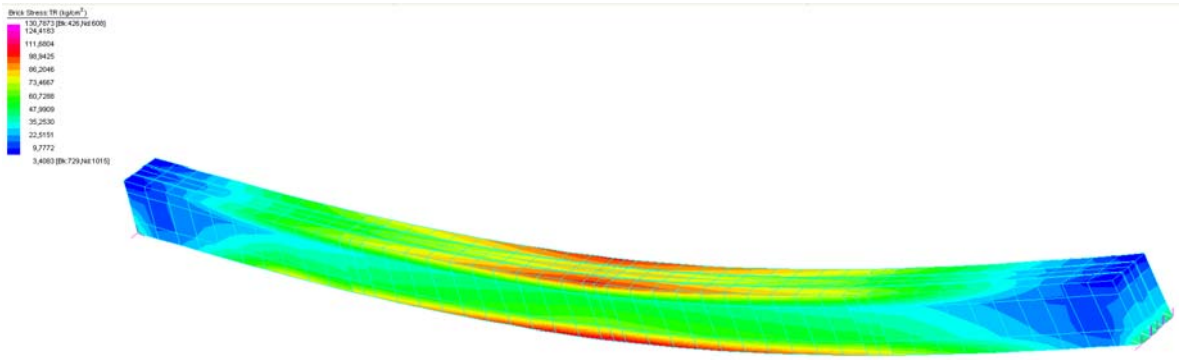
σ_{max} 1746,65 kg/cm2

Sollecitazioni nel legno



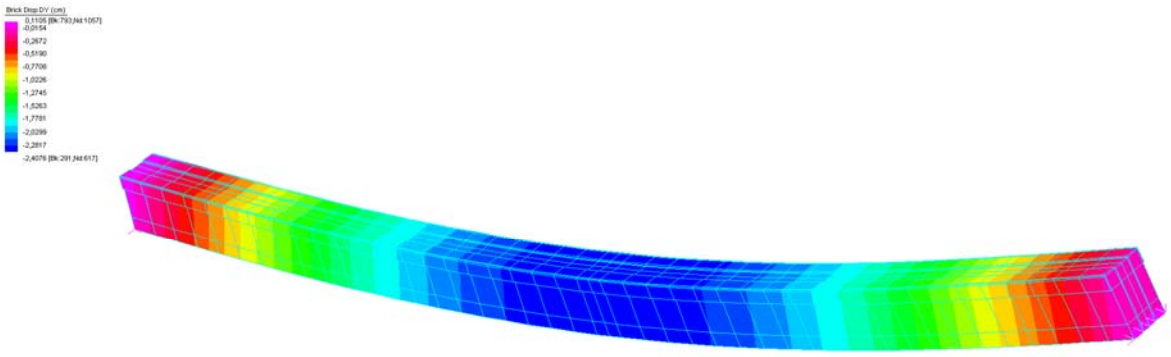
Verifica con il metodo di Von Mises

σ max 122,6 kg/cm2



Verifica con il metodo di Tresca

σ max 130,79 kg/cm2



Freccia massima -2,41 cm

Sollecitazione nel legno verificate

Sollecitazione nell' acciaio verificate

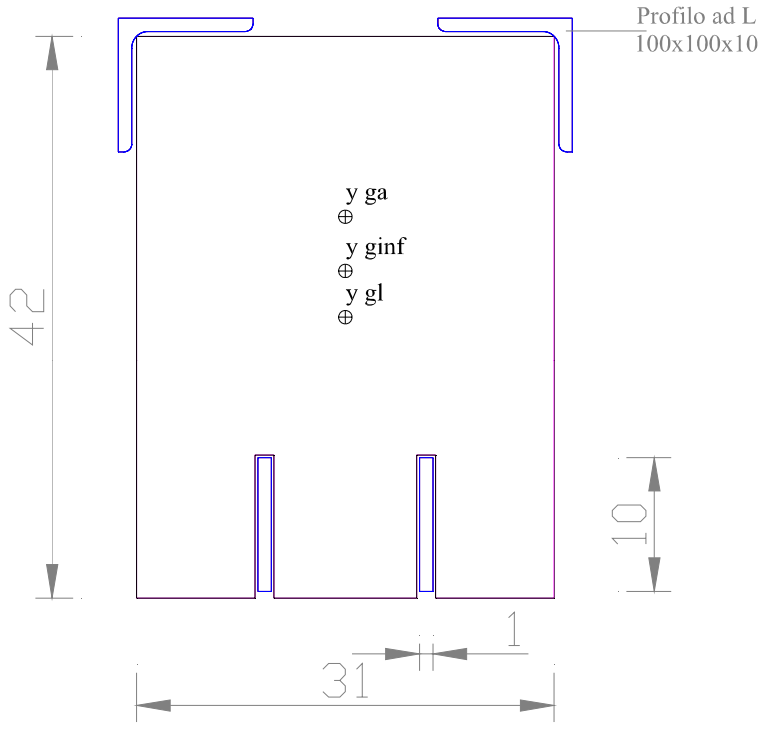
L'intervento risulta risolutivo anche in caso di membratura classificabile di II categoria

Calcolo di verifica degli organi metallici di collegamento

Caratteristiche meccaniche dei materiali:

Legno massiccio	C35	
Resistenza a flessione ($f_{m,k}$)	350	kg/cm²
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura ($f_{c,90,k}$)	28	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre ($E_{0,meam}$)	130000	kg/cm²
γ_M	1,5	

Acciaio AISI 304		
Tensione di snervamento (f_{yk})	1900	kg/cm²
Modulo elastico (E)	2000000	kg/cm²
γ_M	1,5	



Schema della sezione composta

Dati geometrici della sezione trave lignea:

B_L	31	cm
H_L	42	cm
L (Lunghezza)	832,2	cm
$I_{x,L}$	191394	cm⁴
Area della sezione di legno (A_L)	1302	cm²
Baricentro della sez. di legno lungo l'asse x (x_{gL})	15,5	cm
Baricentro della sez. di legno lungo l'asse y (y_{gL})	21	cm
Distanza lungo l'asse x del baricentro della sezione in legno da G∞($r_{x,L}$)	0	cm
Distanza lungo l'asse y del baricentro della sezione in legno da G∞($r_{y,L}$)	-3,064	cm

Dati geometrici delle parti metalliche (due lamine 10x100 mm e due profili ad L 10x100x100):

$I_{x,A}$	16643,22	cm⁴

Area complessiva della sezione di acciaio (A_A)	58,31	cm^2	
Baricentro della sez. di acciaio lungo l'asse x (x_{gA})	15,5	cm	
Baricentro della sez. di acciaio lungo l'asse y (y_{gA})	28,51	cm	
Distanza lungo l'asse x del baricentro della sezione di acciaio da G∞($r_{x,A}$)	0	cm	
Distanza lungo l'asse y del baricentro della sezione di acciaio da G∞($r_{y,A}$)	-4,446	cm	

Dati geometrici degli spinotti di acciaio:

Interasse degli spinotti (i)	45	cm	
Diametro dei collegamenti (d_{eff})	1,28	cm	Diametro equivalente
Profondià di infissione dello spinotto (l_w)	31	cm	
Rigidezza alla traslazione relativa o"modulo di scorrimento" del collegamento (K)			
$K=K_t=0,08*E_L*d_{eff}$	13312	kg/cm	
Resistenza a trazione del connettore (classe 8.8 AISI 304) ($f_{y,k}$)	6400	kg/cm^2	

Calcolo del baricentro delle rigidezze:

Rapporto di omogenizzazione (n)		
$n= E_A/E_L$	15,385	
Baricentro della sezione composta lungo l'asse x ($x_{g\infty}$)		
$x_{g\infty}= (((A_A*X_{gA}))+((A_L*X_{gL})/n))/(A_A+(A_L/n))$	15,5	cm
Baricentro della sezione composta lungo l'asse (y g∞)		
$y_{g\infty}= (((A_A*y_{gA})+((A_L*y_{gL})/n)))/(A_A+(A_L/n))$	24,064	cm

Distanza tra i baricentri parziali:

$r_x=r_{xL}+r_{xA}$	0	cm
$r_y=r_{yL}+r_{yA}$	-7,51	cm

Calcolo della rigidezza flessionale:

Connessione nulla $(EI_x)_0$		
$(EI_x)_0= (E_A*I_{xA})+(E_L*I_{xL})$	58167660000	kg/cm^2
$(EA)_p=(E_A*A_A)*(E_L*A_L)$	1,97391E+16	kg^2
$(EA)_s=(E_A*A_A)+(E_L*A_L)$	285880000	kg
Connessione rigida $(EI_x)\infty$		
$(EI_x)\infty =(EI_x)_0+((EA)_p/(EA)_s)*r_y\text{^}2)$	62061906822	kg/cm^2
Coefficiente di efficacia della connessione (0<γ<1) (γ)		
$\gamma=1/(1+(\pi\text{^}2*(i*(EA)_p/(K*L\text{^}2*(EA)_s))$	0,2311	cm
Connessione deformabile$(EI_x)_{eff}$		
$(EI_x)_{eff} =(EI_x)_0+\gamma*((EA)_p/(EA)_s)*r_y\text{^}2)$	59067800163	kg/cm^2

Sforzo di Taglio

T_y	-8183,22	kg

Forza agente sul connettore

Forza di taglio nel singolo collegamento (F_y)

$F_y=(i*\gamma*((EA)_p/(EA)_s)*r_y*(T_y/(EI_x)_{eff}))$ 747,23 kg

Verifica delle sollecitazioni prodotte dal connettore nel legno

Determinazione della resistenza di calcolo

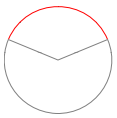
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura ($f_{c,90,k}$)	28	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre ($E_{0,meam}$)	130000	kg/cm^2
γ_M	1,5	
Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
K_{mod}	0,9	

Resistenza di calcolo

$f_{c,90,d}=$ **16,8** kg/cm^2 (resistenza di calcolo del legno)

Determinazione delle sollecitazioni indotte dal collegamento nel legno

Superficie di contatto legno-acciaio (si considera 3/4 della circonferenza del connettore equivalente moltiplicata per la lunghezza del collegamento). Per semplicità di calcolo non si sono dedotte le superfici degli organi di collegamento che sono a diretto contatto non le lamine di acciaio in considerazione del fatto che le differenze sono trascurabili.



Schema per il calcolo della superficie di contatto

$A=(\pi x r x (3/4))x l_w$ 46,723 cm^2

$\sigma_c=F_y/A$ 15,993 kg/cm^2

$\sigma_c=$ **15,993** kg/cm^2 < $f_{c,90,d}=$ **16,8** kg/cm^2

Sollecitazione nel legno verificate

Verifica dei connettori

La verifica è stata condotta a vantaggio di sicurezza considerando che tutti i connettori siano del diametro di 8 mm (quello minore)

Forza di calcolo a trazione

$F_{t,Sd}$		0	N	paria a	0	kg

Forza di calcolo a taglio

$F_{v,Sd}$		7472	N	paria a	747,2	kg

Numero di connettori

n		5

Forza di calcolo a trazione sul connettore più sollecitato

$F_{t,Sd}$		0	N

Forza di calcolo a taglio sul connettore più sollecitato

$F_{v,Sd}$		1494,4	N	paria a	149,44	kg

Verifica dei connettori

Resistenza di calcolo a trazione

$F_{t,Rd} = 0{,}9 * f_{yb} * \omega_b / \gamma_{Mb}$ $F_{t,Rd}$ 23151 N paria a 2315,1 kg

Resistenza di calcolo a taglio

$F_{v,Rd} = 0{,}6 * f_{yb} * \omega_b / \gamma_{Mb}$ $F_{v,Rd}$ 15434 N paria a 1543,4 kg

Dove:

$\omega_b = \pi * (d.eff/2)^2$ Area efficace ω_b 50,24 mm^2

d.nom	8	mm
d.eff	8	mm

γ_{Mb} = 1,25

f_{yb} = 640 N/mm^2 Tensione di snervamento del connettore classe di resistenza 8.8 A4-70

La resistenza di calcolo risulta superiore alla forza di progetto

$F_{t,Sd}$	0	N	<	$F_{t,Rd}$	23151	N
$F_{v,Sd}$	1494,4	N	<	$F_{v,Rd}$	15434	N

Collegamento verificato a trazione

Collegamento verificato a taglio

Verifica con stato di sollecitazione composto

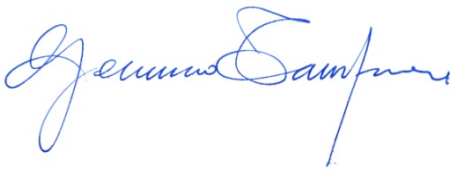
$(F_{v,Sd}/F_{v,Rd})+(F_{t,Sd}/1{,}4*F_{t,Rd}) <= 1$	0,0968	**Collegamento verificato**
$(F_{t,Sd}/F_{t,Rd}) <= 1$	0	**Collegamento verificato**

