

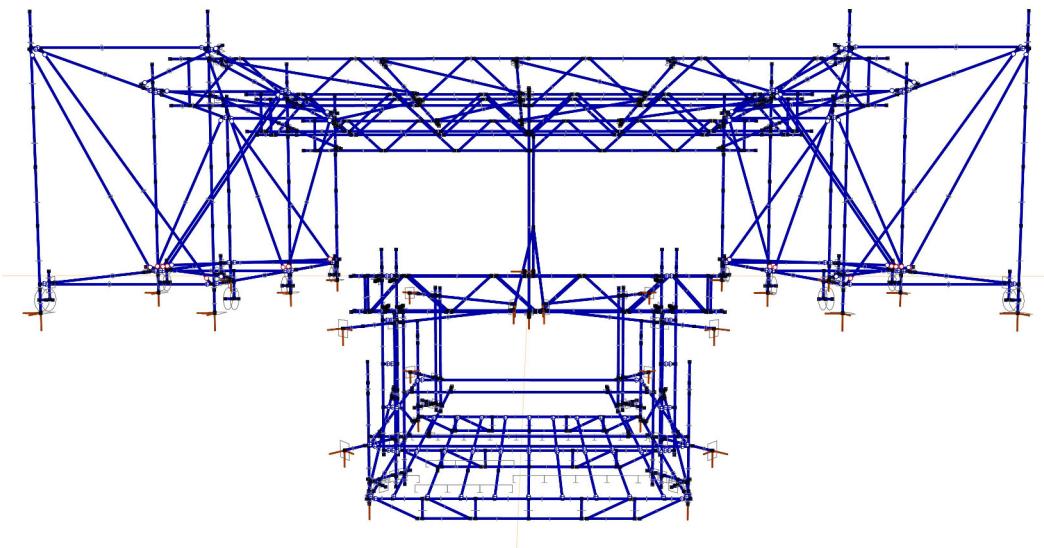
## Progetto d'opera provvisionale

### Relazione di Calcolo AAAA-XX-XX-R0

in conformità all'Art. 133 del Titolo IV del Dlgs 9 Aprile 2008 n. 81 e s.m.i.

Opera:	Montacarichi di movimentazione verticale di un demolitore radiocomandato entro un silo
Cantiere:	Piazzale F. Marinotto, Torviscosa (Ud)
Impresa:	

La presente Relazione di Calcolo è corredata da: **Disegno Esecutivo**



## Indice

1. Premessa	Pag.	3
2. Riferimenti	Pag.	3
3. Descrizione	Pag.	5
4. Caratteristiche strutturali degli elementi	Pag.	7
5. Carichi	Pag.	8
6. Verifiche	Pag.	10
7. Conclusioni	Pag.	23
Allegati	Pag.	25
A1. Scheda illustrava del demolitore radiocomandato BROKK 50		
A2. Scheda illustrava del demolitore radiocomandato BROKK 60		

## 1. Premessa

La presente Relazione di Calcolo di Resistenza e Stabilità corredata da Disegno Esecutivo va a costituire il Progetto del ponteggio metallico fisso ai sensi del Dlgs 9 Aprile 2008 n. 81 (e successive modifiche e integrazioni) art. 133.

## 2. Riferimenti

Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14/01/2008

Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)

Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 02/02/2009 n. 617

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14/01/2008 (Cir NTC)

Decreto Legislativo 09/04/ 2008 n. 81

Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007 n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

Circolare del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale n. 149 del 22/11/85

Disciplina della costruzione e dell'impiego dei ponteggi metallici fissi

Circolare del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale n. 20 del 23/05/2003

Chiarimenti in relazione all'uso promiscuo di ponteggi metallici fissi

UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Norma UNI EN 39:2004 – Tubi in acciaio sciolti per ponteggi a tubi e raccordi – Condizioni tecniche di fornitura

Norma UNI EN 74-1:2007 – Giunti, spinotti e basette per l'utilizzo in strutture di sostegno per opere permanenti e ponteggi

Parte 1: Giunti per tubi – Requisiti e procedimenti di prova

Norma UNI EN 12810-1: 2004 – Ponteggi di facciata realizzati con componenti prefabbricati

Parte 1: Specifiche di prodotto

Norma UNI EN 12810-2: 2004 – Ponteggi di facciata realizzati con componenti prefabbricati

Parte 2: Metodi particolari di progettazione strutturale

Norma UNI EN 12811-1:2004 – Attrezzature provvisionali da lavoro

Parte 1: Ponteggi – Requisiti prestazionali e progettazione generale

Norma UNI EN 12811-2:2004 – Attrezzature provvisionali da lavoro

Parte 2: Informazioni sui materiali

Norma UNI EN 12811-3:2005 – Attrezzature provvisionali da lavoro

Parte 3: Prove di carico

ISPESL – Istituto Superiore per la Sicurezza e la Prevenzione sul Lavoro

Ricerca B4/2000 condotta dal Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale dell'Università degli Studi di Trento – Validazione di un sistema di calcolo per ponteggi prefabbricati di facciata basato sul metodo dell'amplificazione dei momenti dell'Eurocodice 3 – Relazione finale del 10/08/2004.

Ricerca B1-5/DTS/05 condotta dal Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale dell'Università degli Studi di Trento – I ponteggi metallici di facciata nei cantieri temporanei o mobili. Le nuove norme di prodotto: aspetti tecnici e legislativi – Relazione finale del 10/02/2009.

INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro)

Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

I ponteggi metallici fissi di facciata – Determinazione del valore nominale della resistenza caratteristica secondo la UNI EN 12811-3:2005 dei dispositivi di collegamento montante-traverso realizzati con sistemi modulari – Aprile 2015

I ponteggi metallici fissi di facciata – Dispositivi di collegamento montante-traverso realizzati con sistemi modulari. Definizione di una metodologia per prove di rigidezza e resistenza secondo UNI EN 12811-3:2005 – Aprile 2017

Altrad Italia srl

Ponteggi a montanti e traversi prefabbricati – Tipo Perfect Contur 48 M

Relazioni Tecniche indicate alle Autorizzazione ministeriali:

14.04.01.03 del 21/04/2005

Libretto di utilizzo di travi a traliccio in acciaio h=400 mm – Rev. 01.Fe del 12/2009

Marcegaglia Buildtech srl

Tubo giunto 1800/2500 Giunti in lamiera stampata a freddo, impalcati metallici

Relazioni Tecniche indicate alle Autorizzazione ministeriali:

15/VI/2702/14.03.01.01 del 12/02/2009 e

15/VI/11535/14.03.01.02 del 24/06/2009

### 3. Descrizione

Il ponteggio metallico fisso oggetto della presente Relazione di Calcolo andare a costituire un montacarichi per la movimentazione verticale di un demolitore radiocomandato modello BROKK 50 / BROKK 60 all'interno di alcuni sili metallico per lo smantellamento del rivestimento refrattario interno.

I sili, di diametro interno 4.80 m e altezza circa 10 m, sono alloggiati all'interno di un edificio industriale pluripiano, con ultimo piano accessibile in corrispondenza della sommità dei sili stessi.

Il montacarichi sarà costituito da un "ponte" su ruote montato a cavallo della sommità di ciascun silo e spostabile da un silo all'altro.

Al "ponte" sarà appesa una "cesta" di dimensioni 3.00 x 3.00 m entro la quale opererà il demolitore radiocomandato entro un perimetro limitato a 2.00 x 2.00 m.

La cesta sarà dotata di 4 elementi stabilizzatori a contrasto contro le pareti interne del silo per impedirne il movimento e la rotazione durante le operazioni di demolizione. Gli stabilizzatori saranno retrattili per consentire la movimentazione verticale della cesta.

Un ulteriore cavo di stabilizzazione impedirà la rotazione intorno all'asse verticale della cesta a stabilizzatori retratti durante le operazioni di traslazione verticale.

Non essendo l'interno del silo accessibile da lavoratori per motivi di sicurezza, gli elementi di movimentazione verticale e di tensionamento degli stabilizzatori saranno montati sul "ponte" ed attuati dall'esterno.

Il "ponte" e la "cesta" saranno realizzati con elementi di ponteggio a montanti e traversi prefabbricati marchio Altrad, tipo Perfect Contur 48 M e tubi e giunti conformi alle Norme EN 39 ed EN 74 marchio Marcegaglia.

Si procede in questa sede alla verifica di resistenza e stabilità dell'intero sistema.

Come ammesso dalle NTC 2008 par 2.7. per costruzioni di tipo 1 (opere provvisionali) con Classe d'uso I, il metodo di calcolo adottato è quello delle tensioni ammissibili per omogeneità con il metodo di sviluppo delle relazioni di calcolo delle relative Autorizzazioni Ministeriali.

#### 3.1. Modello di calcolo

Il comportamento strutturale degli elementi oggetto della presente relazione è stato studiato mediante modelli tridimensionali ad elementi finiti elaborati col software di calcolo AxisVM10 (prodotto da Inter-CAD Kft. e distribuito da S.T.A. DATA srl - C.so Raffaello 12 - 10126 Torino).

L'analisi strutturale è stata condotta su modelli tridimensionali completi della struttura del ponteggio, separatamente per il "ponte" e per la "cesta".

Gli elementi strutturali lineari del ponteggio sono stati schematizzati da elementi monodimensionali di tipo "beam" con sezioni identiche a quelle nominali descritte nell'Autorizzazione Ministeriale.

Per gli elementi in tubo e giunto, i collegamenti realizzati con giunti ortogonali sono stati schematizzati con una rigidezza di rotazione e cruciforme di 6.00 kNm/rad corrispondente al minimo dei valori specificati nel Prospetto 8 della Norma UNI-EN 74-1.

Per gli elementi a montanti e traversi prefabbricati, i collegamenti fra montanti e traversi sono stati schematizzati con una rigidezza di rotazione di 1.00 kNm/rad corrispondente al minimo dei valori desunti dalle prove sperimentali della ricerca INAIL "I ponteggi metallici fissi di facciata – Dispositivi di collegamento montante-traverso realizzati con sistemi modulari. Definizione di una metodologia per prove di rigidezza e resistenza secondo UNI EN 12811-3:2005 – Aprile 2017"

Gli elementi superficiali come gli impalcati sono stati schematizzati mediante elementi monodimensionali di tipo "beam" con sezioni identiche a quelle nominali descritte nell'Autorizzazione Ministeriale, in particolare gli agganci delle tavole metalliche ai traversi sono stati schematizzati come cerniere sferiche aventi rigidezza angolare nel piano dell'impalcato di 3.00 KNm/rad corrispondente al minimo dei valori desunti da prove sperimentali della ricerca ISPESL B4/2000.

Gli appoggi a terra sono stati schematizzati come cerniere non lineari con sola resistenza a compressione.

Le ipotesi di modellazione utilizzate sono state validate mediante lo studio di un modello analogo a quello soggetto alle prove di collasso statico e il confronto con i relativi risultati sperimentali nella Relazione Tecnica allegata all'Autorizzazione Ministeriale.

