

UNIVERSITÀ TELEMATICA INTERNAZIONALE  
UNINETTUNO

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Strutture e Infrastrutture

Ingegneria Civile

ELABORATO FINALE

in

Dinamica delle Strutture e Ingegneria Sismica

**Analisi Dinamica e Modellazione FEM di una  
Catena Tensegrity**

RELATORE  
Prof. Luca Placidi

CANDIDATO  
Giovanni Ciucci

ANNO ACCADEMICO 2022/2023



*Ringrazio i miei genitori*

*Grazie per tutti i sacrifici che avete fatto per permettermi di avere una vita migliore. So che ci sarete sempre per me, ma sappiate anche che io ci sarò per voi. Siete i migliori genitori che si possano desiderare. So che non è sempre stato facile per voi, ma avete sempre fatto del vostro meglio. Siete la ragione per cui sono quello che sono, quindi grazie di avermi reso quello che sono oggi. Vi voglio bene siete la mia Vita*

*Un ringraziamento speciale*

*va alla mia compagna Alessia , che è stata sempre al mio fianco,tranquillizzandomi nei momenti bui. Senza di te non sarei mai riuscito a portare a termine tutto questo.*

*Ringrazio mia sorella,*

*Non lo dico abbastanza, e non credo che potrei mai farlo, ma ti voglio un mondo di bene. Non riesco ad esprimere quanto sono stato fortunato ad averti come sorella, ma non ti scambierei per nulla al mondo. Sei una persona sana, bella, intelligente e fantastica capace di fare grandi cose per se stessa e per gli altri.*

*Al mio piccolo ma grande fratello,*

*che nonostante sia il mio “piccolino” è un grande uomo. Sempre pronto ad ascoltarmi e seguirmi come ha sempre fatto fin dalla sua nascita.. Ogni volta che ho bisogno di lui, nonostante non viviamo più insieme, vivendo a pochi km di distanza è sempre presente. Per me sarai e restarai sempre il mio Daddone che amo moltissimo.*

*Grazie al mio collega*

*Pierfanco Proietti che in questi due anni è stato un esempio da seguire. Grazie per avermi insegnato tutto quello che so, e che nulla è impossibile se lo si vuole davvero.*

*Grazie perché senza di voi non sarei mai arrivata fino in fondo a questo difficile, lungo e tortuoso cammino.*

*Infine*

*voglio dedicare questa mia tesi all'unica mia ragione di vita, mio figlio Nando..... che è stato parte del mio percorso di Laurea fin dalla nascita*

# Indice

1	Le Strutture tensegrity .....	5
1.1	Il sistema tensegrity.....	5
1.2	Cinematica e statica delle strutture tensegrity .....	10
1.3	Principi di progettazione e applicazioni pratiche .....	16
1.4	Metodologie di analisi e approcci computazionali.....	21
1.5	Sfide e prospettive future delle strutture tensegrity.....	26
2	Il Modello Analitico della Catena Biatomica Tensegrity .....	29
2.1	Definizione di Metamateriale.....	30
2.2	Catena di Oscillatori Armonici.....	31
2.3	Definizione di Band gap.....	33
2.4	Script - risoluzione Analitica 4 celle Mathematica .....	35
3	Analisi FEM teoria ed Applicazione con RFEM 5 .....	49
3.1	Descrizione dei Metodi Numerici .....	50
3.2	Fasi dell'analisi FEM .....	51
3.3	Analisi Mediante l'utilizzo di RFEM 5 RF DYNAM Vibrazioni Forzate della softwarehouse Dlubal.....	53
3.3.1	Descrizione Generale del Programma.....	53
3.3.2	Analisi Statica lineare – non lineare in RFEM 5.....	54
3.3.3	Analisi Dinamica.....	57
4	Modellazione Telaio - Catena Tensegrity e studio del comportamento dinamico .....	63
4.1	Discretizzazione del modello Telaio – Catena tensegrity .....	63
4.1.1	Dati generali del modello .....	67
4.2	Applicazione delle condizioni al contorno.....	71
4.2.1	Casi di carico dinamici e Diagrammi Temporalis delle forze Armoniche.....	73
4.3	Analisi Modale del modello Telaio – Catena Tensegrity .....	76
4.3.1	Analisi Frequenze naturali – Spostamenti derivanti dall'analisi modale nodo 3 .....	81
4.4	Analisi Time History .....	84
4.4.1	Studio Analisi Time History Nodo 2.....	85
4.4.2	Studio Analisi Time History Nodo 3.....	109
4.4.3	Studio del Rapporto degli spostamenti tra il punto estremo al punto di applicazione della forza e il punto di applicazione della forza stessa .....	134
4.4.4	Studio dell'involuppo dinamico .....	137
5	Conclusioni e sviluppi futuri .....	138

6	Bibliografia .....	139
---	--------------------	-----

## Sommario

Nella Tesi si prende in esame una particolare struttura periodica costituita da due diverse strutture tensegrity e due diverse masse (struttura biatomica) che fungono da oscillatori (o risonatori) si è realizzata una meta-struttura denominata “catena tensegrity” che sia in grado di inibire la trasmissione delle onde nel range 1-10 Hz <sup>1</sup>.

La tesi si concentra sulla modellazione numerica mediante il metodo agli elementi finiti di un sistema telaio - catena tensegrity, utilizzando il software RFEM 5 - RF-DYNAMIC PRO della software house DLUBAL. In particolare, si analizza un esempio di applicazione reale in cui la catena viene progettata per inibire la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza, nello specifico tra il range di 1 Hz e 10 Hz, al fine di isolare sismicamente un oggetto esterno. La struttura realizzata può essere definita come un isolatore sismico unidirezionale, in cui il complesso di elementi interno oscilla mentre quella esterna è isolata [2]. La proposta applicativa prevede l'utilizzo di cavi collegati ad una trave per sostenere il peso delle masse interne ed esterne e consentire il movimento longitudinale delle stesse. Inoltre, un estremo della catena è collegato a terra in modo rigido, mentre l'altro è mantenuto libero tramite un pilastrino che poggia su dei rulli cilindrici di acciaio che ne permettono lo scorrimento orizzontale, nello specifico le componenti della catena tensegrity sono una massa risonante di 64 kg, una massa ospitante di 1,01 kg, la rigidità dei due prismi tensegrity denominati “prisma snello e prisma tozzo” è rispettivamente  $kh=3388,13$  N/m (somma di due prismi snelli), e  $kr= 1942,64$  N/m. Questa struttura viene utilizzata come esempio di applicazione reale per dimostrare l'efficacia dell'isolatore sismico unidirezionale nella trasmissione del segnale.

Per lo studio della modellazione, relativa alla struttura sopra descritta come già anticipato è stato utilizzato un programma FEM, nello Specifico DLUBAL RFEM 5 con il suo applicativo RF-DYNAM PRO VIBRAZIONI FORZATE che permette lo studio delle analisi di vibrazioni naturali della struttura, e dell'analisi modale.

L'analisi modale consente l'analisi dinamica dei sistemi strutturali in grado di vibrare di conseguenza, sono determinati i valori di vibrazione naturale, come la frequenza naturale, una forma modale, la massa modale e i coefficienti di massa modale efficace e/o partecipante. Questa analisi è la base per ulteriori analisi dinamiche, ad esempio per il carico mediante spettro di risposta o un diagramma temporale. Questo è un metodo

---

<sup>1</sup> Fabio Di Girolamo Tesi Laura Magistrale Progettazione di strutture tensegrity con risonatori distribuiti che inibiscono la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza Università Telematica Uninettuno, 2022 [1]

completamente lineare; le non linearità esistenti nel sistema non sono prese in considerazione. Inoltre, l'analisi modale rappresenta un metodo per la risoluzione delle time history. In questo caso, vengono utilizzati direttamente gli autovalori determinati e le forme modali del modello.

Infine, vengono presentate le conclusioni sulla base dei risultati ottenuti confrontando la risposta positiva con il metodo analitico concludendo con suggerimenti di possibili linee di ricerca future.

# 1 Le Strutture tensegrity

## 1.1 Il sistema tensegrity

Il termine "tensegrity" è una combinazione delle parole "tensional" e "integrity". I sistemi di tensegrity sono strutture composte da componenti in compressione (solitamente asticelle rigide) che fluttuano in una rete di componenti in tensione (solitamente cavi o corde). La caratteristica distintiva di queste strutture è che le componenti in compressione non si toccano tra di loro, ma sono sospese e bilanciate dalla tensione continua dei cavi<sup>2</sup>.

Sebbene non sia stato il primo a creare strutture basate su principi di tensegrity, Buckminster Fuller, noto per la sua invenzione del domo geodetico, è spesso associato alla diffusione e alla promozione del concetto negli anni '60. Fuller ha esplorato come la tensegrity potesse fornire strutture stabili con un uso minimo di materiali<sup>3</sup>.

Molte delle prime strutture di tensegrity sono attribuite a Kenneth Snelson, un artista e scultore. Durante gli anni '40, mentre era studente al Black Mountain College, Snelson ha prodotto sculture basate su questo principio. Successivamente, ha sviluppato numerose strutture di tensegrity, che ha descritto come "sculture fluttuanti". Fuller ha riconosciuto il lavoro di Snelson e lo ha definito il padre della tensegrity.

Al di là delle applicazioni ingegneristiche e artistiche, i principi della tensegrity sono stati riconosciuti anche in biologia. Donald Ingber, un biologo, ha suggerito che le cellule e i tessuti biologici mostrano proprietà di tensegrity a livello molecolare e cellulare, fornendo stabilità e resilienza alle strutture biologiche.

Oggi, i principi di tensegrity vengono utilizzati in vari campi, dalla progettazione architettonica all'ingegneria aeronautica e alla medicina. Le strutture di tensegrity sono apprezzate per la loro resistenza, leggerezza e capacità di distribuire le forze in modo uniforme attraverso tutti i componenti<sup>4</sup>.

Dopo gli anni '60 e '70, l'interesse per la tensegrity è cresciuto in diversi settori, sia in termini di ricerca sia in termini di applicazioni pratiche. Nel campo dell'architettura, la tensegrity offre soluzioni innovative per la creazione di spazi e strutture leggere ma incredibilmente resistenti. Gli architetti hanno esplorato le potenzialità della tensegrity nella realizzazione di ponti, tettoie, e strutture temporanee. Queste strutture, grazie alla loro natura modulare e adattabile, possono essere facilmente assemblate, smontate e trasportate.

---

<sup>2</sup> Morsy, A. A. A. (2020). Form-finding of tensile & tensegrity structures. [2]

<sup>3</sup> Morsy, A. A. A. (2020). Form-finding of tensile & tensegrity structures. [2]

<sup>4</sup> Morsy, A. A. A. (2020). Form-finding of tensile & tensegrity structures. [2]



Nel campo della robotica, i principi di tensegrity sono stati utilizzati per sviluppare robot flessibili e adattabili. Questi robot, spesso ispirati alle strutture biologiche, possono adattarsi a vari ambienti e superare ostacoli in modo efficiente<sup>5</sup>.

La NASA ha mostrato interesse per la tensegrity come possibile soluzione per la costruzione di strutture spaziali e lander. Le strutture basate sulla tensegrity possono assorbire gli urti e adattarsi alle superfici irregolari dei corpi celesti, rendendole ideali per missioni su pianeti o lune con terreni accidentati.

Come menzionato in precedenza, la tensegrity è stata riconosciuta come un principio chiave nella struttura e funzione dei tessuti biologici. Ciò ha portato a una migliore comprensione di come le cellule rispondano alle forze meccaniche e di come i tessuti organizzino e mantengano la loro forma. Questa prospettiva ha anche influenzato la pratica della medicina fisica, in particolare nel campo della terapia manuale e della riabilitazione.

Al di là delle sculture di Snelson, molti altri artisti hanno abbracciato la tensegrity come mezzo espressivo. Le strutture di tensegrity, con la loro apparente sfida alle leggi della gravità e la loro estetica unica, sono diventate un potente simbolo di equilibrio e interconnessione<sup>6</sup>.

In conclusione, la tensegrity è molto più di un semplice concetto strutturale. È diventata una metafora dell'equilibrio e dell'interdipendenza, influenzando vari campi dalla scienza all'arte. La sua capacità di combinare forza e flessibilità, compressione e tensione, la rende un modello affascinante per comprendere sia le costruzioni artificiali sia i sistemi naturali. Sotto il profilo definitorio, la tensegrity è un principio strutturale basato sull'equilibrio tra tensione e compressione. Questo equilibrio si manifesta in strutture in cui componenti compressi (come asticelle o barre) sono sospese all'interno di una rete continua di elementi tesi (come cavi o corde). Questo design impedisce alle parti compressive di toccarsi tra di loro.

La tensegrity è una combinazione delle parole "tensional integrity". Si riferisce a strutture che mantengono la loro integrità attraverso un equilibrio di forze di tensione e compressione, piuttosto che attraverso una connessione rigida di componenti.

La tensegrity può essere classificata in base al numero di elementi, alla loro configurazione e alla loro complessità:

---

<sup>5</sup> Fernández-Ruiz, M. A., Gil-Martín, L. M., Carbonell-Márquez, J. F., & Hernández-Montes, E. (2019). Form finding of tensegrity structures based on families: the octahedron family.[3]

<sup>6</sup> Fernández-Ruiz, M. A., Gil-Martín, L. M., Carbonell-Márquez, J. F., & Hernández-Montes, E. (2019). Form finding of tensegrity structures based on families: the octahedron family. [3]

1. **Prismi:** Questi sono i modelli più semplici e sono costituiti da asticelle in compressione sospese in una rete di cavi tesi. Un esempio comune è il prisma triangolare, costituito da tre asticelle e nove cavi.
2. **Mast e tenda:** Queste strutture utilizzano un singolo elemento compresso (il "mast") sospeso da cavi radialmente disposti. Si potrebbe immaginare questo come un palo sospeso nel mezzo di una tenda tesa.
3. **Catene:** Queste strutture collegano più elementi compressi in una sequenza, creando una catena o un ciclo.
4. **Strutture piane e curve:** Queste strutture si estendono su una singola superficie, che può essere piatta, curva o una combinazione delle due.
5. **Strutture spaziali:** Queste sono strutture tridimensionali che occupano uno spazio. Possono avere forme complesse e intricate.
6. **Strutture espandibili:** Queste strutture possono essere modificate o espansive, permettendo di cambiare la loro forma o dimensione.

Va segnalato, ancora, che le strutture tensegrity sono complesse reti di elementi tesi (cavi) e elementi compressi (pali) che si sostengono a vicenda attraverso una combinazione di tensione e compressione. La classificazione di queste strutture, come descritta in letteratura, si concentra sul concetto di "celle elementari tensegrity", cioè unità di base di strutture tensegrity che non possono essere ulteriormente suddivise in unità stabili più piccole<sup>7</sup>.

L'autore Pugh<sup>8</sup> ha realizzato per la prima volta un catalogo dettagliato di queste celle tensegrity, prendendo in considerazione la posizione relativa degli elementi tesi e la complessità dei componenti compressi, ossia il numero di elementi che compongono tali componenti. Inoltre, ha descritto tre diverse configurazioni che una struttura tensegrity sferica può assumere in base alla disposizione dei componenti compressi.

Questo sistema di classificazione è stato poi ripreso da Motro<sup>9</sup>, che ha suggerito anche un sistema di nomenclatura. Questo sistema si basa su vari parametri, tra cui il numero di nodi ("n"), il numero di componenti compressi ("S"), il numero di cavi ("C"), la regolarità o l'irregolarità dei sistemi ("R" per regolare e "I" per irregolare), e la sfericità delle strutture ("SS" per sferiche).

---

<sup>7</sup> Pizzigoni, A., & Ruscica, G. (2014). Reti e strutture tensegrali nei sistemi urbani/Networks and tensegrity structures in urban systems. *POLITECNICA*. [4]

<sup>8</sup> Pugh, A. (1976). *An introduction to tensegrity*. Univ of California Press. [5]

<sup>9</sup> Motro, R. (2003). *Tensegrity: structural systems for the future*. Elsevier. [6]

Inoltre, esiste un'altra nomenclatura proposta da Williamson e Whitehouse<sup>10</sup>, che definisce una struttura tensegrity in base al numero di componenti compressi (pali) e componenti tesi (cavi), nonché al numero di livelli o stadi in cui la struttura si sviluppa.

Infine, Skelton<sup>11</sup> suggerisce una classificazione basata sul numero di elementi compressi che convergono in un nodo. Questo approccio permette di classificare le strutture tensegrity in base al numero di elementi che si collegano a ciascun nodo, ad esempio "classe 1" per strutture in cui ogni nodo ha un solo elemento compresso che si collega a esso, "classe 2" per strutture con due elementi compressi convergenti in un nodo, e così via.

In sintesi, esistono diverse modalità per classificare le strutture tensegrity in base a vari parametri come il numero di elementi, la forma, la regolarità e la sfericità, o il modo in cui gli elementi si collegano ai nodi. Ogni approccio ha vantaggi specifici a seconda del contesto di studio e dell'obiettivo della classificazione.

Oltre a queste classificazioni basate sulla forma e sulla configurazione, le strutture di tensegrity possono anche essere classificate in base al loro uso o funzione, come architettonico, artistico, biologico o robotico.

È interessante notare che mentre molte strutture di tensegrity sono state create come modelli fisici o come grandi installazioni, i principi della tensegrity sono stati anche teorizzati e applicati a livelli microscopici, come nelle strutture cellulari nel corpo umano. Questa versatilità e adattabilità del concetto ha permesso alla tensegrity di influenzare e ispirare una vasta gamma di discipline e applicazioni.

I sistemi tensegrity, grazie alle loro singolari caratteristiche, hanno suscitato molto interesse in vari campi di ricerca. Essi combinano un fascino estetico con una notevole efficienza strutturale: sono leggeri, ma al contempo rigidi, e possono trasformarsi e adattarsi grazie a componenti avanzati. L'essenza di questa efficienza risiede nella capacità di creare strutture stabili con pochi elementi, e l'uso di pre-sollecitazioni in questi elementi può potenziare ulteriormente la robustezza della struttura senza aumentare le dimensioni dei singoli componenti. Questo significa che possono essere costruiti usando meno materiale, rendendoli economicamente vantaggiosi.

Tra le varie applicazioni dei sistemi tensegrity, spiccano le strutture architettoniche e ingegneristiche come torri, padiglioni, coperture, ponti e archi. Essi non sono solo limitati

---

<sup>10</sup> Williamson, D., & Skelton, R. E. (2003). General class of tensegrity structures: topology and prestress equilibrium analysis. *Journal of guidance, control, and dynamics*, 26(5), 685-694.[7]

<sup>11</sup> Skelton, R. E., & De Oliveira, M. C. (2009). *Tensegrity systems* (Vol. 1). New York: Springer.[8]

al campo dell'architettura e dell'ingegneria civile, ma trovano applicazione anche in ingegneria meccanica, biomedica e nella teoria dei sistemi<sup>12</sup>.

Un esempio emblematico di queste strutture è la Warnow Tower situata a Rostock, Germania. Progettata dallo studio Schlaich Bergermann und Partner e costruita in occasione della International Garden Exhibition del 2003, si tratta della torre tensegrity di classe 2 più alta mai realizzata, con un'altezza di 62,3 metri. La sua struttura è composta da sei moduli base, ognuno dei quali è formato da tre pilastri sostenuti da sei cavi in acciaio.

Il Blur Building è un padiglione espositivo che è stato costruito per l'Expo del 2002 a Yverdon-les-Bains, in Svizzera. Questa struttura poggia su quattro pilastri che si trovano sul fondale del lago e utilizza un sistema basato su pseudo-ottaedri tensegrity per creare un impalcato sporgente di oltre 30 metri. Ogni ottaedro in questo sistema è costituito da un quadrato orizzontale formato da travi in acciaio, con un puntone verticale che passa attraverso il baricentro del quadrato e si collega ai quattro vertici tramite cavi.

È importante notare che questo sistema non rientra nella definizione di tensegrity proposta da Motro<sup>13</sup>, ma dimostra come le tecnologie e le tecniche utilizzate per realizzare delle estensioni sporgenti siano compatibili con la costruzione di strutture simili basate sulla tensegrity. Nel caso del Blur Building, gli ingegneri Passera e Pedretti hanno scelto la soluzione pseudo-tensegrity perché è risultata essere la più efficiente tra le opzioni considerate per il progetto.

Il White Rhino Building è un edificio situato a Chiba, Giappone, costruito nel 2001 all'interno del centro di ricerca dell'Università di Tokyo. Questo edificio ospita alcuni laboratori dell'università ed è particolarmente interessante per la sua copertura a membrana. Questa copertura si appoggia su due punti separati, che a loro volta sono collegati a due strutture tensegrity di dimensioni diverse. Un modulo è alto 10 metri e l'altro 7 metri, e sono collegati utilizzando cavi in acciaio<sup>14</sup>.

Un altro esempio di un edificio con una struttura interessante è lo stadio La Plata Stadium a Buenos Aires, in Argentina, progettato nel 2011 da Weidlinger Associates in collaborazione con Thornton Tomasetti e Roberto Ferreira. La copertura di questo stadio è composta da tre sub-strutture: un anello reticolare in acciaio, al quale è collegato un sistema tensegrity che supporta due pinnacoli reticolari di chiusura. Questo sistema di copertura è rivestito da una membrana in fibra di vetro che copre l'intera struttura.

---

<sup>12</sup> Skelton, R. E., & De Oliveira, M. C. (2009). *Tensegrity systems* (Vol. 1). New York: Springer.[8]

<sup>13</sup> Motro, R. (2003). *Tensegrity: structural systems for the future*. Elsevier. [6]

<sup>14</sup> Skelton, R. E., & De Oliveira, M. C. (2009). *Tensegrity systems* (Vol. 1). New York: Springer.[8]

Entrambi questi edifici rappresentano esempi interessanti di come le strutture tensegrity e le coperture a membrana possano essere utilizzate in progetti architettonici per creare design innovativi e funzionali.

Un progetto di ricerca notevole menzionato è il "Tensarch", condotto da Motro presso il Laboratoire de Génie Civil di Montpellier. Questa ricerca aveva l'obiettivo di studiare le proprietà meccaniche di una griglia di copertura basata sulla tensegrity, esplorando le potenziali applicazioni di questa tecnologia.

Il Kurilpa Bridge è un esempio concreto dell'uso del principio tensegrity nella costruzione di un ponte a Brisbane, Australia. Questo ponte, inaugurato nel 2009, collega due parti della città ed è un'illustrazione di come la tensegrity possa essere utilizzata per creare strutture stabili e funzionali in ingegneria civile.

Nel campo dell'architettura e dell'ingegneria civile, sebbene non esistano ancora archi tensegrity propriamente detti, ci sono ricerche che esaminano il comportamento meccanico di archi tensegrity esposti alle forze del vento e il loro utilizzo come supporto per membrane di copertura<sup>15</sup>.

In generale, il limitato numero di strutture tensegrity realizzate in architettura e ingegneria civile suggerisce la necessità di ulteriori studi e ricerche per esplorare appieno il potenziale di queste strutture in vari contesti. Questi studi dovrebbero considerare non solo gli aspetti tecnologici e meccanici ma anche quelli estetici e compositivi, al fine di sviluppare nuove e innovative applicazioni delle strutture tensegrity in progetti futuri<sup>16</sup>.

## 1.2 Cinematica e statica delle strutture tensegrity

La cinematica è lo studio del movimento senza tener conto delle forze o delle cause che lo generano. Nelle strutture tensegrity, la cinematica si concentra su come cambiano forma in risposta a specifiche deformazioni applicate.

1. **Riconfigurazione:** Uno degli aspetti più affascinanti delle strutture tensegrity è la loro capacità di riconfigurarsi. A differenza di molte altre strutture, una piccola deformazione in un punto della struttura può provocare un ampio cambiamento nella configurazione complessiva. Questo comportamento è il risultato dell'interconnessione degli elementi in tensione e compressione.

---

<sup>15</sup> Motro, R. (2003). *Tensegrity: structural systems for the future*. Elsevier.[6]

<sup>16</sup> Gilewski, W., Kłosowska, J., & Obara, P. (2015). Applications of tensegrity structures in civil engineering. *Procedia Engineering*, 111, 242-248.[9]

2. **Mobilità e Gradi di Libertà:** Le strutture tensegrity possono avere diversi gradi di libertà, cioè modi specifici in cui possono muoversi. Ad esempio, una struttura potrebbe essere in grado di allungarsi o contrarsi lungo un asse specifico, o di torcersi attorno a un punto centrale. Questi movimenti possono essere controllati e utilizzati in applicazioni come robotica o dispositivi medici.
3. **Prestressabilità:** Un concetto chiave nella cinematica delle strutture tensegrity è la "prestressabilità". Questo si riferisce alla capacità della struttura di mantenere una certa quantità di tensione interna (prestress) anche in assenza di carichi esterni. La prestressabilità consente alle strutture tensegrity di mantenere la loro forma e stabilità. Quando una forza viene applicata, la struttura si deforma, ma quando la forza viene rimossa, la struttura ritorna alla sua forma originale a causa del prestress interno.
4. **Stati di Equilibrio:** Una struttura tensegrity può avere più stati di equilibrio. Ciò significa che può esistere in diverse configurazioni stabili, e una piccola perturbazione può far passare la struttura da uno stato all'altro.
5. **Sintesi e Progettazione:** Data la complessità della cinematica delle strutture tensegrity, esistono diversi strumenti e metodi progettuali per prevedere e controllare il loro comportamento. Questi strumenti aiutano gli ingegneri e i progettisti a creare strutture con movimenti e caratteristiche desiderati<sup>17</sup>.

Le strutture tensegrity rappresentano un'interessante congiunzione tra ingegneria, matematica e design. La loro natura riconfigurabile e la vasta gamma di movimenti possibili le rende adatte a molte applicazioni innovative, dalla robotica all'architettura<sup>18</sup>.

James Clerk Maxwell, nel 19° secolo, ha studiato strutture costituite da travi lineari collegate tra loro attraverso nodi senza attrito, alle quali sono applicate forze esterne. Ha definito una "struttura" come un insieme di travi collegate da nodi in uno spazio tridimensionale euclideo. Una "struttura rigida" è una struttura nella quale la distanza tra due punti non può cambiare senza alterare la lunghezza di almeno una delle sue travi. Secondo Maxwell, in uno spazio tridimensionale, per avere una struttura rigida, sono necessarie  $(3n - 6)$  travi, dove "n" è il numero di nodi. Questa teoria è conosciuta come la Regola di Maxwell.

---

<sup>17</sup> Gilewski, W., Kłosowska, J., & Obara, P. (2015). Applications of tensegrity structures in civil engineering. *Procedia Engineering*, 111, 242-248.[9]

<sup>18</sup> Motro, R. (2003). *Tensegrity: structural systems for the future*. Elsevier.[6]

Tuttavia, ci sono strutture che non seguono questa regola, e le strutture di "tensegrity" sono un esempio chiave di queste eccezioni. Sebbene Maxwell abbia previsto tali eccezioni, non ha fornito una spiegazione dettagliata. Il "simplex" (anche conosciuto come "tensegrity prism" o "T3") è una delle strutture di tensegrity più semplici<sup>19</sup>.

Le strutture tensegrity sono generalmente analizzate come corpi rigidi liberi nello spazio, cioè strutture indipendenti e non vincolate a supporti esterni. Tuttavia, se un nodo specifico di una di queste strutture viene vincolato, le cose cambiano. Supponiamo di avere un punto chiamato Q in una struttura tensegrity, che è soggetto a un vincolo. Questo vincolo fa sì che il piccolo spostamento del punto Q sia nullo.

Una caratteristica chiave delle strutture tensegrity è la loro capacità di rimanere in equilibrio da sole, senza l'aiuto di forze esterne o vincoli, grazie a un particolare stato di tensione tra gli elementi. Questo stato di equilibrio autonomo è chiamato "auto-equilibrio". Per analizzare queste strutture dal punto di vista cinematico, è essenziale identificare e studiare i "meccanismi infinitesimi" presenti in esse. Questi meccanismi rappresentano modi in cui la struttura può muoversi senza deformarsi.

Un esempio concreto di ciò può essere visto in un "arco a tre cerniere". Questo esempio evidenzia la differenza tra i meccanismi infinitesimi e quelli che sono definiti come "meccanismi finiti".

Continuando, l'analisi meccanica delle strutture tensegrity necessita di alcune definizioni e notazioni preliminari, a causa della sua natura complessa e delle varie interpretazioni fornite dagli studiosi provenienti da diversi campi di ricerca nel corso degli anni<sup>20</sup>.

Il primo passo è definire e descrivere la forma e la disposizione geometrica di una struttura tensegrity nello spazio tridimensionale. A causa della complessità di queste strutture, potrebbe essere utile utilizzare metodi che semplifichino l'analisi, come considerare le proprietà di simmetria della struttura.

Una delle tecniche utilizzate per descrivere la geometria di queste strutture è la Teoria dei Grafi, introdotta nel contesto delle strutture tensegrity da Roth e Whiteley<sup>21</sup>. La Teoria dei Grafi è utile in molti campi poiché può modellare situazioni in cui le relazioni tra gli elementi sono altrettanto importanti delle proprietà degli elementi stessi.

---

<sup>19</sup> Gilewski, W., Kłosowska, J., & Obara, P. (2015). Applications of tensegrity structures in civil engineering. *Procedia Engineering*, 111, 242-248.[9]

<sup>20</sup> Gilewski, W., Kłosowska, J., & Obara, P. (2015). Applications of tensegrity structures in civil engineering. *Procedia Engineering*, 111, 242-248.[9]

<sup>21</sup> Roth, B., & Whiteley, W. (1981). Tensegrity frameworks. *Transactions of the American Mathematical Society*, 265(2), 419-446.[10]

In termini di grafi, un grafo è definito da un insieme di "nodi" (o vertici) e "archi" (o spigoli, lati) che collegano questi nodi. Quando più archi collegano la stessa coppia di nodi, questi archi sono chiamati "elementi multipli". Se un arco si connette allo stesso nodo alle sue due estremità, è chiamato "anello". Un "grafo semplice" non ha elementi multipli o anelli. Un grafo è "finito" se ha un numero limitato di nodi e archi. Due nodi collegati da un arco sono detti "adiacenti", e due archi che condividono un nodo sono detti "incidenti". La "valenza" di un nodo indica il numero di archi che sono connessi a quel nodo.

Quando parliamo di statica nelle strutture tensegrity, ci riferiamo all'analisi delle forze e degli equilibri presenti nella struttura quando è sottoposta a carichi esterni o interni. Questa analisi ci permette di comprendere come le strutture reagiscono a specifici carichi e come distribuiscono queste forze tra i loro componenti.

1. **Equilibrio delle Forze:** Il principio fondamentale della statica è che, in una struttura in equilibrio, la somma delle forze e dei momenti in ogni punto è zero. In una struttura tensegrity, questo equilibrio è raggiunto dalla combinazione di elementi in tensione (cavi) e in compressione (barre).
2. **Prestress:** Come menzionato in precedenza, una caratteristica distintiva delle strutture tensegrity è la loro capacità di mantenere un certo livello di prestress. Questa tensione interna preesistente garantisce che la struttura mantenga la sua forma e stabilità anche in assenza di carichi esterni. In termini statici, il prestress contribuisce a stabilizzare la struttura e a distribuire le forze in modo uniforme.
3. **Rigidità e Flessibilità:** A differenza delle strutture tradizionali, le strutture tensegrity possono mostrare sia rigidità che flessibilità a seconda della configurazione e del livello di prestress. Questo significa che possono resistere a carichi significativi pur mantenendo una certa deformabilità.
4. **Stati di Equilibrio Multiplo:** Alcune strutture tensegrity possono avere diversi stati di equilibrio statico. Ciò significa che possono esistere in diverse configurazioni stabili sotto lo stesso set di carichi esterni. Questa capacità di "saltare" da uno stato di equilibrio all'altro può essere sfruttata in diverse applicazioni, come attuatori o dispositivi di stoccaggio di energia<sup>22</sup>.
5. **Analisi Non Lineare:** Data la natura complessa delle strutture tensegrity, l'analisi statica può spesso richiedere approcci non lineari. Ciò significa che le relazioni tra

---

<sup>22</sup> Roth, B., & Whiteley, W. (1981). Tensegrity frameworks. *Transactions of the American Mathematical Society*, 265(2), 419-446.[10]



le forze e le deformazioni non sono necessariamente proporzionali e possono variare in base alla configurazione e ai livelli di prestress della struttura.

6. **Progettazione e Ottimizzazione:** Conoscere le proprietà statiche di una struttura tensegrity è fondamentale durante la fase di progettazione. Questo consente agli ingegneri di dimensionare correttamente gli elementi, scegliere i materiali appropriati e garantire che la struttura possa sopportare i carichi previsti. L'ottimizzazione può riguardare sia la forma che la distribuzione delle forze all'interno della struttura per ottenere le migliori prestazioni possibili.

In sintesi, la statica delle strutture tensegrity si concentra su come le forze vengono distribuite e bilanciate all'interno della struttura. Questa analisi è essenziale per garantire che le strutture siano sicure, efficienti e in grado di soddisfare le esigenze specifiche delle loro applicazioni previste.

Stabilire la forma iniziale delle strutture tensegrity è una delle sfide principali nel loro studio. Questo problema è spesso chiamato "form-finding" nella letteratura specialistica<sup>23</sup>.

Essenzialmente, la forma iniziale di una struttura tensegrity è determinata una volta che abbiamo le coordinate dei nodi e le tensioni (o auto-sollecitazioni) all'interno degli elementi. Queste due componenti sono profondamente legate tra loro: un piccolo cambiamento in uno può causare grandi variazioni nell'altro. Tuttavia, se sappiamo in anticipo la forma della struttura o le tensioni degli elementi, possiamo definire univocamente la configurazione iniziale.

Il "form-finding" può quindi essere suddiviso in due principali categorie:

1. **Ricerca della forma:** in questo approccio, conosciamo le tensioni interne degli elementi e vogliamo trovare la forma o la disposizione geometrica della struttura.
2. **Ricerca della forza:** qui, sappiamo già come appare la struttura, ma dobbiamo determinare le tensioni interne.

Nel primo approccio, potremmo finire con una forma che non corrisponde a quello che un architetto aveva in mente. Nel secondo, non abbiamo controllo sulle tensioni all'interno della struttura. Da un punto di vista di design e ingegneria, il secondo metodo è spesso preferito, ma è necessario verificare che la soluzione ottenuta sia realmente fattibile.

Esistono molti metodi per risolvere il problema del "form-finding" e diversi studi offrono panoramiche e valutazioni critiche su questi metodi. Anche se i primi esempi di strutture tensegrity sono stati creati in maniera più artistica e intuitiva, è fondamentale avere metodi

---

<sup>23</sup> Roth, B., & Whiteley, W. (1981). Tensegrity frameworks. *Transactions of the American Mathematical Society*, 265(2), 419-446.[10]

che forniscano soluzioni precise, sia analitiche che numeriche, per soddisfare le esigenze dell'ingegneria<sup>24</sup>.

Gli approcci usati per studiare le strutture tensegrity possono essere raggruppati in due categorie principali: metodi analitici e metodi numerici.

- **Metodi Analitici:** Questi metodi sono adatti per strutture tensegrity più semplici o quelle che presentano una certa simmetria. Grazie a questa simmetria, è possibile semplificare l'analisi concentrando l'attenzione su un numero ridotto di nodi.
- **Metodi Numerici:** Questi sono utili per studiare strutture tensegrity più complesse, note come "free-form". Questi metodi possono essere ulteriormente classificati in:
  - **Metodi Geometrici:** Uno degli esempi chiave qui è il Metodo della Densità di Forza (FDM). Questo metodo trasforma un set complesso di equazioni non lineari in un sistema più gestibile di equazioni lineari utilizzando il concetto di densità di forza.
  - **Metodi Statici:** Questi approcci si concentrano sull'equilibrio dei nodi o degli elementi della struttura. Alcuni esempi includono il metodo del rilassamento dinamico, utilizzato originariamente per le strutture funicolari, e l'approccio statico non lineare.
  - **Metodi Energetici:** Questi metodi cercano di trovare la configurazione in cui la struttura tensegrity ha un'energia potenziale minima.

Molti ricercatori e studiosi hanno contribuito all'evoluzione di questi metodi. Nel contesto di questo lavoro specifico, l'attenzione si concentra sul Metodo della Densità di Forza (FDM). Utilizzando questo metodo, si può determinare la densità di forza delle strutture tensegrity dando priorità alla loro topologia e configurazione geometrica.

---

<sup>24</sup> Roth, B., & Whiteley, W. (1981). Tensegrity frameworks. *Transactions of the American Mathematical Society*, 265(2), 419-446.[10]

### 1.3 Principi di progettazione e applicazioni pratiche

Le strutture tensegrity, combinate di elementi compressi e tesi, hanno dato origine a soluzioni architettoniche ed ingegneristiche uniche, che integrano funzionalità, flessibilità e resistenza.

Partendo dai principi di progettazione, l'essenza delle strutture tensegrity risiede nella loro capacità di bilanciare e distribuire le forze di tensione e compressione in modo che l'intera struttura mantenga un equilibrio stabile. Questo equilibrio è la chiave della loro unica combinazione di stabilità e flessibilità.

Nelle strutture tensegrity, gli elementi tesi (spesso costituiti da corde, cavi o tendini) lavorano in tensione: sono tirati tra due o più punti. D'altro canto, gli elementi compressi (solitamente aste rigide o barre) lavorano in compressione: sono spinti insieme. È fondamentale notare che in una struttura tensegrity pura, gli elementi compressi non si toccano direttamente tra loro; invece, sono sospesi e mantenuti in posizione dagli elementi tesi<sup>25</sup>.

Il bilanciamento di queste forze è ciò che dà alle strutture tensegrity la loro stabilità. La tensione esercitata dagli elementi tesi è equilibrata dalla compressione nelle aste, creando un sistema in cui ogni componente è interdipendente. Se una corda o una barra fosse rimossa o danneggiata, influenzerebbe l'equilibrio dell'intera struttura.

Una delle peculiarità delle strutture tensegrity è la loro capacità di distribuire le forze attraverso l'intera struttura. Questo significa che un carico o una pressione applicata in un punto della struttura viene distribuito e assorbito da tutta la struttura, piuttosto che concentrarsi in un singolo punto. Questa distribuzione delle forze rende le strutture tensegrity incredibilmente resilienti a sollecitazioni esterne.