Conclusioni

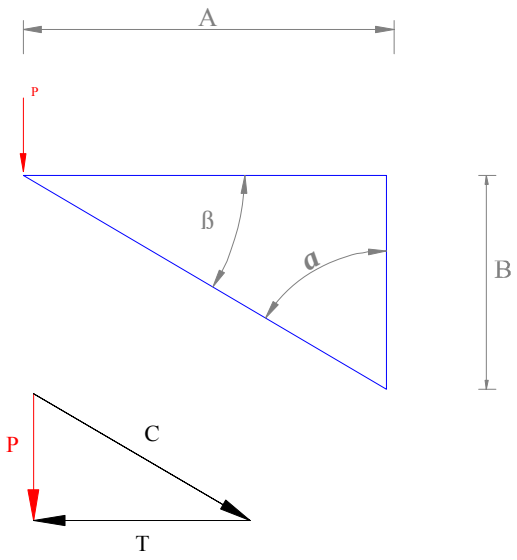
In conclusione le sollecitazioni a taglio nei connettori metallici e di circa **149,4 kg** paria circa 1/10 della solecitazione massima consentita per il il collegamento a taglio così come precedentemente indicato (**1543,4 kg**)

In considerazione dell'entità molto modesta delle sollecitazioni nei connettori non sono ipotizzabili significative deformazioni dei connettori metallici inoltre non è ipotizzabile che possa verificarsi alcuno dei modi di rottura descritti nella trattazione di M.Piazza, R. Tomasi, R.Modena "*Strutture di legno* " Hoepli 2009, pagg.197,198,199

Il Progettista
Prof. Gennaro Tampone



Verifica della mensola di acciaio inox



Schema

Carico applicato sulla mensola

P		2210	kg
B		38	cm
A		50,428	cm
β		37	
α		53	
T		2932,8	kg
C		3672,2	kg

Carico massimo tra quelli individuati negli arcarecci

Caratteristiche meccaniche dell'acciaio

Acciaio: AISI 304

Carico di snervamento minimo	$R_{p0.2}$	1900		kg/cm^2
Carico di rottura	R_m	5000	7000	kg/cm^2
Modulo di elasticità a 20° C	E	2000000		kg/cm^2
Coefficiente di dilatazione termica tra 20 e 200°C (10-6K-1)		16,5		
Coeff. di Poisson		0,29		
γ_M		1,05		

Resistenza di calcolo

f_{yk}	1809,5	kg/cm^2	(resistenza di calcolo dell' acciaio)

Verifica dei travicelli del tetto di Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Travicello più sollecitato	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
elemento di legno									
b(m)=	0,07	h(m)=	0,1	i(m)=	0,37	g(kg/m^3)=	600		11,5
									11,5

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_1k=	**38**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

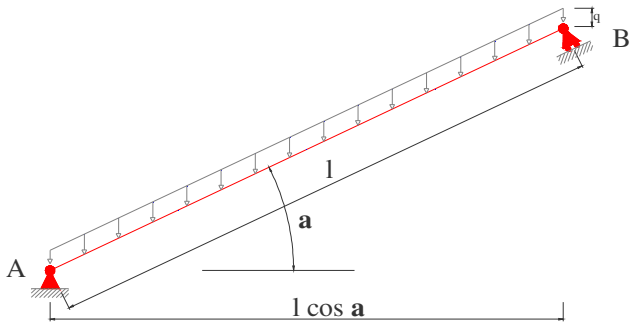
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

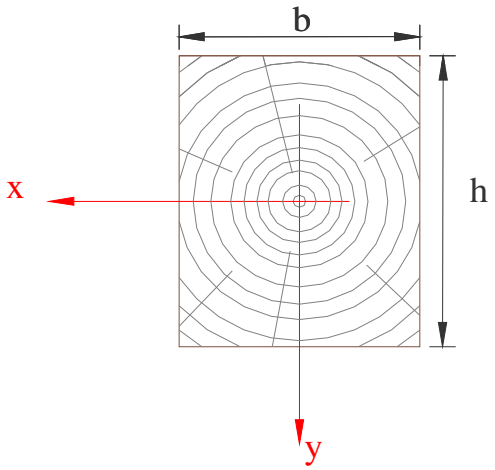
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	11,5	14,95	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	115	172,5	kg/m^2
Qk * γ_q	0	177	kg/m^2
Q1	126,5	364,45	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

l cos α	221,09	cm
b	7	cm
h	10	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	583,33	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	285,83	cm^4
Interasse	37	cm
Angolo di inclinazione della trave	16	°
Lunghezza della trave (l)	230	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Breve	
$K_{mod,I}$	0,9	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 1,35 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=(q_y \cdot l^2/8) \cdot \cos\alpha$ 8581,063002 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=(q_y \cdot l/2) \cdot \cos\alpha$ ± 149,24 kg

Sforzo normale

$N_{A=}q \cdot l \cdot \text{sen } \alpha$	85,585	kg
$N_{B=}q \cdot l \cdot \text{sen } \alpha$	0	kg
N_{mezzeria}	-42,79	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

Tensioni massima dovuta al momento

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ ± 73,552 kg/cm²

Tensione massima dovuta allo sforzo normale

$\sigma_{c,0}=N_{\text{mezzeria}}/(b \cdot h)$ -0,611 kg/cm²

$\sigma_{TOT}=\sigma_{y,m,d}+\sigma_{c,0}$

72,941 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ 3,1979 kg/cm²

Verifica a flessione

σ_{TOT}	**72,941** **kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)	
$f_{m,d}$	144 kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**3,1979** **kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)	
$f_{v,d}$	15 kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q) 0,7 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=(q_y \cdot l^2/8) \cdot \cos\alpha$ 4449,440075 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=(q_y \cdot l/2) \cdot \cos\alpha$ ± 77,382 kg

Sforzo normale

$N_{A=}q \cdot l \cdot \text{sen } \alpha$	44,378	kg
$N_{B=}q \cdot l \cdot \text{sen } \alpha$	0	kg
N_{mezzeria}	-22,19	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

Tensioni massima dovuta al momento

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/I_x$ ± 38,138 kg/cm²

Tensione massima dovuta allo sforzo normale

$\sigma_{c,0}=N_{mezzeria/}$ (b·h) | -0,317 | kg/cm^2

$\sigma_{TOT}=\sigma_{y,m,d}+\sigma_{c,0}$ | 37,821 | kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=T_y/(b\cdot h)\cdot 3/2$ | 1,6582 | kg/cm^2

Verifica a flessione

σ_{TOT}	**37,821**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$f_{m,d}$	96	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b\cdot h)\cdot 3/2$	**1,6582**	**kg/cm^2**	(tensione di calcolo del legno)	
$f_{v,d}$	10	kg/cm^2	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm^2
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp $\infty(E_{0,meam,\infty})$			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		98214	kg/cm^2
Modulo di taglio medio temp $\infty(G_{mean,\infty})$			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2*k_{def})$		6160,7	kg/cm^2
Area della sezione (A)		70	cm^2
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,9	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		0,4499	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		0,2845	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L\text{^}4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,2629	cm
$u_{1,ist}$	0,2629	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean}*A))$	0,1662	cm
$u_{2,ist}$	0,1662	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,6068	cm
$u_{net,fin}$	0,6068	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	0,7667	cm **Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	1,15	cm **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2944	cm
$u_{1,ist}$	0,2944	cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l\text{^}4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l\text{^}2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,1862	cm
$u_{2,ist}$	0,1862	cm
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,6796	cm
$u_{net,fin}$	0,6796	cm
$u_{2,ist}\leq l/300$	0,7667	cm **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$	1,15	cm	**Verificata**

Verifica dei travicelli del tetto di Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Travicello più sollecitato	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI - Carichi effettivi senza alcun coefficiente di incremento.

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m
peso proprio dell'elemento =(b·h·g)									
b(m)=	0,07	h(m)=	0,1			g(kg/m^3)=	600		4,2
									4,2

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
tegole						60
guaina bituminosa						10
scempiato di cotto	s (m)=	0,025	g (kg/m^3)=	1800		45
				G2=		**115**

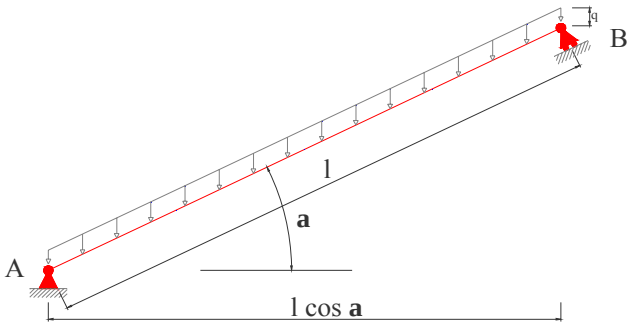
Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. Neve	80
Q_1k=	**80**

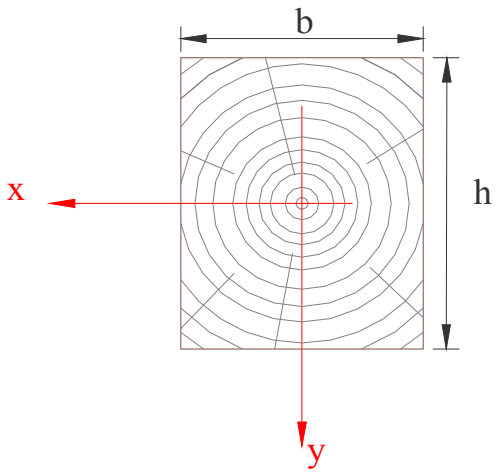
	kg/m^2
Carico accidentale. Vento	38
Q_2k=	**38**

Dati geometrici dell'elemento in opera:

l cos α	221,09	cm	
Angolo di inclinazione della trave	16	°	
b	7	cm	
h	10	cm	
J_x=b·h^3/12	583,333	cm^4	
Interasse	37	cm	
Lunghezza della trave (l)	230	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carico distribuiti sull'elemento

q	0,9041	kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M=(q \cdot l^2/8) \cos \alpha$	5746,769674	kgcm

Taglio agli appoggi

$T=(q \cdot l/2) \cdot \cos \alpha$	± 99,944	kg

Sforzo normale

$N_{A=}q \cdot l \cdot \text{sen } \alpha$	57,317	kg
$N_{B=}q \cdot l \cdot \text{sen } \alpha$	0	kg
N_{mezzeria}	-28,66	kg

Tensioni massime in mezzeria ai bordi della trave

Tensione massima dovuta al momento

$\sigma_M=(M \cdot h/2)/J$	± 49,258	kg/cm^2

Tensione massima dovuta allo sforzo normale

$\sigma_N=N_{\text{mezzeria/}} (b \cdot h)$	-0,409	kg/cm^2
	-49,67	kg/cm^2
$\sigma_{TOT=}\sigma_{M+}\sigma_N$	48,849	kg/cm^2