Il comportamento della struttura nei confronti dell'instabilità elastica viene studiato mediante un'analisi di buckling in grado di calcolare i primi modi di instabilità e i relativi moltiplicatori critici. Tutti gli elementi strutturali sottoposti a compressione sono stati schematizzati con un numero di elementi finiti sufficiente a descrivere i fenomeni di instabilità.

La determinazione dell'azione interna di compressione corrispondente al primo moltiplicatore critico viene condotta mediante un'analisi elastica lineare.

Lo studio dell'equilibrio, delle deformazioni, delle azioni interne e delle sollecitazioni viene condotto mediante un'analisi elastica non lineare geometrica (sistema strutturale a nodi spostabili) in modo da tenere conto della variazione dell'effetto delle azioni esterne al progredire della deformazione della struttura.

#### 4. Caratteristiche strutturali degli elementi

Telai prefabbricati marchio Altrad tipo Perfect Contur 48 M

$A_{mt}$	sezione del montante e del traverso ( $\Phi 48.3 \times 3.2$ )	453 mm <sup>2</sup>
$W_{mt}$	modulo di resistenza alla flessione del montante e del traverso	4800 mm <sup>3</sup>
$J_{mt}$	momento d'inerzia della sezione del montante e del traverso	115900 mm <sup>4</sup>
$i_{mt}$	raggio d'inerzia della sezione del montante e del traverso = $(J / A)^{1/2}$	16 mm
$A_d$	sezione della diagonale ( $\Phi 48.3 \times 2.6$ )	373 mm <sup>2</sup>
$W_d$	modulo di resistenza alla flessione del montante e del traverso	4050 mm <sup>3</sup>
$J_d$	momento d'inerzia della sezione del montante e del traverso	97700 mm <sup>4</sup>
$i_d$	raggio d'inerzia della sezione del montante e del traverso = $(J / A)^{1/2}$	16 mm
$q_{imp,R}$	carico distribuito di prova per l'impalcato (EN 12811 classe 4)	3.0 kN/m <sup>2</sup>
$Q_{imp,R}$	carico concentrato di prova per l'impalcato (EN 12811 classe 4)	3.0 kN
$f_{yk}$	resistenza caratteristica acciaio S235JR	235 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0}$	coefficiente di sicurezza per la resistenza	1.05
$\gamma_{M1}$	coefficiente di sicurezza per la stabilità	1.05

Tubo e giunto secondo UNI-EN 74-1 Classe B e BB marchio Marcegaglia

$A_t$	sezione del tubo	453 mm <sup>2</sup>
$W_t$	modulo di resistenza alla flessione del tubo	4800 mm <sup>3</sup>
$J_t$	momento d'inerzia della sezione del tubo	115562 mm <sup>4</sup>
$i_t$	raggio d'inerzia della sezione del tubo = $(J / A)^{1/2}$	16.0 mm
$f_{yk}$	resistenza caratteristica acciaio S235JR	235 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0}$	coefficiente di sicurezza per la resistenza	1.05
$\gamma_{M1}$	coefficiente di sicurezza per la stabilità	1.05
$P_{1,k}$	frattile 5% del carico di scorrimento per un giunto	18 kN
$P_{2,k}$	frattile 5% del carico di scorrimento per due giunti accoppiati	54 kN
$\gamma_g$	coefficiente di sicurezza parziale per lo scorrimento di un giunto	1.5

## 5. Carichi

I carichi agenti sul parapetto si distinguono in:

- > carichi permanenti (G) relativi al peso proprio di tutti gli elementi
- > carichi variabili (Q) relativi al demolitore radiocomandato

Rif NTC 2.4.1, il ponteggio è una costruzione di Tipo 1 (opere provvisionali) con vita nominale minore di 2 anni, non sono pertanto da considerare le forze d'inerzia derivanti dai sismi.

### 5.1. Condizioni di carico

Verranno prese in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

Combinazione fondamentale (SLU):  $\gamma_G G + \gamma_Q \sum Q_i$  per le verifiche di resistenza e stabilità

Combinazione frequente (SLS):  $G + \sum Q_i$  per le verifiche di equilibrio

### 5.2. Carichi fissi (G)

Per il ponteggio in esame i carichi fissi sono costituiti dal peso proprio della struttura metallica del ponteggio. Nell'ambito dello schema di calcolo ad elementi finiti, si è attribuito a ciascun elemento il peso proprio a partire dalla lunghezza, dalla sezione e dalla densità del materiale. Per tenere conto delle strutture aggiuntive come i giunti, tale valore è stato maggiorato del 10%.

$G_p$	peso del "ponte"	10.5 kN
$G_c$	peso della "cesta"	6.5 kN
$\gamma_{G1}$	coefficiente parziale di sicurezza per i carichi permanenti	1.1

### 5.3. Carichi variabili (Q)

Carichi di servizio:

$Q_B$	peso del demolitore radiocomandato BROKK 60	6.0 kN
-------	---	--------

Effetti dinamici:

in riferimento all'All. 2 dell'autorizzazione ministeriale "Istruzioni di calcolo dei ponteggi ad elementi prefabbricati [...] di notevole importanza e complessità", le azioni trasmesse alla struttura dagli apparecchi di sollevamento portanti devono essere maggiorati da un coefficiente dinamico  $\Psi$  funzione della velocità di sollevamento.

Poiché il sollevamento sarà ad azionamento manuale, la velocità di sollevamento risulterà bassissima, tale da considerare il sollevamento come una successione di condizioni statiche e da rendere trascurabili quindi gli effetti dinamici.

$\gamma_Q$	coefficiente parziale di sicurezza per i carichi variabili	1.5
------------	--	-----

Carichi da neve:

Carichi da neve non previsti per strutture all'interno di un edificio.

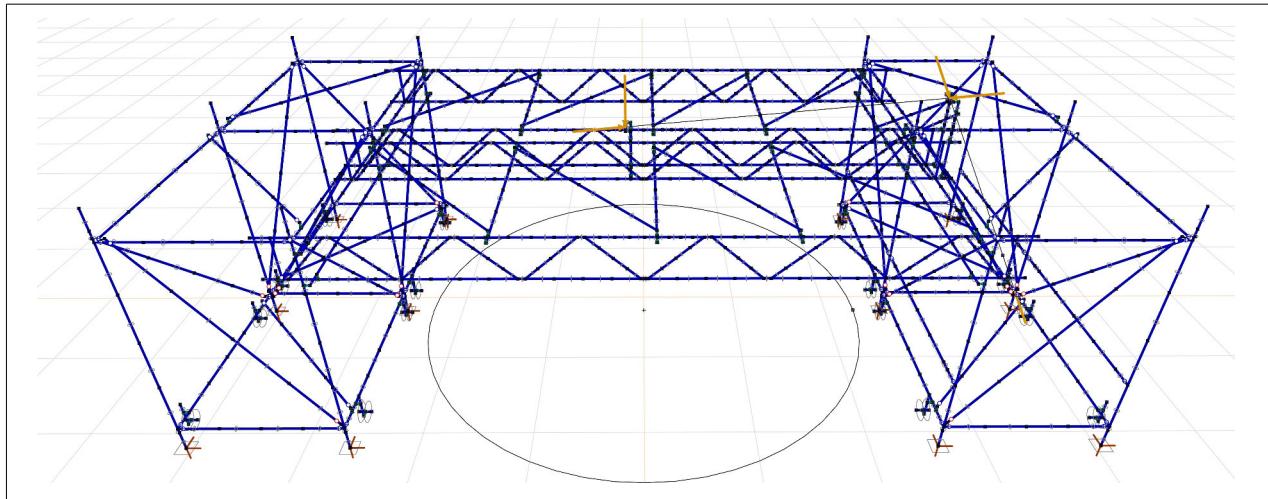
Azione del vento

Carichi da vento non previsti per strutture all'interno di un edificio.

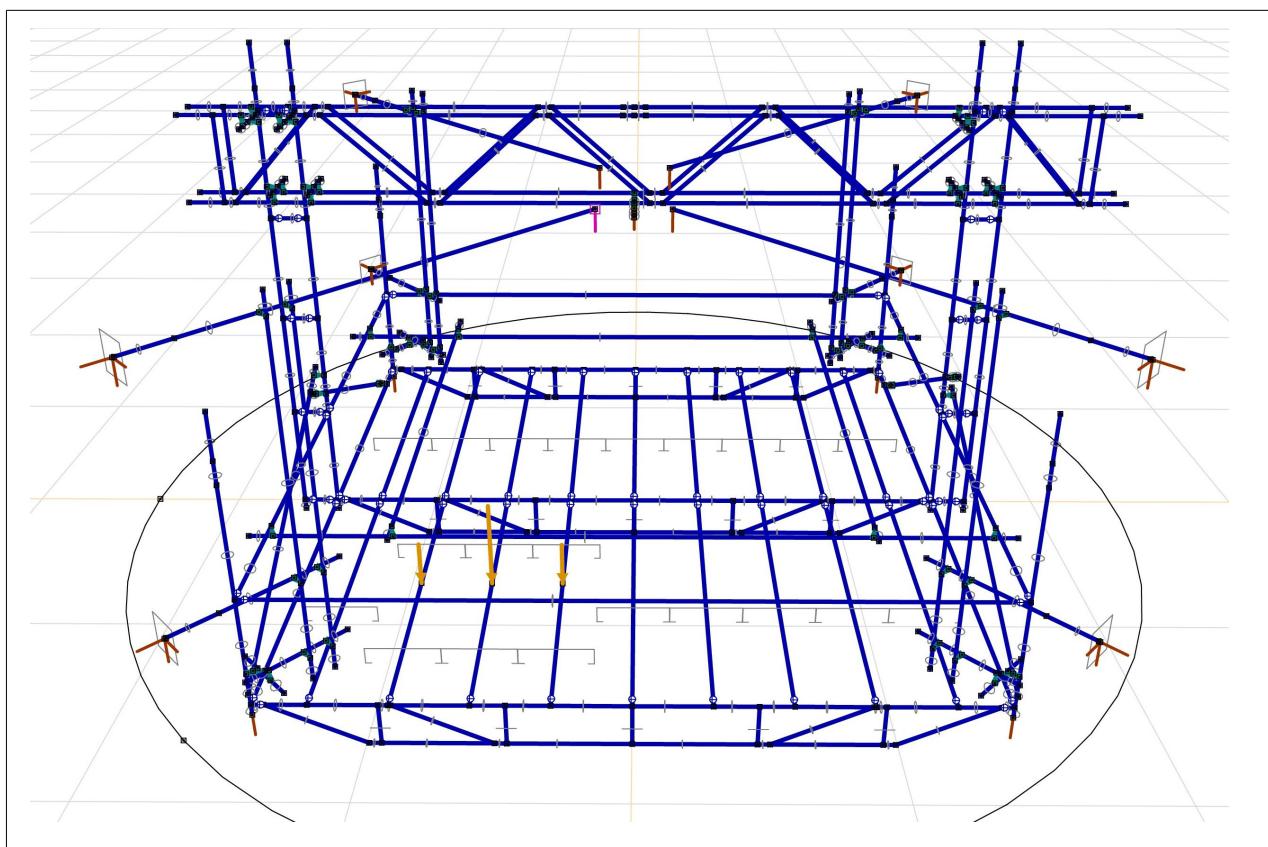
## 6. Verifiche

Si procede alle verifiche di stabilità e resistenza dei due assiemi costituenti il montacarichi: il “ponte” e la “cesta”.