L'equilibrio delle forze in tensione e compressione è ciò che rende le strutture tensegrity uniche nel loro genere. Questo equilibrio permette la creazione di strutture leggere, resistenti e flessibili, che possono adattarsi e reagire a varie sollecitazioni senza perdere la loro integrità strutturale.

Altro principio rilevante è la modularità. La modularità delle strutture tensegrity rappresenta uno dei loro principali vantaggi, offrendo flessibilità nel design, scalabilità e la capacità di adattarsi a diverse esigenze e contesti. La modularità si riferisce alla capacità di una struttura o sistema di essere composto da unità o moduli indipendenti che possono

---

<sup>25</sup> Jáuregui, V. G. (2020). *Tensegrity structures and their application to architecture* (Vol. 2). Ed. Universidad de Cantabria.[11]

essere assemblati in varie configurazioni. In un contesto tensegrity, un modulo è una singola unità strutturale tensegrity che può funzionare da sola o in combinazione con altri moduli identici o differenti.

La natura modulare delle strutture tensegrity permette di espandere o ridurre facilmente la struttura aggiungendo o rimuovendo moduli. Questo rende le strutture tensegrity ideali per applicazioni che richiedono flessibilità dimensionale.

La capacità di assemblare e disassemblare moduli permette una grande varietà di configurazioni strutturali. Questo offre una vasta gamma di possibilità estetiche e funzionali, rendendo le strutture tensegrity adatte a diverse applicazioni e ambienti. Se un modulo di una struttura tensegrity dovesse danneggiarsi, può essere facilmente sostituito senza compromettere l'intera struttura<sup>26</sup>.

Partendo da moduli base, è possibile costruire strutture tensegrity di crescente complessità. Ad esempio, un modulo potrebbe consistere in una semplice configurazione a tre aste, ma combinando più moduli si può arrivare a strutture tridimensionali di grande complessità e ampiezza.

Sebbene i moduli possano essere interconnessi per creare strutture più grandi, ogni modulo mantiene la sua autonomia strutturale. Questo significa che ogni modulo conserva le proprietà fondamentali di una struttura tensegrity, compreso l'equilibrio di forze di tensione e compressione.

La modularità è una caratteristica distintiva e fondamentale delle strutture tensegrity. Offre una flessibilità strutturale che poche altre architetture possono vantare, permettendo la creazione di forme dinamiche, scalabili e personalizzabili. La capacità di assemblare strutture complesse a partire da moduli base rappresenta una rivoluzione nel campo del design e dell'ingegneria, consentendo realizzazioni innovative e funzionali in una vasta gamma di contesti.

Le strutture tensegrity, grazie alla loro natura intrinseca, rappresentano un esempio paradigmatico di come flessibilità e adattabilità possono coesistere all'interno di un sistema strutturale. Queste caratteristiche offrono un ampio spettro di benefici e applicazioni nei vari campi dell'ingegneria e dell'architettura.

Rilevano, poi, la flessibilità e l'adattabilità. La prima si riferisce alla capacità di una struttura di deformarsi o cambiare forma in risposta a sollecitazioni esterne, senza subire danni permanenti. La seconda indica la capacità di una struttura di modificare le sue

---

<sup>26</sup> Jáuregui, V. G. (2020). *Tensegrity structures and their application to architecture* (Vol. 2). Ed. Universidad de Cantabria.[11]

caratteristiche o comportamento in risposta a variazioni nell'ambiente o nelle condizioni operative<sup>27</sup>.

La capacità delle strutture tensegrity di distribuire le forze in maniera uniforme su tutti gli elementi consente loro di assorbire e dissipare efficacemente le sollecitazioni, rendendole estremamente resilienti a shock o carichi improvvisi. A differenza delle strutture rigide tradizionali, le strutture tensegrity possono alterare la loro forma in risposta a sollecitazioni dinamiche, come vibrazioni o impatti, tornando alla loro forma originaria una volta cessata la sollecitazione. Alcune strutture tensegrity possono essere progettate per modificare la loro forma in modo controllato, permettendo una variazione dinamica della forma in risposta a specifiche esigenze o stimoli.

La loro capacità di adattarsi a diverse condizioni esterne rende le strutture tensegrity ideali per ambienti in cui le condizioni possono variare rapidamente, come le strutture temporanee o quelle esposte a condizioni climatiche estreme. Sono particolarmente utili in situazioni in cui i carichi possono variare nel tempo, come ponti pedonali o palchi per eventi, dove il numero di persone e la loro distribuzione possono cambiare rapidamente.

La flessibilità delle strutture tensegrity può ridurre il rischio di danni in caso di eventi imprevedibili, come terremoti o impatti. La loro capacità di dissipare le forze attraverso l'intera struttura può prevenire il collasso o il danneggiamento grave. La flessibilità e l'adattabilità delle strutture tensegrity rappresentano un avanzamento notevole nella progettazione strutturale. La loro capacità di rispondere e adattarsi a una vasta gamma di sollecitazioni esterne le rende adatte a una molteplicità di applicazioni, offrendo soluzioni innovative e resilienti là dove le strutture tradizionali potrebbero fallire o risultare insufficienti.

Rileva, infine, la leggerezza, una delle caratteristiche più distintive delle strutture tensegrity, che le differenzia notevolmente dalle architetture tradizionali. Questa qualità non è solo una questione estetica, ma ha implicazioni profonde per la progettazione, l'efficienza e l'applicabilità di tali strutture in una vasta gamma di scenari<sup>28</sup>.

La leggerezza delle strutture tensegrity deriva da vari fattori chiave. Anzitutto, la natura delle strutture tensegrity permette una distribuzione uniforme delle forze di tensione e compressione. Questo equilibrio consente di utilizzare materiali in modo molto efficiente, riducendo la necessità di elementi sovradimensionati o rinforzati che aggiungono peso

---

<sup>27</sup> Jáuregui, V. G. (2020). *Tensegrity structures and their application to architecture* (Vol. 2). Ed. Universidad de Cantabria.[11]

<sup>28</sup> Jáuregui, V. G. (2020). *Tensegrity structures and their application to architecture* (Vol. 2). Ed. Universidad de Cantabria.[11]

inutilmente. A differenza delle strutture tradizionali, in cui spesso si utilizza una grande quantità di materiale per garantire la stabilità, le strutture tensegrity si avvalgono dell'interazione tra tensione e compressione. Ciò significa che ogni elemento è essenziale per l'integrità strutturale, riducendo al minimo il materiale superfluo. Gli elementi compressi in una struttura tensegrity sono sospesi e non si appoggiano direttamente gli uni agli altri. Questa sospensione riduce la necessità di pesanti giunzioni o connessioni, contribuendo ulteriormente alla leggerezza della struttura.

I vantaggi sono significativi: le strutture leggere sono naturalmente più facili da trasportare, montare e smontare, rendendo le strutture tensegrity particolarmente adatte per applicazioni temporanee o mobili. La leggerezza si traduce spesso in minor consumo di materiali, il che può portare a risparmi economici e benefici ambientali. La minor massa e l'ottimizzazione delle forze rendono le strutture tensegrity meno suscettibili alle sollecitazioni del vento, un vantaggio particolare per strutture elevate o esposte. In ambito edilizio, una struttura più leggera può ridurre il carico sulle fondamenta, potenzialmente riducendo i costi e l'impatto ambientale associato alla realizzazione delle fondazioni<sup>29</sup>.

In definitiva, la leggerezza delle strutture tensegrity non è un semplice prodotto della loro estetica; è il risultato di un profondo processo di ottimizzazione e comprensione delle interazioni di forza all'interno della struttura. Questa leggerezza, unita alla resistenza e alla flessibilità, rende le strutture tensegrity una scelta eccellente per una serie di applicazioni, combinando efficienza, estetica e funzionalità in un unico pacchetto innovativo.

Per quanto riguarda, invece, le applicazioni pratiche, l'adozione del principio della tensegrity nell'architettura moderna ha aperto la porta a una nuova era di design e costruzione. L'integrazione di queste strutture non solo ha permesso di sfidare i confini tradizionali della forma e dello spazio, ma ha anche offerto soluzioni innovative ai problemi contemporanei di sostenibilità, efficienza e adattabilità.

La tensegrity permette di realizzare forme che erano precedentemente considerate difficili o impossibili da costruire con metodi tradizionali. Questo ha permesso agli architetti di sperimentare geometrie audaci e scultoree. Le strutture tensegrity, grazie alla loro natura leggera e aperta, possono creare ampi spazi aperti senza l'uso di colonne ingombranti o supporti visibili. Ciò offre la possibilità di creare interni luminosi e spaziosi.

Alcuni edifici che incorporano principi tensegrity possono avere facciate o elementi esterni che si adattano alle condizioni ambientali, come l'intensità della luce solare o la

---

<sup>29</sup> Jáuregui, V. G. (2020). *Tensegrity structures and their application to architecture* (Vol. 2). Ed. Universidad de Cantabria.[11]

temperatura, migliorando l'efficienza energetica e il comfort interno. Sedi di istituzioni culturali, musei o centri di ricerca possono adottare strutture tensegrity per enfatizzare la modernità, l'innovazione e l'unicità della loro missione.

Artisti e designer spesso utilizzano la tensegrity in installazioni temporanee o permanenti per sperimentare con forma e spazio, spesso creando pezzi che interagiscono con l'ambiente circostante o il pubblico. Tende per eventi, padiglioni espositivi e altre strutture temporanee possono trarre vantaggio dalla rapidità di montaggio, dalla leggerezza e dalla flessibilità offerta dalla tensegrity.

Elementi come ombrelloni, gazebo o sculture in parchi e spazi pubblici possono sfruttare la tensegrity per creare punti focali o zone d'ombra<sup>30</sup>.

Le strutture tensegrity, grazie alla loro leggerezza e efficienza materiale, possono contribuire a ridurre l'uso di risorse e minimizzare l'impatto ambientale. Inoltre, la capacità di alcune strutture tensegrity di adattarsi alle condizioni ambientali può aumentare l'efficienza energetica e ridurre la necessità di sistemi di riscaldamento o raffreddamento attivo.

L'architettura, come espressione della cultura e dell'innovazione umana, ha sempre cercato di sperimentare e spingersi oltre i limiti stabiliti. La tensegrity offre una strada per questo tipo di esplorazione, permettendo agli architetti di ridefinire lo spazio, la forma e la funzione in modi che prima erano inimmaginabili. Attraverso il suo uso, la contemporaneità architettonica non solo può sorprendere esteticamente, ma può anche rispondere in modo più sensibile e sostenibile alle sfide del nostro tempo.

Altra applicazione riguarda i ponti e le infrastrutture. L'incorporazione del principio di tensegrity nella progettazione di ponti e altre infrastrutture ha segnato una svolta innovativa nel campo dell'ingegneria civile. Questi progetti, che combinano leggerezza, resistenza e adattabilità, presentano soluzioni ingegnose per affrontare le sfide delle moderne costruzioni infrastrutturali.

I ponti e le infrastrutture devono spesso sopportare carichi dinamici, come il traffico o le sollecitazioni del vento. La tensegrity, con la sua capacità di distribuire in modo uniforme le forze attraverso l'intera struttura, offre una resistenza superiore ai carichi variabili. La capacità delle strutture tensegrity di adattarsi a cambiamenti o sollecitazioni esterne le rende ideali per ambienti in cui le condizioni possono variare, come in zone sismiche o in luoghi con variazioni climatiche estreme.

---

<sup>30</sup> Jáuregui, V. G. (2020). *Tensegrity structures and their application to architecture* (Vol. 2). Ed. Universidad de Cantabria.[11]

La progettazione basata sulla tensegrity può ridurre la quantità di materiale necessaria, rispetto alle strutture tradizionali, senza compromettere la resistenza o la durabilità. La tensegrity offre opportunità per creare forme architettoniche audaci e distintive, rendendo le infrastrutture non solo funzionali, ma anche esteticamente piacevoli e simboliche<sup>31</sup>.

La leggerezza e l'estetica della tensegrity la rendono particolarmente adatta per ponti pedonali, dove l'estetica gioca un ruolo cruciale e i carichi sono relativamente minori rispetto ai ponti stradali. In grandi spazi pubblici o edifici, i pavimenti sospesi basati sulla tensegrity possono creare zone pedonali elevate o piattaforme di osservazione, offrendo una sensazione di leggerezza e apertura. Le strutture tensegrity possono essere utilizzate per creare torri leggere ma robuste, adatte per l'osservazione o per ospitare attrezzature di comunicazione.

Le strutture basate sulla tensegrity tendono a richiedere meno manutenzione rispetto alle strutture tradizionali. La loro capacità di distribuire le forze in modo uniforme riduce il rischio di punti di stress o di guasto concentrati. Inoltre, la loro naturale adattabilità può contribuire a ridurre i danni causati da eventi esterni, come terremoti o forti raffiche di vento.

L'adozione della tensegrity nelle infrastrutture rappresenta un esempio eloquente di come i principi di design innovativi possano essere applicati per risolvere problemi ingegneristici reali. Offrendo una combinazione di resistenza, leggerezza e bellezza, le strutture tensegrity rappresentano una soluzione promettente per le future sfide infrastrutturali.

## **1.4 Metodologie di analisi e approcci computazionali**

Le strutture tensegrity, con la loro complessità intrinseca e l'interconnessione tra elementi in tensione e compressione, richiedono metodologie di analisi e approcci computazionali avanzati. Questi metodi permettono agli ingegneri e ai progettisti di valutare la stabilità, la dinamica e il comportamento delle strutture sotto diverse condizioni di carico e sollecitazione<sup>32</sup>.

---

<sup>31</sup> Jáuregui, V. G. (2020). *Tensegrity structures and their application to architecture* (Vol. 2). Ed. Universidad de Cantabria.[11]

<sup>32</sup> Cohen, J. D., Daw, N., Engelhardt, B., Hasson, U., Li, K., Niv, Y., ... & Willke, T. L. (2017). Computational approaches to fMRI analysis. *Nature neuroscience*, 20(3), 304-313.[12]



- Analisi Lineare: Utilizzata per strutture semplici e carichi prevedibili, l'analisi lineare presuppone che le relazioni tra carichi e spostamenti siano lineari. È utile per una valutazione iniziale ma può non essere accurata per strutture complesse o carichi dinamici.
- Analisi Non Lineare: Data la natura peculiare delle strutture tensegrity, spesso si ricorre all'analisi non lineare. Questa tiene conto delle non linearità geometriche e materiali, offrendo una visione più realistica del comportamento strutturale.
- Analisi Modale: Esplora le modalità di vibrazione naturale di una struttura, identificando frequenze proprie e modi di vibrazione. Questa è cruciale per prevedere come una struttura tensegrity reagirà a sollecitazioni dinamiche, come terremoti o venti.
- Analisi del Tempo di Risposta: Simula come una struttura risponderà nel tempo a specifici carichi dinamici, come impulsi o carichi oscillanti.

Per quanto riguarda, invece, gli approcci computazionali, il metodo degli elementi finiti (FEM) è una tecnica numerica consolidata e potente utilizzata per ottenere soluzioni approssimate di problemi differenziali alle derivate parziali. È stato adottato in una vasta gamma di applicazioni in ingegneria e fisica grazie alla sua flessibilità e precisione.

Il dominio del problema (ad esempio, una struttura) viene suddiviso in un insieme di elementi finiti più piccoli e interconnessi, come triangoli, quadrilateri, tetraedri o esapodi. Questi elementi condividono nodi comuni. Per ogni elemento, l'equazione differenziale (o le equazioni) che descrive il comportamento fisico viene approssimata a livello locale. Questa approssimazione si basa su funzioni di forma che rappresentano la distribuzione dei campi (ad es., spostamenti o temperature) all'interno dell'elemento<sup>33</sup>.

Le equazioni locali di ogni elemento vengono assemblate in un sistema globale di equazioni. Questo sistema rappresenta l'intera struttura o il dominio del problema. Si applicano le condizioni al contorno (ad es., spostamenti noti, forze, temperature) al sistema globale di equazioni. Il sistema globale di equazioni viene risolto per ottenere i campi sconosciuti (ad es., spostamenti, tensioni, temperature) in tutti i nodi della mesh.

Diversi sono i vantaggi. Il primo è la versatilità: può essere applicato a una vasta gamma di problemi: stress meccanico, trasferimento di calore, flusso di fluidi, elettromagnetismo, tra gli altri. Ancora, la precisione del FEM può essere controllata aumentando la densità della mesh o utilizzando elementi di ordine superiore. Infine, il FEM può gestire geometrie complesse e irregolari che potrebbero essere difficili da analizzare con metodi analitici tradizionali.

---

<sup>33</sup> Cohen, J. D., Daw, N., Engelhardt, B., Hasson, U., Li, K., Niv, Y., ... & Willke, T. L. (2017). Computational approaches to fMRI analysis. *Nature neuroscience*, 20(3), 304-313.[12]

Quanto alle applicazioni comuni:

- Analisi Strutturale: Determinazione di tensioni, deformazioni e spostamenti in strutture sottoposte a carichi.
- Dinamica dei Fluidi Computazionale (CFD): Analisi del movimento dei fluidi e delle forze su superfici immerse.
- Trasferimento di Calore: Studiare la distribuzione di temperatura in solidi e fluidi.
- Problemi Accoppiati: Analisi di fenomeni accoppiati, come termoelasticità o interazione fluido-struttura.

Diverse anche le limitazioni:

- Complessità Computazionale: Modelli FEM con un gran numero di elementi possono richiedere significative risorse di calcolo.
- Errori di Discretizzazione: Una scelta inadeguata della mesh o delle funzioni di forma può portare a errori.
- Necessità di Esperienza: Per ottenere risultati affidabili, è fondamentale avere una solida comprensione del problema fisico, della teoria FEM e delle peculiarità del software utilizzato.

Il metodo degli elementi finiti continua a essere uno strumento fondamentale nella scatola degli attrezzi degli ingegneri e dei ricercatori, fornendo una potente capacità di analisi per affrontare problemi complessi in una varietà di campi<sup>34</sup>.

Vi è, poi, l'ottimizzazione topologica: si tratta di un metodo matematico e computazionale che mira a trovare la "migliore" topologia, ovvero la disposizione e la connessione di materiali in un dominio di progettazione, per un dato insieme di carichi, vincoli e funzioni obiettivo. L'obiettivo può essere, ad esempio, minimizzare il peso mantenendo una certa resistenza, o massimizzare la rigidità per un dato volume di materiale.

#### ***Principi di Base:***

1. **Dominio di Progettazione:** Inizia con un dominio di progettazione "pieno", che rappresenta il volume massimo disponibile per la struttura. Questo dominio viene discretizzato, simile al metodo degli elementi finiti (FEM), in elementi finiti.
2. **Funzione Obiettivo e Vincoli:** Si definisce una funzione obiettivo (ad es., minimizzare la massa) e vincoli (ad es., resistenza minima o deformazione massima ammessa).

---

<sup>34</sup> Cohen, J. D., Daw, N., Engelhardt, B., Hasson, U., Li, K., Niv, Y., ... & Willke, T. L. (2017). Computational approaches to fMRI analysis. *Nature neuroscience*, 20(3), 304-313. [12]

3. **Processo Iterativo:** Durante il processo di ottimizzazione, parti del dominio di progettazione vengono gradualmente rimosse o modificate in base all'efficienza strutturale, rispetto alla funzione obiettivo e ai vincoli.
4. **Risultato:** Alla fine del processo, si ottiene una topologia ottimizzata che soddisfa i criteri di design.

#### ***Applicazione nelle Strutture Tensegrity:***

Data la natura modulare e interconnessa delle strutture tensegrity, l'ottimizzazione topologica può essere particolarmente utile:

- **Posizionamento Ottimale degli Elementi:** Determina la disposizione ideale degli elementi in tensione e compressione per ottenere la massima efficienza strutturale.
- **Design Adattivo:** Poiché le strutture tensegrity possono essere adattative, l'ottimizzazione topologica può aiutare a progettare strutture che rispondono in modo ottimale a carichi dinamici o variabili.
- **Integrazione con FEM:** L'ottimizzazione topologica può essere combinata con l'analisi FEM per fornire una rappresentazione accurata delle tensioni, deformazioni e altri fattori durante il processo di design.

#### ***Vantaggi dell'Ottimizzazione Topologica:***

- **Efficienza Materiale:** Permette di utilizzare il materiale dove è più necessario, portando a strutture leggere ma resistenti.
- **Soluzioni Innovative:** Può portare a design non intuitivi che potrebbero non essere considerati con approcci di progettazione tradizionali.
- **Riduzione dei Costi:** Minimizzando l'uso del materiale e aumentando l'efficienza strutturale, si possono ridurre i costi di produzione e manutenzione.

#### ***Sfide:***

- **Complessità Computazionale:** Richiede significative risorse di calcolo, specialmente per domini di progettazione grandi o complessi.
- **Interpretazione e Realizzazione:** Le topologie risultanti possono essere complesse e non sempre facili da realizzare con metodi di produzione tradizionali.

L'ottimizzazione topologica, quando applicata alle strutture tensegrity, può offrire soluzioni innovative e altamente efficienti, garantendo una maggiore performance

strutturale e un uso ottimale dei materiali. Con l'avanzare della tecnologia e delle capacità computazionali, il suo ruolo nella progettazione strutturale diventerà sempre più centrale<sup>35</sup>. Rilevano, infine, le simulazioni basate su agenti (Agent-Based Modeling, ABM), un tipo di modellazione computazionale in cui entità individuali (gli "agenti") interagiscono tra loro e con l'ambiente seguendo regole definite. Queste simulazioni sono particolarmente potenti per esplorare sistemi complessi e dinamici dove il comportamento globale del sistema emerge dalle interazioni locali tra agenti.

#### ***Principi di Base:***

1. **Agenti:** Ogni agente è una entità autonoma con propri attributi (stato, proprietà) e comportamenti. Nel contesto delle strutture tensegrity, un agente potrebbe rappresentare una corda, una barra o un nodo.
2. **Regole di Comportamento:** Gli agenti seguono regole di comportamento determinate. Per esempio, una corda potrebbe avere regole riguardanti la sua tensione e la sua lunghezza, mentre una barra potrebbe avere regole relative alla sua resistenza alla compressione.
3. **Interazione:** Gli agenti interagiscono tra loro e con l'ambiente. Nel caso delle strutture tensegrity, le interazioni possono riguardare la trasmissione di forze o la deformazione di elementi.
4. **Emergenza:** I comportamenti globali del sistema emergono dalle interazioni locali tra gli agenti. Ciò significa che piccole variazioni nelle interazioni locali o nelle regole di comportamento possono portare a grandi variazioni nel comportamento complessivo della struttura.

#### ***Applicazione nelle Strutture Tensegrity:***

Le simulazioni basate su agenti possono offrire una visione unica delle strutture tensegrity<sup>36</sup>:

- **Adattabilità:** Poiché le strutture tensegrity sono spesso modulare e dinamiche, l'ABM può aiutare a comprendere come variazioni in singoli componenti (agenti) influenzano la struttura complessiva.
- **Dinamica:** L'ABM può simulare la risposta della struttura a carichi dinamici, mostrando come la struttura si adatta nel tempo.

---

<sup>35</sup> Cohen, J. D., Daw, N., Engelhardt, B., Hasson, U., Li, K., Niv, Y., ... & Willke, T. L. (2017). Computational approaches to fMRI analysis. *Nature neuroscience*, 20(3), 304-313. [12]

<sup>36</sup> Cohen, J. D., Daw, N., Engelhardt, B., Hasson, U., Li, K., Niv, Y., ... & Willke, T. L. (2017). Computational approaches to fMRI analysis. *Nature neuroscience*, 20(3), 304-313. [12]

- **Ottimizzazione:** Utilizzando l'ABM, si possono esplorare differenti configurazioni e regole di comportamento per trovare soluzioni ottimali per specifici criteri di design.

***Vantaggi dell'ABM:***

- **Flessibilità:** L'ABM è intrinsecamente flessibile e può rappresentare una vasta gamma di comportamenti e interazioni.
- **Comprensione della Complessità:** Fornisce intuizioni sulle dinamiche complesse e le interazioni all'interno di strutture modulari come le tensegrity.
- **Predizione:** Può prevedere come la struttura risponderà a nuove condizioni o carichi.

***Sfide:***

- **Elevato Carico Computazionale:** Simulare molteplici agenti con molteplici interazioni può essere computazionalmente oneroso.
- **Calibrazione:** La definizione delle regole di comportamento e l'interpretazione dei risultati richiedono una profonda comprensione del sistema in esame.

Le simulazioni basate su agenti offrono un metodo potente e flessibile per esplorare la dinamica e le interazioni all'interno delle strutture tensegrity. Sebbene presenti sfide computazionali, la loro capacità di rappresentare e analizzare sistemi complessi le rende una risorsa preziosa nella progettazione e analisi delle strutture tensegrity<sup>37</sup>.

## **1.5 Sfide e prospettive future delle strutture tensegrity**

Le strutture tensegrity, pur rappresentando una brillante innovazione nel mondo dell'ingegneria e del design, portano con sé una serie di sfide intrinseche. A cominciare dalla complessità di progettazione: a differenza delle strutture tradizionali, quelle tensegrity richiedono una profonda comprensione delle sottili interazioni tra gli elementi in tensione e in compressione. Questa natura non convenzionale può rendere l'ideazione e la realizzazione di tali strutture un processo arduo, soprattutto per chi proviene da un background di progettazione tradizionale.

Inoltre, ci sono sfide pratiche legate alla produzione e all'assemblaggio. La fabbricazione di componenti unici per tensegrity e la necessità di un allineamento preciso, combinata con la

---

<sup>37</sup> Cohen, J. D., Daw, N., Engelhardt, B., Hasson, U., Li, K., Niv, Y., ... & Willke, T. L. (2017). Computational approaches to fMRI analysis. *Nature neuroscience*, 20(3), 304-313. [12]

tensione corretta degli elementi, sono essenziali per garantire la stabilità della struttura. Questa precisione può complicare notevolmente il processo di costruzione.

L'analisi strutturale di tali strutture presenta anche le sue insidie. Gli strumenti tradizionali potrebbero non essere sufficienti o adeguati, richiedendo lo sviluppo di nuovi metodi o l'adattamento di quelli esistenti. E una volta erette, sebbene progettate per essere robuste, le strutture tensegrity possono avere problemi legati all'usura o alla corrosione, rendendo la manutenzione un punto cruciale.

Allo stesso tempo, navigare nel mondo delle normative edilizie e dei codici di costruzione, che sono stati per lo più sviluppati pensando alle strutture tradizionali, può creare ulteriori ostacoli. La percezione pubblica, influenzata dalla natura apparentemente precaria delle strutture tensegrity, può generare scetticismo, ostacolando la loro accettazione in certi contesti.

Anche la formazione e l'educazione rappresentano una sfida: le strutture tensegrity, essendo un campo relativamente nuovo, implicano una carenza di professionisti adeguatamente preparati. E, nonostante tutti i loro vantaggi, i costi iniziali legati alla progettazione specializzata e all'assemblaggio potrebbero essere maggiori rispetto a strutture più convenzionali<sup>38</sup>.

Infine, mentre le strutture tensegrity sono spesso elogiate per la loro flessibilità, potrebbero avere limiti pratici sulla dimensione e sul peso che possono sostenere con i materiali attuali. E la loro risposta a carichi dinamici o imprevisti, come terremoti o forti venti, è un'area che richiede ulteriori ricerche e considerazioni.

In definitiva, le strutture tensegrity rappresentano un entusiasmante passo avanti nell'ingegneria e nell'architettura, ma come ogni innovazione, portano con sé nuove sfide da superare per realizzare appieno il loro potenziale.

Mentre le strutture tensegrity affrontano una serie di sfide, le loro prospettive future sono luminose e promettenti, segnando un nuovo capitolo nell'evoluzione dell'ingegneria e del design strutturali. Innanzitutto, c'è un crescente riconoscimento del loro potenziale in termini di sostenibilità. Utilizzando materiali più leggeri e meno risorse rispetto alle strutture tradizionali, queste strutture possono offrire soluzioni più verdi per l'edilizia del futuro.

Oltre alla sostenibilità, l'innovazione continua a giocare un ruolo centrale nelle potenziali applicazioni delle strutture tensegrity. Man mano che la tecnologia avanza, si possono

---

<sup>38</sup> Codex, Y. (2023). Advancements in Numerical Modeling and Control Methods for Locomotive Tensegrity Systems: A Comprehensive Review.[13]

sfruttare nuovi materiali e tecniche di costruzione per superare alcune delle sfide esistenti. Materiali come nanotubi di carbonio o polimeri avanzati potrebbero aprire la strada a strutture tensegrity ancora più resistenti e leggere.

C'è anche una grande curiosità intorno alle potenziali applicazioni in ambienti estremi, come l'esplorazione spaziale o sottomarina. La loro natura modulare e adattabile le rende ideali per ambienti in cui la flessibilità e la resistenza sono essenziali. Immagina strutture tensegrity utilizzate come basi su altri pianeti, dove la capacità di adattarsi a condizioni sconosciute è fondamentale.

Dal punto di vista architettonico, l'estetica unica delle strutture tensegrity potrebbe definire lo skyline delle città del futuro. Con l'incoraggiamento alla progettazione organica e fluida, queste strutture potrebbero diventare simboli di modernità e innovazione<sup>39</sup>.

E, mentre la formazione attuale potrebbe essere una sfida, il crescente interesse per le strutture tensegrity porterà senza dubbio a nuovi programmi educativi e a opportunità di ricerca, colmando le lacune esistenti e formando la prossima generazione di ingegneri e architetti specializzati.

In sintesi, sebbene le strutture tensegrity possano sembrare futuristiche oggi, potrebbero benissimo diventare la norma domani, con un impatto profondo e duraturo su come costruiamo e interagiamo con gli spazi intorno a noi.

---

<sup>39</sup> Codex, Y. (2023). Advancements in Numerical Modeling and Control Methods for Locomotive Tensegrity Systems: A Comprehensive Review. [13]

## 2 Il Modello Analitico della Catena Biatomica Tensegrity

Lo studio è stato sviluppato come continuazione della proposta applicativa in [1], che ha esaminato alcune strutture periodiche dei metamateriali che sono efficaci nell'isolamento delle vibrazioni perché presentano bande di frequenza proibite note come band gap. Questo concetto è utilizzato nell'ingegneria civile per ridurre le onde sismiche a 1-10 Hz nel regime infrasuoni<sup>40</sup>.

In [1] viene esaminata una struttura periodica specifica che comprende due prismi tensegrity distinti e due masse distinte. Questa struttura funge da oscillatori (o risonatori) e crea una metastruttura nota come "*catena di tensegrity*", che ha la capacità di ostacolare la trasmissione delle onde in determinate frequenze. I sistemi tensegrity, come ben spiegato nei capitoli introduttivi, sono strutture reticolari specifiche che possono essere "calibrate" riducendo o aumentando la loro rigidità mediante il pretensionamento dei cavi.

Sempre in [1], le strutture di tensegrità sono progettate in tutte le sue parti, e si ottiene analiticamente la relazione di dispersione delle onde generate dal moto longitudinale della catena biatomica nel caso di sollecitazione con un carico armonico;

Si analizza la risposta della catena tensegrity, ovvero l'ampiezza delle oscillazioni delle masse, per diverse frequenze e, infine, si presenta un esempio applicativo di come è possibile creare un isolatore sismico unidirezionale in grado di inibire la trasmissione del segnale nel range di 1-10 Hz.

L'esempio applicativo proposto è un telaio ancorato su due carrelli. Il telaio è fissato su una catena tensegrity dimensionata, composta da una massa risonante di 64 chilogrammi, una massa ospitante di 1,01 chilogrammi e una rigidità dei due prismi snelli di  $k_h=3388,13$  N/m (somma dei due prismi snelli) e  $k_r=1942,64$  N/m. Il telaio è legato su un pilastro incastrato e sospeso da cavi per sostenere il peso della catena.

La struttura realizzata oscilla all'interno mentre è isolata dall'esterno, il che la rende un isolatore sismico unidirezionale. Pertanto, è possibile collegare quest'ultimo a un oggetto che è stato progettato per essere isolato dal terremoto nella direzione di propagazione. Il termine "unidirezionale" indica che l'isolatore non ha efficacia in tutte le direzioni, ma solo nella

---

<sup>40</sup> Fabio Di Girolamo Tesi Laura Magistrale Progettazione di strutture tensegrity con risonatori distribuiti che inibiscono la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza Università Telematica Uninettuno, 2022 [1]



direzione longitudinale della catena, di conseguenza, se si vuole ridurre l'effetto su più direzioni, come gli assi x e y nel piano, dovrebbero essere posizionati almeno due isolatori<sup>41</sup>

## 2.1 Definizione di Metamateriale

Un metamateriale (dal greco "meta", cioè "oltre"), è un materiale creato artificialmente che presenta delle proprietà e delle funzionalità che non si possono ritrovare nei materiali esistenti in natura.

Sono costituiti assemblando più elementi che sono realizzati con materiali compositi come plastica o metalli. I metamateriali sono solitamente disposti in geometrie ripetute, con dimensioni che sono inferiori alle lunghezze d'onda dei fenomeni che influenzano.

Le proprietà di un metamateriale derivano dalla struttura che assumono, non dalle proprietà del materiale di base: la loro geometria, forma, dimensione, orientamento e disposizione conferiscono loro proprietà intelligenti in grado di manipolare le onde elettromagnetiche o sismiche bloccando, assorbendo o piegando tali onde, ottenendo vantaggi che vanno oltre ciò che è possibile ottenere utilizzando materiali convenzionali.

Le potenziali applicazioni dei metamateriali sono diverse e includono filtri ottici, dispositivi medici, applicazioni aerospaziali remote, rilevamento di sensori e monitoraggio dell'infrastruttura, gestione intelligente dell'energia solare, controllo della folla, lenti per antenne ad alto guadagno e miglioramento dei sensori da ultrasuoni, assorbimento della propagazione di onde sismiche.

I metamateriali meccanici costituiscono un ramo della ricerca sui metamateriali che sfruttano il movimento, la deformazione, le sollecitazioni e l'energia meccanica. Sono stati creati metamateriali meccanici che possono avere comportamenti del tutto insoliti: ad esempio metamateriali che collassano se compressi, che si deformano lungo due dimensioni se compressi in una sola dimensione, che mescolano strati di celle rigide e flessibili per imitare le prestazioni di altri materiali, che si comportano come "solidi liquidi", ovvero sono difficili da comprimere ma facili da deformare. La realizzazione di

---

<sup>41</sup> Fabio Di Girolamo Tesi Laura Magistrale Progettazione di strutture tensegrity con risonatori distribuiti che inibiscono la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza Università Telematica Uninettuno, 2022 [1]

un metamateriale è molto semplice e le recenti innovazioni nel mondo hanno comportato un forte impulso allo sviluppo.

Particolare attenzione, nell'ambito dei metamateriali dobbiamo farla alle cosiddette strutture periodiche, tali sistemi strutturali sono molto efficaci in termini di isolamento delle vibrazioni poiché presentano particolari bande di frequenza che sono proibite chiamate band gap. Le peculiarità della cella base sono tali per cui se un'onda, ha una data frequenza appartenente alla particolare banda di frequenza proibita la stessa che colpisce il materiale non si propaga attraverso.

Tale concetto è di fondamentale importanza per progettare particolari strutture che sono in grado di isolare vibrazioni per gli scopi nel campo dell'ingegneria civile, e cioè riuscire ad attenuare le onde sismiche che rientrano nel regime degli infrasuoni 1 – 10 Hz, come ad esempio la catena tensegrity studiata in [1].

## 2.2 Catena di Oscillatori Armonici

Per comprendere da come nasce lo studio effettuato al fine di progettare la catena tensegrity, si deve partire dalla catena biatomica di oscillatori armonici di Maxwell.

La catena di Oscillatori armonici è un modello teorico utilizzato in fisica per descrivere il comportamento di una catena di atomi che interagiscono tramite legami covalenti. In questo modello, ogni atomo è rappresentato da un oscillatore armonico che può vibrare in modo indipendente o in modo accoppiato con gli atomi adiacenti.

In [1] si considera una particolare catena (biatomica) di oscillatori armonici come quella in figura 2.2.1. Le masse  $m_h$  sono le masse ospitanti (o esterne), le masse  $m_r$  sono le masse risonanti (o interne);  $k_h$  è la rigidità della molla che collega due masse ospitanti consecutive, mentre  $k_r$  la rigidità delle molle che collegano la massa risonante alla massa ospitante<sup>42</sup>.

---

<sup>42</sup> Fabio Di Girolamo Tesi Laura Magistrale Progettazione di strutture tensegrity con risonatori distribuiti che inibiscono la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza Università Telematica Uninettuno, 2022 [1]

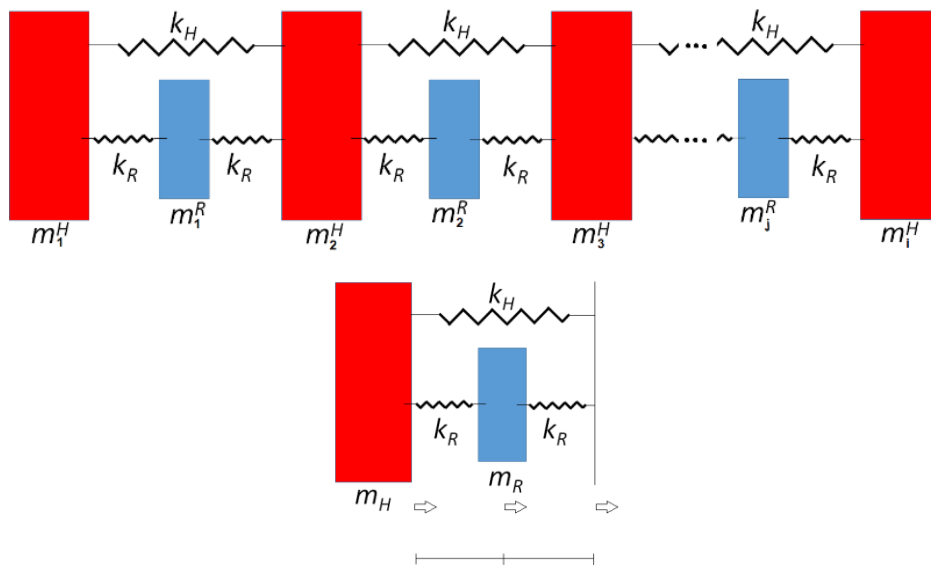


Figura 2.1 –Catena massa-molla e cella elementare della catena biatomica di Maxwell

Seguendo lo stesso procedimento adottato in [14] al quale si rimanda per maggiori dettagli, si arriva ad analizzare la relazione di dispersione, si dimensiona la catena nelle sue componenti e si analizza la risposta (spostamento-posizione) della catena tensegrity<sup>43</sup>.