Tensioni agli appoggi ai bordi della trave

$\tau_{max}=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	2,1417	kg/cm^2

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max} **100** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max} **8** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

verificata a flessione

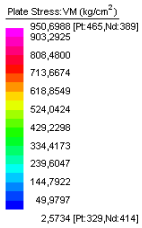
verificata a taglio

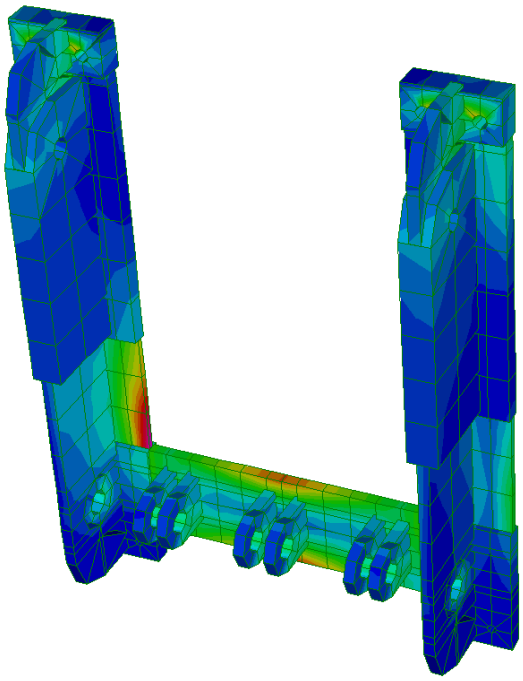
Freccia in mezzeria

$f_{max}=5/384\cdot(q\cdot l^4/E\cdot J)\cdot\cos\alpha$ 0,4524 cm

$f_{net,fin}\leq l/200$ 1,15 cm **Verificata**

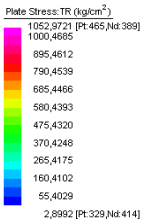
Pezzo n°1

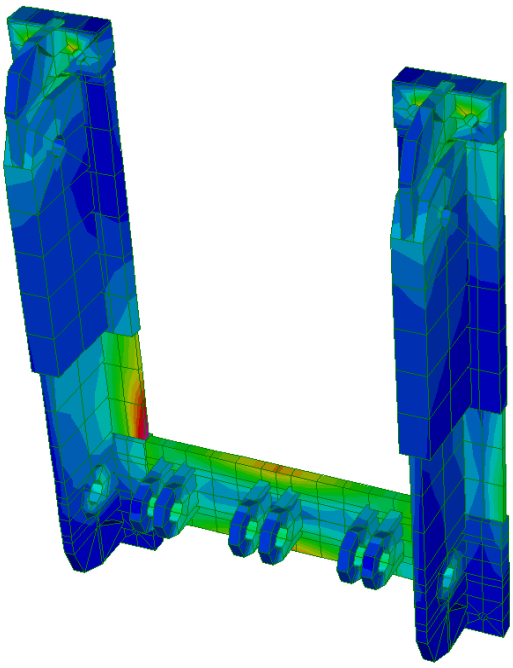




Verifica con il metodo di Von Mises

σ max 950,7 kg/cm2



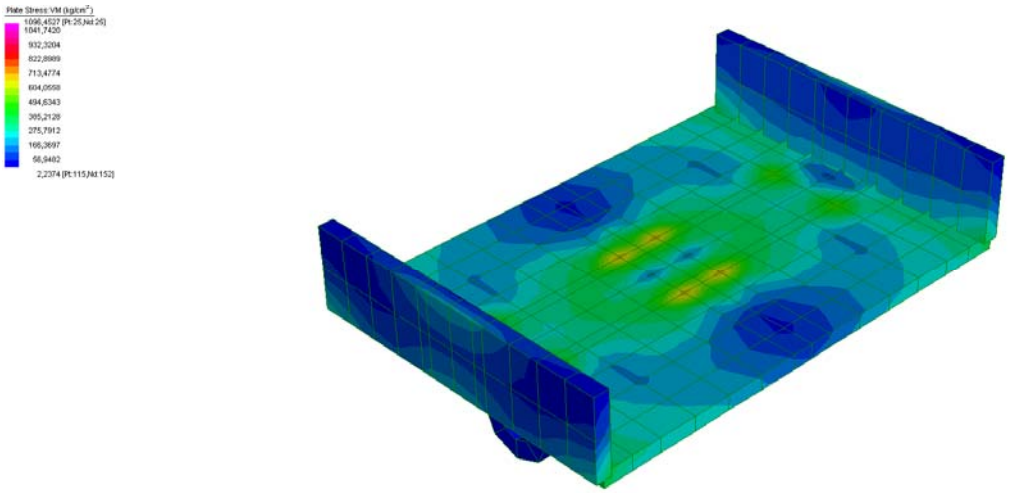


Verifica con il metodo di Tresca

σ max 1052,97 kg/cm2

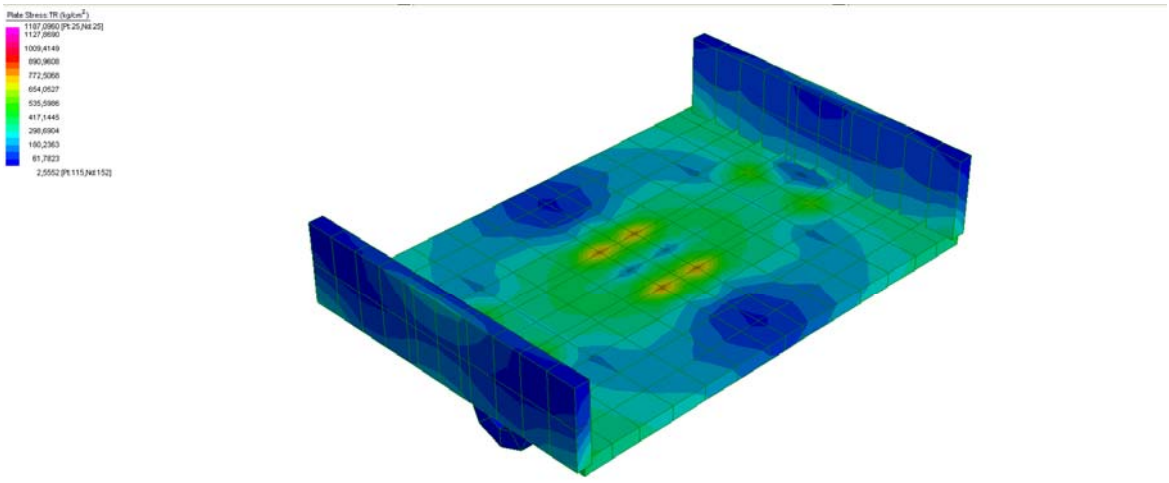
Pezzo 1 verificato

Pezzo n°2



Verifica con il metodo di Von Mises

σ max 1096,45 kg/cm2

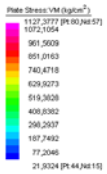


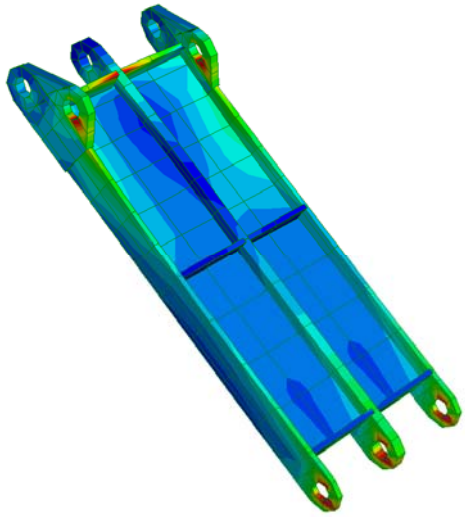
Verifica con il metodo di Tresca

σ max 1187,1 kg/cm2

Pezzo 2 verificato

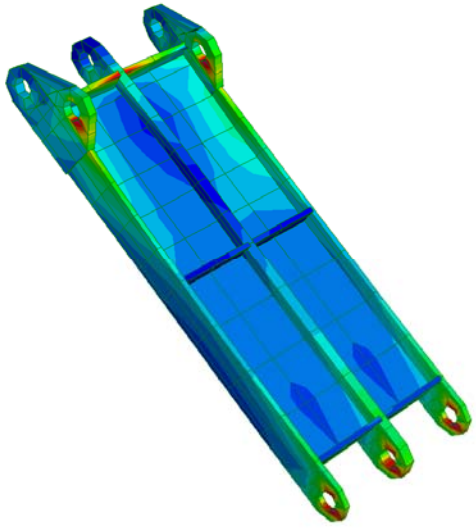
Pezzo n°3





Verifica con il metodo di Von Mises

σ max 1127,38 kg/cm2



Verifica con il metodo di Tresca

σ max 1205,67 kg/cm2

Pezzo 3 verificato

Calcolo delle barre di collegamento filettate alle estemità

Caratteristiche meccaniche dell'acciaio

Acciaio: AISI 316

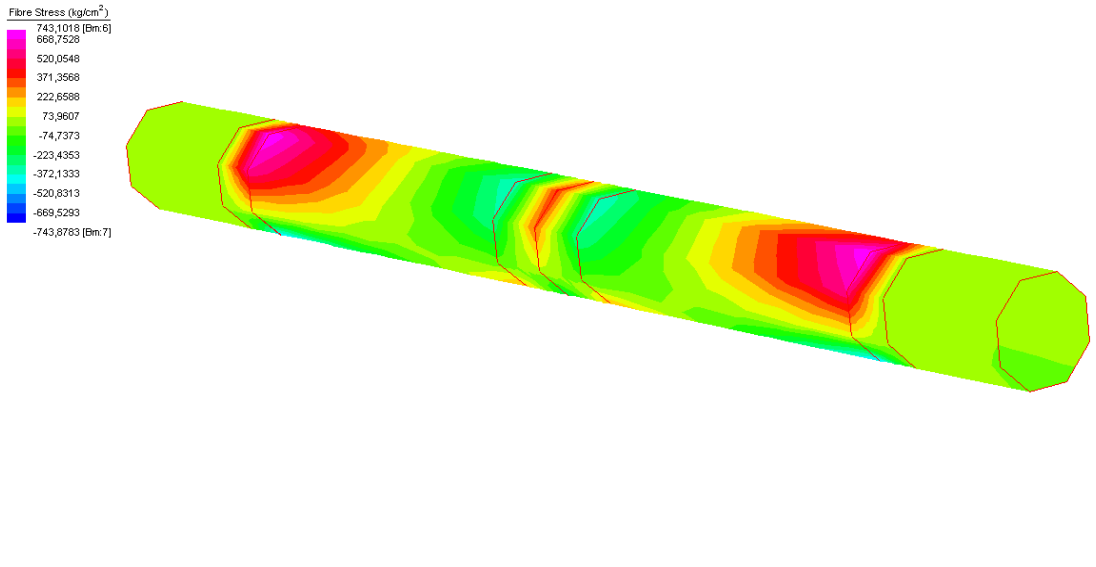
Carico di snervamento minimo	$R_{p0.2}$	2000	kg/cm^2	
Carico di rottura	R_m	5000	7000	kg/cm^2
Modulo di elasticità a 20° C	E	2000000	kg/cm^2	
Coefficiente di dilatazione termica tra 20 e 200°C (10-6K-1)		16,5		
Coeff. di Poisson		0,29		
γ_M		1,05		

Resistenza di calcolo

f_{yk} 1904,8 kg/cm^2 (resistenza di calcolo dell' acciaio)

Barra di collegamento tra pezzo 2 e pezzo 3

Diametro 24 mm

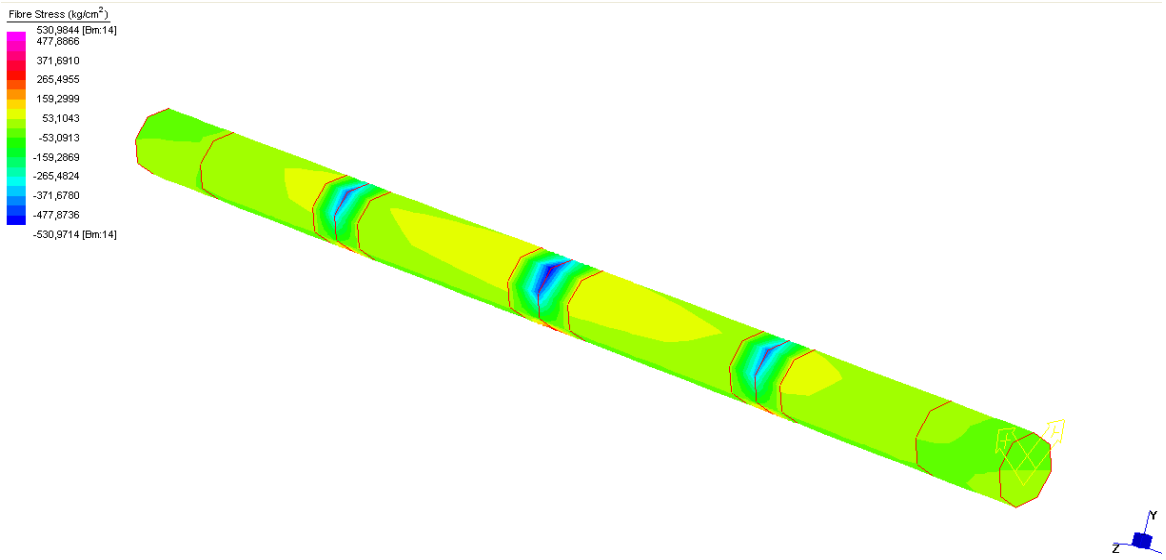


σ max 743,1 kg/cm2

Barra verificata

Barra di collegamento tra pezzo 3 e pezzo 1

Diametro 24 mm



σ_{max} 530,98 kg/cm2

Barra verificata

Verifica del cavo di acciaio

Fune di acciaio inox AISI 316

Diametro	14		mm
Carico di rottura per funeØ 12 mm 7x19	11200		kg
Carico di rottura con riduzione del 10% dovuta ai collegamenti	10080		kg
Modulo di elasticità	1000000	1300000	kg/cm²
γ_M (coefficiente di sicurezza adotatto)	3		
Resistenza di calcolo	3360		kg
Trazione nel cavo	2932,8		kg