Le verifiche sono state condotte su uno schema strutturale completo degli assiemi.



schema strutturale del “ponte”



schema strutturale della “cesta”

## 6.1. "Ponte" - Verifica di stabilità (SLU)

Da un'analisi di buckling della combinazione di carico corrispondente allo SLU, si è determinato il primo moltiplicatore critico.

La stabilità dovrà essere verificata a meno di un coefficiente di sicurezza di 1.6. Per definizione tale coefficiente di sicurezza è direttamente confrontabile con il primo moltiplicatore critico.

$n_{cr(1)}$	SLU - primo moltiplicatore critico	8.3 > 1.60
-------------	------------------------------------	------------

Il primo modo di instabilità coinvolge le diagonali di controvento in corrispondenza dell'attacco del sistema di sollevamento.

Da un'analisi elastica lineare si ottiene il corrispondente carico assiale massimo insistente sulle diagonali:

$N_{cr}$	carico critico	33466 N
$\sigma_{cr}$	sforzo critico = $N_{cr} / A$	89.7 N/mm <sup>2</sup>

Dalla formula di Eulero si ottiene la snellezza associata alla reale condizione di vincolo:

$\lambda$	snellezza equivalente = $\pi \cdot (E / \sigma_{cr})^{1/2}$	152
$L_c$	lunghezza libera di inflessione equivalente = $\lambda \cdot i_m / 1000$	2.46 m

Dalla NTC 4.2.4.1.3.1 si ottiene il coefficiente di riduzione della resistenza:

$\alpha$	fattore d'imperfezione della curva d'instabilità "a"	0.21
$\bar{\lambda}$	snellezza adimensionale = $\lambda / \lambda_{cr} = (f_y / \sigma_{cr})^{1/2}$	1.62
$\Phi$	coefficiente di funzione = $0.5 (1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2)$	1.96
$\chi$	coefficiente di riduzione della resistenza = $1 / (\Phi + (\Phi^2 + \bar{\lambda}^2)^{1/2})$	0.22

Da un'analisi elastica non lineare dello SLU si sono ottenuti i seguenti valori per le diagonali di controvento:

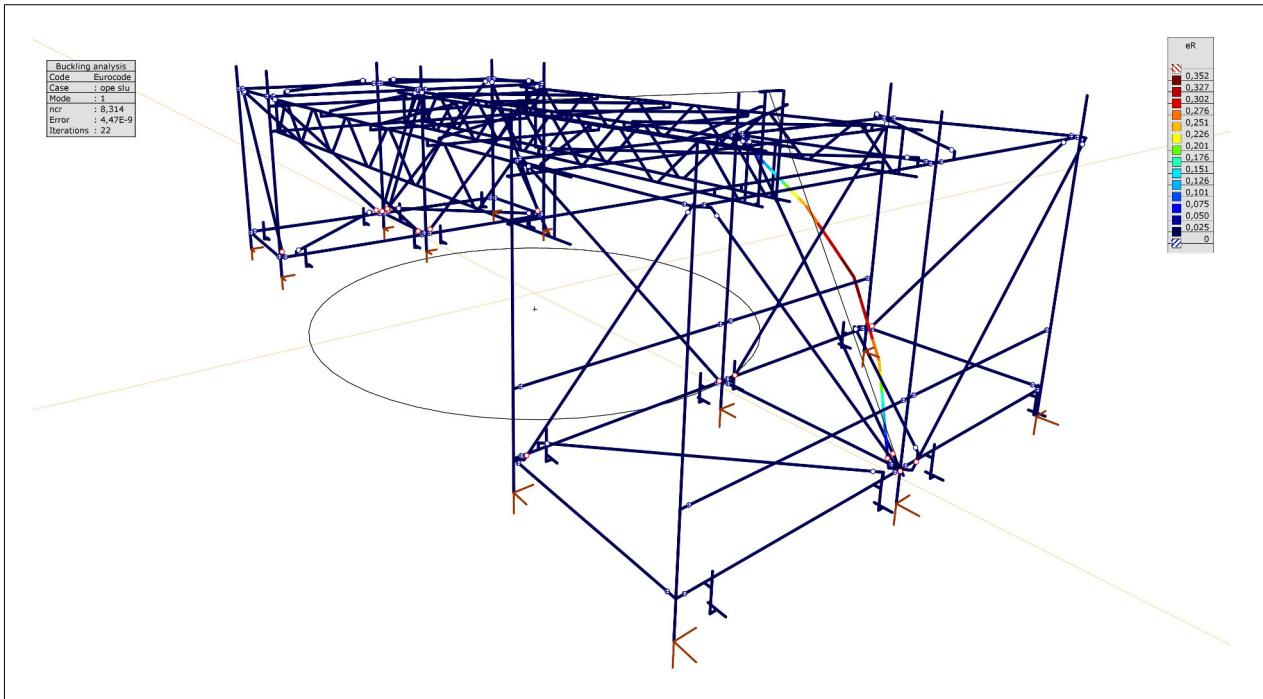
### diagonali di controvento:

$N_{ed}$	azione assiale massima (compressione)	6356 N
$M_{y,min}$	momento flettente asse locale y – valore minimo sull'asta	0 Nm
$M_{y,max}$	momento flettente asse locale y – valore massimo sull'asta	17 Nm
$M_{y,m}$	momento flettente asse locale y – valore medio sull'asta	9 Nm
$M_{z,min}$	momento flettente asse locale z – valore minimo sull'asta	0 Nm
$M_{z,max}$	momento flettente asse locale z – valore massimo sull'asta	0 Nm
$M_{z,m}$	momento flettente asse locale z – valore medio sull'asta	0 Nm
$M_{max}$	momento flettente – valore massimo sull'asta = $(M_{y,max}^2 + M_{z,max}^2)^{1/2}$	17 Nm
$M_m$	momento flettente – valore medio sull'asta = $(M_{y,m}^2 + M_{z,m}^2)^{1/2}$	9 Nm
$M_{eq}$	momento equivalente (NTC Cir C4.2.4.1.3.3.1) = $1.3 \cdot M_m$	11 Nm
$M_{eq,lim}$	limite inferiore di $M_{eq}$ (NTC Cir C4.2.4.1.3.3.1) = $.75 \cdot M_{max}$	13 Nm

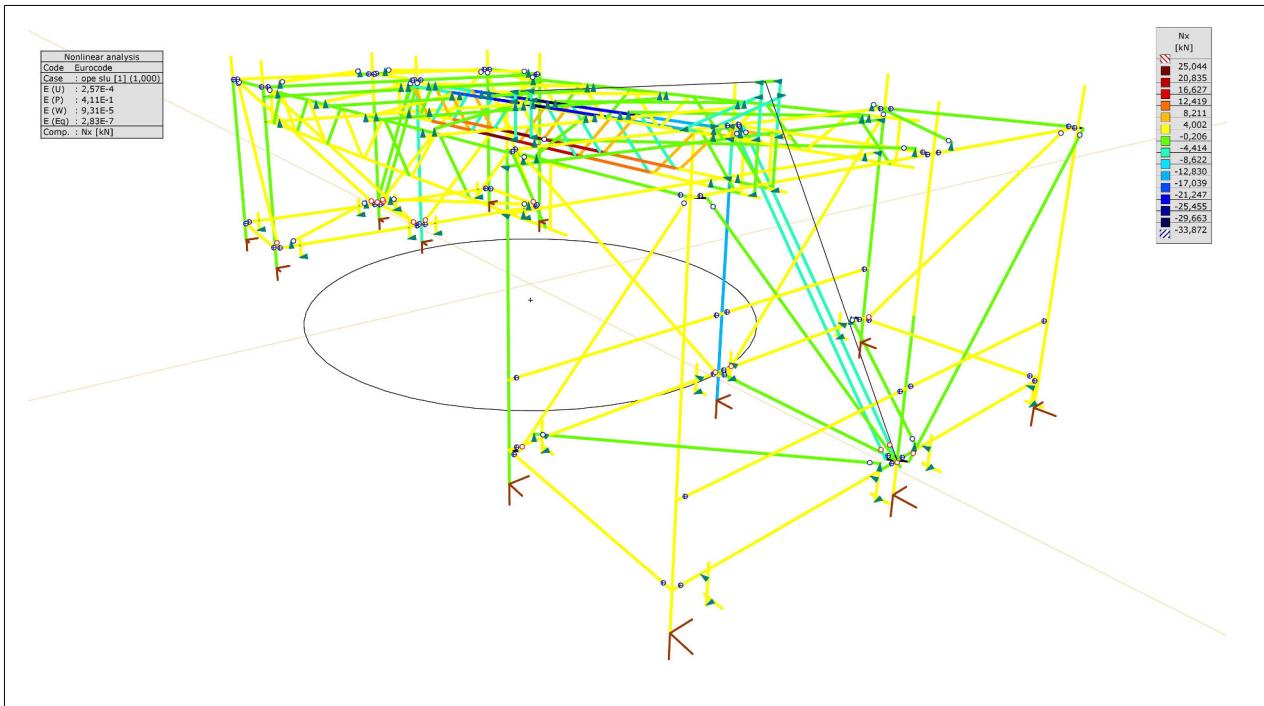
Dalla verifica di sicurezza di aste presso inflesse secondo la NTC Cir C4.2.4.1.3.3.1 si ottiene per le diagonali di controvento:

$$\begin{aligned}
 N_{ed} \gamma_{M1} / \chi f_{yk} A + M_{eq} \gamma_{M1} / f_{yk} W (1 - N_{ed} / N_{cr}) &< 1 \\
 0.34 + 0.02
 \end{aligned}$$