Imponendo uno spostamento sinusoidale nelle diverse frequenze di 0,9 Hz, 5 Hz, e 13 Hz si studiano gli spostamenti delle masse ospitanti nelle diverse frequenze al di fuori e all'interno del band gap ricavando il seguente grafico:

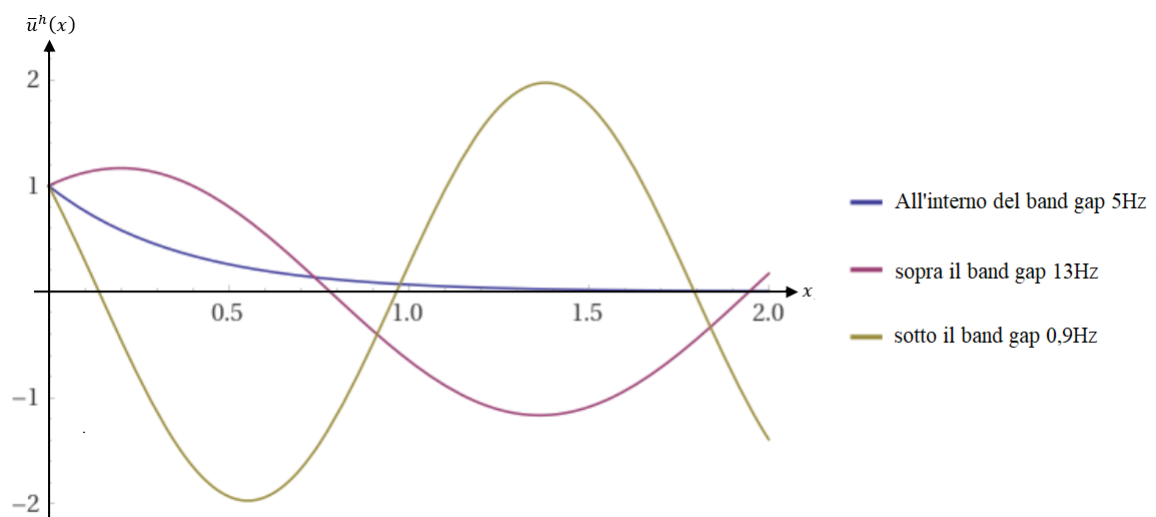


Figura 2.2 - grafico spostamento-posizione massa ospitante ricavato in [1]

<sup>43</sup> Fabio Di Girolamo Tesi Laura Magistrale Progettazione di strutture tensegrity con risonatori distribuiti che inibiscono la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza Università Telematica Uninettuno, 2022 [1]

Dal grafico si deduce che:

- all'interno del Band gap ovvero 5 Hz lo spostamento delle masse ospitanti tende a zero;
- al di sopra del band gap 13 hz abbiamo Oscillazioni libere con ampiezza maggiore
- al di sotto del band gap 0,9 hz abbiamo Oscillazioni libere con ampiezza minore.

### 2.3 Definizione di Band gap

Nel caso studiato in [1] la catena tensegrity viene vista come una catena biatomica (si guardi la trattazione svolta in [15]), dove si interpretano le due masse  $m_h$  ed  $m_r$  come due specie di atomi diversi. Si ricorda che nel caso di atomi della stessa specie, catena monoatomica, si ottiene una relazione di dispersione con una sola banda fononica, quella acustica, mentre quando gli atomi sono differenti le bande fononiche sono due: quella acustica e quella ottica. In realtà non è la specie atomica in sé a determinare la presenza o meno di entrambe le bande, ma le caratteristiche del reticolo cristallino, cioè la possibilità o meno di compiere alcune oscillazioni. In generale è proprio la differenza tra le masse delle due specie atomiche coinvolte che determina la separazione fra le due bande e quindi la separazione delle bande. In particolare, si distinguono oscillazioni in fase e in controfase rispettivamente attribuibili ai fononi acustici e ottici<sup>44</sup>.

Seguendo sempre il procedimento analitico eseguito in [1] al quale si rimanda, si evidenzia come nel ramo acustico, le masse  $m_r$  si muovono in fase rispetto al moto delle masse  $m_h$  mentre nel campo del ramo ottico le masse  $m_r$  e  $m_h$  si muovono in contro fase. Nell'intervallo tra i due rami avremo il cosiddetto bend – gap spettrale generato dalle risonanze locali delle masse interne  $m_r$  che inibiscono il movimento globale delle masse  $m_h$ <sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> Fabio Di Girolamo Tesi Laura Magistrale Progettazione di strutture tensegrity con risonatori distribuiti che inibiscono la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza Università Telematica Uninettuno, 2022 [1]

<sup>45</sup> Fabio Di Girolamo Tesi Laura Magistrale Progettazione di strutture tensegrity con risonatori distribuiti che inibiscono la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza Università Telematica Uninettuno, 2022 [1]

<sup>45</sup>

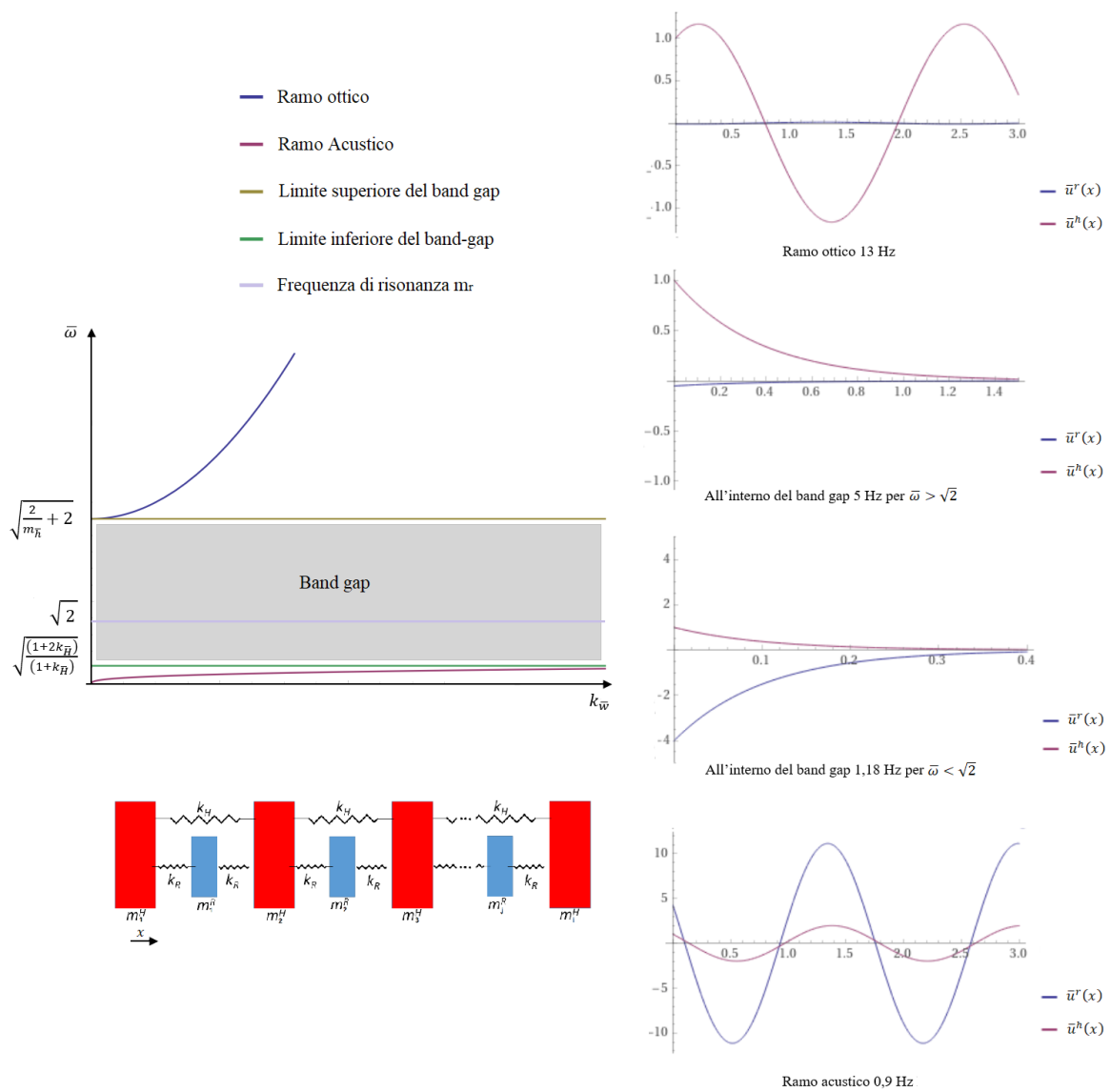


Figura 2.3 - Grafico ottenuto in [1] - grafico spostamento-posizione per le varie masse al variare della frequenza del sisma.

Dal grafico possiamo vedere il limite superiore e il limite inferiore del band – gap e come al suo interno abbiamo un’attenuazione del segnale.

## 2.4 Script - risoluzione Analitica 4 celle Mathematica

Mediante l'algoritmico risolto con l'ausilio del Software Mathematica riportato di seguito in allegato si deduce che per avere il band gap desiderato si necessitano di quattro celle elementari. Pertanto la nostra modellazione numerica e le nostre analisi dinamiche che vedremo in seguito sono eseguite con un modello discretizzato della catena con 4 celle elementari.

```

KR = 1942.64;
KH = 3388.13;
mR = 62.5;
mH = 0.48;
vmin = 0.9;
vmed = 5;
vmax = 13;
cycles = 50;

tmaxvmin = cycles  $\frac{1}{vmin}$ ;
tmaxvmed = cycles  $\frac{1}{vmed}$ ;
tmaxvmax = cycles  $\frac{1}{vmax}$ ;

amp = 10^-6;

xH0min[t_] := amp Sin[2 Pi vmin t];
solmin = NDSolve[{KR (2 xR1[t] - xH0min[t] - xH1[t]) + mR xR1''[t] == 0,
  KR (2 xR2[t] - xH1[t] - xH2[t]) + mR xR2''[t] == 0, KR (2 xR3[t] - xH2[t] - xH3[t]) +
  mR xR3''[t] == 0, KR (2 xR4[t] - xH3[t] - xH4[t]) + mR xR4''[t] == 0,
  KR (-xR1[t] + 2 xH1[t] - xR2[t]) + KH (-xH0min[t] + 2 xH1[t] - xH2[t]) + mH xH1''[t] == 0,
  KR (-xR2[t] + 2 xH2[t] - xR3[t]) + KH (-xH1[t] + 2 xH2[t] - xH3[t]) + mH xH2''[t] == 0,
  KR (-xR3[t] + 2 xH3[t] - xR4[t]) + KH (-xH2[t] + 2 xH3[t] - xH4[t]) + mH xH3''[t] == 0,
  KR (-xR4[t] + 2 xH4[t]) + KH (2 xH4[t] - xH3[t]) + mH xH4''[t] == 0, xR1[0] == 0,
  xR2[0] == 0, xR3[0] == 0, xR4[0] == 0, xH1[0] == 0, xH2[0] == 0, xH3[0] == 0,
  xH4[0] == 0, xR1'[0] == 0, xR2'[0] == 0, xR3'[0] == 0, xR4'[0] == 0, xH1'[0] == 0,
  xH2'[0] == 0, xH3'[0] == 0, xH4'[0] == 0}, {xR1[t], xR2[t], xR3[t], xR4[t],
  xH1[t], xH2[t], xH3[t], xH4[t]}, {t, 0, tmaxvmin}, PrecisionGoal -> Infinity];

xH0med[t_] := amp Sin[2 Pi vmed t];
solmed = NDSolve[{KR (2 xR1[t] - xH0med[t] - xH1[t]) + mR xR1''[t] == 0,
  KR (2 xR2[t] - xH1[t] - xH2[t]) + mR xR2''[t] == 0, KR (2 xR3[t] - xH2[t] - xH3[t]) +
  mR xR3''[t] == 0, KR (2 xR4[t] - xH3[t] - xH4[t]) + mR xR4''[t] == 0,
  KR (-xR1[t] + 2 xH1[t] - xR2[t]) + KH (-xH0med[t] + 2 xH1[t] - xH2[t]) + mH xH1''[t] == 0,
  KR (-xR2[t] + 2 xH2[t] - xR3[t]) + KH (-xH1[t] + 2 xH2[t] - xH3[t]) + mH xH2''[t] == 0,
  KR (-xR3[t] + 2 xH3[t] - xR4[t]) + KH (-xH2[t] + 2 xH3[t] - xH4[t]) + mH xH3''[t] == 0,
  KR (-xR4[t] + 2 xH4[t]) + KH (2 xH4[t] - xH3[t]) + mH xH4''[t] == 0, xR1[0] == 0,
  xR2[0] == 0, xR3[0] == 0, xR4[0] == 0, xH1[0] == 0, xH2[0] == 0, xH3[0] == 0,
  xH4[0] == 0, xR1'[0] == 0, xR2'[0] == 0, xR3'[0] == 0, xR4'[0] == 0, xH1'[0] == 0,
  xH2'[0] == 0, xH3'[0] == 0, xH4'[0] == 0}, {xR1[t], xR2[t], xR3[t], xR4[t],
  xH1[t], xH2[t], xH3[t], xH4[t]}, {t, 0, tmaxvmed}, PrecisionGoal -> Infinity];

```

Figura 2.4 - estratto script Mathematica

```

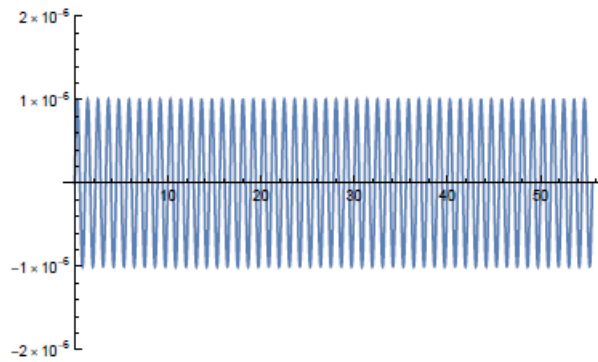
xH0max[t_] := amp Sin[2 Pi vmax t];
solmax = NDSolve[{KR (2 xR1[t] - xH0max[t] - xH1[t]) + mR xR1''[t] == 0,
  KR (2 xR2[t] - xH1[t] - xH2[t]) + mR xR2''[t] == 0, KR (2 xR3[t] - xH2[t] - xH3[t]) +
  mR xR3''[t] == 0, KR (2 xR4[t] - xH3[t] - xH4[t]) + mR xR4''[t] == 0,
  KR (-xR1[t] + 2 xH1[t] - xR2[t]) + KH (-xH0max[t] + 2 xH1[t] - xH2[t]) + mH xH1''[t] == 0,
  KR (-xR2[t] + 2 xH2[t] - xR3[t]) + KH (-xH1[t] + 2 xH2[t] - xH3[t]) + mH xH2''[t] == 0,
  KR (-xR3[t] + 2 xH3[t] - xR4[t]) + KH (-xH2[t] + 2 xH3[t] - xH4[t]) + mH xH3''[t] == 0,
  KR (-xR4[t] + 2 xH4[t]) + KH (2 xH4[t] - xH3[t]) + mH xH4''[t] == 0, xR1[0] == 0,
  xR2[0] == 0, xR3[0] == 0, xR4[0] == 0, xH1[0] == 0, xH2[0] == 0, xH3[0] == 0,
  xH4[0] == 0, xR1'[0] == 0, xR2'[0] == 0, xR3'[0] == 0, xR4'[0] == 0, xH1'[0] == 0,
  xH2'[0] == 0, xH3'[0] == 0, xH4'[0] == 0}, {xR1[t], xR2[t], xR3[t], xR4[t],
  xH1[t], xH2[t], xH3[t], xH4[t]}, {t, 0, tmaxvmax}, PrecisionGoal -> ∞];

```

```

Plot[{xH0min[t]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]

```



```

Plot[{xR1[t] /. solmin[[1]][1]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]

```

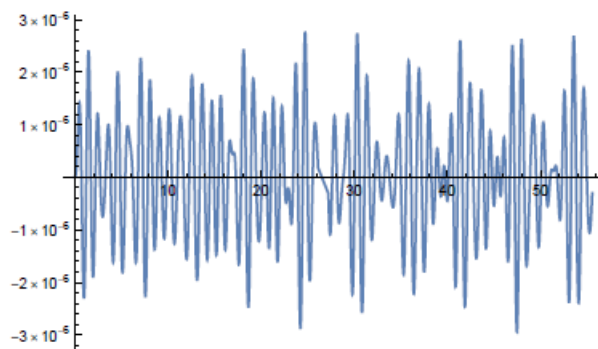
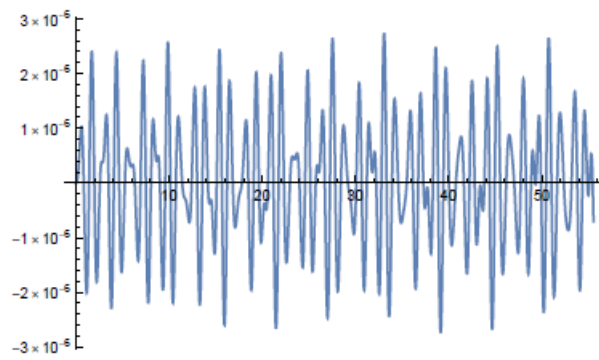
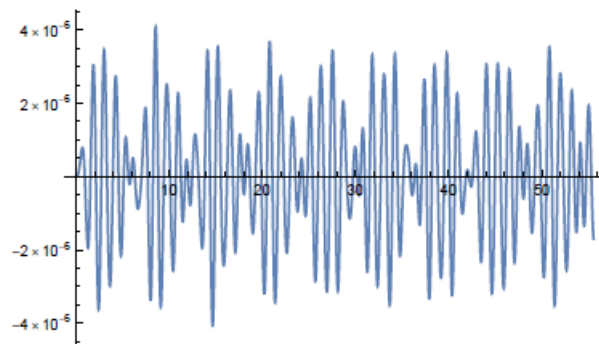


Figura 2.5 - estratto script Mathematica

```
Plot[{xR2[t] /. solmin[[1]][[2]]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]
```



```
Plot[{xR3[t] /. solmin[[1]][[3]]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]
```



```
Plot[{xR4[t] /. solmin[[1]][[4]]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]
```

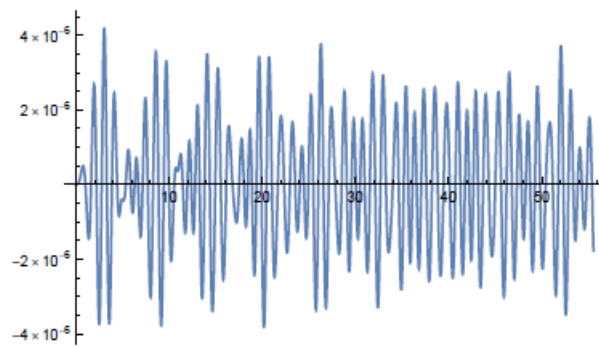
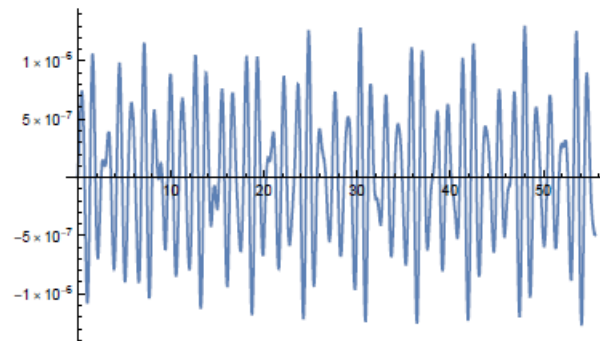


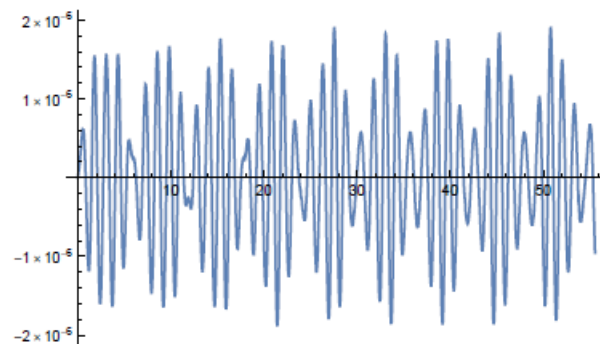
Figura 2.6 - estratto script Mathematica



```
Plot[{xH1[t] /. solmin[1][5]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]
```



```
Plot[{xH2[t] /. solmin[1][6]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]
```



```
Plot[{xH3[t] /. solmin[1][7]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]
```

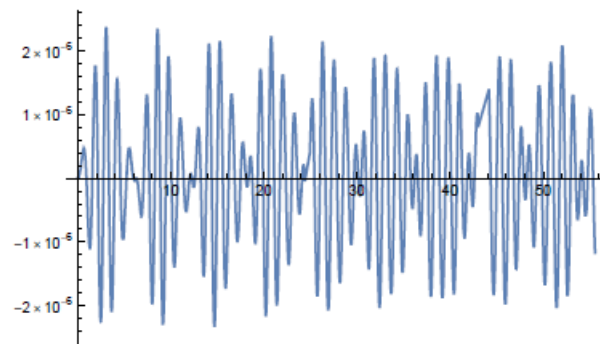
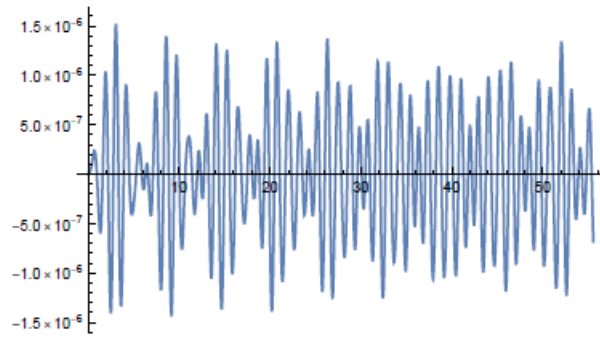
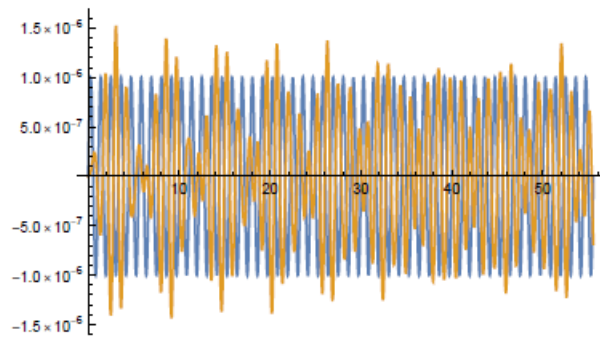


Figura 2.7 - estratto script Mathematica

```
Plot[{xH4[t] /. solmin[[1]][[8]]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]
```



```
Plot[{xH0min[t], xH4[t] /. solmin[[1]][[8]]}, {t, 0, tmaxvmin}, PlotRange -> All]
```



```
Plot[{xH0med[t]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> All]
```

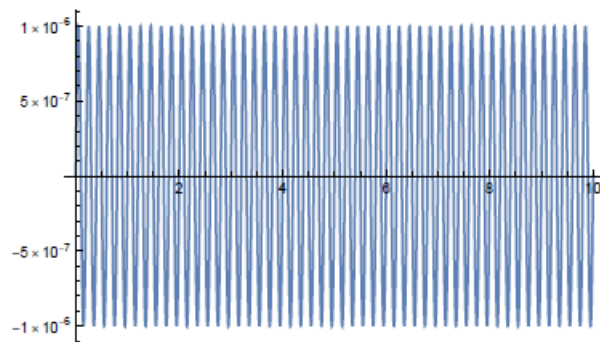
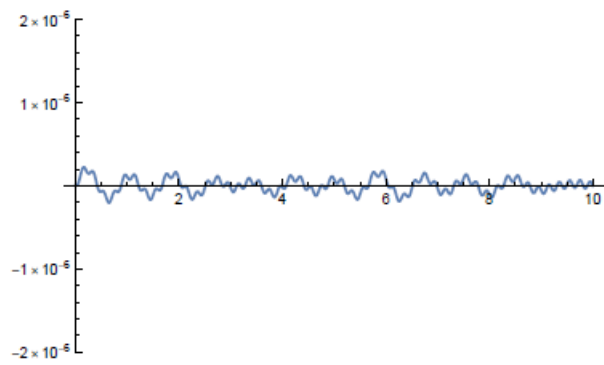
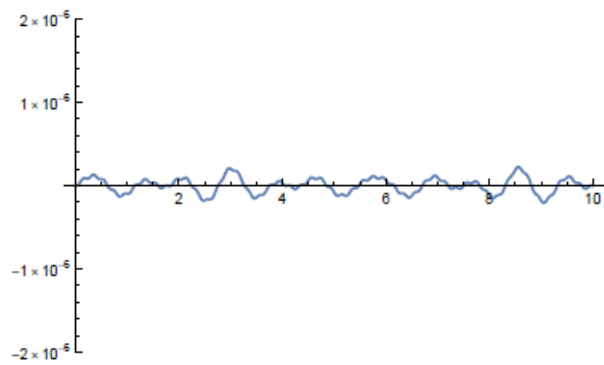


Figura 2.8 - estratto script Mathematica

```
Plot[{xR1[t] /. solmed[[1]][[1]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xR2[t] /. solmed[[1]][[2]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xR3[t] /. solmed[[1]][[3]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```

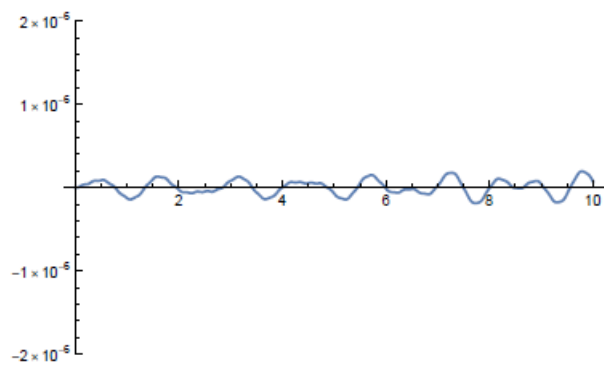
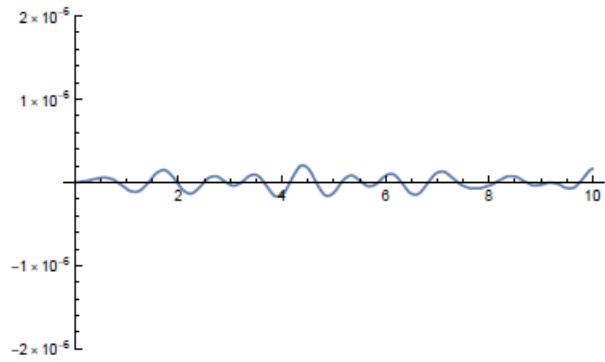


Figura 2.9 - estratto script Mathematica

```
Plot[{xR4[t] /. solmed[[1]][[4]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xH1[t] /. solmed[[1]][[5]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xH2[t] /. solmed[[1]][[6]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```

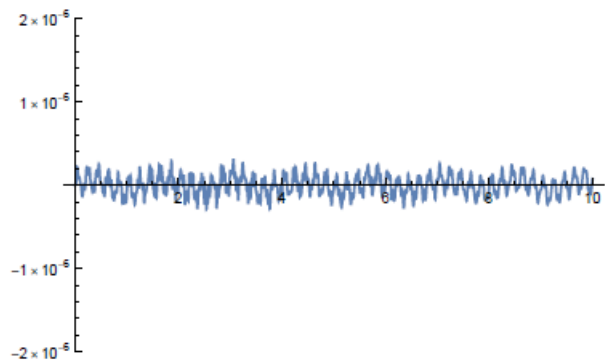
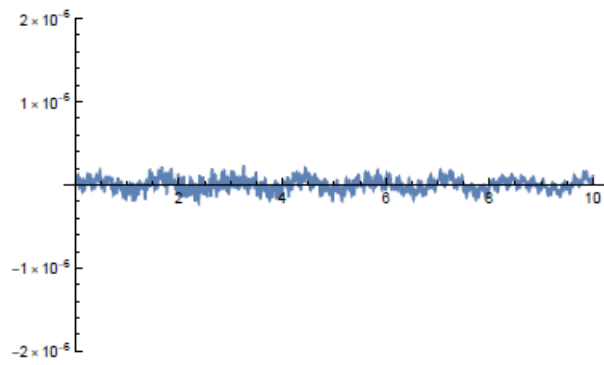
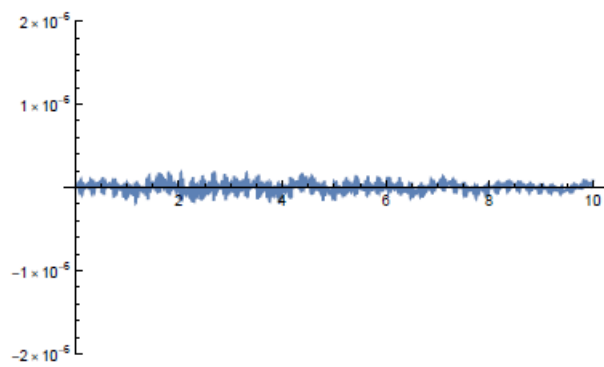


Figura 2.10 - estratto script Mathematica

```
Plot[{xH3[t] /. solmed[[1]][[7]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xH4[t] /. solmed[[1]][[8]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xH0med[t], xH4[t] /. solmed[[1]][[8]]}, {t, 0, tmaxvmed}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```

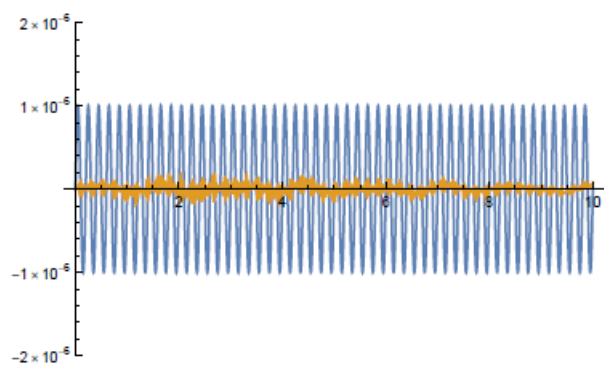
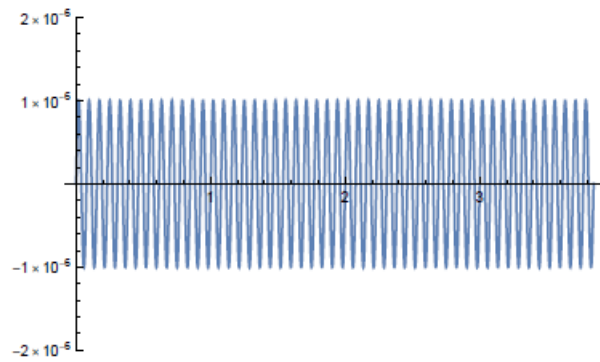
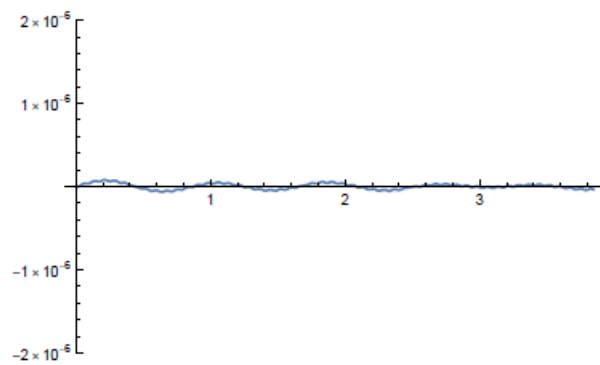


Figura 2.11 - estratto script Mathematica

```
Plot[{xH0max[t]}, {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xR1[t] /. solmax[[1]][[1]]}, {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xR2[t] /. solmax[[1]][[2]]}, {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```

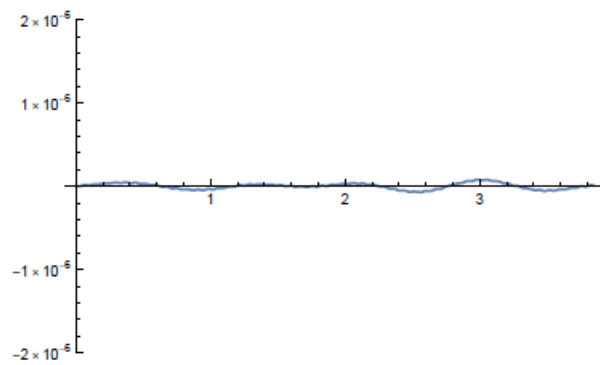
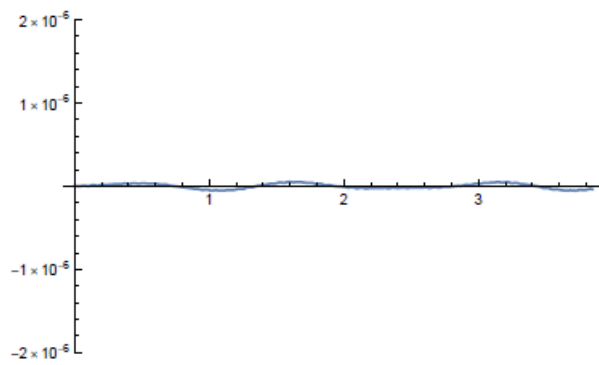
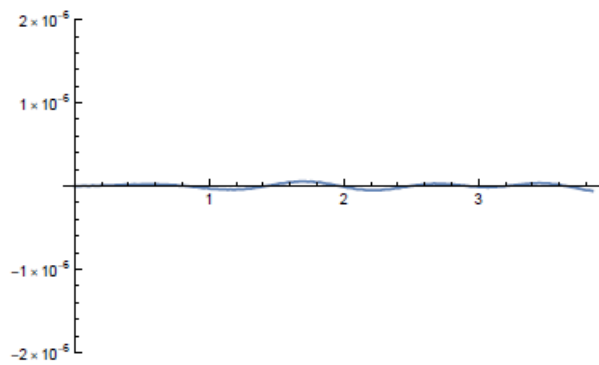


Figura 2.12 - estratto script Mathematica

```
Plot[{xR3[t] /. solmax[[1]][[3]], {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xR4[t] /. solmax[[1]][[4]], {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xH1[t] /. solmax[[1]][[5]], {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```

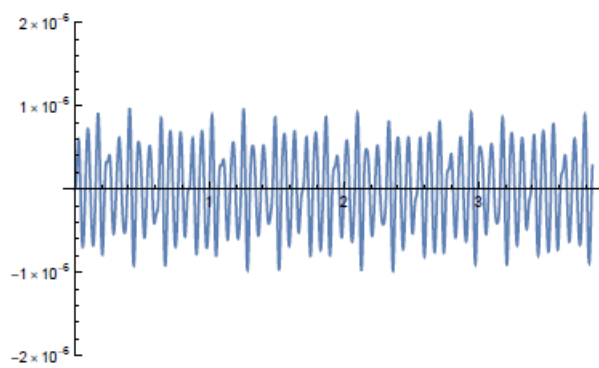
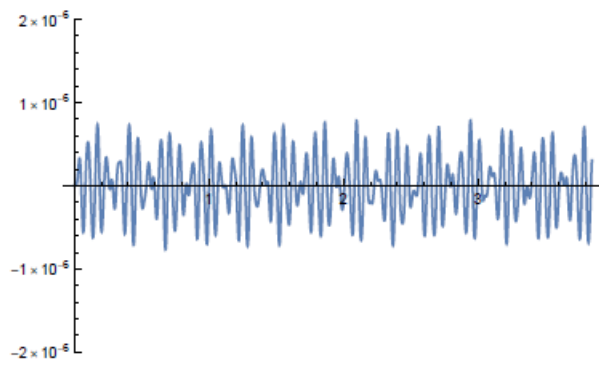
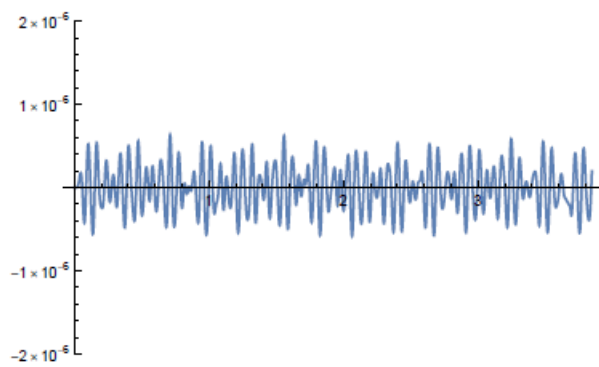


Figura 2.13 - estratto script Mathematica

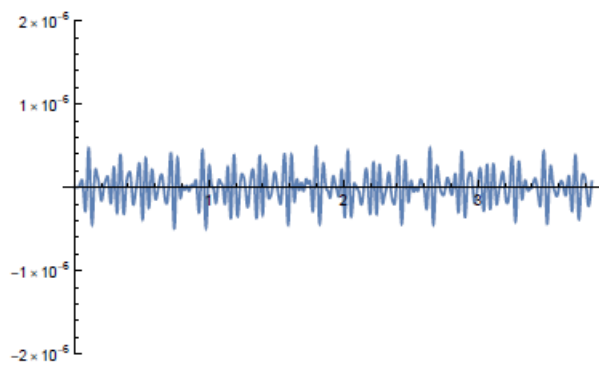
```
Plot[{xH2[t] /. solmax[[1]][[6]]}, {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xH3[t] /. solmax[[1]][[7]]}, {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xH4[t] /. solmax[[1]][[8]]}, {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```



```
Plot[{xH0max[t], xH4[t] /. solmax[[1]][[8]]}, {t, 0, tmaxvmax}, PlotRange -> {-2 amp, 2 amp}]
```