Cavo verificato

Verifica dei bulloni di acciaio

Bulloni di acciaio inox AISI 316

Diametro	M14	
Classe di resistenza	8.8	
Qualità dell'acciaio	A4	
Numero dei bulloni	4	
Forza di taglio totale	2210	kg
Forza di tazione totale	2932,8	kg
Forza di taglio sul singolo bullone ($F_{t,Ed}$)	552,5	kg
Forza di trazione sul singolo bullone ($F_{t,Ed}$)	733,19	kg

Sollecitazioni	
$F_{v,Ed}$ (N)	5525
$F_{t,Ed}$ (N)	7332

Bulloni	
Classe	8,8
d (mm)	14
γ_{M2}	1,25
f_{yb} (N/mm^2)	640
f_{tb} (N/mm^2)	800
A_n (mm^2)	153
A_{res} (mm^2)	115

Verifica con formula 4.2.65

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1$$

$F_{v,Rd}$ (N)	44160
$F_{t,Rd}$ (N)	66240

$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}}$	0,204

Classe	f_{yb} (N/mm^2)	f_{tb} (N/mm^2)
4,6	240	400
5,6	300	500
6,8	480	600
8,8	640	800
10,9	900	1000

d (mm)	A_n (mm^q)	A_{res} (mm^2)
12	113	84
14	153	115
16	201	157
18	254	192
20	314	245
22	380	303
24	452	353
27	572	459
30	706	561

Verifica della trave n°1 (sala 1) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento: Trave n°1
Specie legnosa: Abete bianco (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria: II (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,08	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		10,8
elemento di legno									
b(m)=	0,2	h(m)=	0,28	i(m)=	1,78	g(kg/m^3)=	600		19
									29,8

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
Pavimento di lineloum					10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400	240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600	18
				G2=	**268**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Q_1k=	**200**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

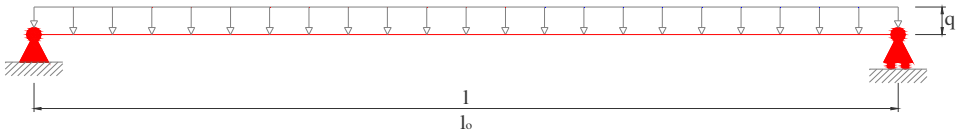
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

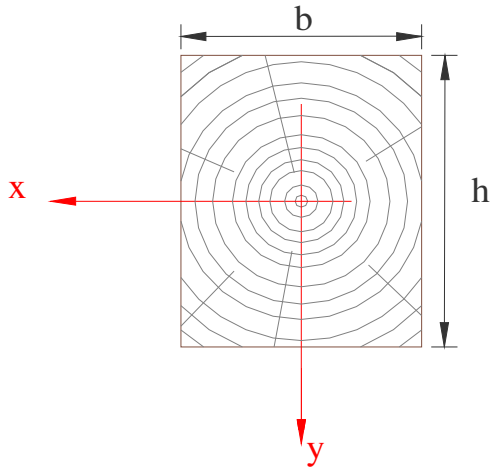
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	29,8	38,74	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	268	402	kg/m^2
Qk * γ_q	0	300	kg/m^2
Q1	297,8	740,74	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	550	cm
b	20	cm
h	28	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	36587	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	18667	cm^4
Interasse	178	cm
Angolo	0	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	550	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Media	
$K_{mod,I}$	0,8	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 13,2 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y\cdot l^2/8$ 499125 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y\cdot l/2$ ± 3630 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y\cdot h/2)/I_x$ 190,99 kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ | 9,7232 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$	**190,99**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)
$f_{m,d}$	128	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**9,7232**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$T=q \cdot l/2$	± 3630	kg	
$f_{v,d}$	13,333	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	7,85	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,85	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ | 296828,125 | kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ | 2158,8 | kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ | 113,58 | kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | 5,7824 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$	**113,58**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$f_{m,d}$	96	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**5,7824**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$T=q \cdot l/2$	± 2158,8	kg	
$f_{v,d}$	10	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		98214	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		6160,7	kg/cm²
Area della sezione (A)		560	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,8	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		5,3008	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		3,56	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$ — 1,6316 cm

$u_{1,ist}$ — 1,6316 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$ — 1,0958 cm

$u_{2,ist}$ — 1,0958 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ — 3,8378 cm

$u_{net,fin}$ — 3,8378 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$ — 1,8333 cm — **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$ — 2,75 cm — **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ — 1,8274 cm

$u_{1,ist}$ — 1,8274 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ — 1,2273 cm

$u_{2,ist}$ — 1,2273 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ — 4,2983 cm

$u_{net,fin}$ — 4,2983 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$ — 1,8333 cm — **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$ — 2,75 cm — **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria — 3,5 cm — rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica della trave n°1 (sala 1) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Trave n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,08	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		**10,8**

peso della trave di legno=(b·h·g·L)/L									kg/m
b(m)=	0,2	h(m)=	0,28	l(m)=	5,5	g(kg/m^3)=	600		**33,6**

Elementi non strutturali (G2)

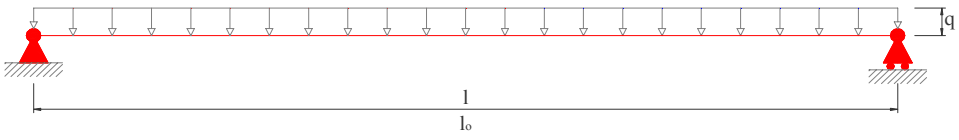
						kg/m^2
Pavimento di linoleum						10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400		240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600		18
				G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

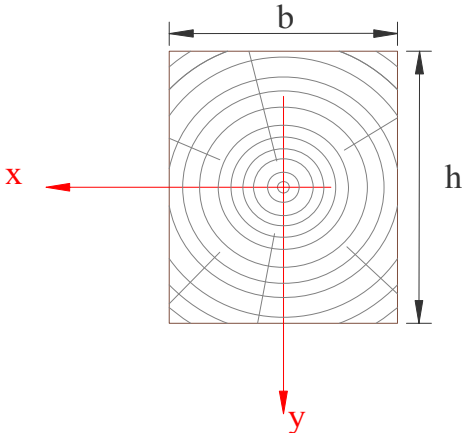
		kg/m^2
Carico accidentale (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Qk=	**200**

Dati geometrici della trave di legno in opera:

Lunghezza della trave	550	cm	
b	20	cm	
h	28	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	36587	cm^4	
Interasse	178	cm	
Lunghezza di calcolo (l_0)	550	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 8,8586 kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 334967,325 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2436,1 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$ **128,18** kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ ± **6,5253** kg/cm^2

Freccia in mezzeria

$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$ **2,4041** cm

Freccia rilevata im mezzeria 3,5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max} **100** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max} **8** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

<u>Verifica della trave n°1</u> (sala 1) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando il consolidamento eseguito mediante iserimento di lamine nel bordo inferiore e profili ad L al bordo sueriore

Numerazione elemento:	Trave n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i								kg/m^2
b(m)=	0,08	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600	**10,8**

peso della trave di legno=(b·h·g·l)/l								kg/m
b(m)=	0,2	h(m)=	0,28	l(m)=	5,5	g(kg/m^3)=	600	33,6
peso proprio delle lamine di acciaio inox AISI 304=(b·h·g)								
b(m)=	0,02	h(m)=	0,1			g(kg/m^3)=	8000	16
peso proprio dei profili ad L di acciaio inox AISI 304 =(A·g)								
A(m^2)=	0,00061					g(kg/m^3)=	8000	4,88
								54,48

<u>Elementi non strutturali (G2)</u>

					kg/m^2
Pavimento di linoleum					10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400	240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600	18
				G2=	**268**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Qk=	**200**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

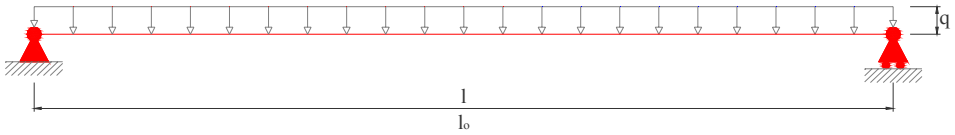
Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

<u>Carichi distribuiti sull'elemento</u>

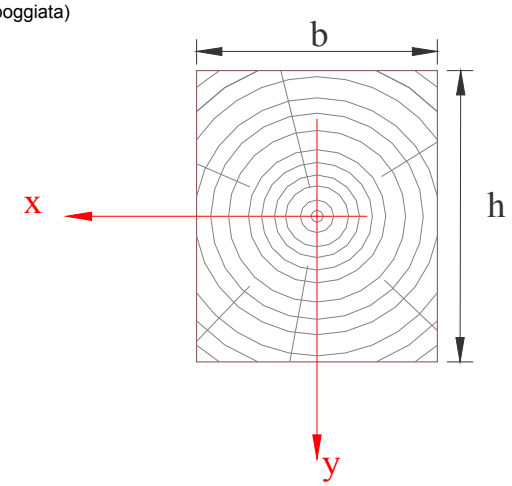
q 13,454 kg/cm

<u>Dati geometrici dell'elemento in opera:</u>

b	20	cm
h	28	cm
$J_x=b \cdot h^3/12$	36586,7	cm^4
Interasse	178	cm
Lunghezza della trave	550	cm
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete III categoria



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno e dell'acciaio

Legno:	*Legno massiccio*		C24		
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2	
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2	
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2	equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5		
Acciaio:	AISI 304				
	Carico di snervamento minimo	$R_{P0.2}$	1900	kg/cm^2	
	Carico di rottura	R_m	5000	7000 kg/cm^2	
	Modulo di elasticità a 20° C	E	2000000	kg/cm^2	
	Coefficiente di dilatazione termica tra 20 e 200°C (10-6K-1)		16,5		
	Coeff. di Poisson		0,29		
	γ_M		1,05		

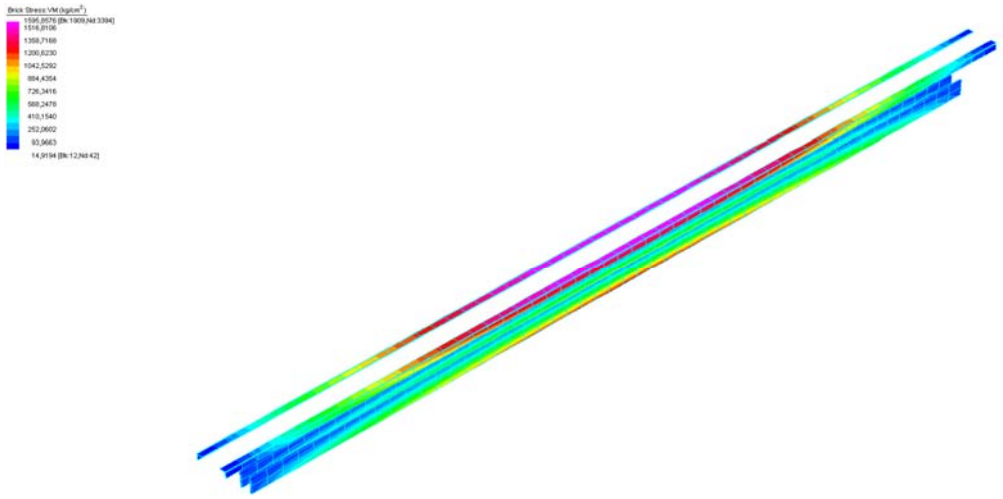
A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Media
$K_{mod,I}$	0,8

Resistenza di calcolo

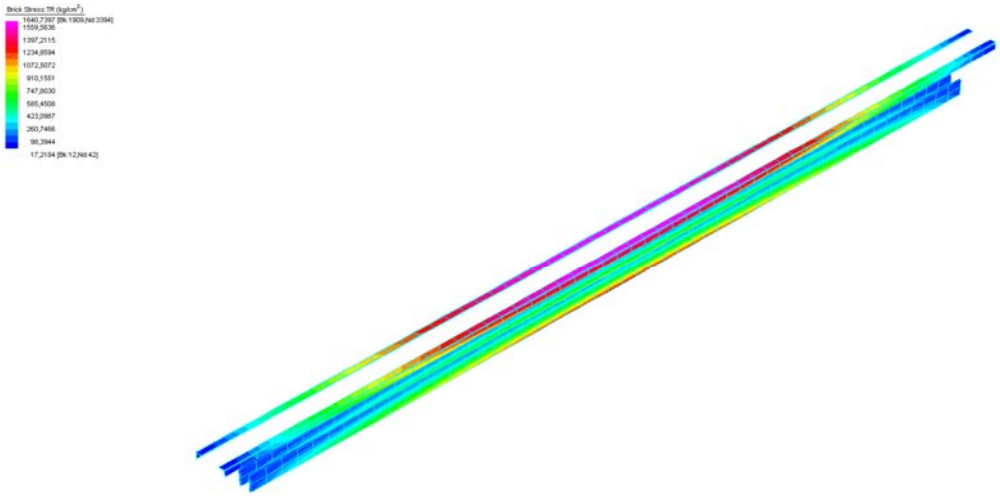
$f_{m,d}$	128 kg/cm^2	(resistenza di calcolo a flessione del legno)	
f_{yk}	1809,5 kg/cm^2	(resistenza di calcolo a flessione dell' acciaio)	
$f_{v,d}$	13,333 kg/cm^2	(resistenza di calcolo a taglio del legno)	