$$0.36 < 1$$

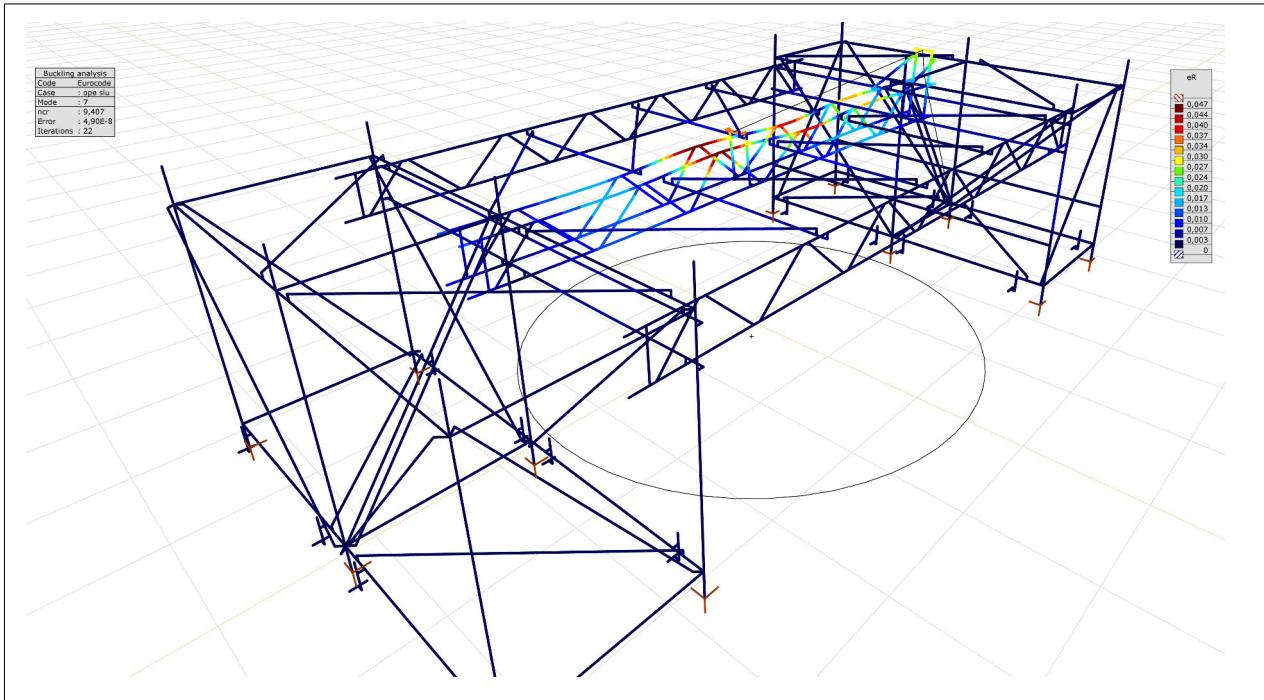


analisi di instabilità – primo modo di instabilità



SLU – analisi elastica non lineare – azioni assiali

Per quanto riguarda le travi reticolari centrali di sostegno della “cesta”, si è verificato che l’instabilità del corrente compresso interviene in corrispondenza di moltiplicatori critici superiori, il primo dei quali ha valore 9.4.

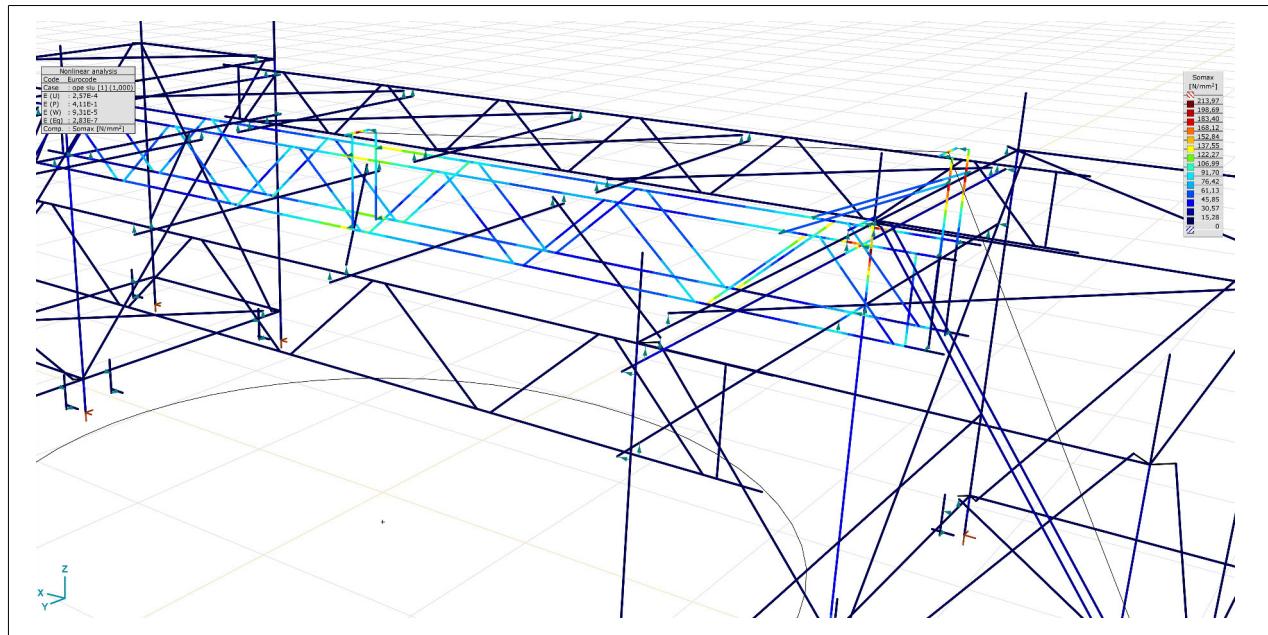


analisi di instabilità – quinto modo di instabilità reale  
primo modo relativo alle travi Baumann: moltiplicatore critico 9.4

## 6.2. "Ponte" - Verifica di resistenza (SLU)

Un'analisi elastica non lineare della combinazione di carico relativa allo SLU evidenzia i valori massimi dello sforzo di Von Mises in corrispondenza del montante sul quale sono fissate le travi centrali del "ponte" (di sostegno della "cesta"), dal lato del collegamento del sistema di sollevamento:

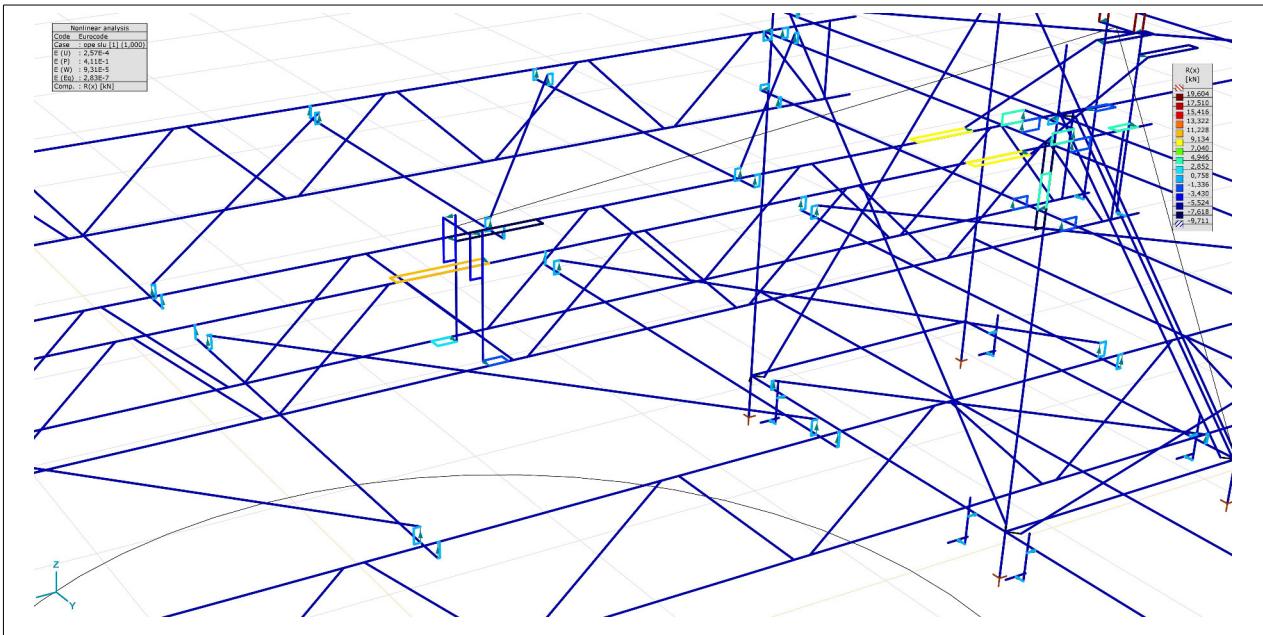
$\sigma_{VM}$	massimo sforzo di Von Mises	214 N/mm <sup>2</sup>
$f_d$	resistenza di progetto = $f_{yk} / \gamma_{M0}$	224 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{VM} / f_d$		0.96 < 1



SLU – analisi elastica non lineare – sforzi di Von Mises

Un'analisi elastica non lineare della combinazione di carico relativa allo SLU evidenzia i seguenti valori massimi delle forze di scorrimento dei giunti:

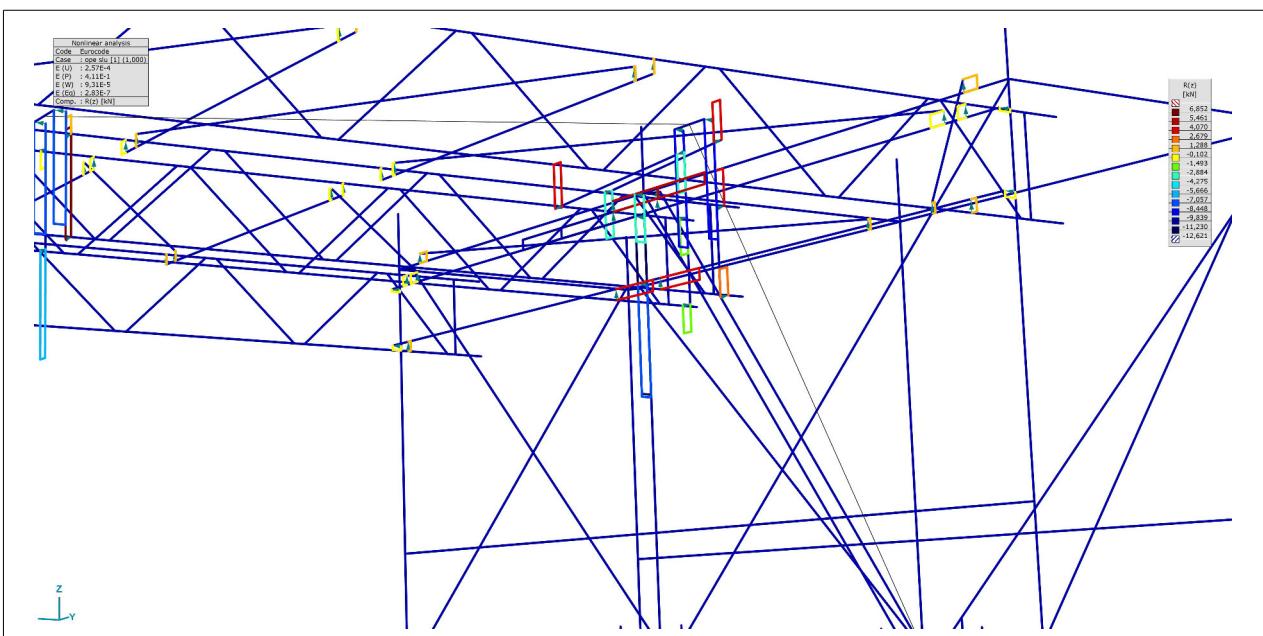
in direzione "x" in corrispondenza dei tubi di sostegno centrale della "cesta" (giunti accoppiati):	
$F_{gx}$	massima forza di scorrimento sui giunti
$P_{2d}$	resistenza di progetto di due giunti accoppiati allo scorrimento
$= P_{1k} / \gamma_g$	36.00 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{VM} / f_d$	0.27 < 1