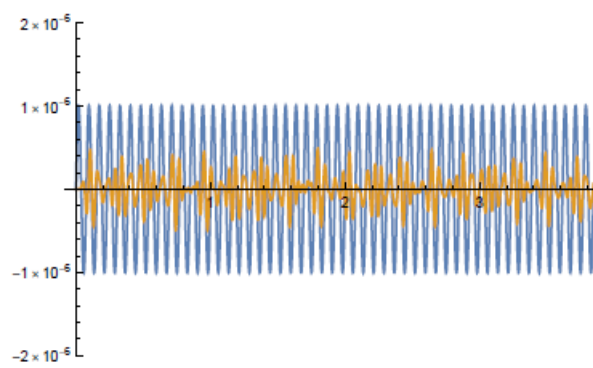


Figura 2.14 - estratto script Mathematica



```

uampH1vmin = 0;
Do [ { t = tmaxvmin -  $\frac{5}{vmin}$  +  $\left(\frac{5}{vmin}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH1prova = xH1[t] /. solmin[[1]][5],
  If[uampH1prova > uampH1vmin, uampH1vmin = uampH1prova] }, {i, 1, 10000} ]

uampH2vmin = 0;
Do [ { t = tmaxvmin -  $\frac{5}{vmin}$  +  $\left(\frac{5}{vmin}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH2prova = xH2[t] /. solmin[[1]][6],
  If[uampH2prova > uampH2vmin, uampH2vmin = uampH2prova] }, {i, 1, 10000} ]

uampH3vmin = 0;
Do [ { t = tmaxvmin -  $\frac{5}{vmin}$  +  $\left(\frac{5}{vmin}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH3prova = xH3[t] /. solmin[[1]][7],
  If[uampH3prova > uampH3vmin, uampH3vmin = uampH3prova] }, {i, 1, 10000} ]

uampH4vmin = 0;
Do [ { t = tmaxvmin -  $\frac{5}{vmin}$  +  $\left(\frac{5}{vmin}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH4prova = xH4[t] /. solmin[[1]][8],
  If[uampH4prova > uampH4vmin, uampH4vmin = uampH4prova] }, {i, 1, 10000} ]

uampH1vmed = 0;
Do [ { t = tmaxvmed -  $\frac{5}{vmed}$  +  $\left(\frac{5}{vmed}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH1prova = xH1[t] /. solmed[[1]][5],
  If[uampH1prova > uampH1vmed, uampH1vmed = uampH1prova] }, {i, 1, 10000} ]

uampH2vmed = 0;
Do [ { t = tmaxvmed -  $\frac{5}{vmed}$  +  $\left(\frac{5}{vmed}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH2prova = xH2[t] /. solmed[[1]][6],
  If[uampH2prova > uampH2vmed, uampH2vmed = uampH2prova] }, {i, 1, 10000} ]

uampH3vmed = 0;
Do [ { t = tmaxvmed -  $\frac{5}{vmed}$  +  $\left(\frac{5}{vmed}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH3prova = xH3[t] /. solmed[[1]][7],
  If[uampH3prova > uampH3vmed, uampH3vmed = uampH3prova] }, {i, 1, 10000} ]

```

Figura 2.15 - estratto script Mathematica

```

uampH4vmed = 0;
Do[{t = tmaxvmed -  $\frac{5}{vmed} + \left(\frac{5}{vmed}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH4prova = xH4[t] /. solmed[[1]][[8]],
  If[uampH4prova > uampH4vmed, uampH4vmed = uampH4prova]}, {i, 1, 10000}]

uampH1vmax = 0;
Do[{t = tmaxvmax -  $\frac{5}{vmax} + \left(\frac{5}{vmax}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH1prova = xH1[t] /. solmed[[1]][[5]],
  If[uampH1prova > uampH1vmax, uampH1vmax = uampH1prova]}, {i, 1, 10000}]

uampH2vmax = 0;
Do[{t = tmaxvmax -  $\frac{5}{vmax} + \left(\frac{5}{vmax}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH2prova = xH2[t] /. solmed[[1]][[6]],
  If[uampH2prova > uampH2vmax, uampH2vmax = uampH2prova]}, {i, 1, 10000}]

uampH3vmax = 0;
Do[{t = tmaxvmax -  $\frac{5}{vmax} + \left(\frac{5}{vmax}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH3prova = xH3[t] /. solmed[[1]][[7]],
  If[uampH3prova > uampH3vmax, uampH3vmax = uampH3prova]}, {i, 1, 10000}]

uampH4vmax = 0;
Do[{t = tmaxvmax -  $\frac{5}{vmax} + \left(\frac{5}{vmax}\right) \frac{i}{10000}$ , uampH4prova = xH4[t] /. solmed[[1]][[8]],
  If[uampH4prova > uampH4vmax, uampH4vmax = uampH4prova]}, {i, 1, 10000}]

{uampH1vmin, uampH2vmin, uampH3vmin, uampH4vmin}
{1.25932 × 10-6, 1.9375 × 10-6, 2.08765 × 10-6, 1.34699 × 10-6}

{uampH1vmed, uampH2vmed, uampH3vmed, uampH4vmed}
{4.13446 × 10-7, 2.10982 × 10-7, 1.56044 × 10-7, 8.69306 × 10-8}

{uampH1vmax, uampH2vmax, uampH3vmax, uampH4vmax}
{4.48287 × 10-7, 1.73008 × 10-7, 1.46797 × 10-7, 1.40909 × 10-7}

```

```
ListPlot[{amp, uampH1vmin, uampH2vmin, uampH3vmin, uampH4vmin}]
```

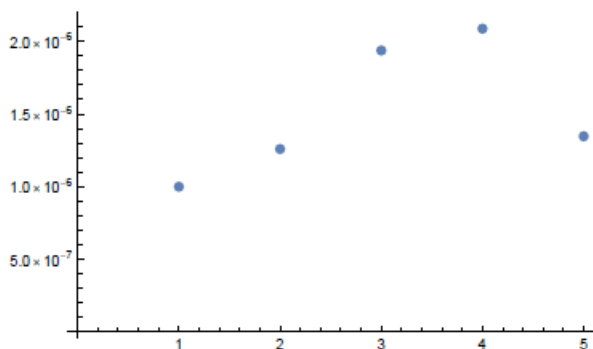
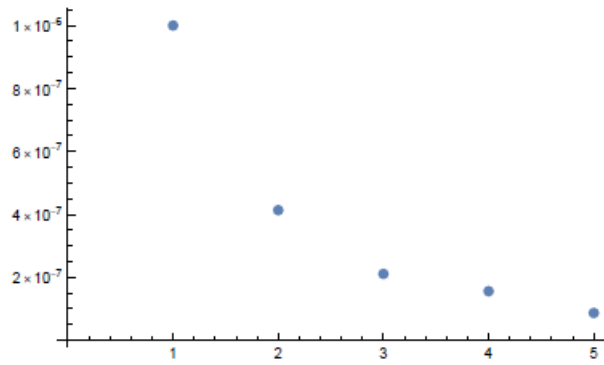


Figura 2.16 - estratto script Mathematica

```
ListPlot[{amp, uampH1vmed, uampH2vmed, uampH3vmed, uampH4vmed}]
```



```
ListPlot[{amp, uampH1vmax, uampH2vmax, uampH3vmax, uampH4vmax}]
```

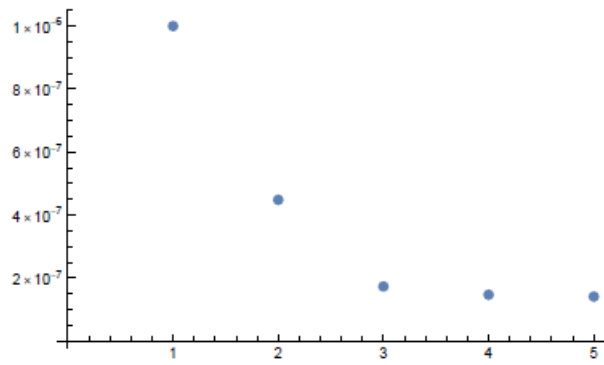


Figura 2.17 - estratto script Mathematica

### 3 Analisi FEM teoria ed Applicazione con RFEM 5

I principi fondamentali alla base del metodo degli elementi finiti (FEM) vengono presentati in questo capitolo. Tale tecnica è oggi uno degli strumenti più utilizzati per la soluzione del calcolo automatico di molti problemi ingegneristici, tra cui analisi delle sollecitazioni, trasmissione del calore, elettromagnetismo, Dinamica e fluidodinamica.

Sebbene il metodo abbia avuto origine all'inizio del secolo scorso, gli sviluppi più significativi sono stati verificati solo durante la seconda guerra mondiale. Richard Courant è considerato il primo studioso per approfondire il metodo durante la seconda guerra mondiale <sup>46</sup>. Tuttavia, Ray William Clough è stato il primo a utilizzare il termine "elemento finito" nel 1960<sup>47</sup>. Zienkiewicz e Cheung scrissero nel 1967 il primo libro interamente dedicato al metodo degli elementi finiti<sup>48</sup>. Successivamente, il metodo si è sviluppato rapidamente grazie soprattutto alla disponibilità crescente di elaboratori digitali sempre più potenti. Il numero di pubblicazioni scientifiche dedicate al tema è aumentato negli anni sessanta e ottanta. Ad oggi, il metodo FEM è sempre più consolidato in quanto viene utilizzato nella pratica quotidiana dell'ingegnere e nell'attività scientifica per affrontare nuove problematiche, varianti e migliorie in continua evoluzione.

Risulta difficile stabilire un confine preciso tra il metodo degli elementi finiti e altri metodi di analisi numerica per la risoluzione di problemi fisico-matematici governati da equazioni differenziali a causa dell'incertezza sulla datazione storica dell'origine del metodo. La presenza di una fase di discretizzazione in tutti questi metodi è una caratteristica comune. Questa fase consente il passaggio da un problema continuo con un numero infinito di gradi di libertà a un problema discreto con un numero limitato di gradi di libertà. Ovviamente, in questo modo si rinuncia generalmente alla determinazione della soluzione esatta del problema di partenza; invece, si ottiene una soluzione approssimata, che tuttavia, ai fini ingegneristici è generalmente del tutto soddisfacente.

---

<sup>46</sup> R. Courant, *Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibrations*, *Bulletin of the American Mathematical Society* 49, 1-23, 1943 [16].

<sup>47</sup> R.W. Clough, *The finite element method in plane stress analysis*, *Proceedings of American Society of Civil Engineers, 2nd Conference on Electronic Computations* 23, 345-378, 1960. [17]

<sup>48</sup> O.C. Zienkiewicz, Y.K.K. Cheung, *The finite element method in structural and continuum mechanics*, McGraw-Hill, Londra, 1967 [18]

In primo luogo, il metodo degli elementi finiti è stato molto apprezzato a causa della sua immediatezza concettuale e della notevole versatilità con cui può essere utilizzato. Ciò lo rende uno strumento essenziale per risolvere i problemi più vari in varie aree disciplinari.

Il metodo è estremamente versatile nell'utilizzo in ogni singola area tematica, mantenendo le stesse procedure standardizzate. Nella meccanica strutturale, l'analisi per elementi finiti copre una varietà di tipi: calcolo non lineare (non linearità geometrica e/o di materiale), problemi monodimensionali, piani e tridimensionali, problemi assialsimmetrici, calcolo di travi, telai, piastre e gusci, problemi statici e dinamici.

Il metodo FEM si presta in modo particolare a risolvere problemi ingegneristici accoppiati come l'interazione termo-meccanica e Dinamica-strutturale grazie alla sua multidisciplinarietà nell'applicazione.

Nel seguente capitolo vengono presentati i concetti fondamentali che costituiscono la base del metodo degli elementi finiti; come questo metodo si distingue da altri strumenti di analisi numerica; e impiegando il software utilizzato nel presente lavoro di tesi, vengono descritte le fasi essenziali di un'analisi con questo metodo: DLUBAL RFEM - RF-DYNAM PRO VIBRAZIONI FORZATE.

In seguito verrà analizzata la proposta applicativa ideata in [1], si studierà nel dettaglio la discretizzazione del modello analitico, motivando le assunzioni di modellazione per poi descrivere i metodi di analisi utilizzati, arrivando in fine all'espletazione dei risultati.

### **3.1 Descrizione dei Metodi Numerici**

I modelli matematici dei sistemi fisici sono normalmente problemi ingegneristici. Questi modelli sono composti da equazioni differenziali con le relative condizioni al contorno. Per quanto possibile, la soluzione precisa di queste equazioni consente di acquisire una conoscenza approfondita di un sistema che è sottoposto a determinate sollecitazioni.

A causa della complessità delle equazioni differenziali o delle condizioni iniziali e al contorno imposte, tuttavia, non è possibile trovare una soluzione precisa a molti problemi ingegneristici. In questi casi, vengono utilizzate le approssimazioni numeriche che a differenza delle soluzioni analitiche, forniscono una soluzione approssimata solo per un determinato numero di punti, chiamati nodi.

Ci sono due classi di metodi numerici disponibili:

- il *metodo alle differenze finite*;

- *il metodo agli elementi finiti.*

Il primo metodo crea un insieme di equazioni lineari creando equazioni differenziali per ogni nodo e quindi sostituendo le derivate con rapporti incrementali. Tali tecniche sono facili da comprendere e utilizzare per problemi semplici, ma sono difficili da utilizzare per problemi con geometrie e condizioni al contorno complesse.

Il secondo utilizza formulazioni integrali per creare un sistema di equazioni algebriche.

In effetti, ogni singolo elemento finito in cui viene suddiviso il dominio di partenza è considerato un campo di integrazione numerica di caratteristiche omogenee. Si assume che la combinazione lineare di funzioni, note anche come funzioni di base o funzioni di forma, rappresentano la soluzione del problema su ciascun elemento caratterizzato da questa forma elementare.

### **3.2 Fasi dell'analisi FEM**

Il processo di analisi FEM è suddiviso in 3 fasi:

**Fase 1 - pre-elaborazione:** nella prima fase viene definito il modello ad elementi finiti. Si definiscono una serie di elementi nello specifico, si scelgono le analisi da utilizzare come ad esempio (statica, dinamica, termica, lineare, ecc), la tipologia di elementi finiti, i parametri dei materiali assegnati, i vincoli e i carichi.

Durante la fase del pre-elaborazione avviene anche la suddivisione del modello iniziale poichè viene diviso in tanti piccoli elementi di forma ridotta riducendo di fatto la complessità del problema di qui prende il nome di analisi di elementi finiti.

In genere le forme scelte per la scomposizione sono elementari (quadrato, cerchio, triangolo) attraverso la creazione di una griglia, chiamata mesh, quest'ultima determina il numero di equazioni da risolvere e il grado di accuratezza dell'approssimazione, perché maggiore è la suddivisione di elementi, maggiore è la precisione di elaborazione, ma di contro avremo che il calcolo numerico sarà più oneroso.

Viene, poi, studiato il comportamento di ogni singolo elemento ad esempio come reagisce ad uno stress, come si deforma, ecc.; Su ogni singolo elemento ridotto in forma elementare, la soluzione del problema viene espressa dalla combinazione lineare di funzioni dette funzioni di base o funzioni di forma.

I tipi di elementi che si possono analizzare nello spazio sono 1D, 2D, e 3D:

- **Gli Elementi 1D** di tipo asta, biella, tubo: sono definiti come elementi rettilinei a due nodi con rigidità limitata alle traslazioni e quindi in grado di trasmettere solo forze assiali. Di solito viene utilizzato per modellare strutture reticolari [y];
- **Gli Elementi 1D** di tipo trave o beam: sono elementi costituiti da almeno due nodi in grado di trasferire rigidità ai nodi collegati a tutti e sei i gradi di libertà e quindi in grado di trasmettere tutte le varie forme di sollecitazione, come forze assiali di taglio, momenti flettenti e torcenti. È utilizzato per simulare strutture intelaiate. Alcuni programmi includono anche l'elemento trave su terreno elastico di Winkler per la modellazione di travi di fondazione su terreno elastico. Nella famiglia degli elementi monodimensionali abbiamo anche le molle e le aste infinitamente rigide.
- **Gli Elementi 2D** sono gli elementi di tipo *shell o superficie* costituiti da almeno 3 nodi, necessari a trasferire stati di sforzo piano ed hanno solo due gradi di libertà per nodo che corrisponde alle traslazioni nel suo piano (rigidità membranale), quindi questi elementi possono trasmettere solo gli sforzi lungo il suo piano. Se sovrapponiamo tali elementi avremo una tipologia di tipo guscio quest'ultimo è utilizzato per la modellazione di strutture nelle quali lo spessore è prevalente rispetto alle altre dimensioni e dove si può considerare impedita la deformazione nello spessore e pertanto lo stato di deformazione si considera piano come nell'analisi delle sezioni di condotte o di muri di sostegno [y];
- **Gli Elementi 3D** sono di tipo solido composti da almeno 4 nodi;

Le equazioni che governano tale metodo si sviluppano come segue:

$$\mathbf{k}^{(e)} \mathbf{u}^{(e)} = \mathbf{f}^{(e)}$$

dove  $\mathbf{u}^{(e)}$  è il vettore delle incognite nodali,  $\mathbf{f}^{(e)}$  il vettore delle forze e  $\mathbf{k}^{(e)}$  è la matrice di rigidità dell'elemento.

Andando ad unire ogni elemento si determina la matrice di rigidità globale dell'intera struttura, si determina il vettore dei termini noti, e con l'imposizione delle condizioni cinematiche e di quelle al contorno andiamo a risolvere il sistema globale di equazioni

$$Ku = f$$

Dove (K) è ottenuta dalla sommatoria delle matrici  $k^{(e)}$  degli elementi definiti ed (F), dalla sommatoria delle forze ottenuta per la risoluzione di ogni singolo elemento.

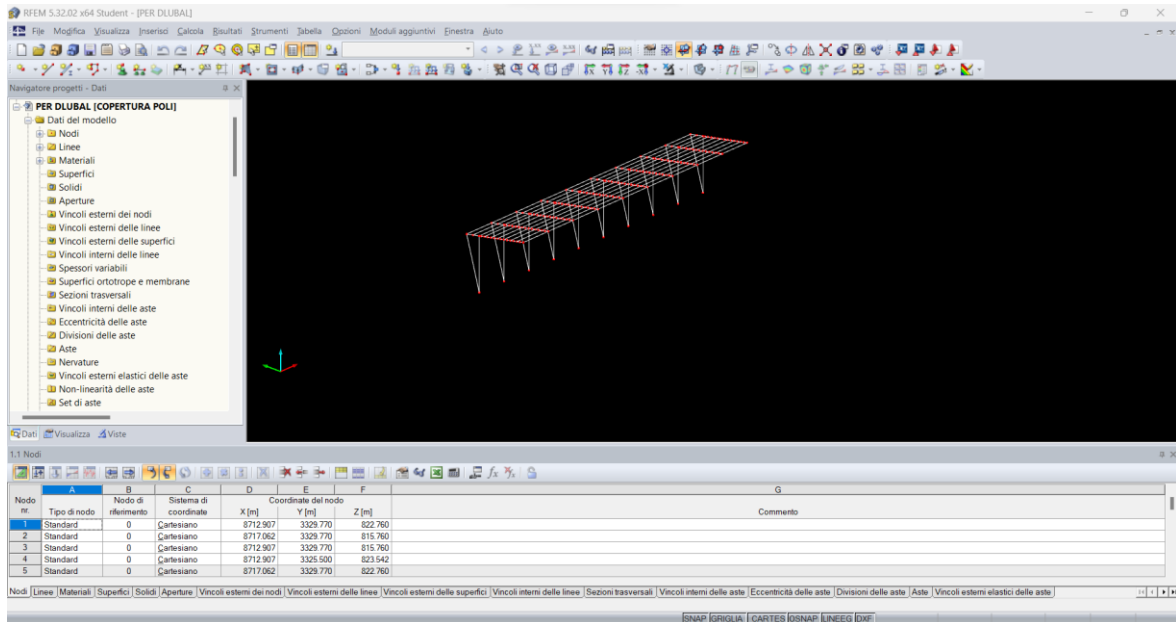


Figura 3.1 – Esempio di aste e nodi di una tettoia a sbalzo con tirante (interfaccia grafica Dlubal RFEM 5)

**Fase 2 - elaborazione:** in questa fase centrale e decisiva interviene il software per il calcolo strutturale con solutore FEM integrato che ha il compito di risolvere in forma discreta e approssimata i sistemi di equazioni alle derivate parziali (o PDE) sul dominio computazionale precedentemente discretizzato;

**Fase 3 - post-elaborazione:** la terza ed ultima fase corrisponde all'elaborazione e alla visualizzazione grafica dei risultati ottenuti.

### 3.3 Analisi Mediante l'utilizzo di RFEM 5 RF DYNAM Vibrazioni Forzate della softwarehouse Dlubal

#### 3.3.1 Descrizione Generale del Programma

Il programma di analisi agli elementi finiti RFEM 5 viene utilizzato per calcolare pareti, gusci, solidi e strutture intelaiate ed è uno strumento potente in grado di affrontare le diverse sfide che si incontrano nella moderna ingegneria civile. RFEM 5 è il programma di software di analisi di base di Dlubal, insieme ad altri moduli di progettazione



complementari, e uno di questi utilizzati nella presente tesi è l'applicativo RF-DYNAM PRO – Vibrazioni Forzate.

RFEM consente di elaborare 99.999 oggetti per ciascuna categoria di elemento (nodi, linee, superfici, sezioni trasversali, ecc.), e 99.999 oggetti per ciascun tipo di carico per caso di carico [A].

In RFEM 5 abbiamo tre principali tipi di analisi:

- Analisi Statica
- Analisi Dinamica;
- Analisi di Stabilità

### **3.3.2 Analisi Statica lineare – non lineare in RFEM 5**

Le non linearità in RFEM 5 possono essere suddivise in:

- Non linearità strutturale;
- Non linearità del materiale (elasticità non lineare, plasticità, calcolo della muratura, calcolo dei cavi e membrane, ecc.)
- Non linearità geometrica.

La non linearità geometrica viene gestita in base alle seguenti impostazioni:

- Analisi statica geometricamente lineare (teoria delle piccole deformazioni, la cosiddetta teoria del primo ordine);
- La teoria del secondo ordine (analisi P-delta, teoria migliorata della piccola deformazione prendendo forze assiali in considerazione);
- Teoria delle grandi deformazioni (grandi deformazioni, metodi non lineari tra cui il metodo Newton-Raphson, il metodo secante di Picard e la loro combinazione, la cosiddetta teoria del terzo ordine);
- Analisi post-critica (grandi deformazioni, metodi non lineari tra cui il metodo Newton modificato e metodo di rilassamento dinamico).

La teoria delle grandi deformazioni e l'analisi post-critica differiscono solo nei metodi non lineari utilizzati. Quest'ultima consente il calcolo del comportamento post-critico di una struttura che passa attraverso un punto singolare, cioè dove la matrice di rigidezza diventa singolare.. Nel caso della teoria delle grandi deformazioni, la deformazione assiale viene calcolata rispetto alla lunghezza effettiva e non di riferimento, come la teoria del primo ordine. Sotto un numero sufficiente di passi di carico, la deformazione assiale tende

numericamente ad un logaritmico. Nel caso di travi calcolate secondo la teoria della grande deformazione, la rigidità assiale viene calcolata direttamente secondo la definizione di deformazione logaritmica, che ottiene risultati precisi con un solo incremento di carico.

I solutori lineari disponibili sono:

- Risolutore lineare diretto – solutore di Cholesky parallelizzato per matrici sparse simmetriche;
- Risolutore lineare iterativo per matrici sparse simmetriche;

Il primo metodo è più veloce tranne che per le posizioni di grandi dimensioni, dove l'approccio iterativo nel tempo può essere meno esigente.

Il solutore lineare iterativo, d'altra parte, può essere più facilmente parallelizzato. La scelta tra il solutore non lineare e il solutore lineare dipende dal progettista.

I calcoli non lineari in generale producono un sistema di equazioni algebriche non lineari, che devono essere risolte. La forza del solutore non lineare è una parte cruciale del processo di calcolo all'interno del framework dell'analisi agli elementi finiti.

Il metodo non lineare trasforma il problema non lineare in una sequenza di problemi lineari, che vengono poi risolti da un solutore lineare. I solutori non lineari disponibili in RFEM 5 sono:

- Metodo Newton-Raphson ;
- Newton-Raphson combinato con il metodo Picard;
- Metodo Picard (metodo secante);
- Newton-Raphson con matrice di rigidità costante;
- Metodo Newton-Raphson modificato;
- Rilassamento dinamico.

Il metodo non lineare di Newton-Raphson è preferito in caso di un lato continuo.

In caso di discontinuità, può essere utilizzato il metodo Picard (soprattutto in combinazione con il Newton-Raphson come correttore) come scelta più rafforzativa. Il comportamento post-critico, dove il solutore deve superare i punti limite con matrici di rigidezza singolari, è risolto dal Newton-Raphson modificato o con il metodo di rilassamento dinamico.

### **3.3.2.1 Newton-Raphson**

In questo metodo, la matrice di rigidezza tangenziale viene calcolata in funzione dello stato di deformazione corrente e invertita in ogni ciclo di iterazione. Nella maggior parte dei casi, il metodo presenta una convergenza veloce (quadratica).

### **3.3.2.2 Metodo Picard**

Questo metodo è noto anche come metodo di iterazione a virgola fissa. Può essere pensato come un'approssimazione alle differenze finite del metodo di Newton. La differenza viene considerata tra il ciclo di iterazione corrente e il ciclo di iterazione iniziale nella fase di carico corrente. Il metodo non converge così rapidamente come il metodo di Newton in generale, ma può essere più robusto per alcuni problemi non lineari.

### **3.3.2.3 Newton–Raphson In combinazione con Picard**

L'analisi inizia come metodo Picard e poi passa al metodo Newton. L'idea dietro a questo c'è l'uso del metodo robusto lontano dall'equilibrio e il metodo della convergenza veloce vicino equilibrio.

### **3.3.2.4 Newton–Raphson con matrice di rigidezza costante**

Questo metodo è simile al metodo Newton-Raphson. La differenza è che la matrice di rigidezza è assemblata una sola volta nel primo ciclo di iterazione. Viene quindi utilizzato in tutti i cicli successivi. Pertanto questo metodo è più veloce, ma non così forte come il metodo Newton-Raphson e il metodo modificato Newton-Raphson.

### **3.3.2.5 Newton–Raphson Modificato**

Il metodo viene utilizzato per l'analisi post-critica, cioè per problemi in cui una regione di instabilità è da superare per risolvere il problema. In caso di instabilità, dove la matrice di rigidezza non può essere invertita, viene utilizzata la matrice di rigidezza dell'ultimo passaggio di iterazione stabile. Questa matrice viene utilizzata fino a quando la regione di stabilità è di nuovo raggiunta. I metodi consentono la gestione dei diagrammi di decadimento:

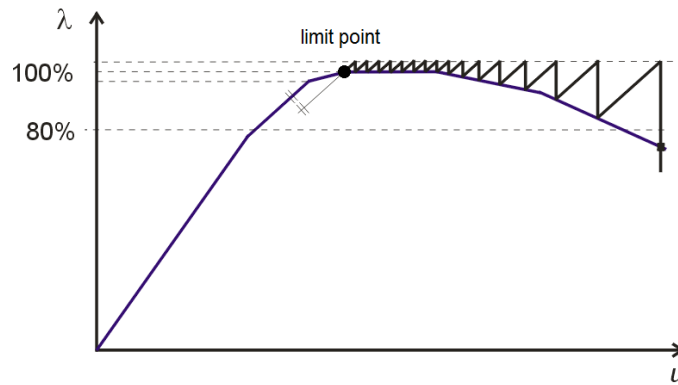


Figura 3.2 grafico estratto dalla Teoria del manuale RFEM 5

### 3.3.2.6 Relazione Dinamica

Questo metodo viene utilizzato per grandi deformazioni e post-critiche. In questo metodo, un tempo artificiale viene introdotto. Considerando l'inerzia e lo smorzamento, il problema viene trattato come una dinamica uno, utilizzando il metodo di integrazione temporale esplicito. La matrice di rigidità non è mai invertita in questo avvicinarsi. Il metodo contiene anche lo smorzamento di Rayleigh, che può essere impostato da costanti  $\alpha$ ,  $\beta$  secondo la formula:

$$M \frac{d^2u}{dt^2} + c \frac{du}{dt} + k(u)u = f \quad (x)$$

$$C = \alpha M + \beta \text{diag}[K_{11}(u), K_{22}(u), \dots, K_{nn}(u)], \quad (x)$$

dove  $M$  è la matrice di massa (diagonale),  $C$  è la matrice di smorzamento diagonale,  $K$  è la matrice di rigidità, dipendente dalla soluzione  $u$  nel caso non lineare,  $f$  è il vettore delle forze esterne,  $u$  è il vettore di spostamento e rotazione discretizzato,  $n$  è la dimensione di  $u$ .

### 3.3.3 Analisi Dinamica

L'analisi Dinamica mediante l'utilizzo del solutore RFEM 5, viene eseguita grazie all'applicativo RF DYNAMIC PRO – Vibrazioni Forzate, che consente di eseguire lo studio delle analisi di vibrazioni naturali della struttura, e dell'analisi modale.

L'analisi modale consente l'analisi dinamica dei sistemi strutturali in grado di vibrare.

Di conseguenza, sono determinati i valori di vibrazione naturale, come la frequenza naturale, una forma modale, la massa modale e i coefficienti di massa modale efficace e/o partecipante. Questa analisi è la base per ulteriori analisi dinamiche, ad esempio per il

carico mediante spettro di risposta o un diagramma temporale. Inoltre, l'analisi modale rappresenta un metodo per la risoluzione del time history. In questo caso, vengono utilizzati direttamente gli autovalori determinati e le forme modali del modello<sup>49</sup>.

### 3.3.3.1 Descrizione dell'Analisi Modale

L'analisi modale può studiare in dettaglio il comportamento dinamico valutando la loro frequenza naturale e i modi associati di vibrare. Al fine di ottenere gli stessi risultati riferiti all'insieme, le strutture complesse vengono preventivamente schematizzate utilizzando il metodo degli elementi finiti.

Tale analisi consente di definire la risposta della struttura al progetto a forzanti con contenuti armonici diversi. Gli obiettivi possono essere diversi, come evitare fenomeni di risonanza meccanica o analizzare gli stati di sforzo e deformazione indotti dalle stesse forzanti. L'ingegneria meccanica, l'ingegneria aerospaziale, l'ingegneria biomedica, l'ingegneria del suono e l'ingegneria civile possono utilizzare questa metodologia per analizzare le sollecitazioni sismiche<sup>50</sup>.

Nell'analisi Modale il sistema che si analizza deve essere descrivibile in termini di una variabile per esempio lo spostamento  $q(t)$  che si presuppone continua e derivabile rispetto al tempo. Si scrive un'equazione specifica per ogni nodo del sistema che tiene conto di tutti gli elementi necessari. Per esempio,  $q(t)$  è la funzione di spostamento per una struttura in campo sismico, con la sua derivata prima la velocità degli spostamenti e la derivata seconda le accelerazioni del sistema.

Le accelerazioni del sistema sono influenzate, anche se non sono quelle sismiche. In campo Dinamico, viene sempre presa in considerazione la massa  $M$  relativa al nodo in questione, lo smorzamento  $C$ , e una costante  $K$  che riguarda la risposta elastica della struttura. Al secondo membro si confronta la forza armonica  $f(t)$ , poiché le equazioni scritte riguardano l'equilibrio dei singoli nodi. Dato un sistema algebrico differenziale del secondo ordine, ad  $n$  gradi di libertà:

$$\underline{\underline{M}}\ddot{\underline{q}}(t) + \underline{\underline{C}}\dot{\underline{q}}(t) + \underline{\underline{K}}\underline{q}(t) = \underline{f}(t)$$

Considero l'equivalente sistema non smorzato:

---

<sup>49</sup> Manuale Programma RFEM 5 descrizione del programma e codice di calcolo [19]

<sup>50</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi\\_modale](https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_modale) [20]

$$\underline{\underline{\mathbf{M}}}\ddot{\underline{\mathbf{q}}}(t) + \underline{\underline{\mathbf{K}}}\underline{\mathbf{q}}(t) = \underline{\mathbf{f}}(t)$$

È possibile calcolare gli autovalori e gli autovettori associati attraverso il problema di autovalori associato, del secondo ordine:

$$\underline{\underline{\mathbf{K}}}\underline{\underline{\mathbf{Z}}}^n = \lambda_n \underline{\underline{\mathbf{M}}}\underline{\underline{\mathbf{Z}}}^n$$

Dove  $\lambda_n$  sono gli autovalori, e gli  $\underline{\underline{\mathbf{Z}}}^n$  sono gli autovettori del sistema, nella forma di vettori colonna. Con questa formulazione si calcolano gli autovalori con:

$$\det(\underline{\underline{\mathbf{K}}} - \lambda_n \underline{\underline{\mathbf{M}}}) = 0$$

e successivamente gli autovettori associati a ogni autovalore:

$$(\underline{\underline{\mathbf{K}}} - \lambda_n \underline{\underline{\mathbf{M}}}) \underline{\underline{\mathbf{Z}}}^n = \mathbf{0}$$

È così possibile utilizzare gli autovettori, che sono i modi propri del sistema approssimati, per la *diagonalizzazione* del sistema, che, se anche la matrice di smorzamento è diagonalizzabile, porta a scrivere il sistema in *coordinate modali* come un sistema di equazioni tra loro indipendenti. Effettuo il cambio di coordinate:

$$\underline{\mathbf{q}}(t) = \underline{\underline{\mathbf{Z}}}\underline{\hat{\mathbf{q}}}(t) = [\underline{\mathbf{Z}}^1 \ \underline{\mathbf{Z}}^2 \ \dots \ \underline{\mathbf{Z}}^n] \underline{\hat{\mathbf{q}}}(t) = \underline{\mathbf{Z}}^1 \underline{\hat{\mathbf{q}}}_1 + \underline{\mathbf{Z}}^2 \underline{\hat{\mathbf{q}}}_2 + \dots + \underline{\mathbf{Z}}^n \underline{\hat{\mathbf{q}}}_n$$

Si può osservare che questo cambio di coordinate è legittimo perché gli autovettori sono tra loro indipendenti, in virtù dell'ortogonalità. La nuova variabile consente di scrivere il problema nella forma:

$$\underline{\underline{\mathbf{M}}}\underline{\underline{\mathbf{Z}}}\ddot{\underline{\hat{\mathbf{q}}}}(t) + \underline{\underline{\mathbf{C}}}\underline{\underline{\mathbf{Z}}}\dot{\underline{\hat{\mathbf{q}}}}(t) + \underline{\underline{\mathbf{K}}}\underline{\underline{\mathbf{Z}}}\underline{\hat{\mathbf{q}}}(t) = \underline{\mathbf{f}}(t)$$

Premoltiplicando l'equazione per la matrice trasposta degli autovettori:

$$\underline{\underline{\mathbf{Z}}}^T \underline{\underline{\mathbf{M}}}\underline{\underline{\mathbf{Z}}}\ddot{\underline{\hat{\mathbf{q}}}}(t) + \underline{\underline{\mathbf{Z}}}^T \underline{\underline{\mathbf{C}}}\underline{\underline{\mathbf{Z}}}\dot{\underline{\hat{\mathbf{q}}}}(t) + \underline{\underline{\mathbf{Z}}}^T \underline{\underline{\mathbf{K}}}\underline{\underline{\mathbf{Z}}}\underline{\hat{\mathbf{q}}}(t) = \underline{\underline{\mathbf{Z}}}^T \underline{\mathbf{f}}(t)$$

Assumendo che anche la matrice di smorzamento sia tale, il che è vero solo per smorzamento piccolo e frequenze naturali del sistema lontane tra loro, è diagonalizzato. Si può quindi scrivere nella forma:

$$\underline{\underline{\widehat{\mathbf{M}}}} \ddot{\underline{\widehat{\mathbf{q}}}}(t) + \underline{\underline{\widehat{\mathbf{C}}}} \dot{\underline{\widehat{\mathbf{q}}}}(t) + \underline{\underline{\widehat{\mathbf{K}}}} \underline{\widehat{\mathbf{q}}}(t) = \underline{\widehat{\mathbf{f}}}(t)$$

Questo nuovo sistema è costituito da equazioni tra loro indipendenti, nella forma:

$$\widehat{\mathbf{m}}_r \ddot{\widehat{\mathbf{q}}}_r(t) + \widehat{\mathbf{c}}_r \dot{\widehat{\mathbf{q}}}_r(t) + \widehat{\mathbf{k}}_r \widehat{\mathbf{q}}_r(t) = \widehat{\mathbf{f}}_r(t)$$

Le  $\widehat{\mathbf{m}}_r$  e  $\widehat{\mathbf{k}}_r$  sono dette rispettivamente massa modale e rigidezza modale. Divido l'equazione per la massa modale associata:

$$\ddot{\widehat{\mathbf{q}}}_r(t) + \frac{\widehat{\mathbf{c}}_r}{\widehat{\mathbf{m}}_r} \dot{\widehat{\mathbf{q}}}_r(t) + \frac{\widehat{\mathbf{k}}_r}{\widehat{\mathbf{m}}_r} \widehat{\mathbf{q}}_r(t) = \frac{\widehat{\mathbf{f}}_r(t)}{\widehat{\mathbf{m}}_r}$$

Definisco la pulsazione naturale, non smorzata, associata al modo, che coincide con l'autovalore associato:

$$\omega_{0r} = \sqrt{\frac{\widehat{\mathbf{k}}_r}{\widehat{\mathbf{m}}_r}}$$

Lo smorzamento critico:

$$\widehat{\mathbf{c}}_r^* = 2\sqrt{\widehat{\mathbf{k}}_r \widehat{\mathbf{m}}_r}$$

Il coefficiente di smorzamento modale:

$$\zeta_r = \frac{\hat{\mathbf{c}}_r}{\hat{\mathbf{c}}_r^*}$$

Per cui

$$\frac{\hat{\mathbf{c}}_r}{\widehat{\mathbf{m}}_r} = 2 \zeta_r \omega_{0r}$$

E si può scrivere l'equazione in coordinate modali in forma canonica:

$$\ddot{\hat{\mathbf{q}}}_r(t) + 2 \zeta_r \omega_{0r} \dot{\hat{\mathbf{q}}}_r(t) + \omega_{0r}^2 \hat{\mathbf{q}}_r(t) = \frac{\hat{\mathbf{f}}_r(t)}{\widehat{\mathbf{m}}_r}$$

Trasformiamo l'equazione secondo Laplace:

$$s^2 \tilde{\hat{\mathbf{q}}}_r(s) + 2 \zeta_r \omega_{0r} s \tilde{\hat{\mathbf{q}}}_r(s) + \omega_{0r}^2 \tilde{\hat{\mathbf{q}}}_r(s) = \frac{\tilde{\hat{\mathbf{f}}}_r(s)}{\widehat{\mathbf{m}}_r}$$

Quindi è possibile definire la funzione di trasferimento per gli spostamenti modali:

$$\tilde{\hat{\mathbf{q}}}_r(s) = \frac{1}{\widehat{\mathbf{m}}_r (s^2 + \omega_r^2 + 2\zeta_r \omega_{0r} s)} \tilde{\hat{\mathbf{f}}}_r$$

Considerando le grandezze vettoriali:

$$\underline{\tilde{\hat{\mathbf{q}}}}(s) = \begin{bmatrix} \ddots & & & \\ & \frac{1}{\widehat{\mathbf{m}}_r (s^2 + \omega_r^2 + 2\zeta_r \omega_{0r} s)} & & \\ & & \ddots & \\ & & & \ddots \end{bmatrix} \underline{\tilde{\hat{\mathbf{f}}}}$$

Tornando in coordinate modali:



$$\underline{\tilde{q}}(s) = \underline{\underline{Z}} \begin{bmatrix} \ddots & & & \\ & \frac{1}{\widehat{m}_r (s^2 + \omega_r^2 + 2\zeta_r \omega_{0r} s)} & & \\ & & \ddots & \\ & & & \ddots \end{bmatrix} \underline{\underline{Z}}^T \underline{\tilde{f}}$$

Questa è la funzione di trasferimento con in ingresso le forze ed in uscita gli spostamenti [20].