Sollecitazioni nell'acciaio



Verifica con il metodo di Von Mises

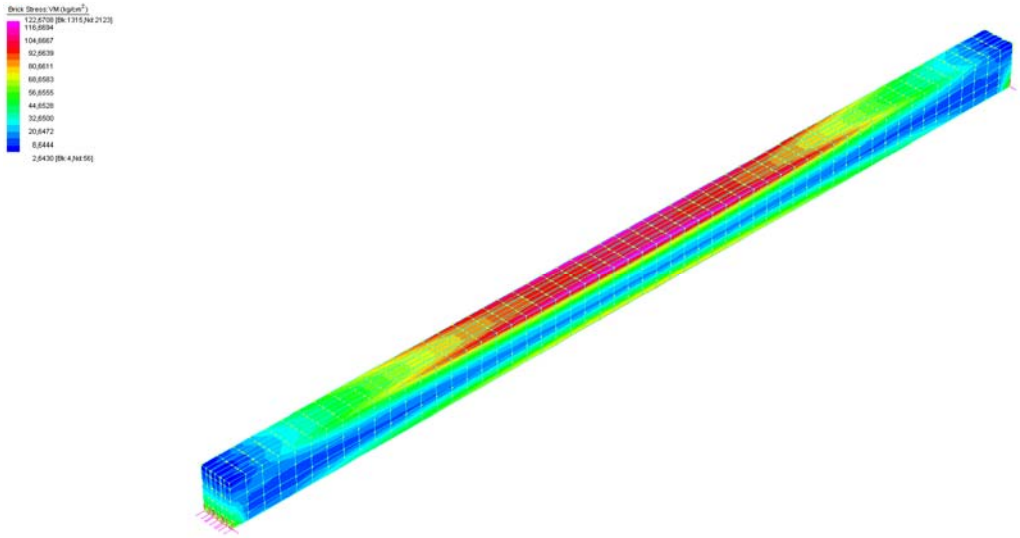
σ_{max} 1595,85 kg/cm2



Verifica con il metodo di Tresca

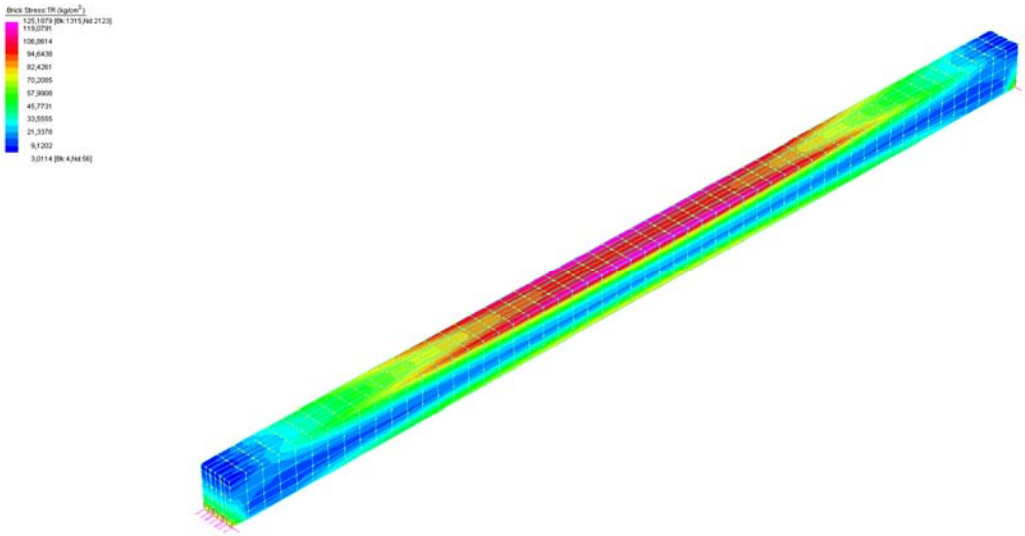
σ_{max} 1640,7 kg/cm2

Sollecitazioni nel legno



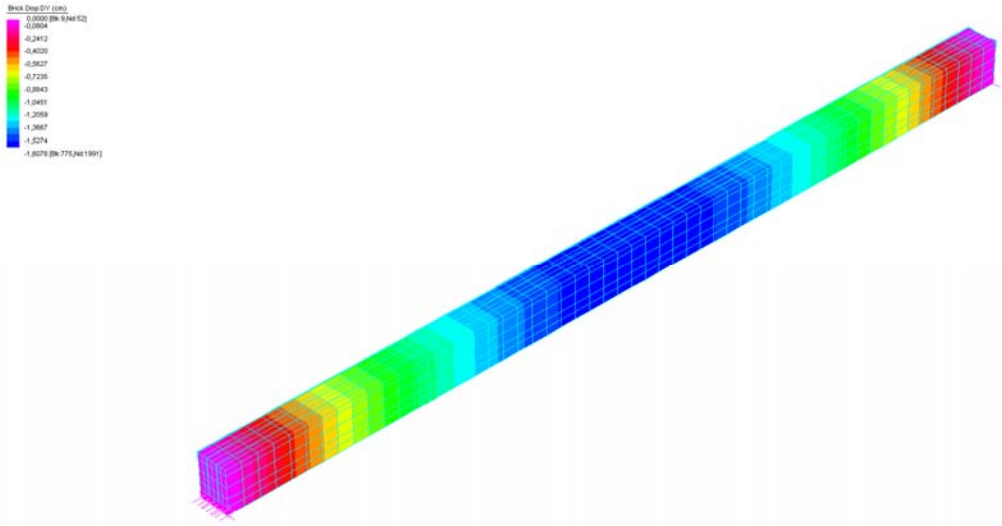
Verifica con il metodo di Von Mises

σ max 122,7 kg/cm2



Verifica con il metodo di Tresca

σ max 125,19 kg/cm2



Freccia massima -1,61 cm

Sollecitazione nel legno verificate

Sollecitazione nell' acciaio verificate

Verifica della trave n°2 (sala 1) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento: Trave n°2
Specie legnosa: Abete bianco (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria: II (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,08	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		10,8
elemento di legno									
b(m)=	0,2	h(m)=	0,28	i(m)=	1,63	g(kg/m^3)=	600		21
									31,8

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
Pavimento di lineloum					10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400	240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600	18
				G2=	**268**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Q_1k=	**200**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

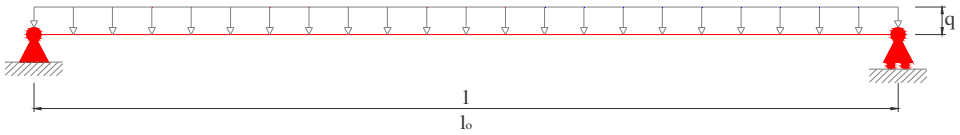
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

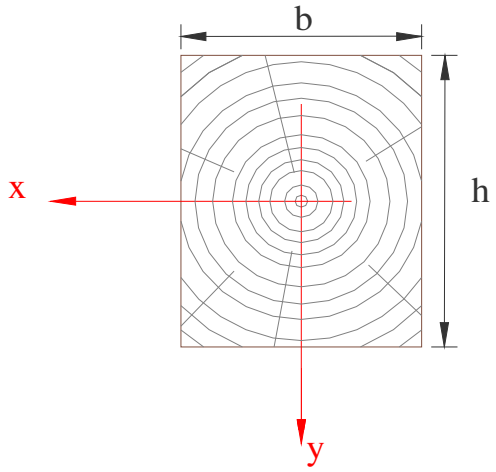
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	31,8	41,34	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	268	402	kg/m^2
Qk * γ_q	0	300	kg/m^2
Q1	299,8	743,34	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	558	cm
b	20	cm
h	28	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	36587	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	18667	cm^4
Interasse	163	cm
Angolo	0	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	558	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio		1
Classe di durata del carico		Media
$K_{mod,I}$		0,8

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 12,15 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y\cdot l^2/8$ 472884,075 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y\cdot l/2$ ± 3389,9 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y\cdot h/2)/I_x$ 180,95 kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ | 9,08 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$ | **180,95** | **kg/cm²** | (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ | 128 | kg/cm² | (resistenza di calcolo del legno) | **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | **9,08** | **kg/cm²** | (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ | ± 3389,9 | kg

$f_{v,d}$ | 13,333 | kg/cm² | (resistenza di calcolo del legno) | **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	7,25	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,25	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ | 282173,625 | kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ | 2022,8 | kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ | 107,97 | kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | 5,4181 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$ | **107,97** | **kg/cm²** | (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ | 96 | kg/cm² | (resistenza di calcolo del legno) | **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | **5,4181** | **kg/cm²** | (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ | ± 2022,8 | kg

$f_{v,d}$ | 10 | kg/cm² | (resistenza di calcolo del legno) | **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		98214	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		6160,7	kg/cm²
Area della sezione (A)		560	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,8	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		4,8867	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		3,26	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$ 1,5918 cm

$u_{1,ist}$ 1,5918 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$ 1,0619 cm

$u_{2,ist}$ 1,0619 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ 3,7363 cm

$u_{net,fin}$ 3,7363 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$	1,86 cm	**Verificata**
$u_{net,fin} \leq l/200$	2,79 cm	**Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ 1,7829 cm

$u_{1,ist}$ 1,7829 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ 1,1894 cm

$u_{2,ist}$ 1,1894 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ 4,1847 cm

$u_{net,fin}$ 4,1847 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$	1,86 cm	**Verificata**
$u_{net,fin} \leq l/200$	2,79 cm	**Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria 2,5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica della trave n°2 (sala 1) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Trave n°2	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,08	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		**10,8**

peso della trave di legno=(b·h·g·L)/L									kg/m
b(m)=	0,2	h(m)=	0,28	l(m)=	5,58	g(kg/m^3)=	600		**33,6**

Elementi non strutturali (G2)

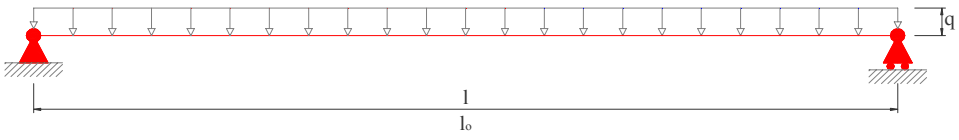
						kg/m^2
Pavimento di linoleum						10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400		240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600		18
				G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

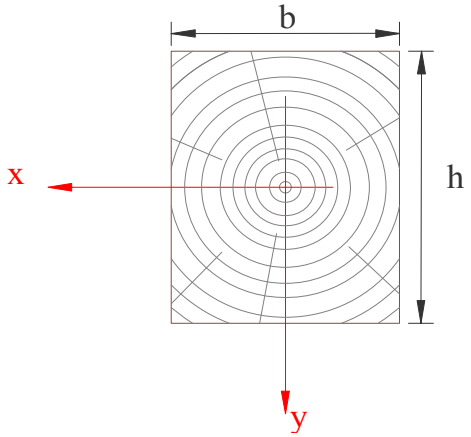
		kg/m^2
Carico accidentale (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Qk=	**200**

Dati geometrici della trave di legno in opera:

Lunghezza della trave	558	cm	
b	20	cm	
h	28	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	36587	cm^4	
Interasse	163	cm	
Lunghezza di calcolo (l_0)	558	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 8,1404 kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 316829,995 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2271,2 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$ **121,24** kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ ± **6,0835** kg/cm^2

Freccia in mezzeria

$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$ **2,3406** cm

Freccia rilevata im mezzeria 2,5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max} **100** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max} **8** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica della trave n°1 (sala 2) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento: Trave n°1
Specie legnosa: Abete bianco (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria: II (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,07	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		9,45
elemento di legno									
b(m)=	0,2	h(m)=	0,3	i(m)=	1,68	g(kg/m^3)=	600		21,5
									30,95