SLU – analisi elastica non lineare – forze di scorrimento sui giunti in direzione "x"

in direzione "z" in corrispondenza dell'attacco al montante delle travi centrali del ponte dal lato del collegamento del sistema di sollevamento (giunti accoppiati):

$F_{gx}$	massima forza di scorrimento sui giunti	12.62 kN
$P_{2d}$	resistenza di progetto di due giunti accoppiati allo scorrimento = $P_{1k} / \gamma_g$	36.00 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{VM} / f_d$		0.35 < 1

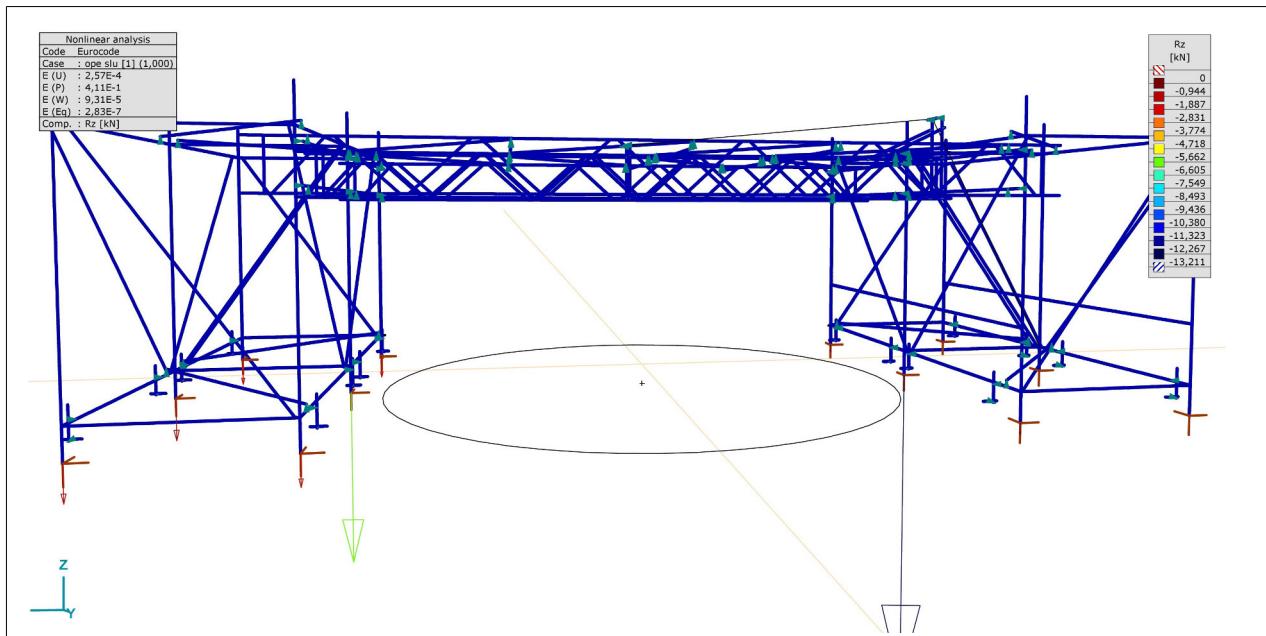


SLU – analisi elastica non lineare – forze di scorrimento sui giunti in direzione "z"

Un'analisi elastica non lineare della combinazione di carico relativa allo SLU evidenzia come le reazioni a terra di appoggio dei fianchi del ponte si concentrino sulle stilate centrali, in particolare su quella dal lato del collegamento del sistema di sollevamento.

$R_c$  reazione massima di appoggio in corrispondenza del montante interno della la stilata centrale dal lato del sistema di sollevamento

13.2 kN

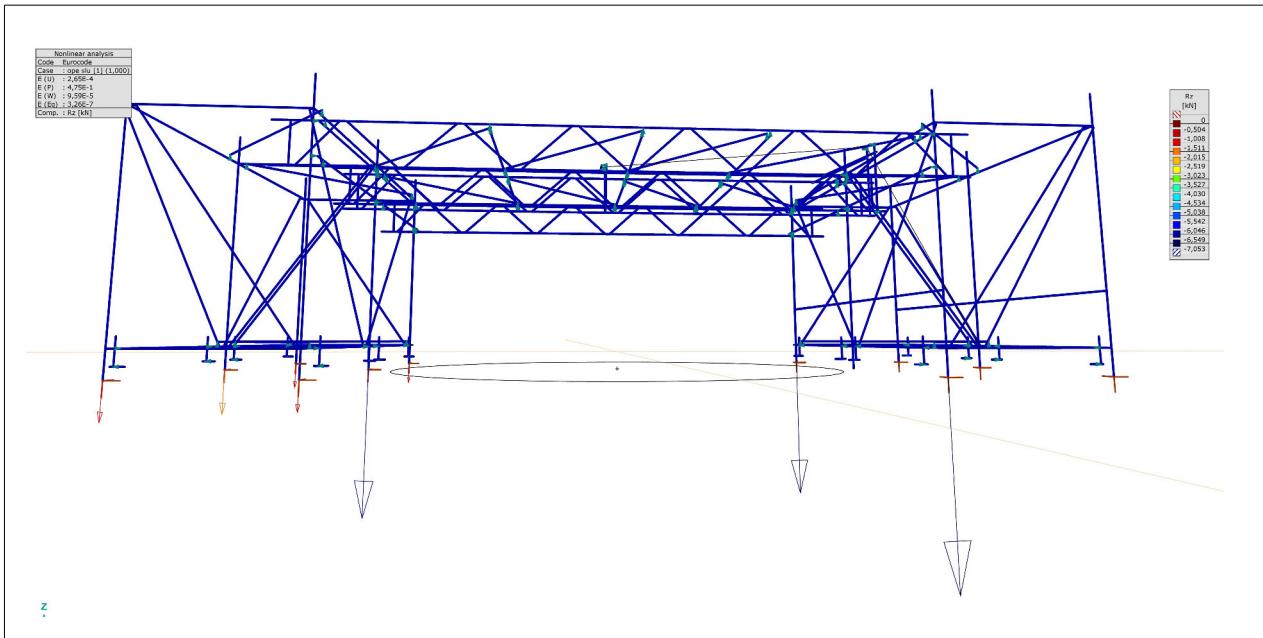


SLU – analisi elastica non lineare – reazioni a terra

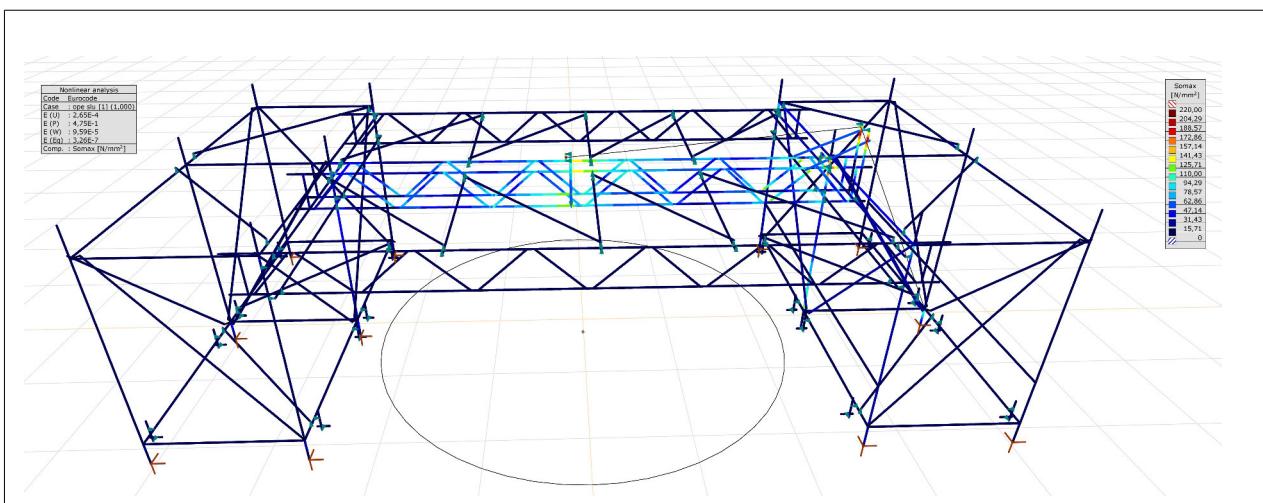
Nel caso di cedimento dell'appoggio centrale a causa della vicinanza al bordo dell'apertura del solaio per l'accesso al silo, le reazioni a terra si distribuiscono sulle stilate laterali senza significativo effetto sull'equilibrio globale e sugli sforzi massimi nella struttura.

$R_i$  cedimento dell'appoggio centrale - reazione massima degli appoggi in corrispondenza dei montanti interni delle stilate laterali dal lato del sistema di sollevamento

7.1 kN



SLU – analisi elastica non lineare – cedimento dell'appoggio centrale – reazioni a terra



SLU – analisi elastica non lineare – cedimento dell'appoggio centrale – sforzi di Von Mises

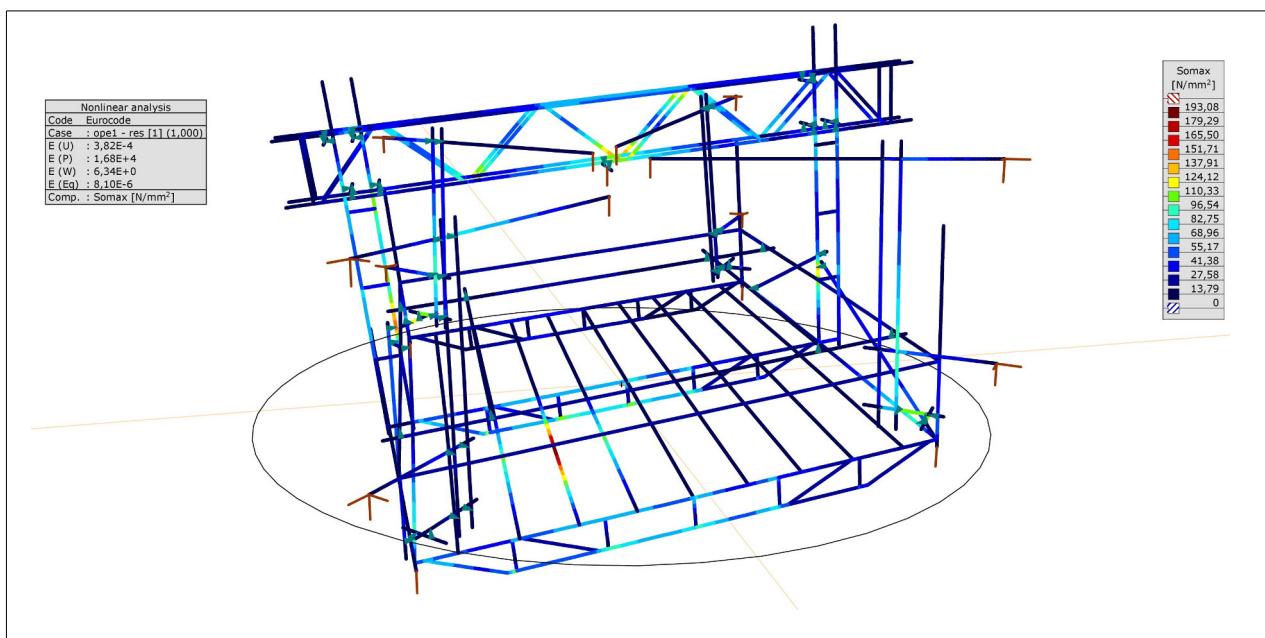
### 6.3. "Cesta" - Verifica di resistenza (SLU)

La "cesta" è stata studiata nella configurazione con massima eccentricità di carico in modo da evidenziare le maggiori concentrazioni di carico.