### 3.3.3.2 Descrizione dell'Analisi Time History

L'analisi time history in dinamica delle strutture è un metodo di analisi che viene utilizzato per valutare il comportamento dinamico di una struttura esposta a un carico dinamico nel tempo. Questo tipo di analisi è particolarmente utile per valutare la risposta sismica di una struttura, ma può essere utilizzato anche per valutare altri tipi di carichi dinamici come il vento o le onde. Durante l'analisi, vengono utilizzate le equazioni del moto per calcolare la risposta della struttura nel tempo, tenendo conto delle proprietà dinamiche della struttura e delle caratteristiche del carico dinamico. L'analisi time history è un metodo avanzato e richiede competenze specialistiche per essere eseguita correttamente.

Nel nostro caso eseguiremo un'analisi time history per studiare il comportamento del telaio alla quale è ancorata la catena tensegrity, sollecitandolo con diverse forze armoniche a differenti frequenze.

Nell'Analisi Time History possiamo analizzare nel tempo gli spostamenti, le velocità e le accelerazione di ogni nodo della struttura.

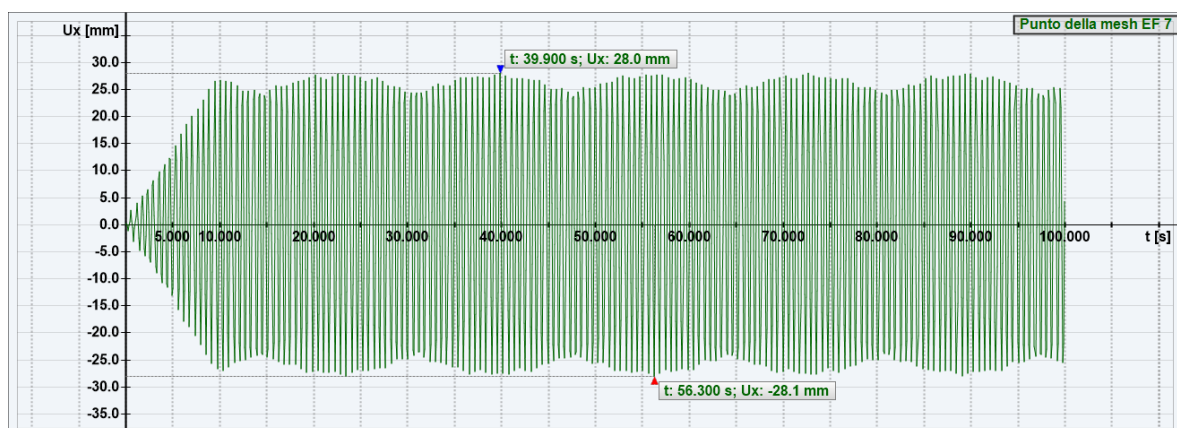


Figura 3.3 – Esempio diagramma dell'analisi Time History effettuata con RFEM 5 RF DYNAMICO PRO di un nodo

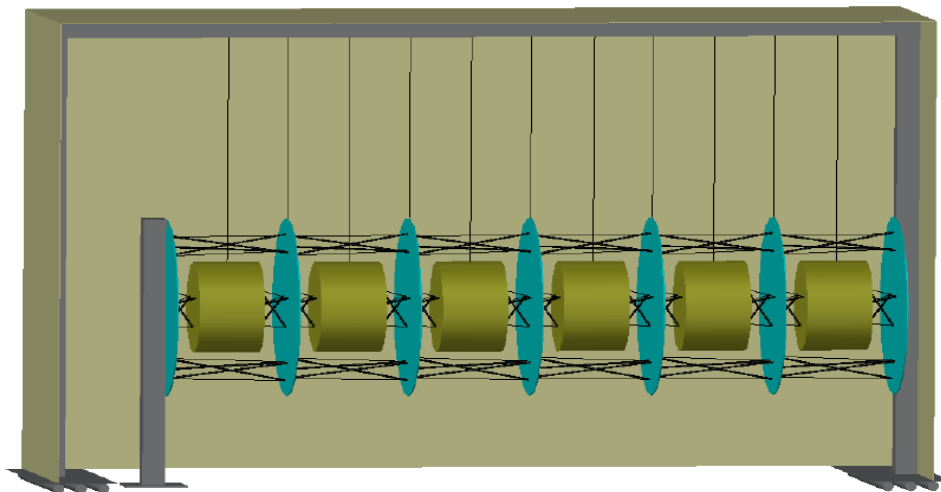
## **4 Modellazione Telaio - Catena Tensegrity e studio del comportamento dinamico**

### **4.1 Discretizzazione del modello Telaio – Catena tensegrity**

In [1] la Catena tensegrity viene progettata in tutte le sue componenti, ricavando analiticamente la relazione di dispersione delle onde prodotta dal moto longitudinale della catena biatomica di Maxwell nel caso di sollecitazione con un carico di tipo armonico, si analizza la risposta della catena tensegrity, ovvero l'ampiezza delle oscillazioni delle masse, per le varie frequenze e, infine, nell'ultima parte si propone un esempio applicativo di come si possa realizzare un isolatore sismico unidirezionale che sia in grado di inibire la trasmissione del segnale nel range 1-10 Hz.

Successivamente a seguito di uno studio approfondito mediante la risoluzione dell'algoritmico riportato al paragrafo (2.4), si deduce che per ottenere il band gap desiderato si necessita di 4 celle elementari della catena biatomica.

L'esempio applicativo proposto in [1] (figura 4.1) è un telaio poggiato su due carrelli, lo stesso ancorato su una catena tensegrity composta attraverso il procedimento analitico adottato in [1] da una massa risonante di 64 kg, un massa ospitante di 1,01 kg, e una rigidità dei due prismi snello e tozzo rispettivamente  $kh=3388,13$  N/m (somma di due prismi snelli), e  $kr= 1942,64$  N/m, ancorata su un pilastrino incastrato e sospesa per mezzo dei cavi collegati alla trave del portale, questo per permettere il moto relativo longitudinale. La struttura realizzata può essere definita come un isolatore sismico unidirezionale perché all'interno la struttura oscilla, mentre la struttura esterna che la contiene è isolata. Si può pensare quindi, di collegare quest'ultima ad un oggetto che si vuole isolare sismicamente. Il termine "unidirezionale" sta a significare che l'isolatore non ha efficacia in tutte le direzioni ma solo nella direzione longitudinale della catena tensegrity, per cui se si vuole smorzare l'effetto su più direzioni, ad esempio asse x e y nel piano, necessario posizionarne almeno due, poiché dipende dalla direzione di propagazione.



*Figura 4.1 – Telaio catena tensegrity proposto in [2]*

L'obiettivo è eseguire un'analisi modale e time history sulla struttura mediante un modello numerico, discretizzato andando a controllare gli spostamenti in funzione di una certa forza armonica applicata sul telaio in determinate frequenze, studiarne il comportamento e verificare se all'interno del band gap tra 1 e 10 hz la catena tensegrity composta da 4 celle risponde come previsto.

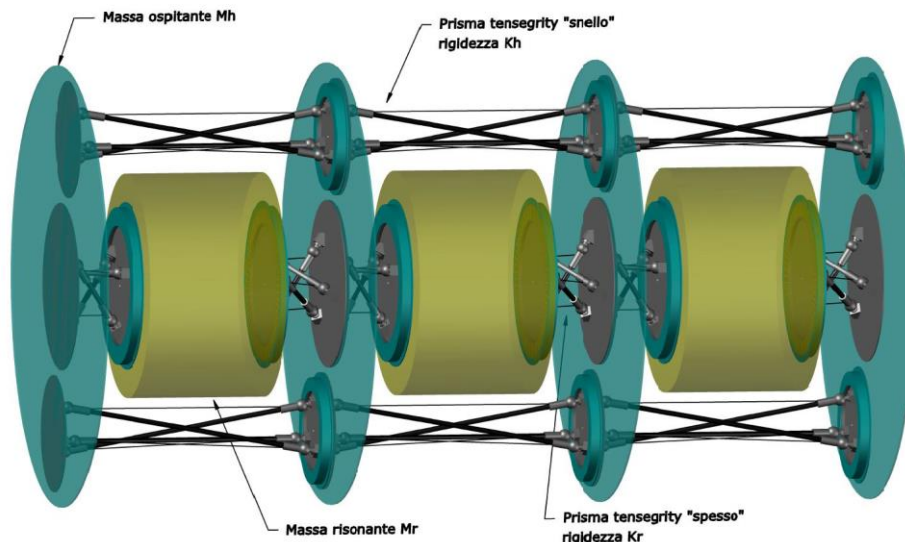


Figura 4.2 – catena tensegrity progettata in [2]

La Scienza delle Costruzioni ci insegna a capire quali sono i vincoli, le sollecitazioni e gli schemi strutturali in campo statico che bisogna adottare in riferimento ad un modello reale che si deve progettare. La Dinamica delle strutture invece studia il comportamento Dinamico e delle vibrazioni che governano una struttura sollecitata con determinate forze che siano sismiche, armoniche o statiche equivalenti.

Queste nozioni sono fondamentali per la discretizzazione di un modello reale, al fine di semplificare il problema ingegneristico. In sintesi possiamo dire che la discretizzazione di un modello strutturale è il processo di suddivisione della struttura continua in elementi discreti, al fine di poter applicare metodi numerici per l'analisi e la simulazione del comportamento strutturale. Questo processo coinvolge la suddivisione della struttura in elementi finiti, come ad esempio elementi lineari o non lineari, e la definizione delle condizioni al contorno e dei carichi applicati su ciascun elemento. La discretizzazione consente di ottenere una rappresentazione approssimata del comportamento strutturale, facilitando le analisi da effettuare e la progettazione della struttura.

Osservando nel dettaglio la figura 4.2, possiamo dedurre che realizzare un modello reale della catena tensegrity ed elaborare analisi su tale modello tridimensionale, considerando tutti i componenti che formano la struttura, sia computazionalmente oneroso se non si dispone di computer potenti in grado di risolvere migliaia di equazioni differenziali in funzione della Mesh che andiamo a definire.

Pertanto si è scelto di modellare la struttura bidimensionalmente come vediamo nella figura 4.3 sotto riportata, discretizzando le strutture tensegrity con molle avente la stessa

rigidezza e lunghezza definita in [1] e le masse  $m_r$  e  $m_h$  sono state sostituite semplicemente come masse nodali, inoltre in ogni nodo dove sono applicate le masse sono stati aggiunti dei vincoli di tipo carrello in sostituzione dei cavi, in modo da permettere il movimento nella direzione  $x$  della catena.

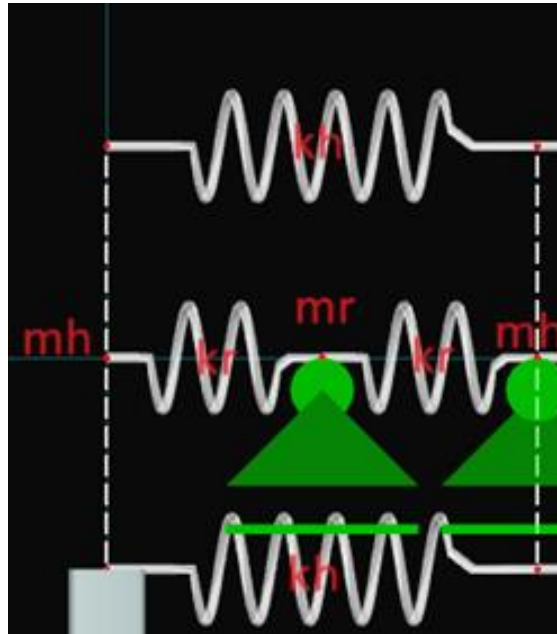


Figura 4.3 – discretizzazione della catena tensegrity con molle, masse nodali e carrelli

Il sistema telaio catena è stato modellato come riportato nella figura 4.4, dove vediamo che anche alla base del telaio sono stati applicati due carrelli per permettere il movimento nella direzione  $X$ , e la catena è stata ancorata su un pilastrino incastrato.

Le celle sono collegate mediante aste rigide che hanno il compito di trasmettere le sollecitazioni e non sono soggette a deformazione.

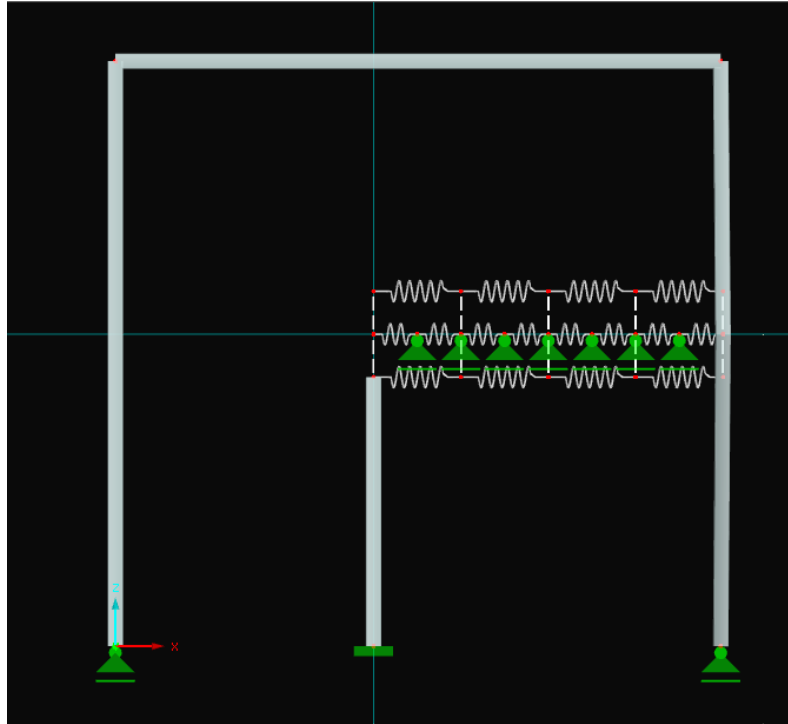


Figura 4.4 – Modello telaio catena discretizzato

#### 4.1.1 Dati generali del modello

Rappresenteremo i dati generali di modello attraverso le tabelle estratte dal programma RFEM 5 Dynamic – Pro Vibrazioni Forzate.

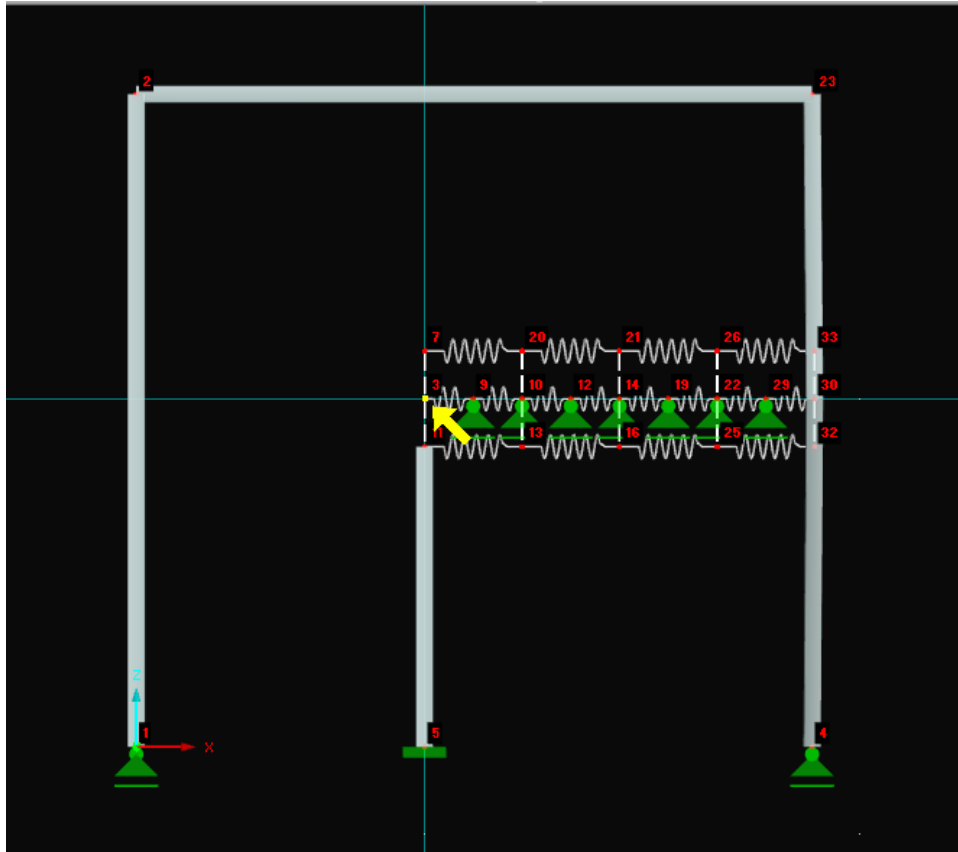


Figura 4.5- telaio con numerazione dei nodi con indicato nodo 3 freccia gialla

### Tabella parametri nodi:

Nodo nr.	Tipo di nodo	Nodo di riferimento	Sistema di coordinate	Coordinate del nodo		Commento
				X [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Cartesiano	0.000000	0.000000	Vincolato esternamente
2	Standard	-	Cartesiano	0.000000	1.500000	
3	Standard	-	Cartesiano	0.662000	0.800000	
4	Standard	-	Cartesiano	1.552000	0.000000	Vincolato esternamente
5	Standard	-	Cartesiano	0.662000	0.000000	Vincolato esternamente
7	Standard	-	Cartesiano	0.662000	0.910000	
9	Standard	-	Cartesiano	0.774000	0.800000	Vincolato esternamente
10	Standard	-	Cartesiano	0.886000	0.800000	Vincolato esternamente
11	Standard	-	Cartesiano	0.662000	0.690000	
12	Standard	-	Cartesiano	0.998000	0.800000	Vincolato esternamente
13	Standard	-	Cartesiano	0.886000	0.690000	
14	Standard	-	Cartesiano	1.110000	0.800000	Vincolato esternamente
16	Standard	-	Cartesiano	1.110000	0.690000	
19	Standard	-	Cartesiano	1.222000	0.800000	Vincolato esternamente

Nodo		Nodo di	Sistema di	Coordinate del nodo		
nr.	Tipo di nodo	riferimento	coordinate	X [m]	Z [m]	Commento
20	Standard	-	Cartesiano	0.886000	0.910000	
21	Standard	-	Cartesiano	1.110000	0.910000	
22	Standard	-	Cartesiano	1.334000	0.800000	Vincolato esternamente
23	Standard	-	Cartesiano	1.552000	1.500000	
25	Standard	-	Cartesiano	1.334000	0.690000	
26	Standard	-	Cartesiano	1.334000	0.910000	
29	Standard	-	Cartesiano	1.446000	0.800000	Vincolato esternamente
30	Standard	-	Cartesiano	1.558000	0.800000	
32	Standard	-	Cartesiano	1.558000	0.690000	
33	Standard	-	Cartesiano	1.558000	0.910000	

### Tabella Parametri Aste:

Asta	Linea		Rotazione		Descrizione		Vinc. int. nr.		Ecc.	Divis.	Lungh.	
nr.	nr.	Asta	Tipo	$\beta$ [°]	Inizio	Fine	Inizio	Fine	nr.	nr.	L [m]	
1	1	Trave	Angolo	0.00	4	4	-	-	-	-	1.500000	Z
2	2	Trave	Angolo	0.00	4	4	-	-	-	-	1.552000	X
3	3	Trave	Angolo	0.00	4	4	-	-	-	-	0.700026	XZ
4	4	Trave	Angolo	0.00	4	4	-	-	-	-	0.800022	XZ
5	5	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
7	7	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.112000	X
8	8	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.112000	X
9	6	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
11	12	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.112000	X
12	13	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.112000	X
13	11	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
15	16	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.112000	X
16	17	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.112000	X
17	15	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
18	18	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.224000	X
19	19	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.224000	X
20	20	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.224000	X
21	21	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.224000	X
22	23	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.112000	X
23	24	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.112000	X
24	31	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.224000	X
26	25	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
27	27	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.224000	X
28	26	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
29	29	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.224000	X
30	28	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
31	32	Molla	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.224000	X
32	30	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
67	9	Trave	Angolo	0.00	4	4	-	-	-	-	0.690000	Z
71	33	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z
73	22	Asta rigida	Angolo	0.00	0	0	-	-	-	-	0.110000	Z



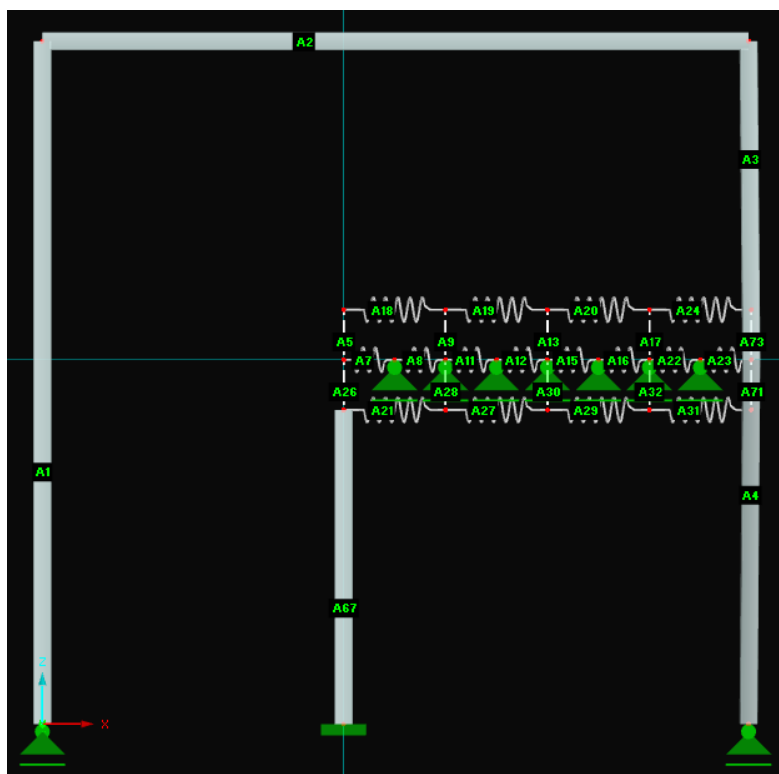


Figura 4.6- telaio con numerazione delle aste

**Tabella Parametri molle:**

Asta nr.	Rigidezza $C_{1.1}$ [kN/m]	Tolleranza		Spostamenti generalizzati		Forza	
		u+ [m]	u- [m]	u <sub>min</sub> [m]	u <sub>max</sub> [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
7	1.940	-	-	-	-	-	-
8	1.940	-	-	-	-	-	-
11	1.940	-	-	-	-	-	-
12	1.940	-	-	-	-	-	-
15	1.940	-	-	-	-	-	-
16	1.940	-	-	-	-	-	-
18	1.690	-	-	-	-	-	-
19	1.690	-	-	-	-	-	-
20	1.690	-	-	-	-	-	-
21	1.690	-	-	-	-	-	-
22	1.940	-	-	-	-	-	-
23	1.940	-	-	-	-	-	-
24	1.690	-	-	-	-	-	-
27	1.690	-	-	-	-	-	-
29	1.690	-	-	-	-	-	-
31	1.690	-	-	-	-	-	-

**Tabella Parametri masse nodali:**

	Lista di	Massa	Momenti delle masse			
nr.	nodi con massa	m [kg]	$I_x$ [kg.m <sup>2</sup> ]	$I_y$ [kg.m <sup>2</sup> ]	$I_z$ [kg.m <sup>2</sup> ]	Commento
1	3,10,14,22,30	1.010	0.000	0.000	0.000	Mh disco massa ospitante
2	9,12,19,29	64.000	0.000	0.000	0.000	Mr risonante

Come riportato nella descrizione della discretizzazione del modello, per lo studio dinamico della struttura telaio catena tensegrity, le masse risonanti e ospitanti che compongono la struttura sono state sostituite con masse fittizie che vengono introdotte in corrispondenza dei nodi.

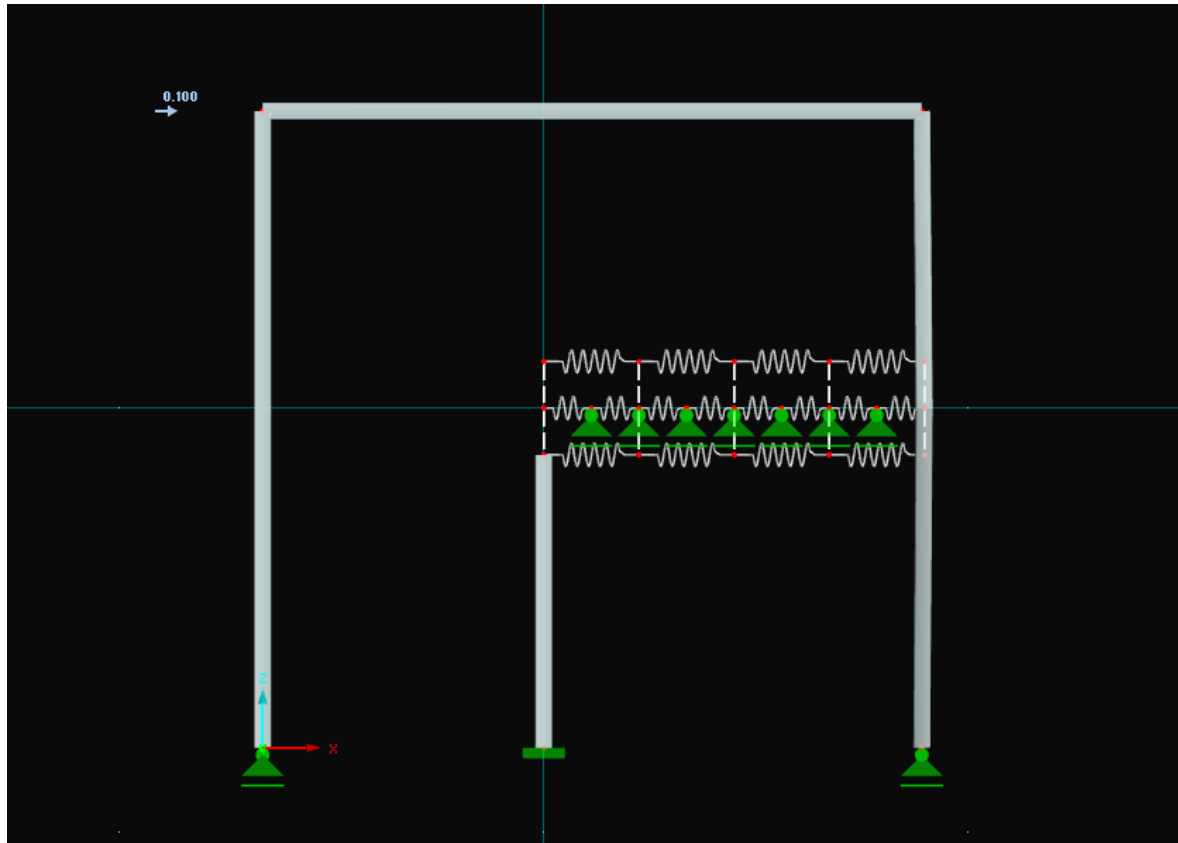
L'uso delle masse nodali consente di semplificare l'analisi dinamica della struttura, riducendo il numero di gradi di libertà da considerare. In questo modo, è possibile ottenere una soluzione più rapida ed efficiente del problema dinamico. Tuttavia, è importante considerare che l'introduzione delle masse nodali può influire sulla precisione dell'analisi, poiché si tratta di una semplificazione del modello strutturale. Per questo motivo, è necessario valutare attentamente l'opportunità di introdurre le masse nodali in base alle caratteristiche della struttura e al tipo di analisi da effettuare.

## 4.2 Applicazione delle condizioni al contorno

Le condizioni al contorno nella scienza delle costruzioni e nella Dinamica delle strutture rappresentano le restrizioni imposte alla struttura in corrispondenza dei suoi limiti o interfaccia con altri elementi o sistemi. Tali condizioni possono essere di diverso tipo, ad esempio:

- Condizioni di vincolo: impongono la restrizione del movimento di un punto o di una zona della struttura. Possono essere di tipo fisso, cioè il punto o la zona sono completamente vincolati, oppure di tipo elastico, in cui il punto o la zona possono muoversi solo in una direzione specifica.
- Condizioni di carico: rappresentano i carichi esterni applicati sulla struttura, come ad esempio il peso proprio della struttura, il carico dovuto al vento o alla neve, il carico dovuto al traffico veicolare, carichi armonici imposti, sisma ecc.
- Condizioni di interfaccia: riguardano le condizioni di connessione tra la struttura e altri elementi o sistemi, come ad esempio le fondazioni, le pareti divisorie, i pilastri, ecc.

La definizione accurata delle condizioni al contorno è fondamentale per l'analisi e la progettazione delle strutture, in quanto influenzano direttamente il comportamento Dinamico / strutturale.



*Figura 4.7 - telaio catena con forza armonica applicata*

Come descritto nel capitolo precedente il telaio è stato vincolato su due carrelli che permettono lo scorrimento nella sola direzione X, la catena tensegrity è stata modellata sostituendo ai prismi delle molle con rigidezza definita in [1], e le masse sono state applicate sui nodi, inoltre in ogni nodo dove sono applicate le masse sono stati aggiunti dei vincoli di tipo carrello in sostituzione dei cavi, in modo da permettere il movimento nella direzione x della catena.

Per studiare il comportamento dinamico della struttura, e valutare se la catena tensegrity smorzi la struttura nel range di frequenza tra 1 e 10 hz, viene applicata una forza armonica in testa al telaio in sostituzione dello spostamento imposto in [1], come rappresentato nella figura 4.5.

Nello specifico questa forza viene applicata in diverse frequenze così da analizzare in funzione della frequenza di sollecitazione, il comportamento della catena ancorata al

pilastrino incastrato centrale e studiare gli spostamenti della testa del pilastro (nodo 3 figura 4.5) mediante un'analisi modale e Time History nelle diverse frequenze di sollecitazione al di fuori ed all'interno del band.

#### 4.2.1 Casi di carico dinamici e Diagrammi Temporal delle forze Armoniche

I casi di carico dinamici, che vengono rappresentati dalle tabelle sottostanti descrivono le forze armoniche applicate appartenenti ad un determinato caso di carico armonico con frequenza imposta attraverso la definizione di una funzione Sinusoidale. Ogni funzione determinata ha un proprio andamento che varia nel tempo.

Questa definizione dei diversi casi di carico ci permetterà come descritto nei capitoli successivi di effettuare l'analisi modale e l'analisi Time History, al fine di studiare il comportamento dinamico della struttura oggetto della presente tesi.

##### 4.2.1.1 Diagramma temporale

Il diagramma temporale di una funzione armonica rappresenta la variazione temporale dell'ampiezza della funzione nel tempo. In particolare, una funzione armonica è una funzione periodica, il cui andamento si ripete identico a se stesso ad intervalli regolari di tempo.

Nel diagramma temporale, l'asse delle ordinate rappresenta l'ampiezza della funzione, mentre l'asse delle ascisse rappresenta il tempo. La forma del diagramma dipende dalle caratteristiche della funzione armonica, come la sua ampiezza massima e la sua frequenza.