Elementi non strutturali (G2)

					kg/m^2
Pavimento di lineloum					10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400	240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600	18
				G2=	**268**

Carichi variabili(Q)

	kg/m^2
Carico accidentale. (Qk)-Uffici non aperti al pubblico	200
Q_1k=	**200**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

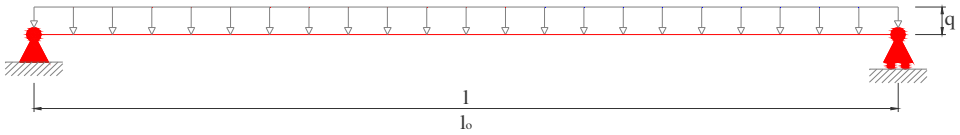
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

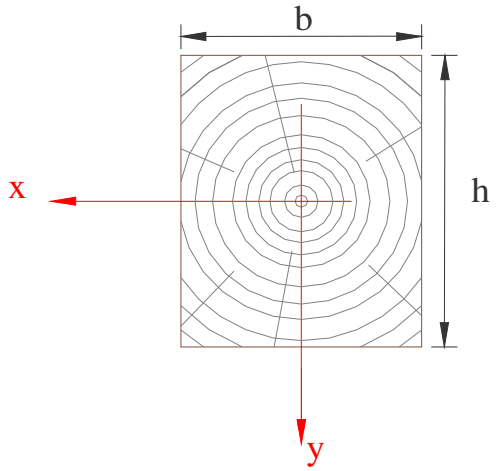
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	30,95	40,235	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	268	402	kg/m^2
Qk * γ_q	0	300	kg/m^2
Q1	298,95	742,235	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	555	cm
b	20	cm
h	30	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	45000	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	20000	cm^4
Interasse	168	cm
Angolo	0	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	555	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Media	
$K_{mod,I}$	0,8	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 12,5 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y\cdot l^2/8$ 481289,0625 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y\cdot l/2$ ± 3468,8 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y\cdot h/2)/I_x$ 160,43 kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ | 8,6719 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$	**160,43**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)
$f_{m,d}$	128	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**8,6719**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$T=q \cdot l/2$	± 3468,8	kg	
$f_{v,d}$	13,333	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	7,45	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,45	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ | 286848,2813 | kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ | 2067,4 | kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ | 95,616 | kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | 5,1684 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$	**95,616**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$f_{m,d}$	96	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**5,1684**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$T=q \cdot l/2$	± 2067,4	kg	
$f_{v,d}$	10	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		98214	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		6160,7	kg/cm²
Area della sezione (A)		600	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,8	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		5,0224	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		3,36	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$ — 1,3095 cm

$u_{1,ist}$ — 1,3095 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$ — 0,8761 cm

$u_{2,ist}$ — 0,8761 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ — 3,0764 cm

$u_{net,fin}$ — 3,0764 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$ — 1,85 cm — **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$ — 2,775 cm — **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ — 1,4667 cm

$u_{1,ist}$ — 1,4667 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ — 0,9812 cm

$u_{2,ist}$ — 0,9812 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ — 3,4456 cm

$u_{net,fin}$ — 3,4456 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$ — 1,85 cm — **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$ — 2,775 cm — **Non verificata**

Freccia rilevata im mezzeria — 3,5 cm — rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica della trave n°1 (sala 2) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Trave n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,07	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		**9,45**

peso della trave di legno=(b·h·g·L)/L									kg/m
b(m)=	0,2	h(m)=	0,3	l(m)=	5,55	g(kg/m^3)=	600		**36**

Elementi non strutturali (G2)

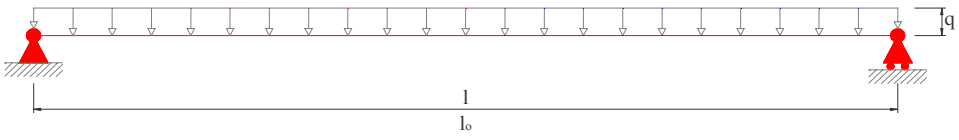
						kg/m^2
Pavimento di linoleum						10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400		240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600		18
				G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

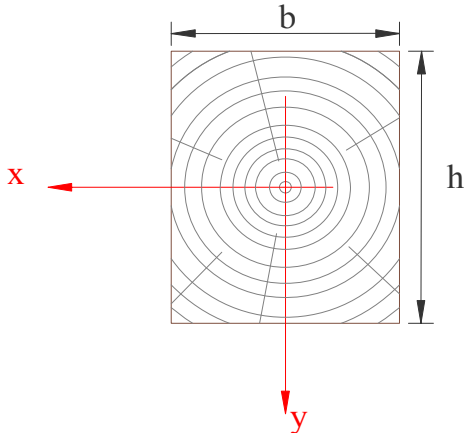
		kg/m^2
Carico accidentale (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Qk=	**200**

Dati geometrici della trave di legno in opera:

Lunghezza della trave	555	cm	
b	20	cm	
h	30	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	45000	cm^4	
Interasse	168	cm	
Lunghezza di calcolo (l_0)	555	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Verifica della trave n°1 (sala 2) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando il consolidamento eseguito mediante iserimento di lamine nel bordo inferiore e profili ad L al bordo sueriore

Numerazione elemento:	Trave n°1	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,08	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		**10,8**

peso della trave di legno=(b·h·g·l)/l									kg/m
b(m)=	0,2	h(m)=	0,3	l(m)=	5,55	g(kg/m^3)=	600		36
peso proprio delle lamine di acciaio inox AISI 304=(b·h·g)									
b(m)=	0,02	h(m)=	0,1			g(kg/m^3)=	8000		16
peso proprio dei profili ad L di acciaio inox AISI 304 =(A·g)									
A(m^2)=	0,00061					g(kg/m^3)=	8000		4,88
									56,88

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
Pavimento di linoleum						10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400		240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600		18
				G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Qk=	**200**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)		(favorevole)	(sfavorevole)
	γ_{G1}	1	1,3
	γ_{G2}	1	1,5
	γ_q	0	1,5

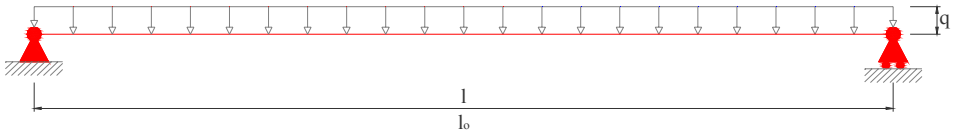
Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

Carichi distribuiti sull'elemento

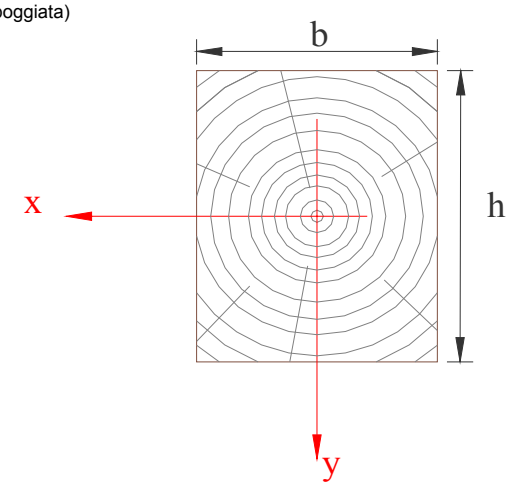
q 12,769 kg/cm

Dati geometrici dell'elemento in opera:

b	20	cm
h	30	cm
$J_x=b \cdot h^3/12$	45000	cm^4
Interasse	168	cm
Lunghezza della trave	555	cm
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categoria



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno e dell'acciaio

Legno:	*Legno massiccio*		C24		
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2	
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2	
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2	equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5		
Acciaio:	AISI 304				
	Carico di snervamento minimo	$R_{P0.2}$	1900	kg/cm^2	
	Carico di rottura	R_m	5000	7000 kg/cm^2	
	Modulo di elasticità a 20° C	E	2000000	kg/cm^2	
	Coefficiente di dilatazione termica tra 20 e 200°C (10-6K-1)		16,5		
	Coeff. di Poisson		0,29		
	γ_M		1,05		

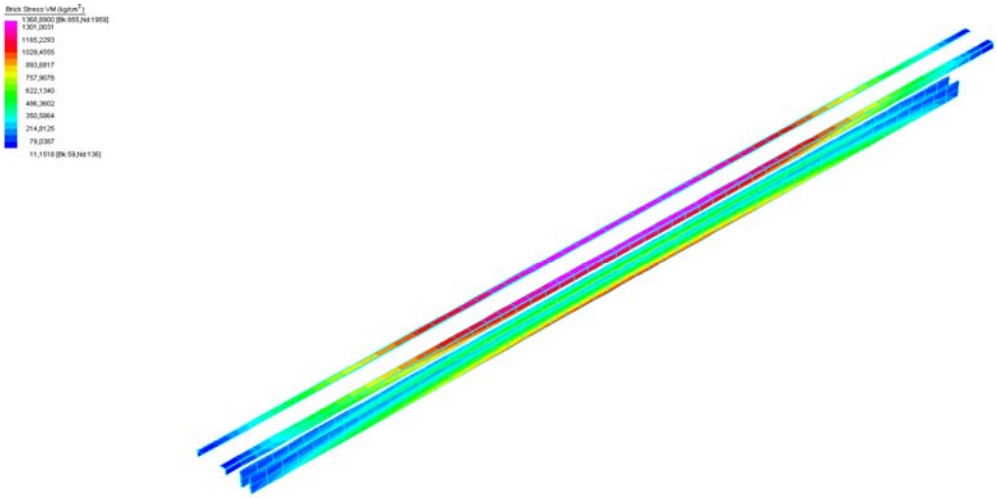
A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi di permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Media
$K_{mod,I}$	0,8

Resistenza di calcolo

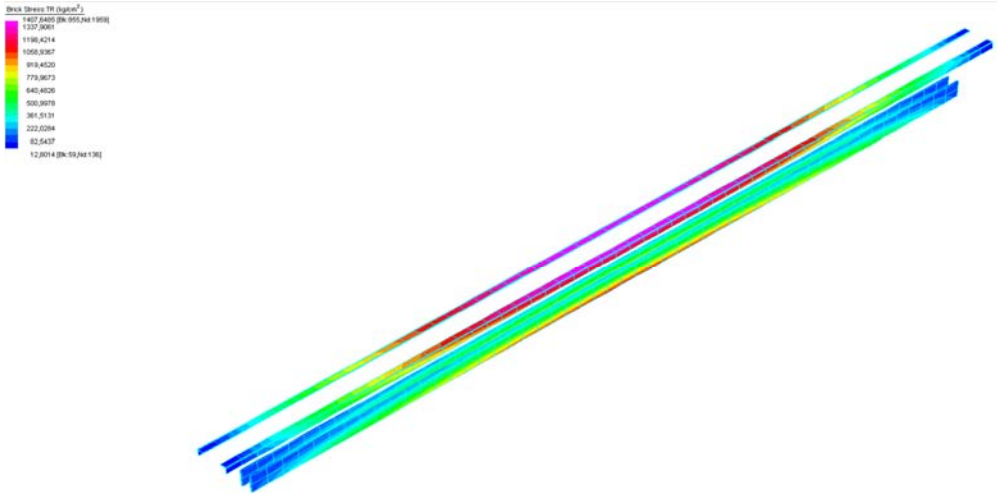
$f_{m,d}$	128 kg/cm^2	(resistenza di calcolo a flessione del legno)	
f_{yk}	1809,5 kg/cm^2	(resistenza di calcolo a flessione dell' acciaio)	
$f_{v,d}$	13,333 kg/cm^2	(resistenza di calcolo a taglio del legno)	