Un'analisi elastica non lineare ha consentito di inseguire gli spostamenti rigidi e di studiare le deformazioni strutturali nelle effettive condizioni di equilibrio.

Un'analisi elastica non lineare della combinazione di carico relativa allo SLU ha evidenziato i valori massimi dello sforzo di Von Mises in corrispondenza delle tavole metalliche dell'impalcato, delle diagonali delle travi reticolari Baumann e dei montanti laterali di collegamento fra l'impalcato e le travi reticolari:

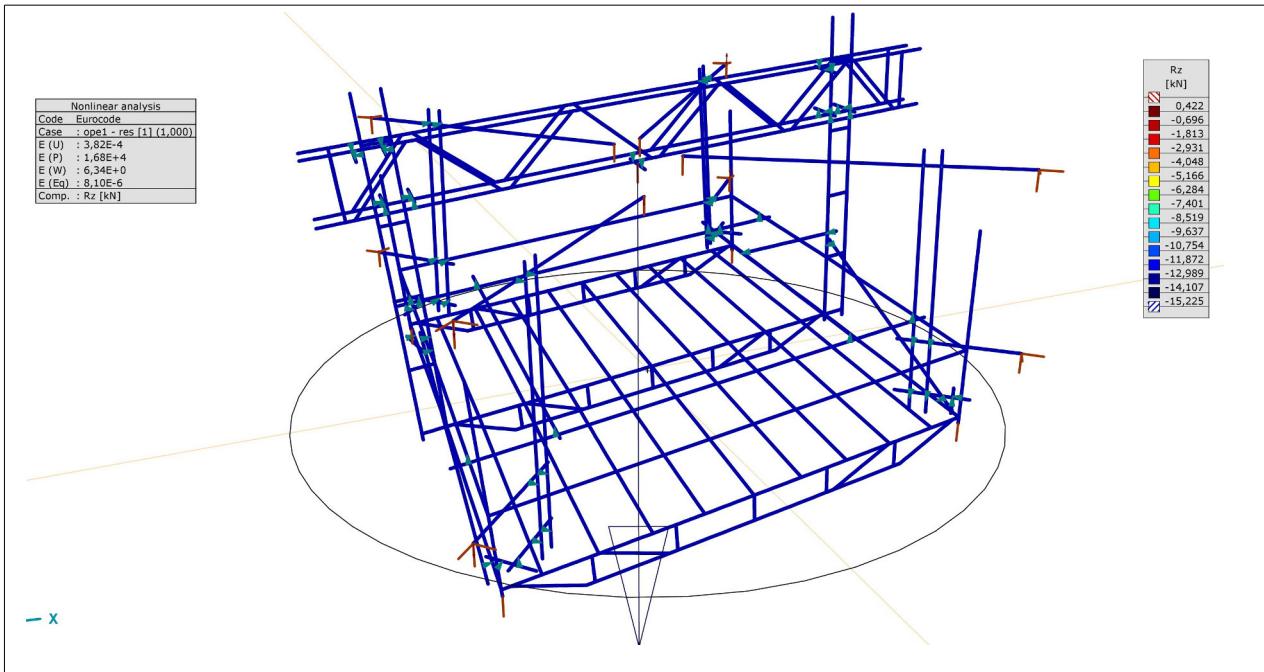
$\sigma_{VM}$	massimo sforzo di Von Mises	193 N/mm <sup>2</sup>
$f_d$	resistenza di progetto = $f_{yk} / \gamma_{M0}$	224 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{VM} / f_d$		0.86 < 1



SLU – analisi elastica non lineare – sforzi di Von Mises

E' stata inoltre verificata la razione vincolare di sospensione, corrispondente all'azione imposta al "ponte".  
 E' trascurato il contributo di trazione dei tensionamento degli stabilizzatori:

$R_s$	reazione massima di sospensione	15.2 kN
-------	---------------------------------	---------

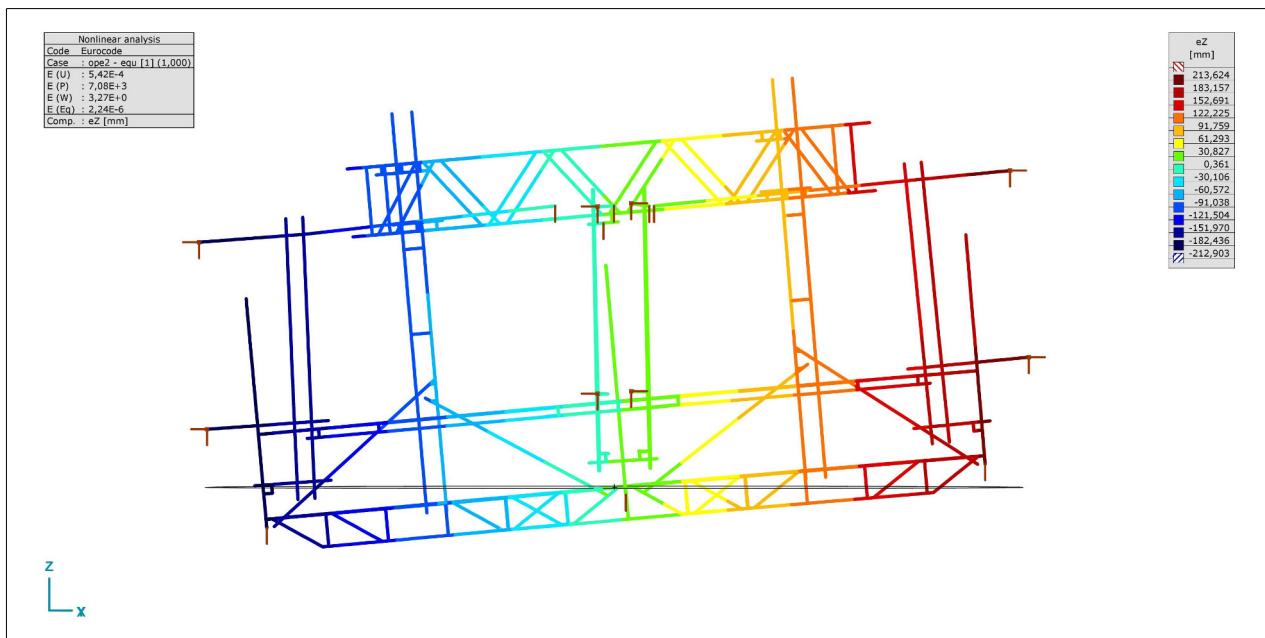


SLU – analisi elastica non lineare – reazioni di sospensione

## 6.4. "Cesta" - Verifica di equilibrio (SLE)

La "cesta" è stata studiata nella configurazione con massima eccentricità di posizionamento del demolitore radiocomandato mediante un'analisi elastica non lineare in modo da evidenziare la massima rotazione.

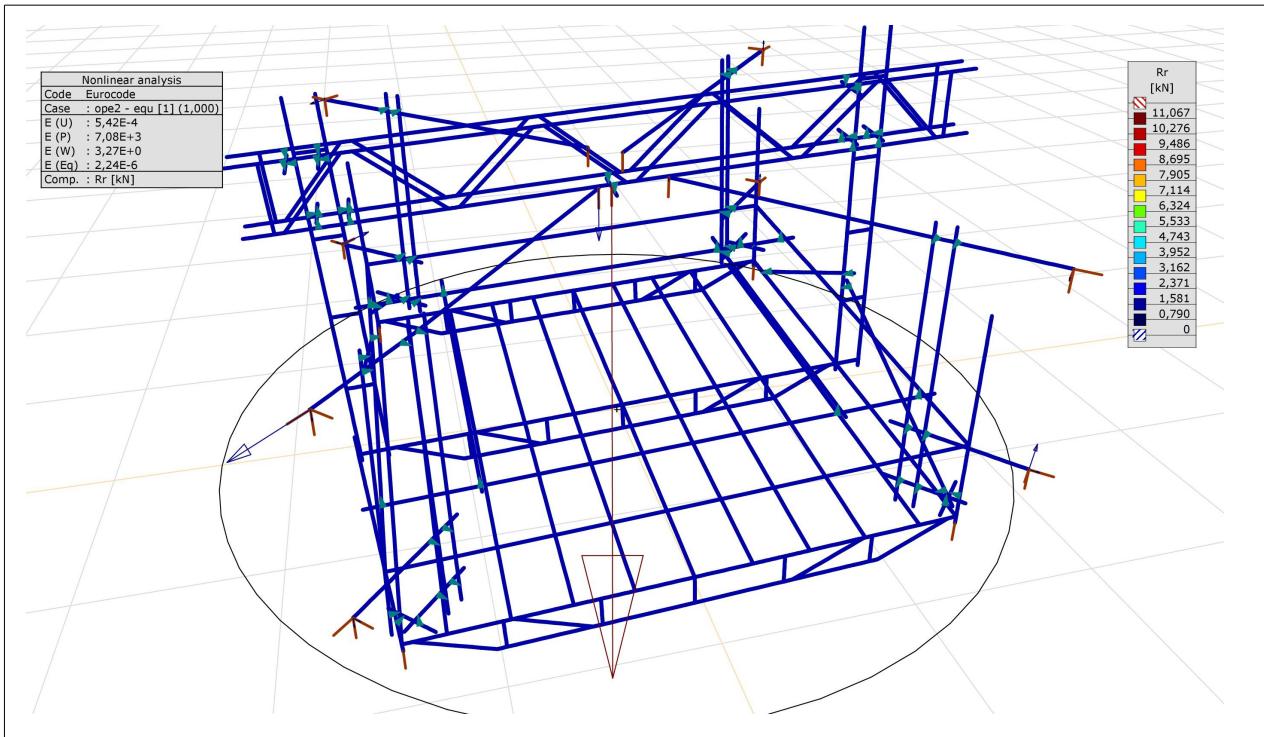
$ez_{max}$	massimo spostamento verticale alle estremità dell'impalcato (lungo la diagonale)	213 mm
$\Delta ez_{max}$	massima differenza di quota fra le estremità della diagonale dell'impalcato = $2 ez_{max}$	426 mm
$d$	diagonale dell'impalcato lungo la quale si verifica la massima pendenza	4240 mm
$\alpha_d$	pendenza massima dell'impalcato = $\arctan (d / \Delta ez_{max})$	5.7 °
$\alpha_{B60}$	pendenza massima operativa del demolitore radiocomandato BROKK 50 / BROKK 60	30.0 °
$\alpha_d / \alpha_{B60}$		0.19 < 1



SLE – spostamenti verticali

E' stata inoltre verificata la razione vincolare di tensionamento degli stabilizzatori nella condizione di equilibrio più sfavorevoli, perfettamente compatibile con l'attrezzatura prevista.