#### Tabella caratteristiche Forze Armoniche:

Caso	Descrizione	Tipo di definizione	Commento
SR	dello spettro di risposta		
TD1	forza armonica = 0.9 Hz	Funzione	
		$k(t) = \text{SIN}(6.1*t+0)$	

Caso	Descrizione	Tipo di definizione	Commento
SR	dello spettro di risposta		
		Max t :10.000	
TD2	forza armonica = 1 Hz	Funzione	
		$k(t) = \text{SIN}(6.65*t+0)$	
		Max t :10.000	
TD3	forza armonica = 5 Hz	Funzione	
		$k(t) = \text{SIN}(31.4*t+0)$	
		Max t :10.000	
TD4	forza armonica = 10 Hz	Funzione	
		$k(t) = \text{SIN}(62.8*t+0)$	
		Max t :10.000	
TD5	forza armonica = 11 Hz	Funzione	
		$k(t) = \text{SIN}(70*t+0)$	
		Max t :10.000	
TD6	forza armonica = 12 Hz	Funzione	
		$k(t) = \text{SIN}(73.5*t+0)$	
		Max t :10.000	

Diagramma temporale - Grafico TD1

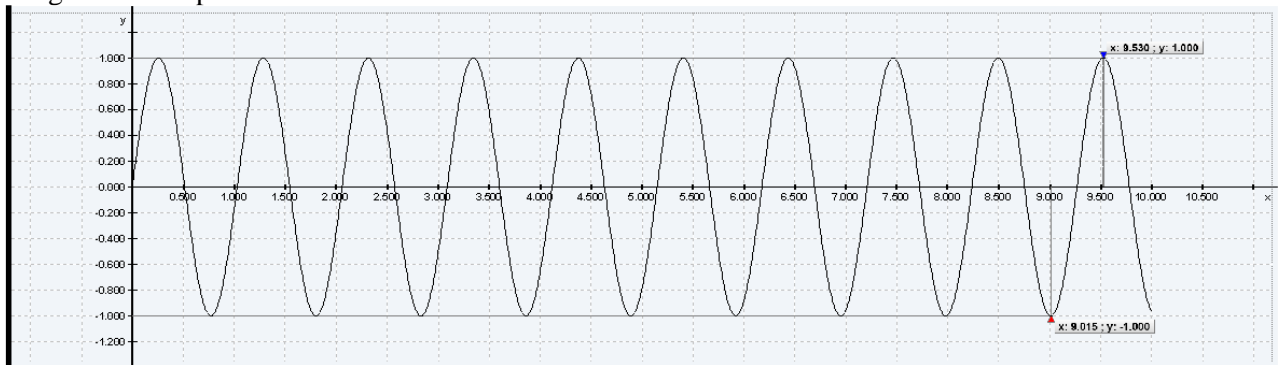


Diagramma temporale - Grafico TD2

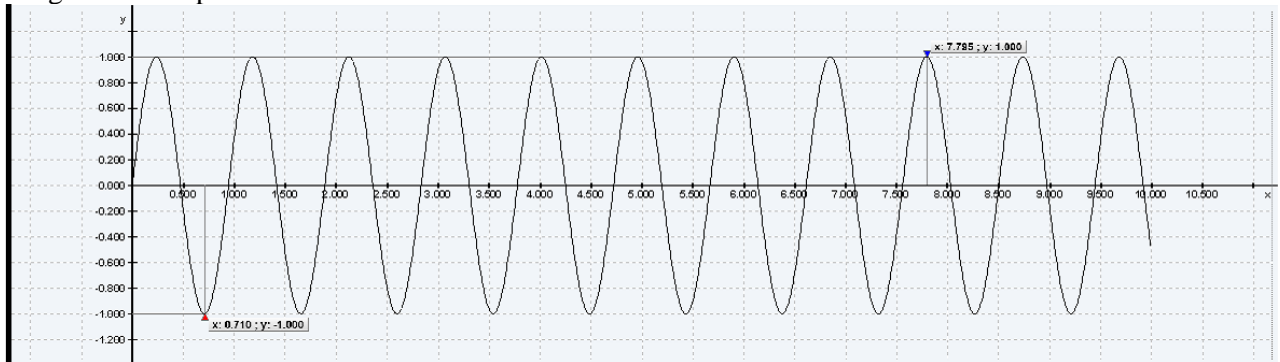


Diagramma temporale - Grafico TD3

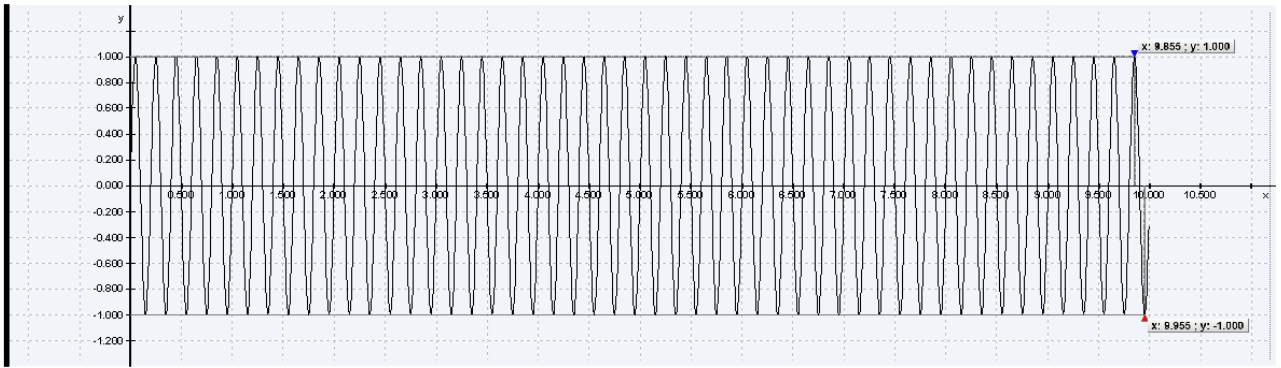


Diagramma temporale - Grafico TD4

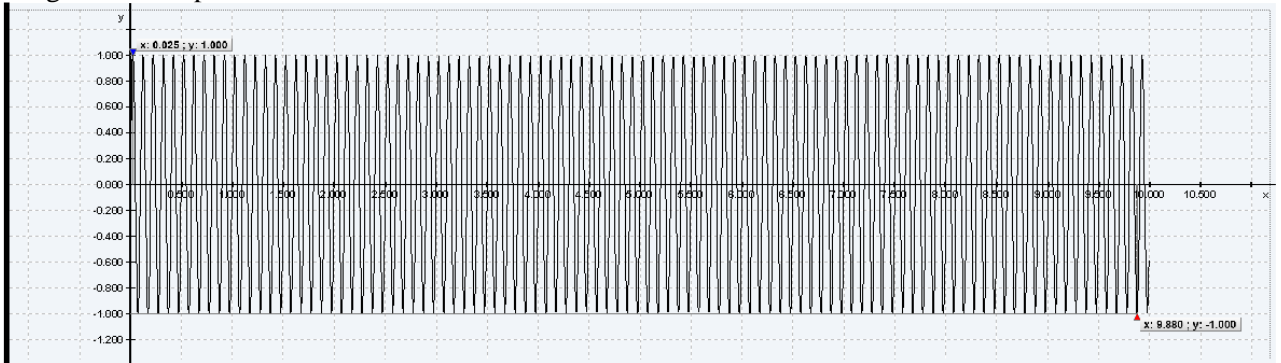


Diagramma temporale - Grafico TD5

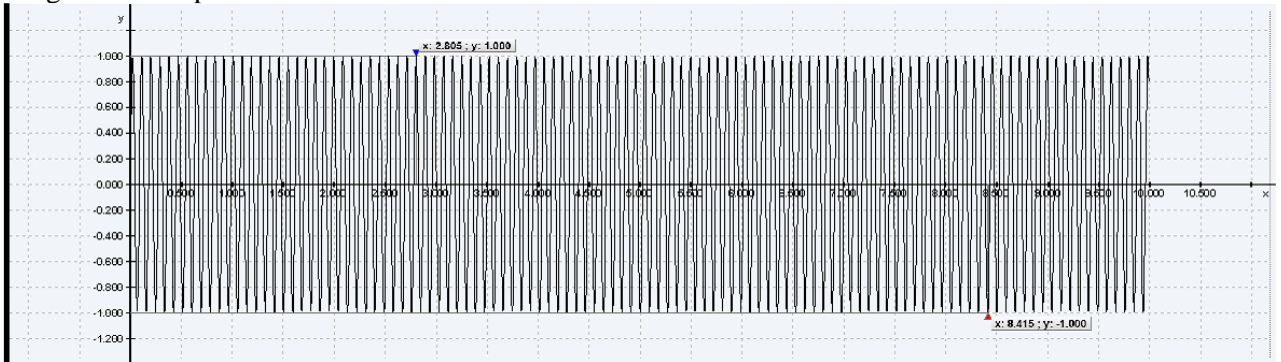
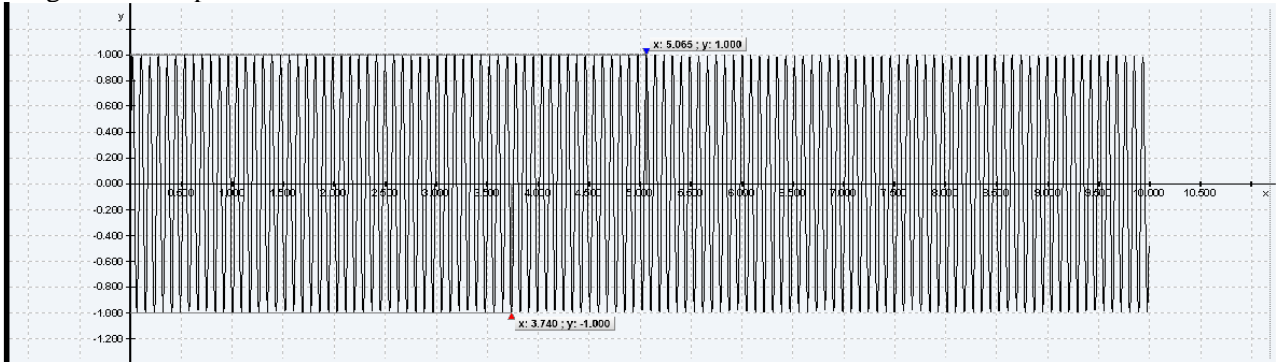


Diagramma temporale - Grafico TD6



#### 4.2.1.2 Casi di Carico Dinamici

## Tabella parametri Casi di Carico Dinamici:

Caso di	Descrizione	parametri		
CCD	dei casi di carico dinamici			
CCD1	forza armonica = 0.9 Hz	Tipo di metodo	:	Analisi time history dei diagrammi temporali
				Risolutore: Analisi modale lineare
		Assegna vibrazione naturale	:	Caso di vibrazione naturale:
				0.9 hz
CCD2	forza armonica = 1. Hz	Tipo di metodo	:	Analisi time history dei diagrammi temporali
				Risolutore: Analisi modale lineare
		Assegna vibrazione naturale	:	Caso di vibrazione naturale:
				1 hz
CCD3	forza armonica = 5 Hz	Tipo di metodo	:	Analisi time history dei diagrammi temporali
				Risolutore: Analisi modale lineare
		Assegna vibrazione naturale	:	Caso di vibrazione naturale:
				5 hz
CCD4	forza armonica = 10 Hz	Tipo di metodo	:	Analisi time history dei diagrammi temporali
				Risolutore: Analisi modale lineare
		Assegna vibrazione naturale	:	Caso di vibrazione naturale:
				10 hz
CCD5	forza armonica = 11 Hz	Tipo di metodo	:	Analisi time history dei diagrammi temporali
				Risolutore: Analisi modale lineare
		Assegna vibrazione naturale	:	Caso di vibrazione naturale:
				11 hz
CCD6	forza armonica = 12 Hz	Tipo di metodo	:	Analisi time history dei diagrammi temporali
				Risolutore: Analisi modale lineare
		Assegna vibrazione naturale	:	Caso di vibrazione naturale:
				12 hz

In sintesi abbiamo definito tutte le tipologia di vincolo interno esterno che governano la struttura, abbiamo definito sei casi di carico dinamici ognuno ad una frequenza imposta così da effettuare le analisi dinamiche, e studiarne il comportamento dinamico.

Ora si procede con lo studio dell' analisi Modale lineare per poi andare ad analizzare l'analisi time history del nodo interessato e verificare l'attenuazione nel range tra 1 – 10 hz.

### 4.3 Analisi Modale del modello Telaio – Catena Tensegrity

L'analisi modale è stata effettuata tenendo conto di 7 modi di vibrare poiché come vediamo dalla tabella sottostante la massa efficace nei primi sette modi è pari al 99,5 % avendo sicuramente una buona analisi delle frequenze naturali e dei relativi spostamenti.

L'uso della massa efficace nell'analisi modale è importante perché consente di ottenere risultati più accurati e rappresentativi del comportamento dinamico della struttura. Senza la considerazione delle masse non strutturali, le frequenze naturali e le forme modali calcolate potrebbero essere errate, portando a una valutazione inesatta della risposta dinamica della struttura.

**Tabella masse efficaci partecipanti:**

Modo	Massa modale	Massa modale efficace						Coefficiente di massa modale efficace		
nr.	$M_i$ [kg]	$m_{ex}$ [kg]	$m_{ey}$ [kg]	$m_{ez}$ [kg]	$m_{\varphi x}$ [kg.m <sup>2</sup> ]	$m_{\varphi y}$ [kg.m <sup>2</sup> ]	$m_{\varphi z}$ [kg.m <sup>2</sup> ]	$f_{mex}$ [-]	$f_{mey}$ [-]	$f_{mez}$ [-]
1	141.66	223.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.841	0.000	0.000
2	144.11	26.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.000	0.000
3	150.62	10.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.039	0.000	0.000
4	160.78	4.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.016	0.000	0.000
5	3.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.000	0.000	0.000
6	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.000	0.000	0.000
7	2.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.000	0.000	0.000

**Tabella risultati analisi modale:**

Modo	Autovalore	Frequenza angolare	Frequenza naturale	Periodo proprio
nr.	$\lambda$ [1/s <sup>2</sup> ]	$\omega$ [rad/s]	$f$ [Hz]	$T$ [s]
1	8.313	2.883	0.459	2.179
2	38.908	6.238	0.993	1.007
3	54.128	7.357	1.171	0.854
4	59.491	7.713	1.228	0.815
5	641.113	25.320	4.030	0.248
6	3249.923	57.008	9.073	0.110
7	5905.162	76.845	12.230	0.082



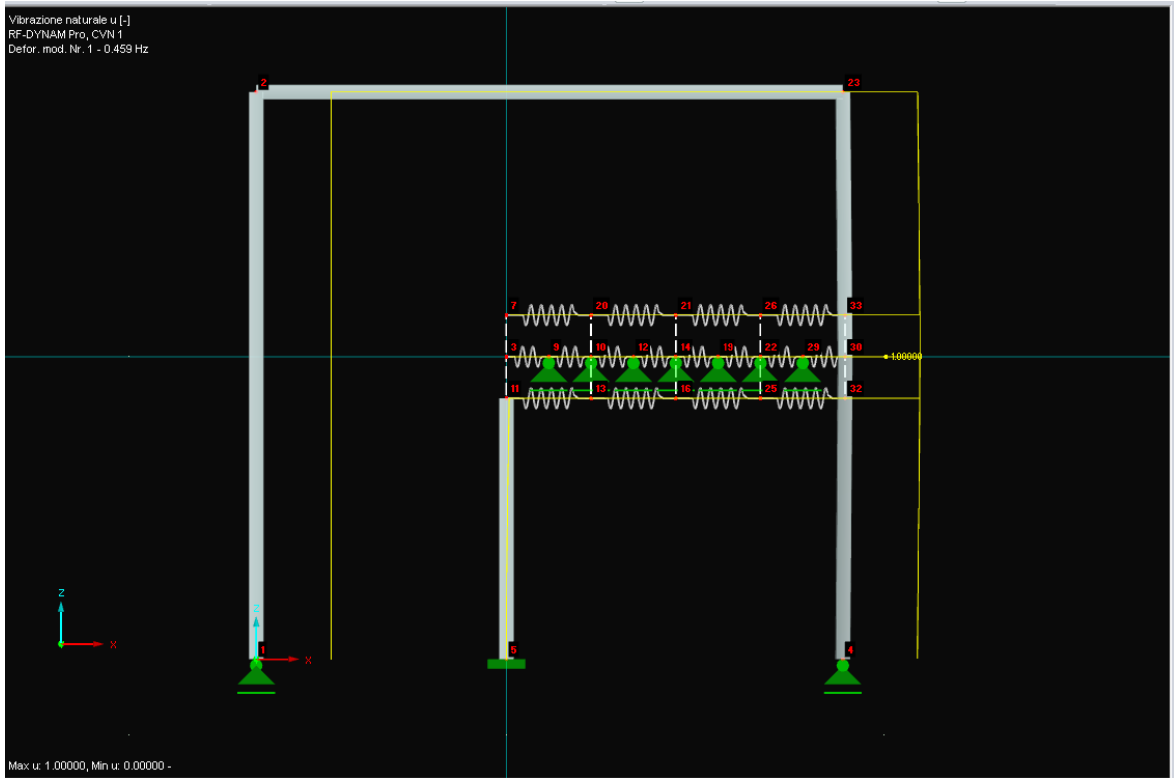


Figura 4.5 - forma modale 1 interfaccia grafica Dlubal RFEM 5

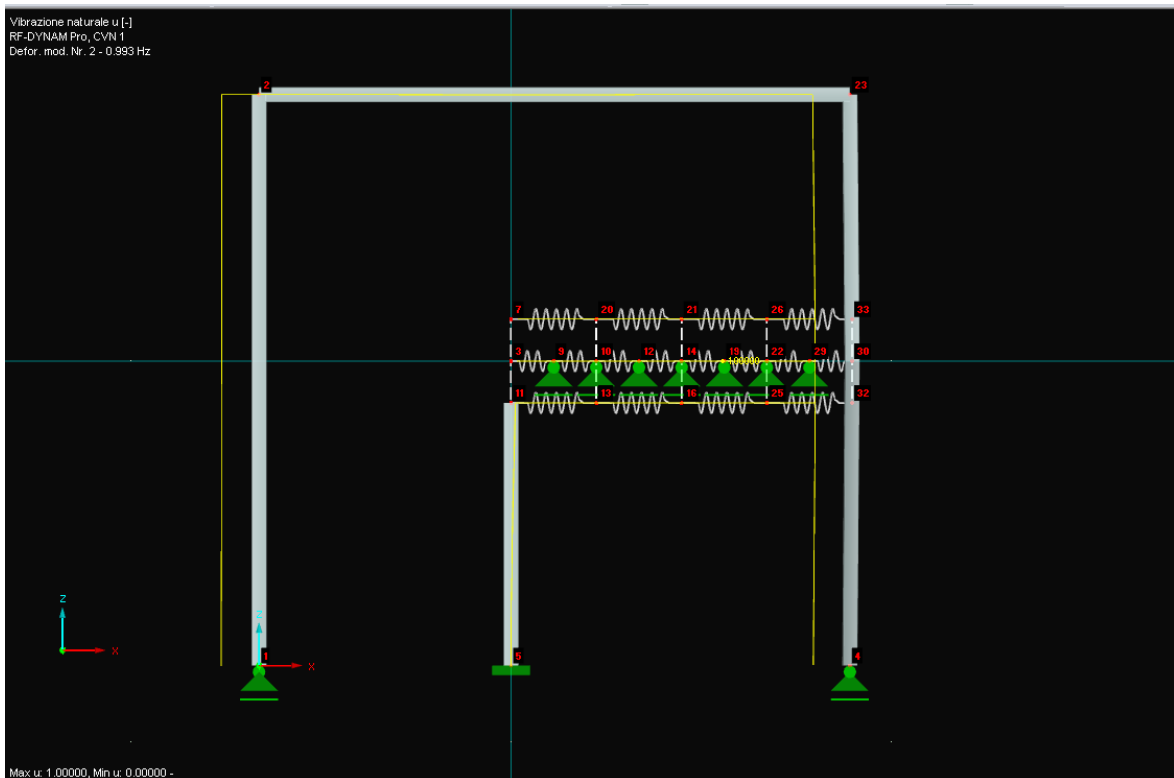


Figura 4.6 - forma modale 2 interfaccia grafica Dlubal RFEM 5

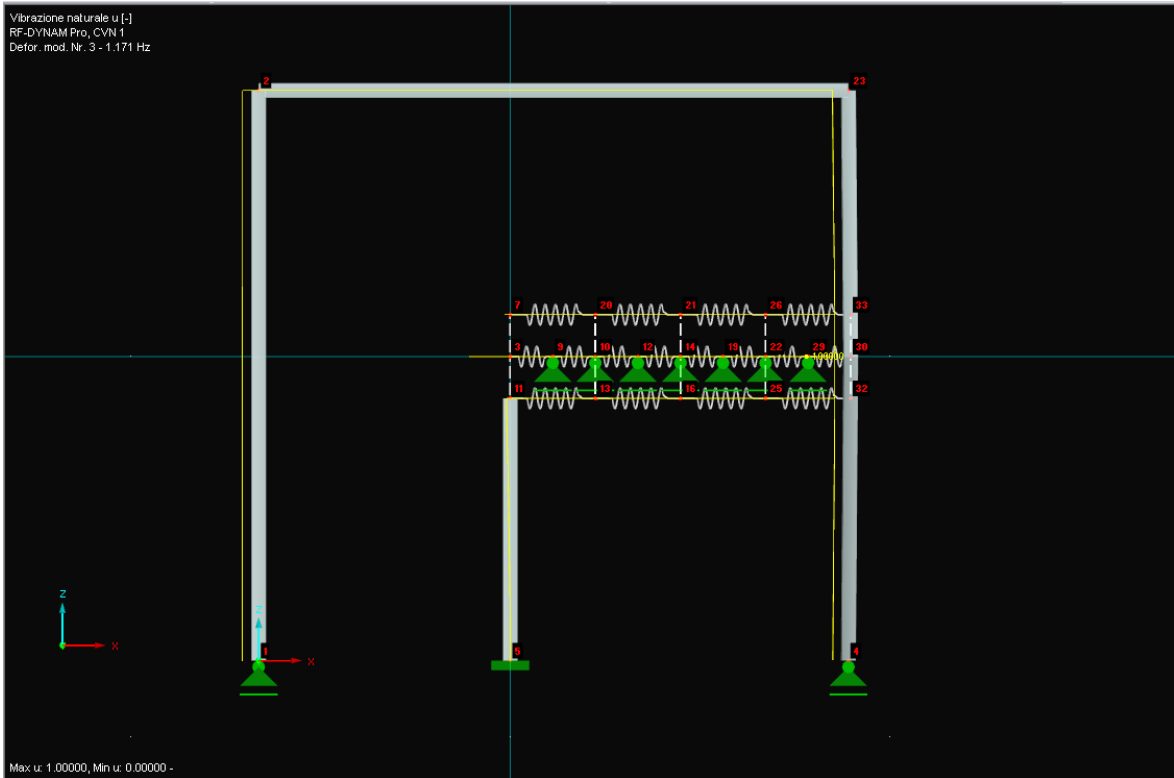


Figura 4.7 - forma modale 3 interfaccia grafica Dlubal RFEM 5

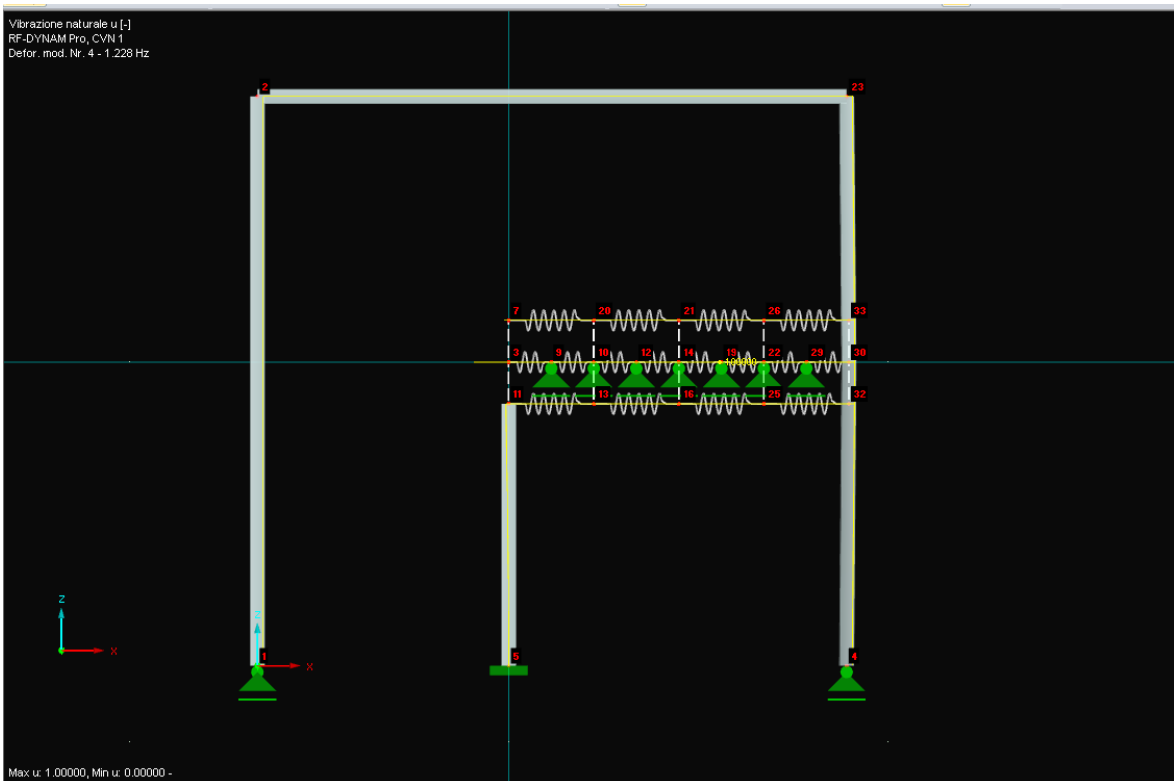


Figura 4.8 - forma modale 4 interfaccia grafica Dlubal RFEM 5

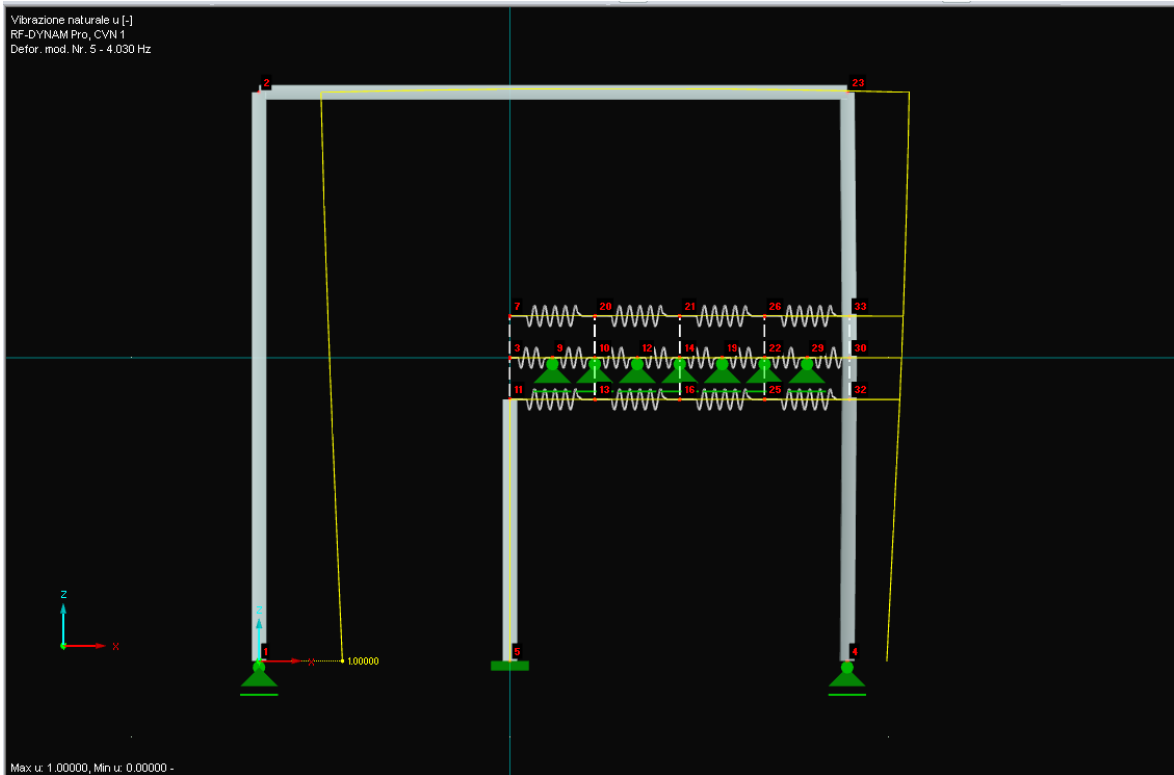


Figura 4.9 - forma modale 5 interfaccia grafica Dlubal RFEM 5

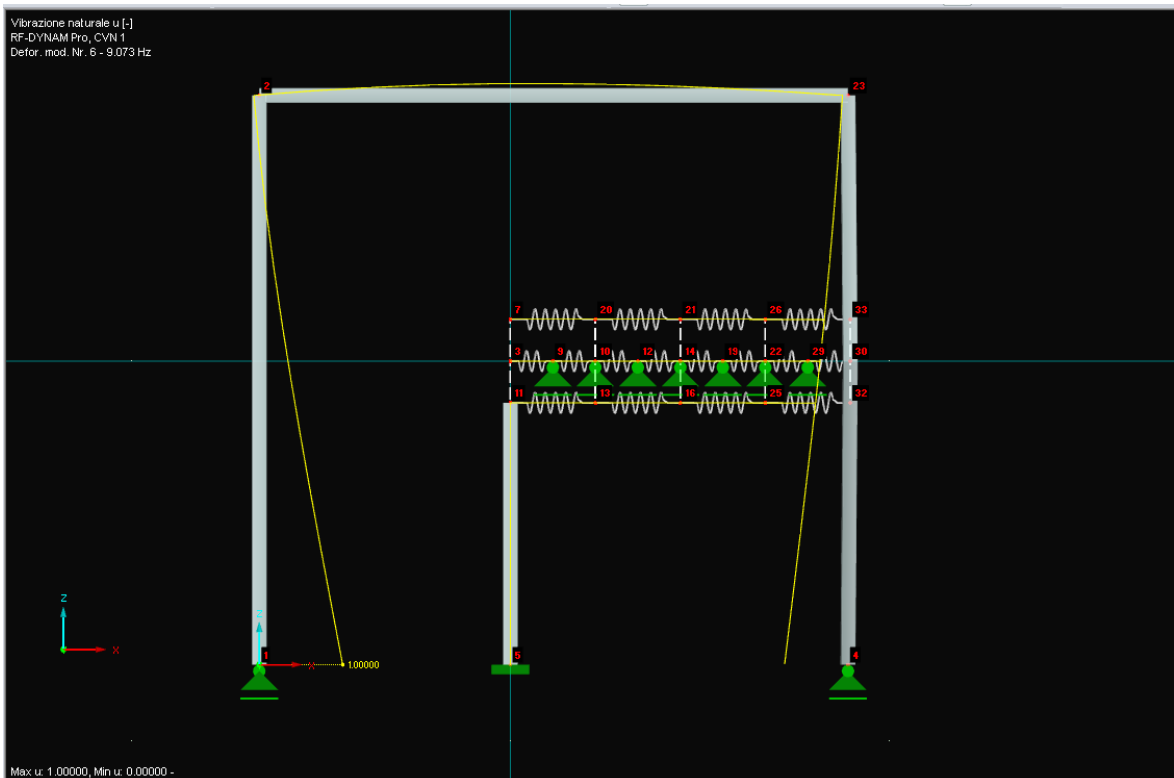


Figura 4.10 - forma modale 6 interfaccia grafica Dlubal RFEM 5

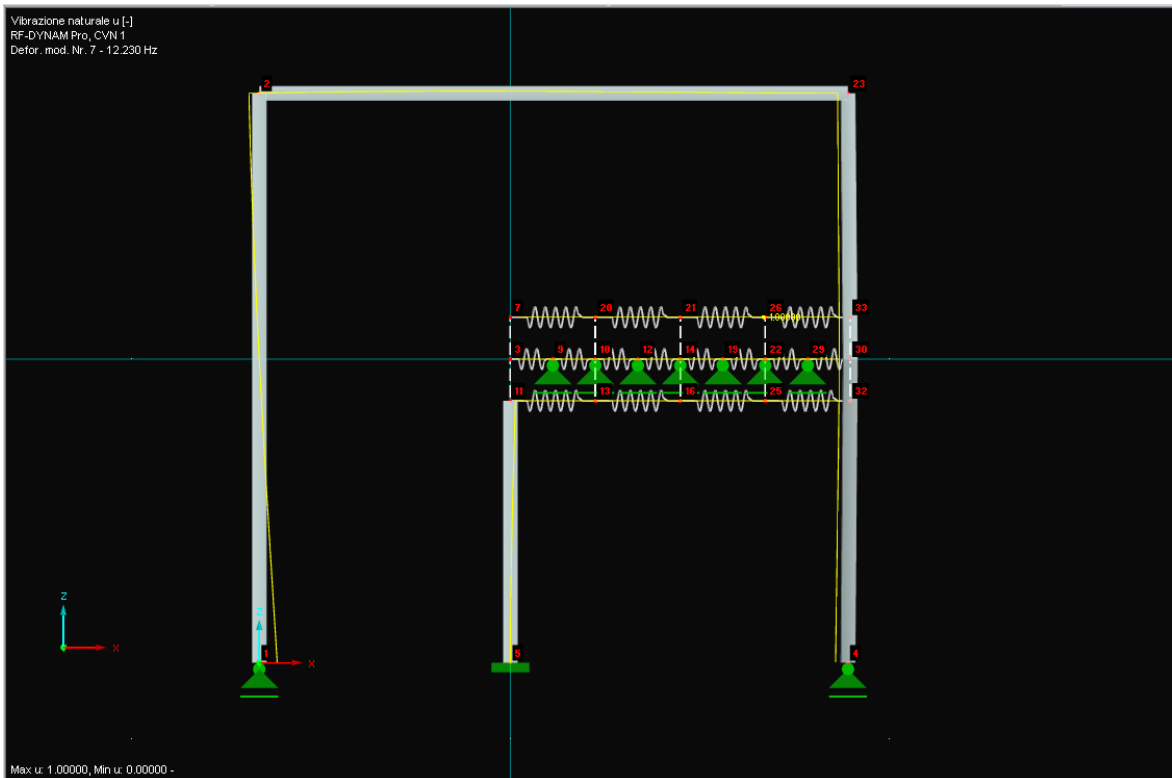


Figura 4.11 - forma modale 7 interfaccia grafica Dlubal RFEM 5

### 4.3.1 Analisi Frequenze naturali – Spostamenti derivanti dall’analisi modale nodo 3

Confrontando le frequenze naturali e gli spostamenti nella risposta modale di una struttura , è possibile ottenere informazioni importanti sul suo comportamento dinamico. Possiamo individuare:

**Modalità di vibrazione predominanti:** le frequenze naturali più basse corrispondono alle modalità di vibrazione predominanti della struttura. Confrontando queste frequenze con gli spostamenti modali associati, è possibile identificare le modalità più significative e comprendere come la struttura si comporta in risposta a carichi dinamici.

**Risposta alle frequenze di eccitazione:** se si conoscono le frequenze di eccitazione, ad esempio quelle causate da un terremoto o da un vento, è possibile confrontarle con le frequenze naturali della struttura. Se una frequenza di eccitazione si avvicina o coincide con una frequenza naturale, si può verificare una risonanza, che può portare a grandi ampiezze di vibrazione e potenziali danni strutturali.

**Controllo delle vibrazioni indesiderate:** confrontando gli spostamenti modali con i criteri di accettabilità delle vibrazioni, è possibile valutare se la struttura soddisfa i requisiti di comfort e sicurezza. Ad esempio, se gli spostamenti modali superano determinati limiti, potrebbe essere necessario prendere provvedimenti per ridurre le vibrazioni indesiderate.

In sintesi, il confronto tra frequenze naturali e spostamenti modali consente di comprendere il comportamento dinamico di una struttura, identificare modalità di vibrazione significative e valutare la risposta della struttura a carichi dinamici esterni.

In questo paragrafo si analizza il comportamento dinamico attraverso lo studio delle frequenze naturali del nodo n.3 e dei suoi spostamenti normalizzati derivanti dall'analisi modale.

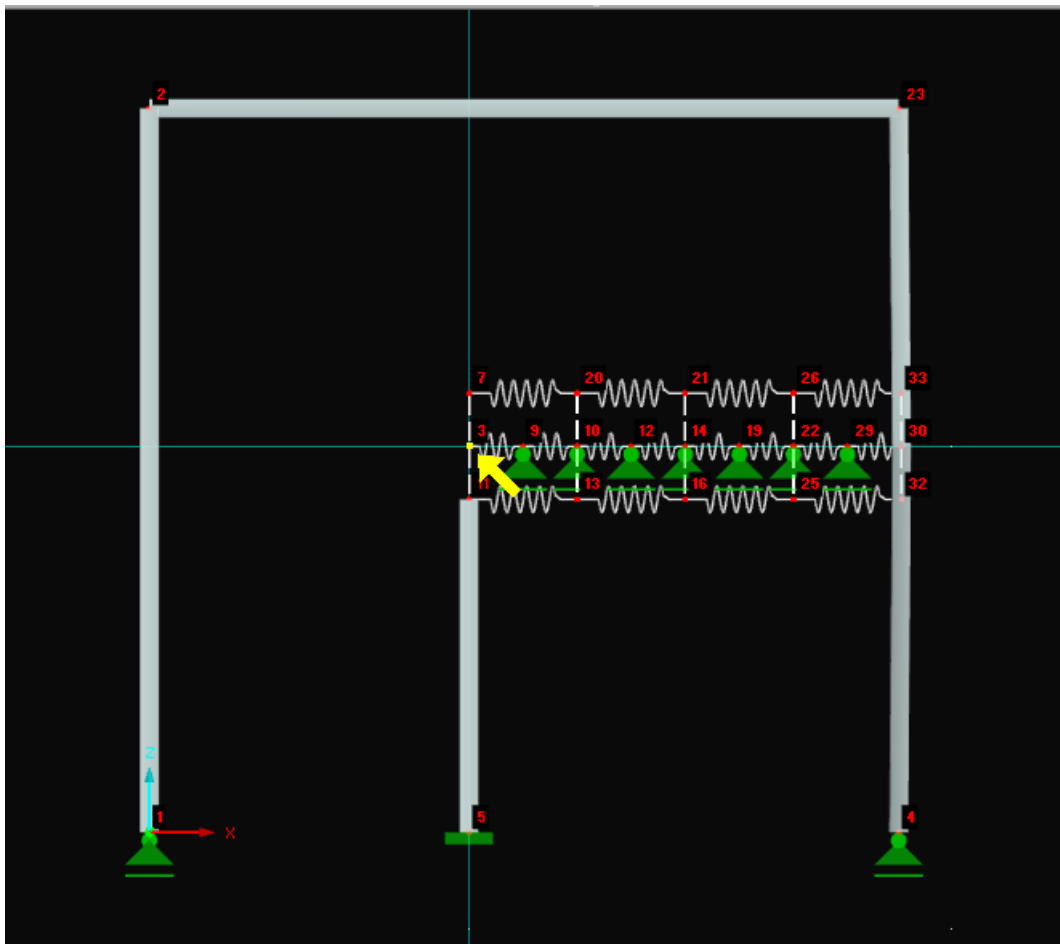
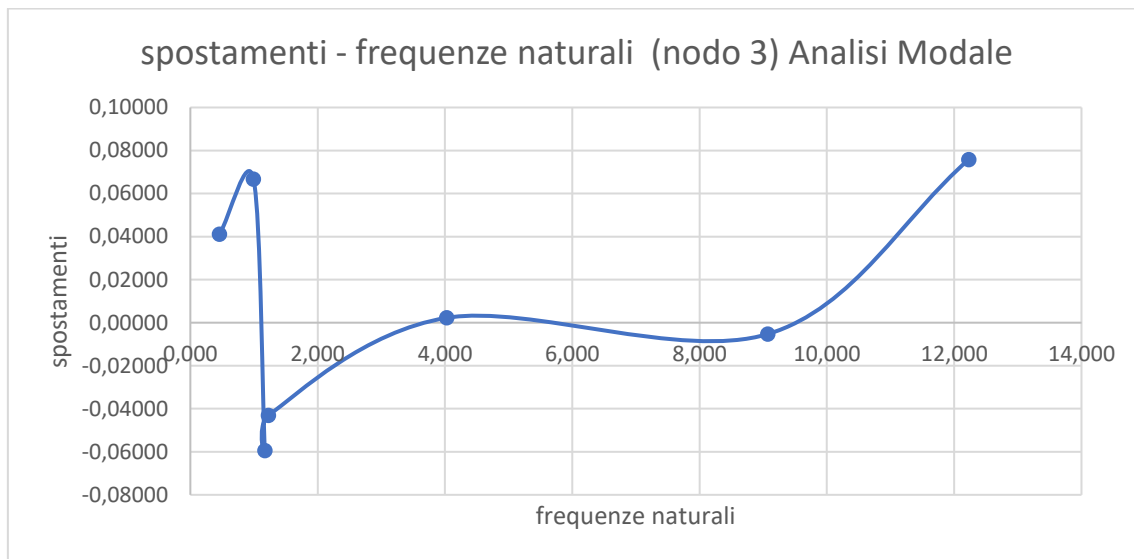


Figura 4.12 - Indicazione nel nodo oggetto di analisi

Tabella Spostamenti normalizzati nodo 3 e frequenze naturali:

Nodo	Modo	Spostamenti normalizzati	frfrequenze naturali
nr.	nr.	$u_x [-]$	
3	1	0,04109	0,459
	2	0,06673	0,993
	3	-0,05943	1,171
	4	-0,04308	1,228
	5	0,00226	4,030
	6	-0,00529	9,073
	7	0,07584	12,230



Vediamo come con buona approssimazione andando ad analizzare gli spostamenti nodali nei modi di vibrare, già nelle sue frequenze naturali la catena tende a far diminuire gli spostamenti nel range tra 1 e 10 hz il pilastro in corrispondenza del nodo.3.

## 4.4 Analisi Time History

Si analizza il comportamento della struttura, applicando la forza in testa al telaio (Figura 4.13- nodo 2) con un forza armonica avente un frequenza diversa in base al caso di carico dinamico assegnato descritto nei capitoli precedenti. Successivamente andremo a studiare come la catena tensegrity nel gap tra 1 – 10 hz risponde positivamente studiando gli spostamenti nel tempo del nodo 3 procedendo attraverso l'esecuzione del rapporto tra lo spostamento e l'ampiezza dello spostamento del punto di eccitazione, ovvero il punto di applicazione della forza Armonica.