Sollecitazioni nell'acciaio



Verifica con il metodo di Von Mises

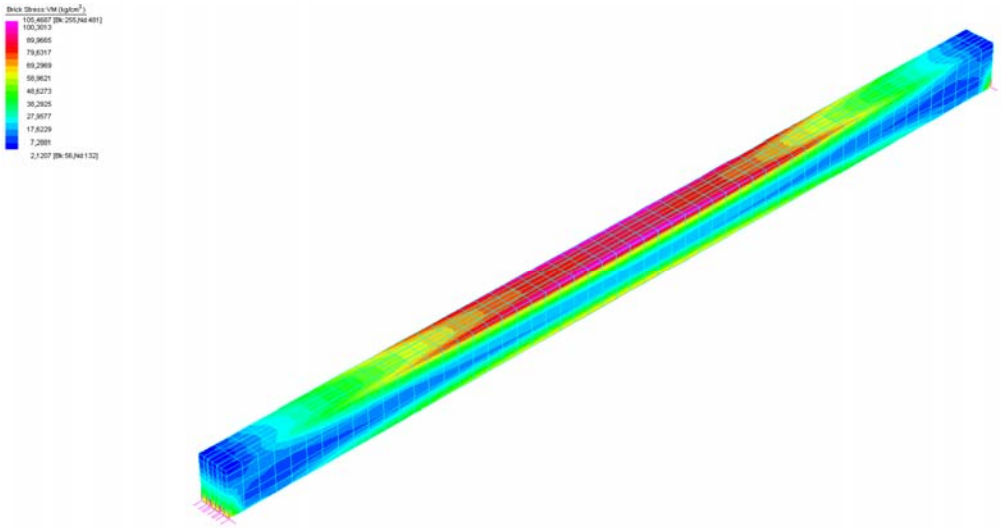
σ_{max} 1368,89 kg/cm2



Verifica con il metodo di Tresca

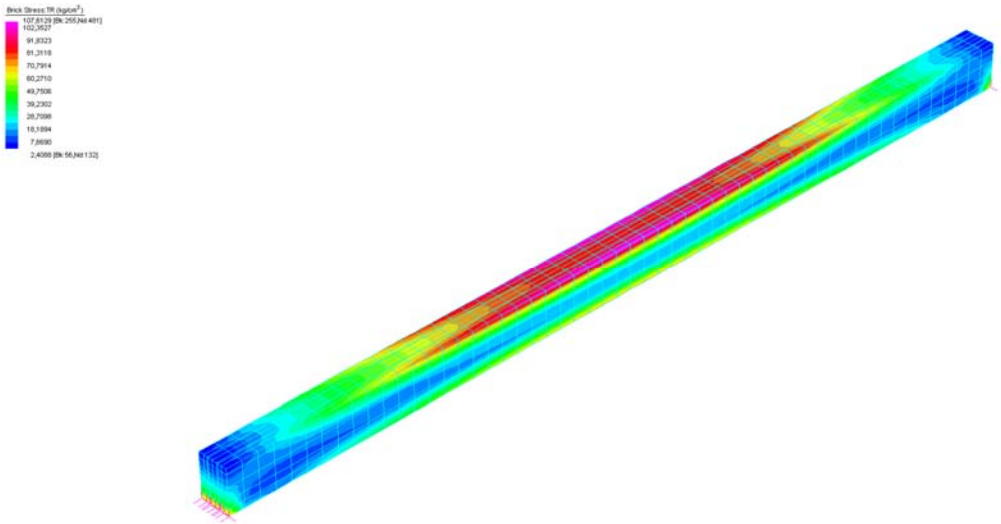
σ_{max} 1407,65 kg/cm2

Sollecitazioni nel legno



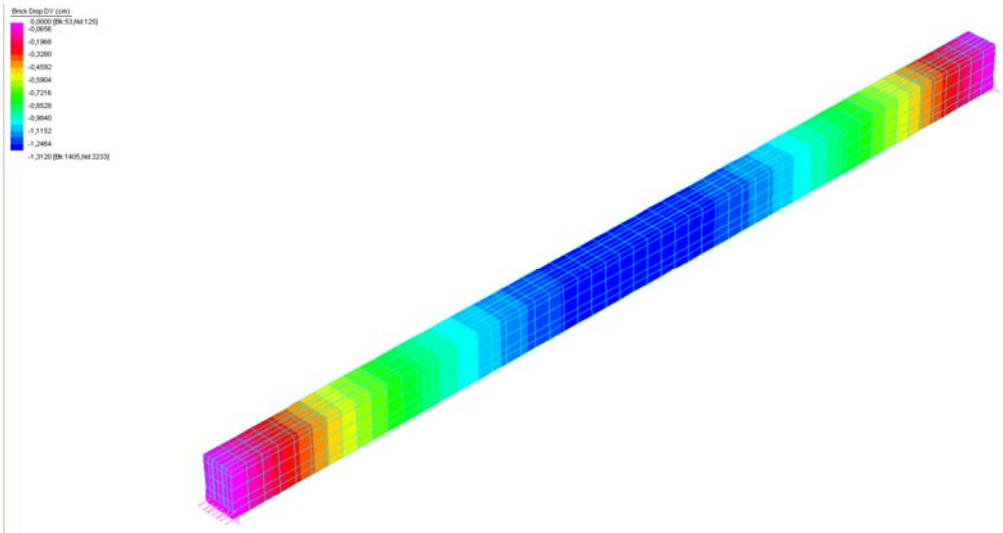
Verifica con il metodo di Von Mises

σ max 105,47 kg/cm2



Verifica con il metodo di Tresca

σ max 107,61 kg/cm2



Freccia massima -1,31 cm

Sollecitazione nel legno verificate

Sollecitazione nell' acciaio verificate

Carichi

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 8,3812 kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 322700,8511 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2325,8 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$ **107,57** kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ ± **5,8144** kg/cm^2

Freccia in mezzeria

$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$ **1,9174** cm

Freccia rilevata im mezzeria 3,5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max} **100** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max} **8** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Non verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica della trave n°3 (sala 2) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento: Trave n°3
Specie legnosa: Abete bianco (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria: II (indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
travicelli di legno									
b(m)=	0,07	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		9,45
elemento di legno									
b(m)=	0,2	h(m)=	0,32	i(m)=	1,59	g(kg/m^3)=	600		24,5
									33,95

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
Pavimento di lineloum						10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400		240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600		18
				G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Q_1k=	**200**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

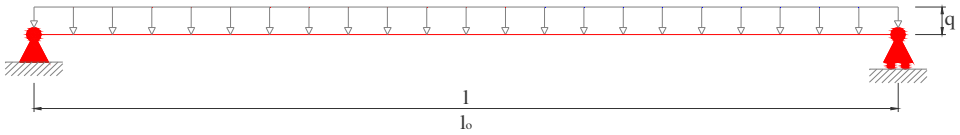
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

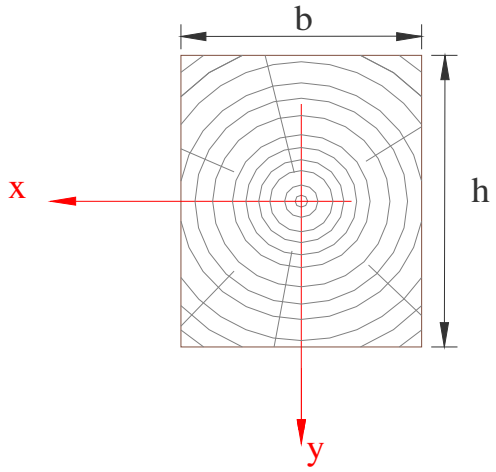
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	33,95	44,135	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	268	402	kg/m^2
Qk * γ_q	0	300	kg/m^2
Q1	301,95	746,135	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	547	cm
b	20	cm
h	32	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	54613	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	21333	cm^4
Interasse	159	cm
Angolo	0	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	547	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Media
$K_{mod,I}$	0,8

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 11,9 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y\cdot l^2/8$ 445073,3875 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y\cdot l/2$ ± 3254,7 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y\cdot h/2)/I_x$ 130,39 kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ | 7,6281 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$	**130,39**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)
$f_{m,d}$	128	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**7,6281**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$T=q \cdot l/2$	± 3254,7	kg	
$f_{v,d}$	13,333	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	7,1	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	7,1	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ | 265547,9875 | kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ | 1941,9 | kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ | 77,797 | kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | 4,5512 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$	**77,797**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$f_{m,d}$	96	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**4,5512**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)
$T=q \cdot l/2$	± 1941,9	kg	
$f_{v,d}$	10	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno) **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		98214	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		6160,7	kg/cm²
Area della sezione (A)		640	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,8	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		4,801	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		3,18	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$ — 0,9804 cm

$u_{1,ist}$ — 0,9804 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$ — 0,6494 cm

$u_{2,ist}$ — 0,6494 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ — 2,2959 cm

$u_{net,fin}$ — 2,2959 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$ — 1,8233 cm — **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$ — 2,735 cm — **Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ — 1,098 cm

$u_{1,ist}$ — 1,098 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ — 0,7273 cm

$u_{2,ist}$ — 0,7273 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ — 2,5714 cm

$u_{net,fin}$ — 2,5714 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$ — 1,8233 cm — **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$ — 2,735 cm — **Verificata**

Freccia rilevata im mezzeria — 3,5 cm — rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica della trave n°3 (sala 2) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Trave n°3	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso dei travicelli di legno =(b·h·g)/i									kg/m^2
b(m)=	0,07	h(m)=	0,09	i(m)=	0,4	g(kg/m^3)=	600		**9,45**

peso della trave di legno=(b·h·g·L)/L									kg/m
b(m)=	0,2	h(m)=	0,32	l(m)=	5,47	g(kg/m^3)=	600		**38,4**

Elementi non strutturali (G2)

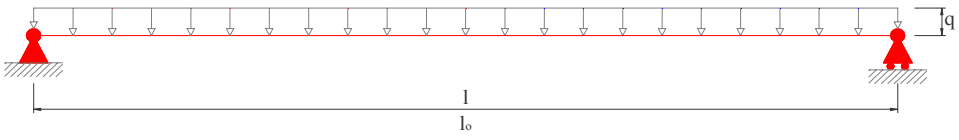
						kg/m^2
Pavimento di linoleum						10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400		240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600		18
				G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

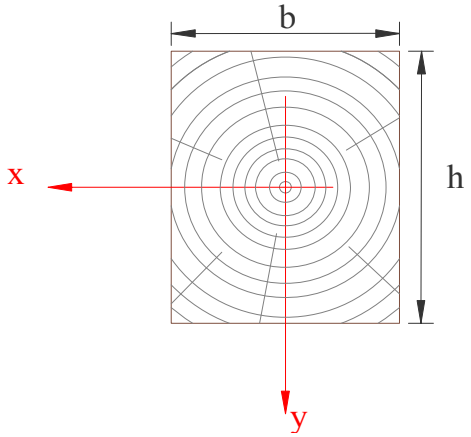
		kg/m^2
Carico accidentale (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Qk=	**200**

Dati geometrici della trave di legno in opera:

Lunghezza della trave	547	cm	
b	20	cm	
h	32	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	54613	cm^4	
Interasse	159	cm	
Lunghezza di calcolo (l_0)	547	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 7,9755 kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 298290,9894 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 2181,3 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$ **87,39** kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ ± **5,1124** kg/cm^2

Freccia in mezzeria

$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$ **1,4186** cm

Freccia rilevata im mezzeria 3,5 cm rilevazioni studio Tampone 20015

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max} **100** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max} **8** kg/cm^2 per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dei travicelli (sala 2) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Numerazione elemento:	Travicello più sollecitato	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
elemento di legno									
b(m)=	0,07	h(m)=	0,075	i(m)=	0,41	g(kg/m^3)=	600		8
									8

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
Pavimento di lineloum						10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400		240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600		18
				G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Q_1k=	**200**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

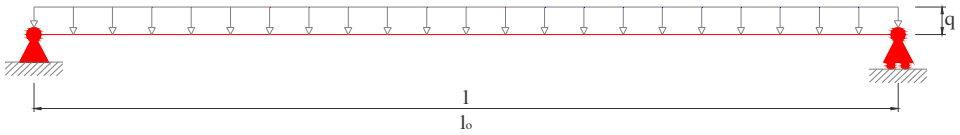
	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

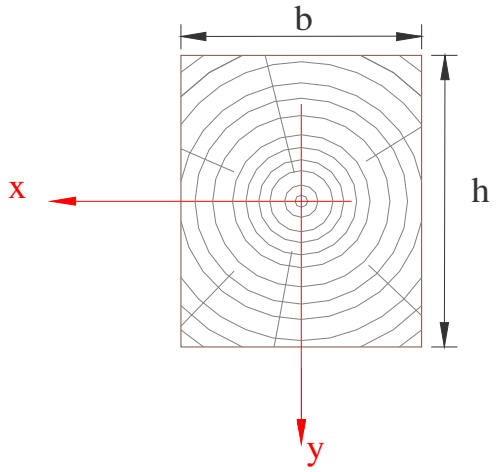
	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	8	10,4	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	268	402	kg/m^2
Qk * γ_q	0	300	kg/m^2
Q1	276	712,4	kg/m^2

Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	156	cm
b	7	cm
h	7,5	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	246,09	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	214,38	cm^4
Interasse	41	cm
Angolo	0	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	156	cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio	1	
Classe di durata del carico	Media	
$K_{mod,I}$	0,8	