$R_s$	reazione massima di tensionamento degli stabilizzatori	1.1 kN
-------	--	--------



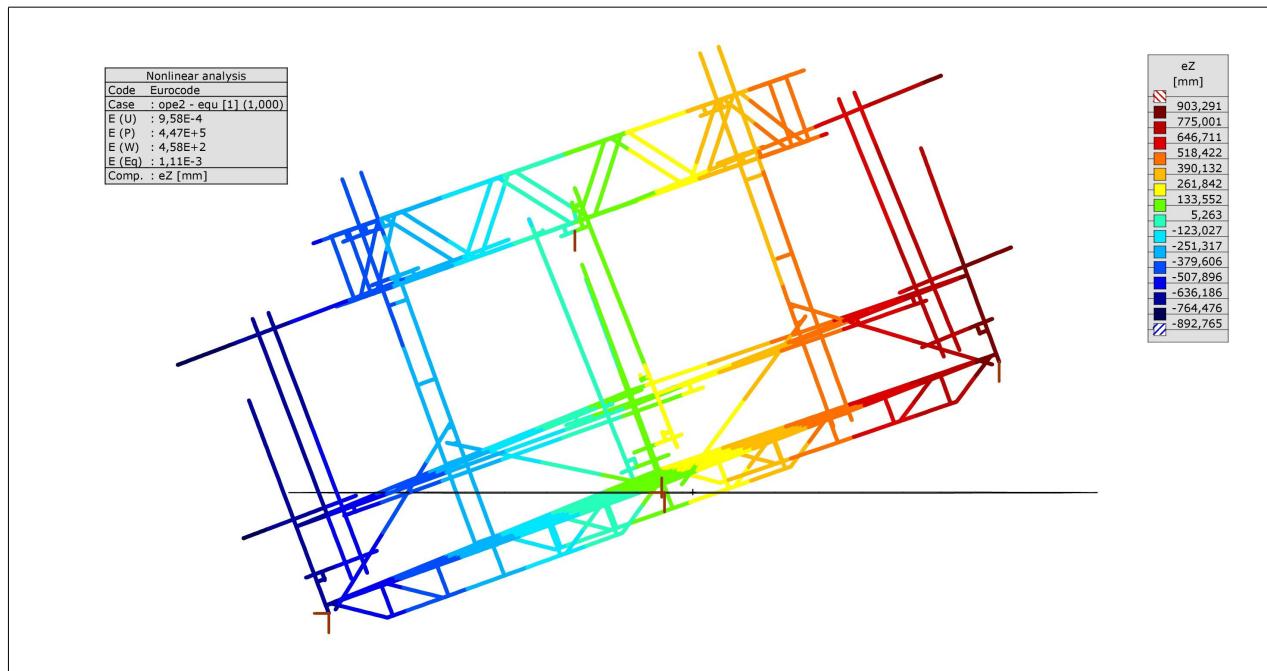
SLE – analisi elastica non lineare – reazioni di sugli stabilizzatori

Nel caso di danneggiamento / inefficacia di uno o più stabilizzatori è necessario che l'inclinazione dell'impalcato della cesta venga mantenuto entro un valore compatibile con l'operatività del demolitore radiocomandato in modo da poter effettuare un recupero ed un ripristino degli stabilizzatori in condizioni di sicurezza.

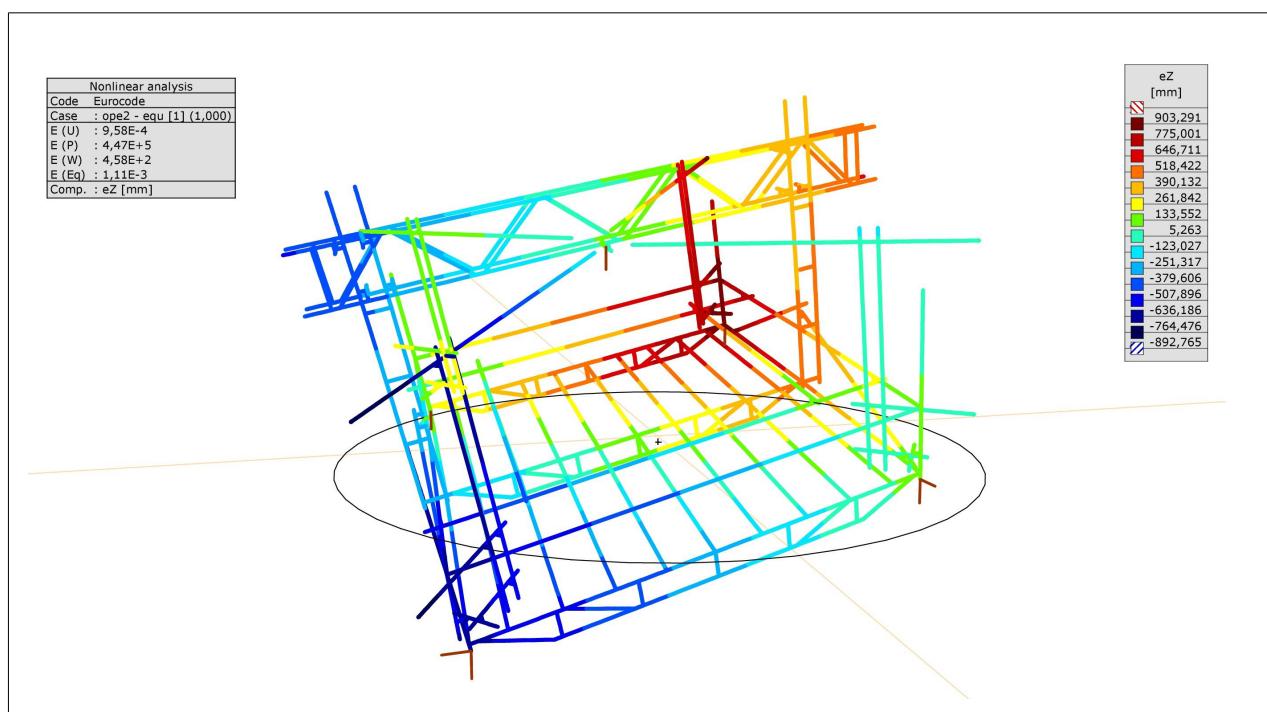
La "cesta" è stata studiata nella configurazione con massima eccentricità di posizionamento del demolitore SENZA TENERE CONTO DEL CONTRIBUTO DEGLI STABILIZZATORI mediante un'analisi elastica non lineare in modo da evidenziare la massima rotazione.

$ez_{max}$	massimo spostamento verticale alle estremità dell'impalcato (lungo la diagonale)	903 mm
$\Delta ez_{max}$	massima differenza di quota fra le estremità della diagonale dell'impalcato = $2 ez_{max}$	1806 mm
d	diagonale dell'impalcato lungo la quale si verifica la massima pendenza	4240 mm
$\alpha_d$	pendenza massima dell'impalcato = $\arctan (d / \Delta ez_{max})$	23.1 °
$\alpha_{B60}$	pendenza massima operativa del demolitore radiocomandato BROKK 50 / BROKK 60	30.0 °
$\alpha_d / \alpha_{B60}$		0.77 < 1

anche senza l'ausilio degli stabilizzatori, l'equilibrio della "cesta" è compatibile con l'operatività del demolitore radiocomandato



SLE – spostamenti verticali SENZA TENERE CONTO DEL CONTRIBUTO DEGLI STABILIZZATORI



SLE – spostamenti verticali SENZA TENERE CONTO DEL CONTRIBUTO DEGLI STABILIZZATORI

## 7. Conclusioni

Si è proceduto all'individuazione delle caratteristiche critiche e alla loro verifica di sicurezza dell'opera provvisoriale descritta nel Disegno Esecutivo allegato.

La struttura è risultata adeguata allo svolgimento delle operazioni previste.

Sarà responsabilità e cura dell'installatore del ponteggio quanto di seguito elencato:

- la verifica dell'effettiva capacità portante dei punti di appoggio
- l'utilizzo esclusivo di materiale provvisto delle Autorizzazioni Ministeriali citate nella presente Relazione di Calcolo.  
Copia di tali autorizzazioni dovrà essere presente in cantiere
- la verifica dello stato di efficienza dei componenti installati
- il corretto montaggio secondo le indicazioni del Disegno Esecutivo allegato e secondo le norme di buona tecnica

PAGINA LASCIATA INTENZIONALMENTE VUOTA

## Allegati

- A1. Scheda illustrava del demolitore radiocomandato BROKK 50
- A2. Scheda illustrava del demolitore radiocomandato BROKK 60

# BROKK 50



## Demolizioni in spazi ristretti

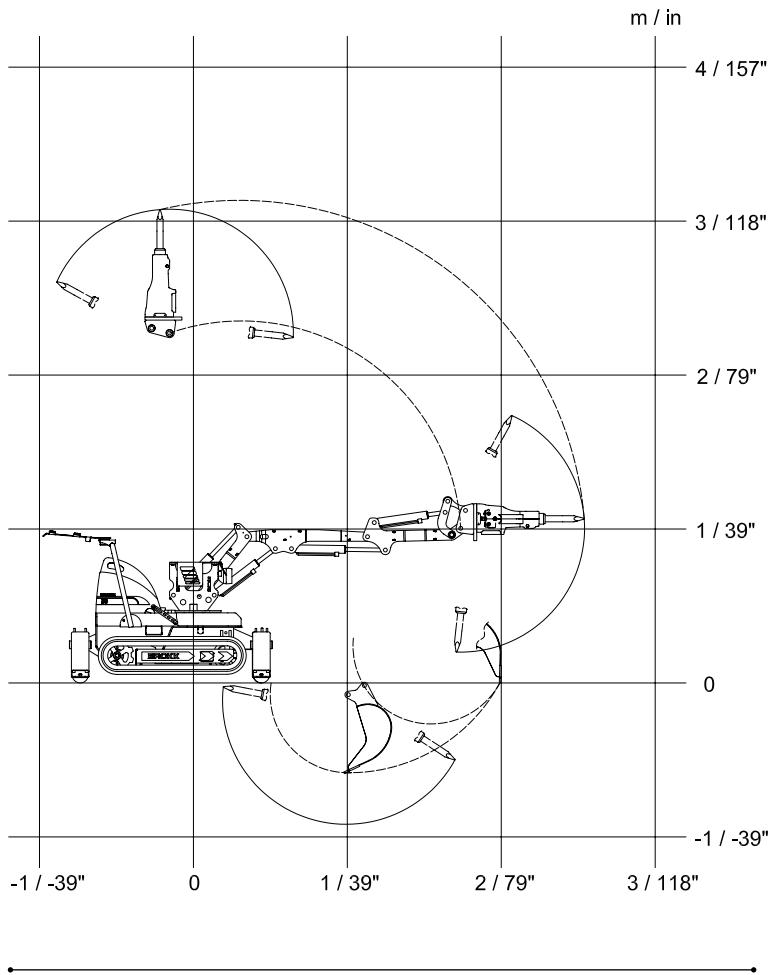
**BROKK 50** è il modello più piccolo della famiglia Brokk. Così piccolo e leggero che si posiziona in luoghi dove prima era impossibile portare attrezzi per la demolizione. Una volta in posizione, il 50 è straordinariamente potente e in grado di eseguire lavori diversi in modo sicuro ed efficiente. Quattro stabilizzatori contribuiscono a creare una superficie d'appoggio più ampia per una eccezionale stabilità, ovunque

lo si metta. Nonostante il peso e le dimensioni ridotte, il Brokk 50 è fino a sei volte più efficiente di attrezzi manuali. Ideale per piccoli lavori interni, passa attraverso porte strette in punta di piedi su pavimenti deboli e riesce a muoversi in spazi ristretti. Nel suo utilizzo può essere trasportato un po' ovunque, tra cui ascensori per passeggeri e su e giù per le scale.