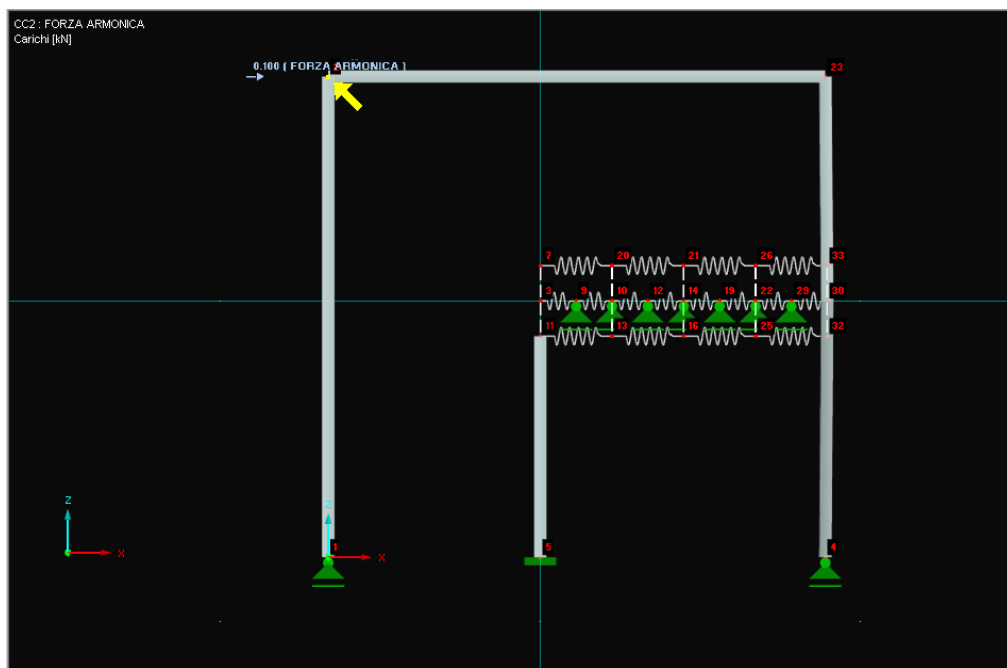


Figura 4.13 – Nodo 2 / punto di applicazione della Forza Armonica

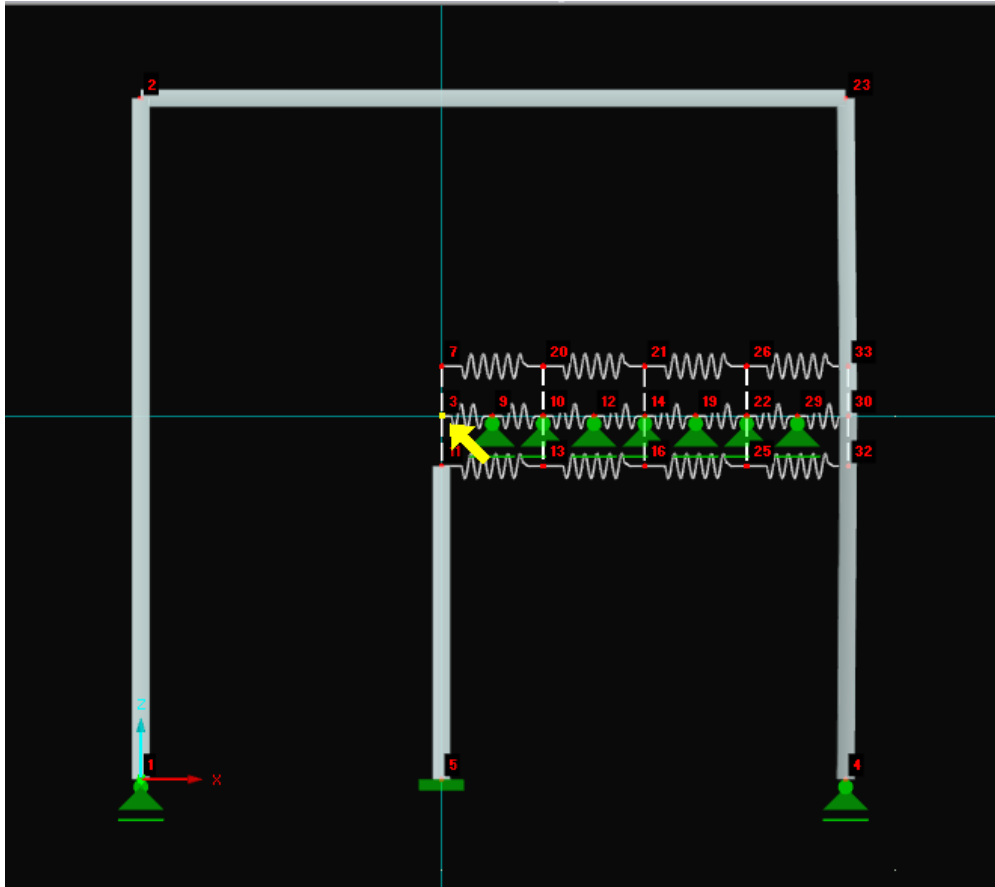


Figura 4.14 – Nodo 3 / punto studio Analisi Time History

#### 4.4.1 Studio Analisi Time History Nodo 2

Tabella analisi time history nodo 2 nelle diverse frequenze di sollecitazione:

ANALISI TIME HISTORY NODO 2 PUNTO DI APPLICAZIONE DELLA FORZA											
<b>0,9 HZ</b>		<b>1 HZ</b>		<b>5 HZ</b>		<b>10 HZ</b>		<b>11 HZ</b>		<b>12 HZ</b>	
t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]
0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
0,100	13,7	0,100	14,8	0,100	36,0	0,100	7,3	0,100	5,7	0,100	5,8
0,200	39,3	0,200	41,6	0,200	-50,4	0,200	-9,8	0,200	-8,5	0,200	-6,6
0,300	37,8	0,300	36,7	0,300	60,7	0,300	13,4	0,300	11,6	0,300	11,7
0,400	53,8	0,400	49,8	0,400	-28,2	0,400	-3,4	0,400	-1,6	0,400	-1,4
0,500	48,6	0,500	39,7	0,500	7,1	0,500	3,2	0,500	2,9	0,500	0,5
0,600	37,9	0,600	25,9	0,600	39,0	0,600	10,8	0,600	9,3	0,600	6,8
0,700	36,3	0,700	25,6	0,700	-50,5	0,700	-9,6	0,700	-9,9	0,700	-9,7
0,800	10,4	0,800	2,3	0,800	60,6	0,800	14,4	0,800	11,9	0,800	14,5
0,900	8,9	0,900	8,5	0,900	-34,3	0,900	-7,1	0,900	-6,4	0,900	-2,7
1,000	-3,9	1,000	2,3	1,000	5,9	1,000	2,4	1,000	3,6	1,000	4,2
1,100	-11,2	1,100	-0,4	1,100	30,7	1,100	5,8	1,100	5,6	1,100	1,0



1,200	-2,1	1,200	10,5	1,200	-54,0	1,200	-11,4	1,200	-9,2	1,200	-13,4
1,300	-14,9	1,300	-7,7	1,300	52,1	1,300	9,6	1,300	6,9	1,300	5,3
1,400	-6,6	1,400	-5,5	1,400	-41,0	1,400	-9,5	1,400	-9,1	1,400	-3,6
1,500	-18,5	1,500	-25,5	1,500	-2,6	1,500	-1,4	1,500	-1,9	1,500	4,4
1,600	-32,8	1,600	-44,4	1,600	24,4	1,600	3,8	1,600	3,5	1,600	4,6
1,700	-36,4	1,700	-45,7	1,700	-61,4	1,700	-13,7	1,700	-11,2	1,700	-16,0
1,800	-59,6	1,800	-62,8	1,800	51,6	1,800	8,3	1,800	6,7	1,800	-1,1
1,900	-51,3	1,900	-42,5	1,900	-44,8	1,900	-10,6	1,900	-9,4	1,900	-10,0
2,000	-48,2	2,000	-29,6	2,000	4,4	2,000	-1,4	2,000	-2,0	2,000	4,2
2,100	-30,9	2,100	-7,7	2,100	26,4	2,100	6,2	2,100	5,9	2,100	13,9
2,200	6,1	2,200	26,9	2,200	-50,3	2,200	-10,6	2,200	-8,9	2,200	-7,5
2,300	23,1	2,300	30,6	2,300	58,2	2,300	15,0	2,300	13,6	2,300	5,5
2,400	57,9	2,400	49,7	2,400	-34,3	2,400	-6,6	2,400	-6,9	2,400	-15,8
2,500	64,6	2,500	39,8	2,500	11,1	2,500	5,2	2,500	3,7	2,500	2,9
2,600	60,2	2,600	26,0	2,600	34,5	2,600	7,3	2,600	4,9	2,600	13,2
2,700	54,8	2,700	23,7	2,700	-47,9	2,700	-7,3	2,700	-5,4	2,700	5,4
2,800	20,6	2,800	1,5	2,800	64,8	2,800	14,0	2,800	12,8	2,800	12,3
2,900	10,9	2,900	13,2	2,900	-37,6	2,900	-5,3	2,900	-3,3	2,900	-13,1
3,000	-8,8	3,000	12,8	3,000	15,6	3,000	3,8	3,000	2,8	3,000	-8,8
3,100	-13,8	3,100	19,3	3,100	26,8	3,100	7,3	3,100	5,2	3,100	4,4
3,200	1,7	3,200	34,5	3,200	-47,4	3,200	-9,4	3,200	-9,3	3,200	2,7
3,300	0,6	3,300	17,6	3,300	55,0	3,300	12,6	3,300	10,2	3,300	21,8
3,400	20,9	3,400	16,7	3,400	-41,2	3,400	-8,5	3,400	-6,8	3,400	-5,8
3,500	14,4	3,500	-12,2	3,500	4,4	3,500	0,3	3,500	0,4	3,500	-12,3
3,600	0,1	3,600	-38,8	3,600	22,0	3,600	2,9	3,600	2,6	3,600	-10,3
3,700	-15,1	3,700	-49,8	3,700	-60,0	3,700	-15,0	3,700	-14,0	3,700	-13,4
3,800	-55,7	3,800	-72,9	3,800	53,6	3,800	9,3	3,800	7,7	3,800	21,1
3,900	-67,5	3,900	-55,5	3,900	-52,8	3,900	-12,7	3,900	-11,5	3,900	2,4
4,000	-83,2	4,000	-45,2	4,000	9,7	4,000	1,9	4,000	2,5	4,000	1,9
4,100	-74,9	4,100	-22,1	4,100	15,7	4,100	2,8	4,100	1,8	4,100	-13,6
4,200	-38,3	4,200	11,8	4,200	-48,8	4,200	-9,9	4,200	-8,8	4,200	-21,9
4,300	-10,9	4,300	15,8	4,300	54,1	4,300	10,9	4,300	7,5	4,300	8,3
4,400	41,7	4,400	36,0	4,400	-39,3	4,400	-8,0	4,400	-7,1	4,400	10,0
4,500	65,0	4,500	25,5	4,500	13,3	4,500	3,6	4,500	3,1	4,500	17,3
4,600	75,3	4,600	15,3	4,600	29,1	4,600	7,1	4,600	7,4	4,600	4,7
4,700	73,5	4,700	15,0	4,700	-47,7	4,700	-7,7	4,700	-6,1	4,700	-23,7
4,800	35,4	4,800	-2,3	4,800	66,5	4,800	15,1	4,800	12,5	4,800	-3,6
4,900	16,1	4,900	15,5	4,900	-43,0	4,900	-6,1	4,900	-6,6	4,900	-2,9
5,000	-15,6	5,000	19,7	5,000	24,4	5,000	6,3	5,000	4,0	5,000	22,9
5,100	-24,9	5,100	33,5	5,100	22,3	5,100	8,1	5,100	6,9	5,100	22,6
5,200	-7,6	5,200	52,2	5,200	-39,7	5,200	-7,7	5,200	-6,3	5,200	-10,0
5,300	3,4	5,300	38,8	5,300	58,0	5,300	14,8	5,300	13,6	5,300	-7,4
5,400	41,0	5,400	39,1	5,400	-40,8	5,400	-10,0	5,400	-9,3	5,400	-25,3
5,500	49,4	5,500	7,1	5,500	12,4	5,500	3,9	5,500	3,0	5,500	8,0
5,600	44,8	5,600	-22,7	5,600	19,4	5,600	1,5	5,600	-0,1	5,600	21,0
5,700	25,9	5,700	-40,9	5,700	-55,9	5,700	-10,2	5,700	-8,3	5,700	9,0

5,800	-29,3	5,800	-70,8	5,800	55,5	5,800	9,3	5,800	7,4	5,800	0,6
5,900	-63,3	5,900	-59,0	5,900	-57,6	5,900	-11,0	5,900	-9,1	5,900	-30,9
6,000	-104,5	6,000	-54,6	6,000	15,7	6,000	0,2	6,000	-1,4	6,000	-18,1
6,100	-113,0	6,100	-32,3	6,100	7,5	6,100	1,4	6,100	0,2	6,100	7,8
6,200	-84,8	6,200	-0,8	6,200	-46,6	6,200	-12,6	6,200	-11,9	6,200	12,8
6,300	-51,9	6,300	3,2	6,300	50,5	6,300	11,1	6,300	10,0	6,300	25,9
6,400	15,6	6,400	22,9	6,400	-45,1	6,400	-10,4	6,400	-8,2	6,400	-16,5
6,500	55,9	6,500	9,5	6,500	14,5	6,500	4,7	6,500	4,2	6,500	-21,7
6,600	82,5	6,600	-1,0	6,600	21,3	6,600	4,6	6,600	3,1	6,600	-13,6
6,700	86,7	6,700	-3,0	6,700	-48,3	6,700	-8,2	6,700	-8,9	6,700	1,4
6,800	46,8	6,800	-17,7	6,800	66,4	6,800	15,0	6,800	11,9	6,800	38,3
6,900	18,3	6,900	5,8	6,900	-48,8	6,900	-7,9	6,900	-7,4	6,900	9,5
7,000	-25,7	7,000	17,1	7,000	32,5	7,000	8,8	7,000	8,7	7,000	-2,5
7,100	-41,7	7,100	41,5	7,100	15,7	7,100	5,3	7,100	4,5	7,100	-24,2
7,200	-24,9	7,200	67,4	7,200	-32,3	7,200	-4,9	7,200	-3,9	7,200	-19,7
7,300	-4,0	7,300	59,3	7,300	58,1	7,300	13,7	7,300	10,1	7,300	21,3
7,400	51,0	7,400	61,2	7,400	-39,6	7,400	-6,4	7,400	-5,7	7,400	24,1
7,500	76,7	7,500	25,3	7,500	19,3	7,500	6,0	7,500	4,2	7,500	19,6
7,600	87,9	7,600	-7,1	7,600	18,8	7,600	5,1	7,600	5,0	7,600	-8,7
7,700	72,6	7,700	-31,0	7,700	-51,0	7,700	-9,8	7,700	-9,3	7,700	-39,0
7,800	11,5	7,800	-62,7	7,800	59,8	7,800	11,2	7,800	8,9	7,800	-6,8
7,900	-38,8	7,900	-51,7	7,900	-61,0	7,900	-13,6	7,900	-13,3	7,900	2,8
8,000	-103,0	8,000	-48,9	8,000	24,1	8,000	2,5	8,000	1,6	8,000	32,8
8,100	-131,7	8,100	-26,9	8,100	-0,4	8,100	-0,2	8,100	0,0	8,100	14,7
8,200	-119,7	8,200	-0,9	8,200	-42,4	8,200	-10,6	8,200	-8,7	8,200	-25,5
8,300	-91,2	8,300	-3,4	8,300	46,4	8,300	10,9	8,300	9,3	8,300	-23,6
8,400	-18,0	8,400	8,3	8,400	-49,9	8,400	-12,4	8,400	-12,3	8,400	-26,1
8,500	34,3	8,500	-13,1	8,500	16,0	8,500	5,0	8,500	2,8	8,500	21,8
8,600	77,3	8,600	-25,7	8,600	13,3	8,600	0,5	8,600	-1,4	8,600	31,9
8,700	92,2	8,700	-27,6	8,700	-47,8	8,700	-7,3	8,700	-5,8	8,700	8,9
8,800	56,7	8,800	-36,2	8,800	64,2	8,800	11,7	8,800	9,9	8,800	-11,5
8,900	24,2	8,900	-4,1	8,900	-55,0	8,900	-7,8	8,900	-5,8	8,900	-39,2
9,000	-31,9	9,000	13,7	9,000	37,1	9,000	6,7	9,000	4,4	9,000	-9,6
9,100	-58,3	9,100	45,5	9,100	7,8	9,100	6,2	9,100	4,7	9,100	26,7
9,200	-50,2	9,200	72,3	9,200	-27,5	9,200	-5,3	9,200	-6,2	9,200	28,7
9,300	-26,8	9,300	65,4	9,300	57,6	9,300	17,6	9,300	15,3	9,300	27,0
9,400	40,3	9,400	67,4	9,400	-39,6	9,400	-7,4	9,400	-6,8	9,400	-30,2
9,500	85,1	9,500	32,3	9,500	26,9	9,500	9,9	9,500	8,6	9,500	-27,2
9,600	119,4	9,600	5,3	9,600	17,0	9,600	2,7	9,600	0,9	9,600	-10,2
9,700	119,6	9,700	-14,1	9,700	-44,4	9,700	-7,2	9,700	-7,2	9,700	18,8
9,800	64,8	9,800	-40,5	9,800	63,2	9,800	11,7	9,800	9,3	9,800	44,9
9,900	7,0	9,900	-27,5	9,900	-62,5	9,900	-11,4	9,900	-9,7	9,900	0,5
10,000	-76,9	10,000	-28,7	10,000	33,1	10,000	6,5	10,000	5,4	10,000	-21,8
10,100	-75,2	10,100	25,5	10,100	-40,8	10,100	-8,1	10,100	2,6	10,100	-44,0
10,200	-122,2	10,200	39,7	10,200	8,8	10,200	-0,8	10,200	-14,1	10,200	-10,1
10,300	-106,5	10,300	22,4	10,300	-6,7	10,300	-2,5	10,300	9,8	10,300	22,7

10,400	-18,4	10,400	44,5	10,400	-36,8	10,400	-12,0	10,400	-9,0	10,400	28,1
10,500	-12,5	10,500	-17,1	10,500	25,5	10,500	1,6	10,500	1,3	10,500	8,9
10,600	85,3	10,600	-15,3	10,600	-44,4	10,600	-11,6	10,600	11,3	10,600	-36,0
10,700	74,4	10,700	-33,4	10,700	10,6	10,700	-1,6	10,700	-17,6	10,700	-37,6
10,800	48,0	10,800	-52,0	10,800	-3,0	10,800	-0,3	10,800	17,2	10,800	-9,7
10,900	39,6	10,900	1,5	10,900	-28,3	10,900	-7,5	10,900	-16,3	10,900	22,2
11,000	-71,3	11,000	-9,7	11,000	36,0	11,000	8,6	11,000	7,6	11,000	41,8
11,100	-59,1	11,100	45,0	11,100	-31,9	11,100	-4,8	11,100	7,9	11,100	3,9
11,200	-96,6	11,200	58,1	11,200	26,6	11,200	6,8	11,200	-8,6	11,200	-22,2
11,300	-73,7	11,300	39,3	11,300	11,7	11,300	5,7	11,300	17,4	11,300	-31,5
11,400	21,0	11,400	58,5	11,400	-12,0	11,400	-1,0	11,400	-13,2	11,400	-6,1
11,500	27,8	11,500	-11,2	11,500	48,5	11,500	11,9	11,500	4,9	11,500	38,4
11,600	131,9	11,600	-14,1	11,600	-22,9	11,600	-1,6	11,600	4,6	11,600	34,7
11,700	114,2	11,700	-44,3	11,700	31,3	11,700	7,8	11,700	-8,9	11,700	13,8
11,800	89,4	11,800	-67,3	11,800	9,7	11,800	6,7	11,800	14,3	11,800	-25,2
11,900	67,6	11,900	-21,0	11,900	-17,5	11,900	-2,2	11,900	-10,9	11,900	-35,4
12,000	-52,9	12,000	-34,2	12,000	38,3	12,000	9,5	12,000	-2,2	12,000	0,5
12,100	-56,8	12,100	21,8	12,100	-36,3	12,100	-7,6	12,100	5,9	12,100	24,5
12,200	-112,7	12,200	35,7	12,200	17,8	12,200	0,3	12,200	-17,7	12,200	35,2
12,300	-102,6	12,300	22,9	12,300	-6,2	12,300	-2,5	12,300	20,8	12,300	2,5
12,400	-22,6	12,400	45,5	12,400	-31,1	12,400	-10,4	12,400	-16,0	12,400	-37,9
12,500	-20,6	12,500	-18,7	12,500	25,0	12,500	3,4	12,500	6,9	12,500	-33,0
12,600	82,1	12,600	-15,8	12,600	-47,7	12,600	-12,0	12,600	-1,4	12,600	-14,5
12,700	67,8	12,700	-41,6	12,700	10,7	12,700	-0,8	12,700	-13,2	12,700	29,7
12,800	50,7	12,800	-58,9	12,800	-11,7	12,800	-3,7	12,800	14,2	12,800	29,7
12,900	38,8	12,900	-7,1	12,900	-29,9	12,900	-8,6	12,900	-10,5	12,900	-2,6
13,000	-73,8	13,000	-17,8	13,000	29,4	13,000	4,5	13,000	7,6	13,000	-28,4
13,100	-62,7	13,100	44,7	13,100	-38,2	13,100	-8,0	13,100	4,2	13,100	-40,1
13,200	-113,8	13,200	56,6	13,200	24,2	13,200	2,9	13,200	-11,6	13,200	0,3
13,300	-86,5	13,300	47,0	13,300	2,8	13,300	2,8	13,300	14,4	13,300	32,6
13,400	-1,7	13,400	64,4	13,400	-13,4	13,400	-2,5	13,400	-8,3	13,400	33,5
13,500	14,3	13,500	-3,1	13,500	44,6	13,500	13,1	13,500	6,8	13,500	11,3
13,600	123,7	13,600	-5,9	13,600	-25,2	13,600	-0,9	13,600	10,3	13,600	-31,5
13,700	114,9	13,700	-39,6	13,700	36,0	13,700	10,4	13,700	-16,0	13,700	-25,0
13,800	101,1	13,800	-62,4	13,800	8,9	13,800	6,1	13,800	18,0	13,800	3,6
13,900	84,2	13,900	-18,2	13,900	-9,3	13,900	-1,5	13,900	-19,7	13,900	32,3
14,000	-36,0	14,000	-34,6	14,000	42,8	14,000	10,1	14,000	10,4	14,000	41,4
14,100	-37,3	14,100	24,5	14,100	-31,2	14,100	-5,9	14,100	1,2	14,100	-3,6
14,200	-105,2	14,200	32,8	14,200	26,9	14,200	5,3	14,200	-7,8	14,200	-27,5
14,300	-92,5	14,300	24,1	14,300	-5,3	14,300	0,3	14,300	11,6	14,300	-34,0
14,400	-22,7	14,400	43,9	14,400	-23,4	14,400	-5,7	14,400	-15,1	14,400	-3,7
14,500	-20,3	14,500	-21,3	14,500	26,4	14,500	4,1	14,500	2,5	14,500	34,4
14,600	84,8	14,600	-16,1	14,600	-46,3	14,600	-11,0	14,600	2,9	14,600	23,7
14,700	66,2	14,700	-48,0	14,700	14,4	14,700	-1,7	14,700	-11,0	14,700	-2,2
14,800	58,9	14,800	-61,6	14,800	-16,0	14,800	-4,8	14,800	15,1	14,800	-38,1
14,900	39,1	14,900	-15,0	14,900	-29,3	14,900	-11,2	14,900	-14,4	14,900	-39,9

15,000	-70,7	15,000	-24,9	15,000	23,7	15,000	2,8	15,000	2,3	15,000	2,3
15,100	-67,1	15,100	38,5	15,100	-45,5	15,100	-11,8	15,100	4,3	15,100	24,4
15,200	-125,6	15,200	50,0	15,200	20,7	15,200	2,6	15,200	-12,8	15,200	33,2
15,300	-102,3	15,300	45,7	15,300	-8,0	15,300	0,0	15,300	23,5	15,300	-3,2
15,400	-21,7	15,400	67,0	15,400	-15,3	15,400	-2,5	15,400	-15,2	15,400	-35,3
15,500	-6,7	15,500	1,5	15,500	38,5	15,500	10,4	15,500	12,8	15,500	-23,5
15,600	112,7	15,600	5,6	15,600	-28,7	15,600	-4,0	15,600	-2,7	15,600	0,3
15,700	103,4	15,700	-33,2	15,700	37,5	15,700	8,2	15,700	-7,2	15,700	42,1
15,800	107,5	15,800	-52,6	15,800	5,0	15,800	3,8	15,800	13,7	15,800	33,5
15,900	90,4	15,900	-15,0	15,900	-4,2	15,900	0,7	15,900	-8,5	15,900	-0,9
16,000	-21,0	16,000	-34,1	16,000	43,7	16,000	12,5	16,000	6,8	16,000	-25,5
16,100	-21,2	16,100	25,3	16,100	-27,8	16,100	-1,5	16,100	3,0	16,100	-30,8
16,200	-96,0	16,200	29,2	16,200	34,6	16,200	8,3	16,200	-14,4	16,200	10,9
16,300	-81,0	16,300	26,8	16,300	-3,0	16,300	2,7	16,300	14,6	16,300	36,3
16,400	-22,0	16,400	45,2	16,400	-13,8	16,400	-4,7	16,400	-14,3	16,400	27,5
16,500	-16,6	16,500	-17,2	16,500	31,2	16,500	6,5	16,500	8,4	16,500	-0,6
16,600	87,8	16,600	-11,8	16,600	-42,1	16,600	-11,0	16,600	2,7	16,600	-43,0
16,700	71,3	16,700	-48,9	16,700	21,0	16,700	1,5	16,700	-15,7	16,700	-28,4
16,800	69,5	16,800	-65,0	16,800	-19,0	16,800	-5,9	16,800	14,4	16,800	0,1
16,900	49,3	16,900	-24,0	16,900	-26,1	16,900	-9,0	16,900	-21,4	16,900	28,3
17,000	-64,2	17,000	-38,7	17,000	19,1	17,000	1,7	17,000	12,5	17,000	28,9
17,100	-61,5	17,100	29,1	17,100	-49,2	17,100	-11,7	17,100	-1,6	17,100	-16,3
17,200	-136,5	17,200	38,3	17,200	19,0	17,200	1,1	17,200	-4,2	17,200	-34,7
17,300	-111,7	17,300	45,4	17,300	-16,7	17,300	-3,8	17,300	11,0	17,300	-33,0
17,400	-46,0	17,400	68,2	17,400	-17,3	17,400	-6,5	17,400	-12,0	17,400	3,5
17,500	-26,9	17,500	8,3	17,500	30,7	17,500	5,4	17,500	5,6	17,500	39,0
17,600	93,8	17,600	14,7	17,600	-34,7	17,600	-6,8	17,600	6,3	17,600	24,0
17,700	88,9	17,700	-29,2	17,700	35,1	17,700	7,5	17,700	-8,8	17,700	-1,9
17,800	106,7	17,800	-47,6	17,800	-2,3	17,800	4,5	17,800	19,6	17,800	-32,8
17,900	91,8	17,900	-15,9	17,900	-2,6	17,900	1,4	17,900	-16,6	17,900	-25,7
18,000	-11,1	18,000	-34,8	18,000	42,1	18,000	13,5	18,000	8,5	18,000	18,6
18,100	-11,4	18,100	26,8	18,100	-26,1	18,100	-3,3	18,100	0,0	18,100	34,5
18,200	-90,1	18,200	31,0	18,200	41,6	18,200	10,2	18,200	-8,6	18,200	36,3
18,300	-75,1	18,300	34,4	18,300	-2,0	18,300	1,7	18,300	19,7	18,300	-7,8
18,400	-20,7	18,400	53,3	18,400	-3,7	18,400	-0,1	18,400	-16,9	18,400	-34,8
18,500	-15,4	18,500	-11,1	18,500	34,3	18,500	8,3	18,500	11,1	18,500	-20,9
18,600	96,1	18,600	-5,2	18,600	-36,5	18,600	-6,5	18,600	-7,5	18,600	5,2
18,700	75,9	18,700	-53,0	18,700	27,8	18,700	4,2	18,700	-7,7	18,700	39,7
18,800	88,4	18,800	-67,8	18,800	-18,4	18,800	-3,1	18,800	10,0	18,800	22,4
18,900	60,5	18,900	-34,9	18,900	-19,3	18,900	-7,2	18,900	-10,9	18,900	-15,4
19,000	-47,5	19,000	-48,0	19,000	19,0	19,000	2,2	19,000	5,0	19,000	-36,6
19,100	-53,4	19,100	21,6	19,100	-49,1	19,100	-13,5	19,100	0,6	19,100	-35,7
19,200	-137,8	19,200	30,7	19,200	19,5	19,200	-0,9	19,200	-15,2	19,200	10,1
19,300	-118,6	19,300	43,9	19,300	-24,4	19,300	-7,1	19,300	17,2	19,300	30,5
19,400	-64,9	19,400	66,0	19,400	-19,0	19,400	-8,2	19,400	-16,3	19,400	19,1
19,500	-46,7	19,500	7,9	19,500	22,2	19,500	5,0	19,500	15,4	19,500	-9,4

19,600	75,0	19,600	16,3	19,600	-41,3	19,600	-8,6	19,600	-0,5	19,600	-44,0
19,700	72,1	19,700	-30,3	19,700	31,8	19,700	7,5	19,700	-8,2	19,700	-18,8
19,800	101,0	19,800	-44,9	19,800	-11,5	19,800	-0,7	19,800	14,0	19,800	11,3
19,900	88,6	19,900	-14,5	19,900	-2,1	19,900	-0,2	19,900	-16,7	19,900	38,6
20,000	-9,3	20,000	-32,9	20,000	36,8	20,000	8,7	20,000	15,3	20,000	30,6
20,100	-5,3	20,100	32,9	20,100	-26,4	20,100	-3,0	20,100	-0,9	20,100	-14,2
20,200	-92,3	20,200	32,5	20,200	43,8	20,200	10,4	20,200	-2,5	20,200	-28,5
20,300	-70,0	20,300	42,4	20,300	-3,5	20,300	4,6	20,300	10,6	20,300	-20,3
20,400	-27,0	20,400	56,3	20,400	2,9	20,400	2,2	20,400	-13,0	20,400	17,0
20,500	-13,1	20,500	-5,1	20,500	36,7	20,500	11,6	20,500	6,2	20,500	45,5
20,600	98,0	20,600	0,4	20,600	-30,7	20,600	-4,7	20,600	3,2	20,600	20,3
20,700	84,0	20,700	-50,4	20,700	36,8	20,700	7,9	20,700	-10,7	20,700	-8,3
20,800	105,2	20,800	-64,2	20,800	-15,7	20,800	-2,3	20,800	17,4	20,800	-39,4
20,900	78,1	20,900	-36,7	20,900	-9,6	20,900	-5,1	20,900	-23,0	20,900	-25,4
21,000	-27,9	21,000	-53,2	21,000	20,4	21,000	2,7	21,000	10,2	21,000	16,6
21,100	-37,4	21,100	14,6	21,100	-46,7	21,100	-13,1	21,100	-7,4	21,100	27,4
21,200	-133,6	21,200	18,4	21,200	22,1	21,200	1,7	21,200	-5,0	21,200	22,7
21,300	-118,1	21,300	36,1	21,300	-29,5	21,300	-7,3	21,300	14,7	21,300	-23,4
21,400	-77,7	21,400	58,4	21,400	-17,2	21,400	-5,9	21,400	-15,2	21,400	-41,9
21,500	-61,9	21,500	5,0	21,500	15,5	21,500	1,5	21,500	10,7	21,500	-21,9
21,600	60,1	21,600	19,7	21,600	-45,0	21,600	-11,2	21,600	-6,3	21,600	8,4
21,700	53,9	21,700	-29,8	21,700	27,8	21,700	1,7	21,700	-4,9	21,700	38,9
21,800	95,8	21,800	-39,0	21,800	-20,4	21,800	-4,1	21,800	13,4	21,800	17,2
21,900	78,7	21,900	-16,1	21,900	-4,5	21,900	-3,3	21,900	-9,7	21,900	-18,7
22,000	-8,0	22,000	-34,1	22,000	29,1	22,000	8,9	22,000	9,9	22,000	-31,7
22,100	-7,9	22,100	30,1	22,100	-30,8	22,100	-4,4	22,100	0,5	22,100	-22,9
22,200	-95,6	22,200	29,4	22,200	43,1	22,200	11,8	22,200	-11,0	22,200	27,0
22,300	-73,8	22,300	46,0	22,300	-8,4	22,300	2,3	22,300	19,3	22,300	39,3
22,400	-35,1	22,400	62,9	22,400	8,4	22,400	3,5	22,400	-16,9	22,400	23,7
22,500	-18,6	22,500	6,1	22,500	36,8	22,500	11,1	22,500	19,3	22,500	-9,9
22,600	98,2	22,600	14,7	22,600	-25,2	22,600	-3,3	22,600	-6,4	22,600	-38,9
22,700	86,3	22,700	-42,4	22,700	43,8	22,700	10,1	22,700	-5,1	22,700	-10,2
22,800	121,5	22,800	-57,5	22,800	-13,8	22,800	-1,1	22,800	8,0	22,800	18,0
22,900	93,6	22,900	-40,4	22,900	-0,1	22,900	-0,5	22,900	-16,4	22,900	38,5
23,000	-5,5	23,000	-61,1	23,000	22,5	23,000	5,4	23,000	11,6	23,000	20,9
23,100	-17,0	23,100	6,1	23,100	-40,7	23,100	-8,1	23,100	-3,6	23,100	-25,6
23,200	-122,9	23,200	7,1	23,200	27,5	23,200	3,5	23,200	-5,9	23,200	-35,9
23,300	-108,2	23,300	34,0	23,300	-29,7	23,300	-6,5	23,300	9,0	23,300	-23,4
23,400	-85,1	23,400	55,2	23,400	-12,7	23,400	-8,3	23,400	-16,9	23,400	14,3
23,500	-68,5	23,500	7,2	23,500	12,0	23,500	0,0	23,500	8,9	23,500	36,6
23,600	45,7	23,600	20,8	23,600	-47,5	23,600	-14,5	23,600	-0,1	23,600	6,0
23,700	41,2	23,700	-32,8	23,700	25,4	23,700	2,9	23,700	-7,1	23,700	-19,2
23,800	88,3	23,800	-42,7	23,800	-30,0	23,800	-6,6	23,800	17,3	23,800	-44,1
23,900	72,7	23,900	-24,1	23,900	-6,3	23,900	-2,4	23,900	-21,7	23,900	-17,9
24,000	-10,2	24,000	-41,2	24,000	19,4	24,000	4,8	24,000	15,7	24,000	23,7
24,100	-8,9	24,100	27,9	24,100	-34,9	24,100	-7,1	24,100	-8,1	24,100	32,8

24,200	-104,5	24,200	27,9	24,200	39,8	24,200	8,1	24,200	2,3	24,200	22,2
24,300	-79,5	24,300	54,3	24,300	-14,6	24,300	-0,7	24,300	13,6	24,300	-22,4
24,400	-51,4	24,400	70,3	24,400	10,4	24,400	2,9	24,400	-11,1	24,400	-33,6
24,500	-29,2	24,500	16,5	24,500	33,0	24,500	10,2	24,500	11,0	24,500	-7,5
24,600	89,7	24,600	24,7	24,600	-23,3	24,600	-1,8	24,600	-4,9	24,600	22,6
24,700	82,9	24,700	-38,6	24,700	47,3	24,700	12,1	24,700	-4,7	24,700	46,8
24,800	133,4	24,800	-51,7	24,800	-12,7	24,800	2,3	24,800	14,2	24,800	16,2
24,900	106,3	24,900	-41,6	24,900	9,2	24,900	2,7	24,900	-13,9	24,900	-20,1
25,000	19,2	25,000	-60,3	25,000	26,2	25,000	8,8	25,000	10,9	25,000	-31,1
25,100	3,5	25,100	5,4	25,100	-33,3	25,100	-8,0	25,100	-6,9	25,100	-19,0
25,200	-106,2	25,200	4,3	25,200	35,1	25,200	5,9	25,200	-10,1	25,200	28,6
25,300	-97,3	25,300	32,9	25,300	-28,8	25,300	-7,9	25,300	14,1	25,300	30,5
25,400	-85,1	25,400	50,8	25,400	-5,0	25,400	-4,1	25,400	-18,8	25,400	10,6
25,500	-72,6	25,500	2,8	25,500	9,7	25,500	0,7	25,500	18,5	25,500	-25,7
25,600	40,6	25,600	17,9	25,600	-45,8	25,600	-10,9	25,600	-11,2	25,600	-45,5
25,700	32,2	25,700	-39,4	25,700	24,5	25,700	2,4	25,700	-2,6	25,700	-11,8
25,800	89,5	25,800	-43,8	25,800	-35,7	25,800	-8,6	25,800	5,4	25,800	17,3
25,900	67,6	25,900	-29,7	25,900	-6,6	25,900	-6,0	25,900	-13,2	25,900	32,7
26,000	-8,2	26,000	-44,3	26,000	11,4	26,000	0,6	26,000	12,7	26,000	11,2
26,100	-12,7	26,100	24,6	26,100	-39,3	26,100	-10,4	26,100	-1,7	26,100	-32,7
26,200	-113,7	26,200	22,3	26,200	34,8	26,200	6,0	26,200	-3,7	26,200	-32,4
26,300	-89,1	26,300	54,6	26,300	-23,8	26,300	-2,8	26,300	12,7	26,300	-13,6
26,400	-71,4	26,400	69,1	26,400	8,9	26,400	1,8	26,400	-16,2	26,400	28,1
26,500	-43,6	26,500	22,3	26,500	26,0	26,500	9,7	26,500	16,0	26,500	43,3
26,600	74,7	26,600	33,4	26,600	-23,9	26,600	-2,8	26,600	-2,3	26,600	9,2
26,700	75,4	26,700	-29,1	26,700	49,0	26,700	13,7	26,700	-1,2	26,700	-15,3
26,800	137,0	26,800	-39,6	26,800	-13,8	26,800	0,4	26,800	14,1	26,800	-35,8
26,900	115,0	26,900	-35,0	26,900	17,4	26,900	4,9	26,900	-20,6	26,900	-3,9
27,000	36,1	27,000	-57,4	27,000	26,9	27,000	7,3	27,000	15,2	27,000	32,2
27,100	23,2	27,100	5,0	27,100	-26,0	27,100	-4,3	27,100	-11,4	27,100	34,5
27,200	-92,5	27,200	-2,8	27,200	40,9	27,200	8,7	27,200	2,7	27,200	15,3
27,300	-80,5	27,300	30,8	27,300	-25,7	27,300	-2,5	27,300	8,4	27,300	-29,7
27,400	-82,3	27,400	45,8	27,400	3,9	27,400	-0,2	27,400	-13,2	27,400	-36,1
27,500	-67,0	27,500	4,1	27,500	11,4	27,500	3,2	27,500	7,9	27,500	-7,0
27,600	38,9	27,600	20,6	27,600	-40,8	27,600	-11,5	27,600	-7,9	27,600	19,3
27,700	30,2	27,700	-39,3	27,700	27,6	27,700	1,9	27,700	-5,9	27,700	37,0
27,800	92,4	27,800	-42,9	27,800	-38,6	27,800	-10,9	27,800	13,4	27,800	-1,5
27,900	66,7	27,900	-37,7	27,900	-4,3	27,900	-5,9	27,900	-16,8	27,900	-32,4
28,000	-2,7	28,000	-53,3	28,000	4,1	28,000	-0,3	28,000	14,4	28,000	-37,6
28,100	-12,5	28,100	13,1	28,100	-42,8	28,100	-11,6	28,100	-10,7	28,100	-15,7
28,200	-118,0	28,200	11,1	28,200	29,5	28,200	5,1	28,200	-3,1	28,200	31,7
28,300	-97,4	28,300	51,2	28,300	-33,1	28,300	-6,9	28,300	13,1	28,300	29,2
28,400	-90,0	28,400	69,2	28,400	7,6	28,400	0,9	28,400	-13,6	28,400	7,6
28,500	-62,9	28,500	29,6	28,500	17,2	28,500	4,9	28,500	20,8	28,500	-26,4
28,600	55,7	28,600	44,9	28,600	-25,4	28,600	-4,2	28,600	-9,9	28,600	-36,8
28,700	57,8	28,700	-21,2	28,700	46,1	28,700	10,1	28,700	1,5	28,700	2,5