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 2,95 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y\cdot l^2/8$ 8973,9 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y\cdot l/2$ ± 230,1 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y\cdot h/2)/I_x$ 136,75 kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ | 6,5743 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$ | **136,75** | **kg/cm²** | (tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)

$f_{m,d}$ | 128 | kg/cm² | (resistenza di calcolo del legno) | **Non verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | **6,5743** | **kg/cm²** | (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ | ± 230,1 | kg

$f_{v,d}$ | 13,333 | kg/cm² | (resistenza di calcolo del legno) | **Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	1,7	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	1,7	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ | 5171,4 | kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ | 132,6 | kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ | 78,802 | kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | 3,7886 | kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$ | **78,802** | **kg/cm²** | (tensione di calcolo del legno)

$f_{m,d}$ | 96 | kg/cm² | (resistenza di calcolo del legno) | **Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$ | **3,7886** | **kg/cm²** | (tensione di calcolo del legno)

$T=q \cdot l/2$ | ± 132,6 | kg

$f_{v,d}$ | 10 | kg/cm² | (resistenza di calcolo del legno) | **Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		98214	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		6160,7	kg/cm²
Area della sezione (A)		52,5	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,8	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0	kg/cm
Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})		1,1316	kg/cm
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})		0,82	kg/cm

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$ — 0,3338 cm

$u_{1,ist}$ — 0,3338 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$ — 0,2419 cm

$u_{2,ist}$ — 0,2419 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ — 0,8049 cm

$u_{net,fin}$ — 0,8049 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$ — 0,52 cm — **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$ — 0,78 cm — **Non verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y} = (5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ — 0,3738 cm

$u_{1,ist}$ — 0,3738 cm

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y} = (5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$ — 0,2709 cm

$u_{2,ist}$ — 0,2709 cm

$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$ — 0,9015 cm

$u_{net,fin}$ — 0,9015 cm

$u_{2,ist} \leq l/300$ — 0,52 cm — **Verificata**

$u_{net,fin} \leq l/200$ — 0,78 cm — **Non verificata**

Verifica dei travicelli (sala 2) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi
(Tensioni ammissibili)

Numerazione elemento:	Travicello più sollecitato	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

peso della trave di legno=(b·h·g·L)/L								kg/m
b(m)=	0,07	h(m)=	0,075	l(m)=	1,56	g(kg/m^3)=	600	**3,15**

Elementi non strutturali (G2)

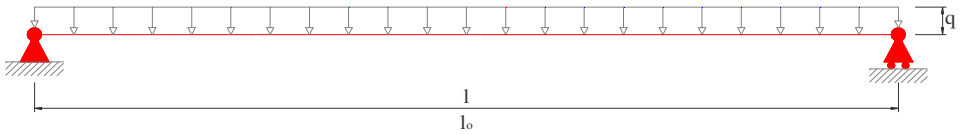
					kg/m^2
Pavimento di linoleum					10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400	240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600	18
			G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

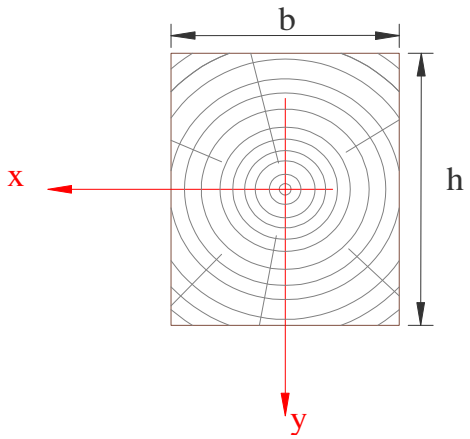
		kg/m^2
Carico accidentale (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Qk=	**200**

Dati geometrici della trave di legno in opera:

Lunghezza della trave	156	cm	
b	7	cm	
h	7,5	cm	
$J_x=b\cdot h^3/12$	246,09	cm^4	
Interasse	41	cm	
Lunghezza di calcolo (l_0)	156	cm	
Modulo di elasticità (E)	120000	kg/cm^2	per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Carichi

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 1,9503 kg/cm

Verifiche

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ 5932,8126 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ ± 152,12 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_y=(M_y \cdot h/2)/J_x$ **90,405** kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ ± **4,3464** kg/cm²

Freccia in mezzeria

$f_{y,max}=5/384 \cdot (q_y \cdot l^4/E \cdot J_x)$ **0,5093** cm

Verifica con il metodo delle tensioni ammissibili

Resistenza massima a flessione σ_{max} **100** kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Resistenza massima a taglio parallelo alla fibratura τ_{max} **8** kg/cm² per legno di abete II categoria (UNI 1119/2004)

Verificata a flessione

Verificata a taglio

Verifica dei travicelli (sala 2) solai della Direzione Economato, Palazzo Medici Riccardi (SLU)

Verifica effettuata considerando un aumento della sezione resistente mediante applicazione di tavole di legno di abete tratte da pannelli per usi strutturali

Numerazione elemento:	Travicello più sollecitato	
Specie legnosa:	Abete bianco	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)
Categoria:	II	(indagine diagnostica eseguita dal dott. M.Moschi (dicembre 2014)

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti (G)

Elementi strutturali (G1)

									kg/m^2
elemento di legno									
b(m)=	0,11	h(m)=	0,075	i(m)=	0,41	g(kg/m^3)=	600		12,5
									12,5

Elementi non strutturali (G2)

						kg/m^2
Pavimento di lineloum						10
soletta (calcestruzzo non armato)	s (m)=	0,1	g (kg/m^3)=	2400		240
Tavolato	s (m)=	0,03	g (kg/m^3)=	600		18
				G2=		**268**

Carichi variabili(Q)

		kg/m^2
Carico accidentale. (Qk)-Uffici non aperti al pubblico		200
	Q_1k=	**200**

Coefficienti parziali (γ_F)per le azioni (verifica SLU)

	(favorevole)	(sfavorevole)
γ_{G1}	1	1,3
γ_{G2}	1	1,5
γ_q	0	1,5

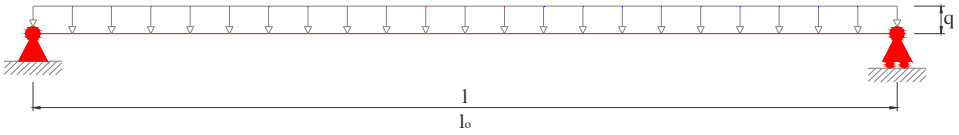
Combinazione fondamentale (SLU) $q1=C1 * \gamma G1 + C2 * \gamma G2 + qk * \gamma q$

	(favorevole)	(sfavorevole)	
G1 * γ_{G1}	12,5	16,25	kg/m^2
G2 * γ_{G2}	268	402	kg/m^2
Qk * γ_q	0	300	kg/m^2
Q1	280,5	718,25	kg/m^2

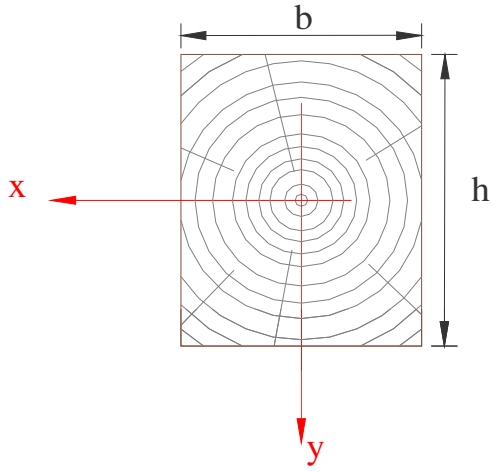
Dati geometrici dell'elemento in opera:

Lunghezza della trave	156	cm
b	11	cm
h	7,5	cm
$J_x=b\cdot h^3/12$	386,72	cm^4
$J_y=h\cdot b^3/12$	831,88	cm^4
Interasse	41	cm
Angolo	0	°
Lunghezza di calcolo (l_0)	156	cm

Aumento della sezione resistente con applicazione alle facce di due pannelli di legno di abete per usi strutturali dello spessore di 2 cm ciascuno sezione b=(2+7+2 cm). h=7cm



Schema statico (trave appoggiata)



Schema della sezione

Caratteristiche meccaniche del legno

Legno:	*Legno massiccio*		C24	
	Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	240	kg/cm^2
	Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	25	kg/cm^2
	Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	110000	kg/cm^2 equivalente e legname di abete II categor
	γ_M		1,5	

A) Combinazione di carico I - Carichi Variabili e carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Media
$K_{mod,I}$	0,8

Carichi distribuiti

Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y) 2,95 kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y\cdot l^2/8$ 8973,9 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y\cdot l/2$ ± 230,1 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y\cdot h/2)/I_x$ 87,02 kg/cm^2

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=(T_y \cdot b \cdot h) \cdot 3/2$ — 4,1836 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$	**87,02**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno ai bordi della trave)	
$f_{m,d}$	128	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**4,1836**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)	
$T=q \cdot l/2$	± 230,1	kg		
$f_{v,d}$	13,333	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

B) Combinazione di carico II - Carichi permanenti

Classe di servizio	1
Classe di durata del carico	Permanente
$K_{mod,II}$	0,6

Carichi

Carico al centimetro lineare (q)	1,75	kg/cm
Carico al centimetro lineare in direzione y(q_y)	1,75	kg/cm

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Momento massimo in mezzeria:

$M_y=q_y \cdot l^2/8$ — 5323,5 kgcm

Taglio agli appoggi

$T_y=q_y \cdot l/2$ — 136,5 kg

Tensioni massime in mezzeria

$\sigma_{y,m,d}=(M_y \cdot h/2)/J_x$ — 51,622 kg/cm²

Tensioni agli appoggi

$\tau_{xz}=T_y/(b \cdot h) \cdot 3/2$ — 2,4818 kg/cm²

Verifica a flessione

$\sigma_{m,d}$	**51,622**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)	
$f_{m,d}$	96	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifica a taglio

$\tau_d=T/(b \cdot h) \cdot 3/2$	**2,4818**	**kg/cm²**	(tensione di calcolo del legno)	
$T=q \cdot l/2$	± 136,5	kg		
$f_{v,d}$	10	kg/cm²	(resistenza di calcolo del legno)	**Verificata**

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio

Dati:

Fattore di taglio (χ)		1,2	
Modulo di taglio medio (G_{mean})		6900	kg/cm²
Modulo elastico medio parallelo alle fibre temp ∞($E_{0,meam,\infty}$)			
$E_{0,meam,\infty}=(E_{0,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		98214	kg/cm²
Modulo di taglio medio temp ∞($G_{mean,\infty}$)			
$G_{,meam,\infty}=(G_{,meam})/(1+\Psi_2 * k_{def})$		6160,7	kg/cm²
Area della sezione (A)		82,5	cm²
k_{mod} (carichi permanenti) classe di servizio:	1	0,6	
k_{mod} (carichi di media durata) classe di servizio:	1	0,8	
k_{def} classe di servizio:	1	0,6	
Ψ_2 coefficiente di combinazione per carichi variabili in edifici abitativi		0,2	(Ψ_2=0 per carico neve)
Carichi permanenti in direzione x (g_{kx})		0	kg/cm

Carichi permanenti in direzione y (g_{ky})	1,1501	kg/cm	
Carichi accidentali in direzione y (q_{ky})	0,82	kg/cm	

C) Calcolo della freccia

Verifica a tempo t=0 per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*L^4)/(E_{0,mean}*I_x))+\chi*((g_{ky}*L^2)/(8G_{mean}*A))$	0,2159	cm	
$u_{1,ist}$	0,2159	cm	

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean}*A))$	0,1539	cm	
$u_{2,ist}$	0,1539	cm	
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,5177	cm	
$u_{net,fin}$	0,5177	cm	
$u_{2,ist}\leq l/300$	0,52	cm	**Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	0,78	cm	**Verificata**

Verifica a tempo t=∞ per carichi permanenti

$u_{1,ist,\ y}=(5/384)*((g_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((g_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,2418	cm	
$u_{1,ist}$	0,2418	cm	

Verifica a tempo t=0 per carichi accidentali

$u_{2,ist,y}=(5/384)*((q_{ky}*l^4)/(E_{0,mean,\infty}*J_x))+\chi*((q_{ky}*l^2)/(8G_{mean,\infty}*A))$	0,1724	cm	
$u_{2,ist}$	0,1724	cm	
$u_{net,fin,y}=u_{1,ist}*(1+k_{def})+u_{2,ist}*(1+\Psi_2*k_{def})$	0,5799	cm	
$u_{net,fin}$	0,5799	cm	
$u_{2,ist}\leq l/300$	0,52	cm	**Verificata**
$u_{net,fin}\leq l/200$	0,78	cm	**Verificata**