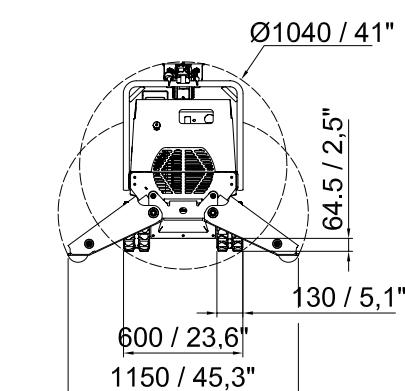
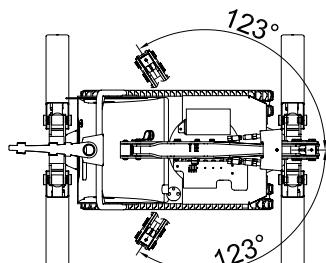
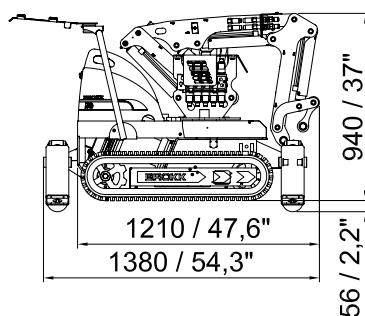
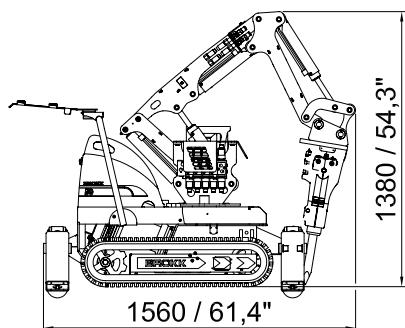
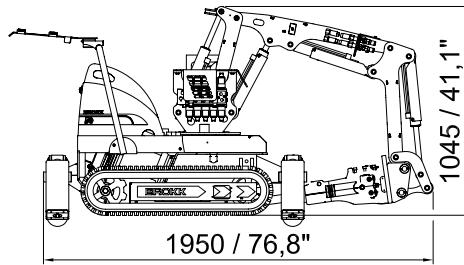
### APPLICAZIONI

Lavori di demolizioni leggere in spazi ristretti, manutenzioni di piccole dimensioni e rifacimenti.

## PORTATA



## DIMENSIONI



## ATTREZZI



## DATI TECNICI

Martello idraulico nelle figure

Il diagramma relativo al carico e alla stabilità può essere ordinato a Brokk AB

SB 52

### Prestazioni

Velocità di rotazione 6,5 sec/245°  
Velocità di trasporto, max. 2,1 km/h; 0,6 m/s  
Angolo di inclinazione, max. 30°

### Impianto idraulico

Capacità impianto idraulico 27 l  
Tipo di pompa Pompa a ingranaggi a portata fissa  
Pressione dell'impianto 18 MPa; 2610 psi  
Portata max della pompa 50 Hz e 60 Hz 18 l/min

### Motore elettrico

Tipo ABB  
Potenza\* 5,5 kW  
Corrente\* 12,5A  
Dispositivo di avviamento Accensione diretta

### Sistema di comando

Tipo di comando Scatola di controllo portatile  
Codice segnale Digitale  
Trasmissione Cavo/Radio

### Peso

Peso della macchina base, escluso attrezzo 500 kg

### Livello di rumore (dalla macchina, non dal martello)

Livello di potenza sonora Lwa, misurato in base alla direttiva 2000/14/EC 82,9 dB(A)

\* Validi per 400V/50Hz

**BROKK**

**60**

NEW 2013!



## Più potenza in spazi minimi

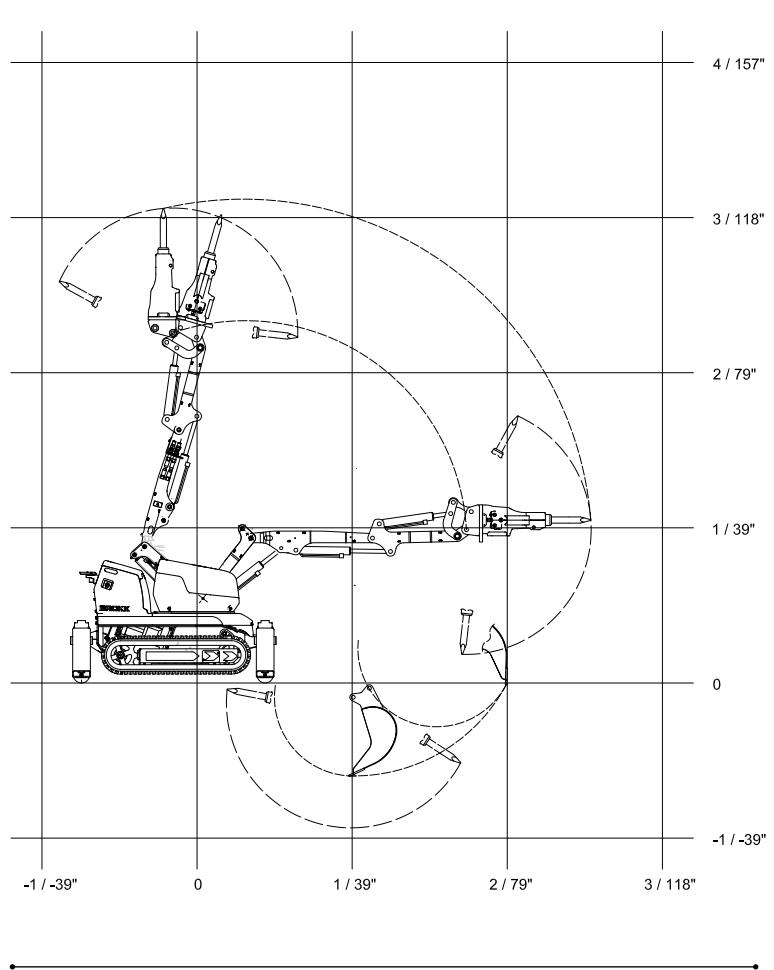
**BROKK 60** è la soluzione ideale per una sicura ed efficacie demolizione in spazi confinati. E' la versione più piccola della famiglia Brokk – anzi la più piccola macchina da demolizione radiocomandata esistente al mondo – ma almeno 7-8 volte più efficacie degli attrezzi manuali e il Brokk 60 non si stanca mai. La combinazione di potenza, dimensioni e peso contenuto consente di eseguire lavori dove in passato non erano possibili con i mezzi meccanizzati. Il confronto con il fratello più anziano – Brokk 50 – il Brokk 60 incrementa la produttività del 25%

con un migliore utilizzo delle prestazioni del martello idraulico, movimenti più rapidi, un sistema di controllo di nuova generazione e (anche) un profilo più basso. Il peso lo rende ideale per lavori all'interno, su solette deboli e può essere spostato utilizzando i normali ascensori per persone. Può anche "camminare" su e giù da rampe di scale. In conclusione il Brokk 60 ha un disegno più duraturo grazie alle nuove protezioni in metallo, componenti più grandi e linee con aspetto più graziato e industriale. Una misura più grande in tutto. Eccetto il peso.

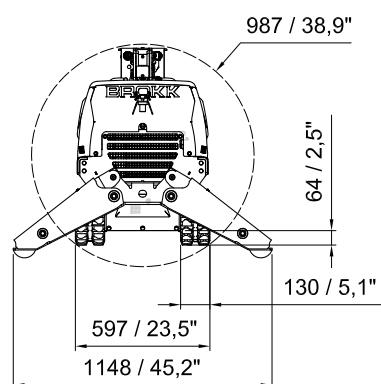
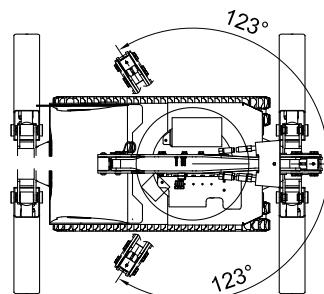
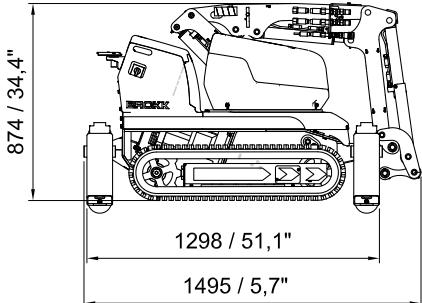
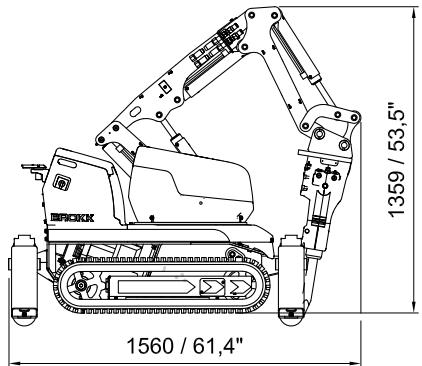
### APPLICAZIONI

Demolizioni in ambienti confinati, piccolo manutenzioni e rifacimenti.

## ESTENSIONE



## DIMENSIONI



## SCHEDA TECNICA

Martello idraulico come illustrato  
Diagrammi di carico e stabilità ordinabili da Brokk AB

SB 52

### Prestazioni

Velocità di rotazione 6.5 sec/245°  
Velocità di traslazione, max. 2.5 km/h; 0.7 m/s; 1.6 mph  
Angolo di inclinazione, max. 30°

### Sistema idraulico

Capacità serbatoio idraulico 27 l; 7.1 US gal  
Pompa a ingranaggi portata fissa 18.0 MPa; 2,610 psi  
Pressione sistema 50Hz e 60Hz 22 l/min; 5.8 US gal/min  
Portata pompa max

### Motore elettrico

Tipo ABB  
Potenza \* 5.5 kW  
Assorbimento\* 14A  
Dispositivo di avvio Diretto

### Sistema di controllo

Tipo Radiocomando portatile  
Codice segnale digitale  
Trasferimento cavo/radio

### Peso

Peso macchina standard senza attrezzo 500 kg; 1.102 lbs

### Livello acustico

Potenza acustica Lwa, misurato in accordo con direttiva 2000/14/EC 82.9 dB(A)

## ATTREZZI