28,800	134,8	28,800	-29,5	28,800	-17,9	28,800	-0,3	28,800	6,2	28,800	30,2
28,900	113,6	28,900	-34,3	28,900	20,5	28,900	5,0	28,900	-10,8	28,900	39,8
29,000	50,7	29,000	-56,2	29,000	25,2	29,000	10,4	29,000	14,1	29,000	12,5
29,100	37,3	29,100	4,0	29,100	-21,0	29,100	-1,5	29,100	-3,6	29,100	-30,6
29,200	-77,1	29,200	-4,2	29,200	46,8	29,200	13,1	29,200	-4,1	29,200	-24,3
29,300	-65,8	29,300	35,4	29,300	-22,6	29,300	-2,1	29,300	10,2	29,300	-5,9
29,400	-77,9	29,400	48,4	29,400	14,6	29,400	1,9	29,400	-19,8	29,400	33,6
29,500	-61,9	29,500	10,2	29,500	13,6	29,500	2,9	29,500	16,6	29,500	35,7
29,600	39,0	29,600	24,1	29,600	-33,3	29,600	-9,2	29,600	-9,5	29,600	-2,5
29,700	31,9	29,700	-40,8	29,700	31,8	29,700	5,1	29,700	0,5	29,700	-27,9
29,800	100,7	29,800	-45,6	29,800	-38,7	29,800	-8,8	29,800	7,2	29,800	-41,5
29,900	73,9	29,900	-47,1	29,900	0,5	29,900	-2,6	29,900	-20,0	29,900	-4,9
30,000	9,2	30,000	-62,6	30,000	-0,5	30,000	-1,6	30,000	13,4	30,000	28,3
30,100	-4,6	30,100	4,6	30,100	-42,3	30,100	-11,9	30,100	-12,0	30,100	24,8
30,200	-119,6	30,200	1,5	30,200	26,2	30,200	1,8	30,200	4,4	30,200	2,3
30,300	-101,1	30,300	49,6	30,300	-39,5	30,300	-9,5	30,300	8,2	30,300	-39,4
30,400	-110,2	30,400	65,5	30,400	5,5	30,400	-2,9	30,400	-11,7	30,400	-35,2
30,500	-80,1	30,500	32,5	30,500	7,5	30,500	2,0	30,500	11,4	30,500	-0,5
30,600	31,9	30,600	47,8	30,600	-30,2	30,600	-7,7	30,600	-6,6	30,600	26,7
30,700	39,6	30,700	-18,6	30,700	40,7	30,700	10,0	30,700	-0,3	30,700	40,6
30,800	125,7	30,800	-23,5	30,800	-25,2	30,800	-2,2	30,800	15,4	30,800	-1,7
30,900	108,4	30,900	-32,1	30,900	22,2	30,900	6,9	30,900	-15,0	30,900	-25,9
31,000	57,6	31,000	-51,0	31,000	20,5	31,000	8,6	31,000	18,1	31,000	-27,0
31,100	45,3	31,100	8,0	31,100	-17,2	31,100	-1,7	31,100	-13,6	31,100	1,0
31,200	-68,5	31,200	-1,9	31,200	49,1	31,200	11,7	31,200	1,7	31,200	42,0
31,300	-56,1	31,300	40,5	31,300	-21,0	31,300	-2,2	31,300	8,9	31,300	31,7
31,400	-75,9	31,400	50,0	31,400	23,0	31,400	5,3	31,400	-12,1	31,400	4,1
31,500	-57,2	31,500	14,1	31,500	15,1	31,500	6,4	31,500	17,5	31,500	-28,9
31,600	42,2	31,600	28,0	31,600	-25,0	31,600	-3,8	31,600	-12,9	31,600	-34,2
31,700	35,6	31,700	-40,3	31,700	37,3	31,700	8,3	31,700	-0,3	31,700	7,4
31,800	113,9	31,800	-41,8	31,800	-35,4	31,800	-6,8	31,800	2,8	31,800	28,0
31,900	82,3	31,900	-51,4	31,900	8,5	31,900	-2,0	31,900	-13,4	31,900	30,4
32,000	27,3	32,000	-65,9	32,000	-0,9	32,000	-1,5	32,000	13,1	32,000	-4,5
32,100	5,6	32,100	-3,8	32,100	-38,8	32,100	-12,8	32,100	-8,3	32,100	-43,3
32,200	-112,1	32,200	-9,4	32,200	25,5	32,200	2,3	32,200	-3,1	32,200	-30,1
32,300	-100,1	32,300	41,7	32,300	-45,1	32,300	-12,1	32,300	8,0	32,300	-7,3
32,400	-122,0	32,400	56,1	32,400	5,0	32,400	-2,3	32,400	-18,5	32,400	32,6
32,500	-94,6	32,500	30,0	32,500	-2,3	32,500	-1,0	32,500	20,1	32,500	27,8
32,600	10,6	32,600	48,5	32,600	-32,9	32,600	-7,9	32,600	-10,3	32,600	-9,1
32,700	19,0	32,700	-15,7	32,700	34,5	32,700	7,1	32,700	6,8	32,700	-30,3
32,800	112,9	32,800	-15,8	32,800	-32,1	32,800	-5,5	32,800	5,9	32,800	-34,0
32,900	97,2	32,900	-28,8	32,900	20,9	32,900	3,2	32,900	-14,5	32,900	7,6
33,000	58,0	33,000	-47,4	33,000	12,8	33,000	4,4	33,000	15,3	33,000	38,3
33,100	47,6	33,100	8,9	33,100	-17,4	33,100	-3,0	33,100	-9,6	33,100	28,8
33,200	-65,6	33,200	-4,5	33,200	47,5	33,200	12,6	33,200	7,2	33,200	4,7
33,300	-49,1	33,300	43,6	33,300	-22,2	33,300	0,2	33,300	8,2	33,300	-34,8

33,400	-78,9	33,400	50,7	33,400	29,1	33,400	8,7	33,400	-12,1	33,400	-21,8
33,500	-53,7	33,500	23,0	33,500	15,6	33,500	8,2	33,500	12,2	33,500	11,5
33,600	39,3	33,600	36,8	33,600	-16,9	33,600	-2,8	33,600	-10,4	33,600	34,6
33,700	39,0	33,700	-31,9	33,700	43,3	33,700	10,0	33,700	0,9	33,700	36,9
33,800	123,5	33,800	-34,2	33,800	-31,1	33,800	-6,4	33,800	10,3	33,800	-11,2
33,900	94,5	33,900	-52,6	33,900	18,2	33,900	2,1	33,900	-17,3	33,900	-32,9
34,000	48,2	34,000	-70,1	34,000	-0,5	34,000	-0,3	34,000	15,7	34,000	-30,2
34,100	23,8	34,100	-13,7	34,100	-32,4	34,100	-8,9	34,100	-18,9	34,100	1,2
34,200	-98,2	34,200	-22,3	34,200	26,3	34,200	3,4	34,200	3,3	34,200	36,5
34,300	-91,3	34,300	33,4	34,300	-46,0	34,300	-10,9	34,300	4,2	34,300	19,4
34,400	-128,3	34,400	47,8	34,400	7,4	34,400	-2,3	34,400	-10,4	34,400	-10,5
34,500	-103,9	34,500	29,3	34,500	-8,3	34,500	-2,8	34,500	15,9	34,500	-39,2
34,600	-7,2	34,600	50,5	34,600	-34,0	34,600	-11,0	34,600	-13,0	34,600	-35,9
34,700	-0,1	34,700	-14,8	34,700	28,6	34,700	3,3	34,700	2,3	34,700	10,9
34,800	101,1	34,800	-12,0	34,800	-40,2	34,800	-10,0	34,800	4,5	34,800	28,1
34,900	83,0	34,900	-33,0	34,900	17,9	34,900	1,6	34,900	-10,3	34,900	29,1
35,000	57,5	35,000	-48,8	35,000	2,8	35,000	3,0	35,000	17,6	35,000	-8,5
35,100	43,7	35,100	4,5	35,100	-19,4	35,100	-2,7	35,100	-8,3	35,100	-37,4
35,200	-65,0	35,200	-6,3	35,200	43,3	35,200	12,4	35,200	2,4	35,200	-17,8
35,300	-50,2	35,300	47,9	35,300	-25,7	35,300	-2,3	35,300	7,3	35,300	8,9
35,400	-85,8	35,400	56,1	35,400	32,6	35,400	7,8	35,400	-15,3	35,400	43,9
35,500	-58,3	35,500	34,2	35,500	12,9	35,500	5,6	35,500	21,5	35,500	30,4
35,600	33,0	35,600	47,4	35,600	-10,6	35,600	-0,9	35,600	-12,5	35,600	-9,4
35,700	37,3	35,700	-24,4	35,700	46,2	35,700	12,1	35,700	8,8	35,700	-27,8
35,800	132,1	35,800	-27,2	35,800	-27,3	35,800	-2,4	35,800	0,8	35,800	-26,7
35,900	105,0	35,900	-54,1	35,900	26,9	35,900	6,1	35,900	-14,2	35,900	16,2
36,000	70,3	36,000	-71,7	36,000	1,7	36,000	2,8	36,000	12,0	36,000	38,5
36,100	43,7	36,100	-18,8	36,100	-23,6	36,100	-6,3	36,100	-12,5	36,100	20,5
36,200	-80,2	36,200	-29,3	36,200	30,7	36,200	5,5	36,200	5,3	36,200	-8,2
36,300	-75,8	36,300	31,1	36,300	-43,6	36,300	-10,9	36,300	3,8	36,300	-46,0
36,400	-128,3	36,400	41,0	36,400	13,0	36,400	-1,6	36,400	-14,6	36,400	-25,1
36,500	-104,0	36,500	28,1	36,500	-12,5	36,500	-4,9	36,500	11,9	36,500	7,2
36,600	-21,0	36,600	45,9	36,600	-32,8	36,600	-11,3	36,600	-13,2	36,600	29,3
36,700	-12,2	36,700	-18,7	36,700	23,8	36,700	2,8	36,700	4,9	36,700	24,3
36,800	89,4	36,800	-14,4	36,800	-46,1	36,800	-10,5	36,800	8,5	36,800	-21,9
36,900	72,5	36,900	-37,9	36,900	16,0	36,900	1,7	36,900	-14,1	36,900	-36,5
37,000	54,5	37,000	-50,1	37,000	-6,9	37,000	-0,6	37,000	17,6	37,000	-25,1
37,100	40,3	37,100	3,0	37,100	-21,7	37,100	-6,2	37,100	-18,0	37,100	10,3
37,200	-68,9	37,200	-7,9	37,200	36,4	37,200	7,1	37,200	9,3	37,200	42,4
37,300	-53,5	37,300	50,9	37,300	-31,4	37,300	-5,9	37,300	4,1	37,300	19,3
37,400	-98,8	37,400	56,1	37,400	32,0	37,400	6,9	37,400	-5,5	37,400	-8,7
37,500	-66,9	37,500	40,1	37,500	7,0	37,500	6,0	37,500	16,7	37,500	-33,0
37,600	19,9	37,600	53,6	37,600	-7,8	37,600	1,1	37,600	-12,0	37,600	-20,6
37,700	29,9	37,700	-17,2	37,700	46,5	37,700	14,0	37,700	4,4	37,700	26,3
37,800	134,7	37,800	-15,8	37,800	-25,2	37,800	-1,7	37,800	3,6	37,800	36,4
37,900	110,0	37,900	-48,9	37,900	35,2	37,900	8,5	37,900	-10,7	37,900	29,9



38,000	91,1	38,000	-64,4	38,000	3,5	38,000	3,4	38,000	16,7	38,000	-14,2
38,100	61,7	38,100	-19,3	38,100	-13,8	38,100	-3,5	38,100	-13,7	38,100	-38,2
38,200	-57,4	38,200	-33,0	38,200	35,0	38,200	7,2	38,200	2,4	38,200	-16,6
38,300	-58,7	38,300	25,4	38,300	-39,4	38,300	-8,9	38,300	1,2	38,300	10,5
38,400	-120,5	38,400	31,9	38,400	20,0	38,400	1,6	38,400	-15,6	38,400	38,4
38,500	-100,9	38,500	23,1	38,500	-13,6	38,500	-2,9	38,500	19,0	38,500	17,1
38,600	-26,2	38,600	42,9	38,600	-27,7	38,600	-8,3	38,600	-15,9	38,600	-23,9
38,700	-20,4	38,700	-20,2	38,700	22,4	38,700	3,2	38,700	9,8	38,700	-36,5
38,800	85,3	38,800	-11,2	38,800	-48,3	38,800	-12,4	38,800	-3,1	38,800	-29,9
38,900	64,2	38,900	-40,9	38,900	15,7	38,900	-1,4	38,900	-11,5	38,900	16,9
39,000	56,0	39,000	-51,9	39,000	-15,6	39,000	-5,6	39,000	12,2	39,000	32,5
39,100	36,2	39,100	-4,9	39,100	-24,1	39,100	-8,9	39,100	-10,6	39,100	13,1
39,200	-71,9	39,200	-17,5	39,200	28,5	39,200	5,5	39,200	8,8	39,200	-15,2
39,300	-58,8	39,300	45,7	39,300	-38,5	39,300	-6,9	39,300	5,1	39,300	-43,5
39,400	-114,0	39,400	51,0	39,400	29,5	39,400	7,0	39,400	-11,4	39,400	-12,9
39,500	-78,4	39,500	46,6	39,500	-1,5	39,500	3,3	39,500	15,9	39,500	20,4
39,600	0,2	39,600	62,2	39,600	-7,0	39,600	-0,5	39,600	-12,7	39,600	39,3
39,700	18,1	39,700	-4,0	39,700	43,5	39,700	11,7	39,700	10,4	39,700	26,5
39,800	128,0	39,800	-2,4	39,800	-25,1	39,800	-2,7	39,800	6,2	39,800	-20,0
39,900	110,7	39,900	-41,9	39,900	40,1	39,900	9,7	39,900	-11,7	39,900	-29,6
40,000	103,7	40,000	-60,6	40,000	3,0	40,000	4,4	40,000	16,2	40,000	-13,6
40,100	78,3	40,100	-21,5	40,100	-5,8	40,100	-0,2	40,100	-20,0	40,100	21,2
40,200	-38,7	40,200	-38,9	40,200	38,5	40,200	10,5	40,200	10,3	40,200	45,5
40,300	-38,1	40,300	23,9	40,300	-34,0	40,300	-5,3	40,300	-0,9	40,300	12,7
40,400	-111,8	40,400	28,0	40,400	28,9	40,400	5,9	40,400	-6,0	40,400	-16,0
40,500	-90,1	40,500	27,4	40,500	-11,7	40,500	-1,5	40,500	11,9	40,500	-39,9
40,600	-28,1	40,600	45,1	40,600	-19,5	40,600	-7,1	40,600	-15,3	40,600	-20,7
40,700	-21,2	40,700	-18,7	40,700	23,3	40,700	2,1	40,700	2,9	40,700	22,3
40,800	84,3	40,800	-11,4	40,800	-47,8	40,800	-13,4	40,800	0,9	40,800	27,2
40,900	60,9	40,900	-49,8	40,900	17,6	40,900	-0,8	40,900	-11,0	40,900	14,9
41,000	61,7	41,000	-59,5	41,000	-22,0	41,000	-5,4	41,000	17,2	41,000	-28,3
41,100	36,1	41,100	-17,0	41,100	-24,2	41,100	-7,8	41,100	-16,0	41,100	-43,0
41,200	-69,1	41,200	-26,0	41,200	21,5	41,200	4,0	41,200	7,0	41,200	-14,0
41,300	-62,7	41,300	42,0	41,300	-44,4	41,300	-10,5	41,300	-0,4	41,300	15,1
41,400	-126,4	41,400	49,6	41,400	26,2	41,400	3,1	41,400	-9,9	41,400	39,4
41,500	-94,2	41,500	51,4	41,500	-11,0	41,500	-1,9	41,500	20,7	41,500	12,9
41,600	-21,4	41,600	67,8	41,600	-8,5	41,600	-2,8	41,600	-13,7	41,600	-24,7
41,700	-2,4	41,700	0,9	41,700	37,2	41,700	9,9	41,700	14,2	41,700	-29,5
41,800	117,2	41,800	5,6	41,800	-28,4	41,800	-3,2	41,800	-3,5	41,800	-15,8
41,900	101,7	41,900	-40,2	41,900	41,2	41,900	10,9	41,900	-6,8	41,900	33,3
42,000	113,2	42,000	-53,8	42,000	-0,4	42,000	4,6	42,000	12,5	42,000	40,0
42,100	86,9	42,100	-19,2	42,100	0,5	42,100	2,4	42,100	-10,0	42,100	16,6
42,200	-20,8	42,200	-35,1	42,200	40,5	42,200	11,9	42,200	8,9	42,200	-15,8
42,300	-22,1	42,300	28,4	42,300	-28,6	42,300	-3,7	42,300	1,9	42,300	-38,6
42,400	-102,1	42,400	28,1	42,400	37,3	42,400	7,4	42,400	-13,5	42,400	-5,8
42,500	-80,1	42,500	30,4	42,500	-9,6	42,500	-0,8	42,500	14,3	42,500	24,0

42,600	-28,1	42,600	43,4	42,600	-10,3	42,600	-4,5	42,600	-17,6	42,600	34,7
42,700	-18,3	42,700	-19,7	42,700	25,8	42,700	5,5	42,700	11,6	42,700	14,4
42,800	87,3	42,800	-12,2	42,800	-44,0	42,800	-9,8	42,800	-0,6	42,800	-32,9
42,900	65,5	42,900	-53,5	42,900	22,6	42,900	3,0	42,900	-10,9	42,900	-35,5
43,000	72,3	43,000	-61,6	43,000	-24,7	43,000	-6,0	43,000	12,2	43,000	-16,4
43,100	44,2	43,100	-22,5	43,100	-20,9	43,100	-8,8	43,100	-21,0	43,100	19,2
43,200	-64,0	43,200	-34,5	43,200	16,8	43,200	0,1	43,200	11,8	43,200	36,0
43,300	-60,5	43,300	35,6	43,300	-48,2	43,300	-13,7	43,300	-2,6	43,300	-0,7
43,400	-139,3	43,400	38,1	43,400	23,2	43,400	1,4	43,400	-2,7	43,400	-25,1
43,500	-104,9	43,500	48,6	43,500	-20,9	43,500	-4,2	43,500	12,4	43,500	-41,3
43,600	-46,0	43,600	64,8	43,600	-11,0	43,600	-3,3	43,600	-12,7	43,600	-11,0
43,700	-20,7	43,700	5,4	43,700	28,5	43,700	7,6	43,700	7,2	43,700	31,2
43,800	99,4	43,800	14,3	43,800	-33,2	43,800	-5,1	43,800	3,2	43,800	33,2
43,900	89,5	43,900	-32,7	43,900	39,8	43,900	9,2	43,900	-7,5	43,900	16,0
44,000	113,0	44,000	-44,1	44,000	-5,9	44,000	2,6	44,000	20,1	44,000	-25,3
44,100	89,2	44,100	-15,8	44,100	4,0	44,100	1,4	44,100	-17,4	44,100	-33,2
44,200	-10,3	44,200	-34,2	44,200	39,1	44,200	11,3	44,200	11,5	44,200	0,6
44,300	-11,1	44,300	28,1	44,300	-26,0	44,300	-3,8	44,300	-4,6	44,300	26,5
44,400	-95,0	44,400	25,5	44,400	43,2	44,400	10,8	44,400	-6,2	44,400	44,5
44,500	-71,8	44,500	33,5	44,500	-8,5	44,500	1,9	44,500	16,9	44,500	8,7
44,600	-25,8	44,600	47,9	44,600	-0,3	44,600	1,5	44,600	-15,1	44,600	-26,7
44,700	-15,3	44,700	-13,3	44,700	29,4	44,700	8,4	44,700	12,0	44,700	-29,7
44,800	94,8	44,800	-3,2	44,800	-37,4	44,800	-7,7	44,800	-8,4	44,800	-12,5
44,900	69,5	44,900	-53,8	44,900	29,7	44,900	3,3	44,900	-8,0	44,900	32,1
45,000	89,2	45,000	-61,8	45,000	-24,5	45,000	-6,9	45,000	9,2	45,000	28,9
45,100	52,9	45,100	-34,0	45,100	-14,9	45,100	-7,9	45,100	-12,4	45,100	1,2
45,200	-48,6	45,200	-46,5	45,200	14,4	45,200	0,9	45,200	8,3	45,200	-30,7
45,300	-54,4	45,300	23,1	45,300	-49,1	45,300	-12,4	45,300	-0,8	45,300	-44,5
45,400	-140,7	45,400	27,3	45,400	22,0	45,400	1,8	45,400	-12,7	45,400	-5,4
45,500	-112,8	45,500	46,3	45,500	-28,8	45,500	-6,3	45,500	15,9	45,500	24,0
45,600	-65,4	45,600	65,2	45,600	-12,4	45,600	-6,0	45,600	-17,9	45,600	30,3
45,700	-41,5	45,700	10,1	45,700	20,2	45,700	4,0	45,700	17,8	45,700	6,8
45,800	79,7	45,800	20,9	45,800	-38,4	45,800	-9,4	45,800	-3,0	45,800	-36,9
45,900	71,9	45,900	-31,1	45,900	36,2	45,900	7,1	45,900	-4,0	45,900	-28,7
46,000	108,1	46,000	-41,5	46,000	-14,7	46,000	-1,6	46,000	11,8	46,000	-5,3
46,100	86,7	46,100	-17,9	46,100	4,1	46,100	1,5	46,100	-16,3	46,100	33,0
46,200	-5,6	46,200	-35,8	46,200	33,6	46,200	10,2	46,200	14,6	46,200	41,6
46,300	-3,5	46,300	31,2	46,300	-25,4	46,300	-1,5	46,300	-1,8	46,300	2,7
46,400	-94,7	46,400	27,1	46,400	46,4	46,400	12,6	46,400	-1,1	46,400	-20,7
46,500	-65,4	46,500	44,4	46,500	-8,4	46,500	3,2	46,500	11,4	46,500	-31,9
46,600	-31,4	46,600	54,7	46,600	8,1	46,600	2,3	46,600	-14,6	46,600	1,4
46,700	-12,0	46,700	-3,8	46,700	32,0	46,700	8,5	46,700	7,5	46,700	37,4
46,800	96,3	46,800	2,1	46,800	-30,9	46,800	-6,7	46,800	-0,8	46,800	30,2
46,900	78,3	46,900	-54,0	46,900	37,1	46,900	7,0	46,900	-8,4	46,900	6,8
47,000	105,6	47,000	-63,5	47,000	-22,5	47,000	-3,3	47,000	17,0	47,000	-34,6
47,100	70,6	47,100	-40,8	47,100	-6,3	47,100	-3,0	47,100	-22,4	47,100	-35,7

47,200	-29,6	47,200	-54,1	47,200	14,8	47,200	3,3	47,200	12,3	47,200	0,2
47,300	-39,5	47,300	17,3	47,300	-46,3	47,300	-12,5	47,300	-11,2	47,300	22,3
47,400	-138,6	47,400	18,7	47,400	24,0	47,400	1,5	47,400	-2,8	47,400	33,8
47,500	-114,2	47,500	43,4	47,500	-33,7	47,500	-9,9	47,500	12,4	47,500	-8,4
47,600	-81,2	47,600	60,1	47,600	-11,2	47,600	-6,6	47,600	-13,2	47,600	-37,0
47,700	-57,6	47,700	7,5	47,700	12,2	47,700	0,3	47,700	11,9	47,700	-33,8
47,800	63,1	47,800	21,0	47,800	-42,9	47,800	-10,6	47,800	-6,9	47,800	-7,5
47,900	54,2	47,900	-34,3	47,900	30,9	47,900	4,5	47,900	-4,6	47,900	36,0
48,000	103,2	48,000	-38,2	48,000	-23,9	48,000	-3,0	48,000	12,8	48,000	28,9
48,100	77,4	48,100	-19,6	48,100	2,5	48,100	0,1	48,100	-10,7	48,100	0,0
48,200	-3,1	48,200	-33,1	48,200	26,5	48,200	8,9	48,200	13,2	48,200	-27,6
48,300	-5,9	48,300	33,1	48,300	-27,4	48,300	-4,3	48,300	-1,7	48,300	-33,6
48,400	-96,3	48,400	28,9	48,400	46,2	48,400	11,0	48,400	-8,5	48,400	10,5
48,500	-68,4	48,500	49,6	48,500	-12,0	48,500	0,1	48,500	16,5	48,500	34,6
48,600	-37,7	48,600	59,4	48,600	13,7	48,600	3,5	48,600	-17,9	48,600	35,4
48,700	-16,0	48,700	2,7	48,700	31,7	48,700	10,7	48,700	20,8	48,700	5,7
48,800	98,2	48,800	11,5	48,800	-25,0	48,800	-2,2	48,800	-8,3	48,800	-35,1
48,900	81,8	48,900	-49,3	48,900	44,1	48,900	12,1	48,900	-1,5	48,900	-21,4
49,000	123,3	49,000	-56,2	49,000	-19,6	49,000	-1,5	49,000	5,5	49,000	1,4
49,100	85,6	49,100	-41,9	49,100	4,1	49,100	-0,2	49,100	-16,4	49,100	35,5
49,200	-6,9	49,200	-57,4	49,200	16,9	49,200	2,5	49,200	10,7	49,200	31,5
49,300	-21,3	49,300	10,8	49,300	-40,1	49,300	-10,7	49,300	-4,6	49,300	-11,2
49,400	-128,8	49,400	7,0	49,400	27,9	49,400	2,1	49,400	-4,1	49,400	-33,5
49,500	-106,5	49,500	37,5	49,500	-35,2	49,500	-8,2	49,500	9,7	49,500	-37,5
49,600	-90,1	49,600	51,7	49,600	-8,1	49,600	-6,1	49,600	-17,9	49,600	0,0
49,700	-65,3	49,700	6,3	49,700	7,0	49,700	0,8	49,700	10,6	49,700	33,5
49,800	46,9	49,800	21,1	49,800	-45,3	49,800	-12,4	49,800	-3,7	49,800	20,4
49,900	41,0	49,900	-33,9	49,900	27,8	49,900	4,1	49,900	-3,8	49,900	-3,3
50,000	94,4	50,000	-36,7	50,000	-32,5	50,000	-7,5	50,000	16,3	50,000	-41,3
50,100	71,0	50,100	-22,3	50,100	1,0	50,100	-2,3	50,100	-20,4	50,100	-30,7
50,200	-5,7	50,200	-37,5	50,200	16,8	50,200	3,3	50,200	16,8	50,200	8,1
50,300	-6,5	50,300	30,1	50,300	-31,4	50,300	-7,3	50,300	-11,4	50,300	30,4
50,400	-104,8	50,400	23,5	50,400	42,3	50,400	9,5	50,400	4,5	50,400	36,7
50,500	-72,4	50,500	53,9	50,500	-18,1	50,500	0,0	50,500	11,6	50,500	-7,3
50,600	-53,2	50,600	63,8	50,600	16,4	50,600	6,3	50,600	-8,9	50,600	-29,3
50,700	-23,6	50,700	14,8	50,700	28,8	50,700	10,9	50,700	11,7	50,700	-21,1
50,800	90,6	50,800	24,7	50,800	-20,9	50,800	-1,2	50,800	-6,2	50,800	8,3
50,900	81,1	50,900	-40,2	50,900	48,3	50,900	11,1	50,900	-5,0	50,900	44,7
51,000	135,8	51,000	-47,4	51,000	-17,4	51,000	-1,0	51,000	12,8	51,000	28,1
51,100	99,1	51,100	-43,6	51,100	13,4	51,100	1,5	51,100	-15,0	51,100	-5,7
51,200	18,0	51,200	-60,6	51,200	19,8	51,200	6,6	51,200	14,1	51,200	-31,6
51,300	-1,4	51,300	3,7	51,300	-32,9	51,300	-7,5	51,300	-9,4	51,300	-32,7
51,400	-112,1	51,400	-0,7	51,400	34,1	51,400	7,3	51,400	-7,1	51,400	13,7
51,500	-96,5	51,500	34,4	51,500	-34,3	51,500	-7,7	51,500	11,0	51,500	29,5
51,600	-90,8	51,600	49,3	51,600	-0,8	51,600	-2,9	51,600	-18,7	51,600	24,9
51,700	-70,8	51,700	6,6	51,700	4,5	51,700	-0,9	51,700	19,6	51,700	-11,5

51,800	40,1	51,800	23,0	51,800	-43,4	51,800	-12,4	51,800	-12,3	51,800	-45,8
51,900	29,8	51,900	-38,4	51,900	25,8	51,900	1,3	51,900	0,8	51,900	-25,9
52,000	94,2	52,000	-38,7	52,000	-39,1	52,000	-10,5	52,000	3,0	52,000	1,2
52,100	63,5	52,100	-32,6	52,100	-0,5	52,100	-4,3	52,100	-12,6	52,100	34,0
52,200	-3,5	52,200	-44,4	52,200	7,3	52,200	1,2	52,200	12,4	52,200	25,1
52,300	-11,8	52,300	23,7	52,300	-35,5	52,300	-7,6	52,300	-1,9	52,300	-16,1
52,400	-112,4	52,400	19,8	52,400	37,1	52,400	8,4	52,400	-1,6	52,400	-31,3
52,500	-81,9	52,500	58,7	52,500	-25,7	52,500	-2,3	52,500	13,1	52,500	-27,2
52,600	-71,5	52,600	68,8	52,600	16,1	52,600	2,8	52,600	-17,6	52,600	14,7
52,700	-37,0	52,700	25,2	52,700	22,6	52,700	7,7	52,700	17,2	52,700	42,9
52,800	76,7	52,800	34,0	52,800	-20,3	52,800	-4,0	52,800	-6,5	52,800	23,5
52,900	74,9	52,900	-33,8	52,900	49,8	52,900	13,3	52,900	2,5	52,900	-1,5
53,000	140,6	53,000	-40,9	53,000	-17,9	53,000	-0,1	53,000	12,3	53,000	-36,9
53,100	109,5	53,100	-42,1	53,100	21,7	53,100	7,4	53,100	-18,8	53,100	-17,6
53,200	36,7	53,200	-59,6	53,200	20,7	53,200	7,9	53,200	15,1	53,200	18,2
53,300	19,8	53,300	5,2	53,300	-24,5	53,300	-3,4	53,300	-14,4	53,300	35,6
53,400	-97,8	53,400	-3,5	53,400	40,1	53,400	8,1	53,400	4,2	53,400	30,0
53,500	-79,5	53,500	37,0	53,500	-30,5	53,500	-5,6	53,500	6,4	53,500	-18,1
53,600	-90,1	53,600	45,4	53,600	7,9	53,600	-1,6	53,600	-11,2	53,600	-37,5
53,700	-65,7	53,700	6,5	53,700	4,9	53,700	0,2	53,700	8,4	53,700	-24,5
53,800	35,3	53,800	19,7	53,800	-39,1	53,800	-11,6	53,800	-9,0	53,800	6,0
53,900	27,6	53,900	-43,3	53,900	26,7	53,900	2,6	53,900	-5,6	53,900	38,1
54,000	94,8	54,000	-41,7	54,000	-42,6	54,000	-10,1	54,000	12,7	54,000	14,2
54,100	62,5	54,100	-39,7	54,100	0,8	54,100	-3,3	54,100	-17,1	54,100	-17,9
54,200	0,7	54,200	-49,1	54,200	-0,2	54,200	-0,1	54,200	17,9	54,200	-39,0
54,300	-12,3	54,300	18,3	54,300	-38,4	54,300	-11,2	54,300	-13,5	54,300	-30,6
54,400	-117,9	54,400	13,5	54,400	31,5	54,400	4,7	54,400	0,3	54,400	18,9
54,500	-91,2	54,500	56,8	54,500	-34,6	54,500	-9,0	54,500	9,0	54,500	30,5
54,600	-91,0	54,600	66,3	54,600	14,3	54,600	1,6	54,600	-12,1	54,600	23,9
54,700	-55,8	54,700	28,1	54,700	13,3	54,700	4,5	54,700	21,2	54,700	-13,7
54,800	58,6	54,800	41,3	54,800	-21,3	54,800	-1,6	54,800	-9,9	54,800	-37,7
54,900	59,5	54,900	-27,0	54,900	46,9	54,900	12,7	54,900	4,1	54,900	-11,6
55,000	141,2	55,000	-27,9	55,000	-20,4	55,000	0,8	55,000	3,7	55,000	17,7
55,100	109,7	55,100	-36,7	55,100	26,1	55,100	6,4	55,100	-11,0	55,100	43,9
55,200	54,1	55,200	-52,6	55,200	20,1	55,200	8,1	55,200	13,2	55,200	26,4
55,300	33,2	55,300	5,5	55,300	-18,1	55,300	-3,2	55,300	-4,4	55,300	-18,1
55,400	-80,7	55,400	-6,2	55,400	45,6	55,400	11,1	55,400	-2,3	55,400	-29,1
55,500	-66,1	55,500	35,6	55,500	-27,1	55,500	-3,9	55,500	10,1	55,500	-22,4
55,600	-84,5	55,600	42,3	55,600	17,7	55,600	3,0	55,600	-21,1	55,600	20,9
55,700	-61,0	55,700	8,2	55,700	6,5	55,700	2,9	55,700	17,9	55,700	38,9
55,800	36,2	55,800	23,0	55,800	-31,7	55,800	-8,0	55,800	-13,6	55,800	13,3
55,900	28,5	55,900	-41,7	55,900	30,3	55,900	5,7	55,900	5,1	55,900	-15,2
56,000	102,3	56,000	-39,1	56,000	-42,4	56,000	-10,5	56,000	4,4	56,000	-46,6
56,100	67,2	56,100	-45,7	56,100	5,4	56,100	-2,9	56,100	-17,0	56,100	-20,3
56,200	10,8	56,200	-57,5	56,200	-5,7	56,200	-4,7	56,200	12,0	56,200	14,3
56,300	-7,5	56,300	6,4	56,300	-38,5	56,300	-12,3	56,300	-13,4	56,300	29,0

56,400	-120,8	56,400	-0,9	56,400	26,2	56,400	1,8	56,400	5,7	56,400	18,1
56,500	-95,8	56,500	51,3	56,500	-41,5	56,500	-8,5	56,500	7,7	56,500	-27,1
56,600	-111,7	56,600	61,3	56,600	11,6	56,600	0,5	56,600	-9,6	56,600	-37,5
56,700	-71,6	56,700	34,7	56,700	3,8	56,700	3,6	56,700	12,4	56,700	-15,9
56,800	34,3	56,800	49,2	56,800	-24,7	56,800	-5,8	56,800	-8,4	56,800	16,9
56,900	43,3	56,900	-17,8	56,900	42,1	56,900	10,0	56,900	0,1	56,900	45,2
57,000	131,2	57,000	-19,3	57,000	-26,2	57,000	-4,2	57,000	13,9	57,000	14,1
57,100	106,2	57,100	-34,9	57,100	28,2	57,100	6,6	57,100	-15,0	57,100	-14,7
57,200	61,1	57,200	-52,0	57,200	15,7	57,200	7,0	57,200	21,2	57,200	-32,4
57,300	43,7	57,300	4,4	57,300	-13,7	57,300	-0,6	57,300	-16,7	57,300	-15,1
57,400	-70,5	57,400	-7,8	57,400	47,8	57,400	13,4	57,400	5,4	57,400	31,9
57,500	-53,3	57,500	41,1	57,500	-24,6	57,500	-1,6	57,500	3,7	57,500	36,5
57,600	-81,7	57,600	46,5	57,600	26,7	57,600	7,1	57,600	-9,6	57,600	21,8
57,700	-54,7	57,700	17,3	57,700	8,5	57,700	4,2	57,700	16,2	57,700	-19,9
57,800	37,8	57,800	29,7	57,800	-22,3	57,800	-4,8	57,800	-12,2	57,800	-39,7
57,900	31,9	57,900	-40,8	57,900	35,0	57,900	5,6	57,900	0,6	57,900	-11,0
58,000	113,6	58,000	-39,2	58,000	-39,2	58,000	-9,2	58,000	1,2	58,000	16,1
58,100	74,4	58,100	-55,9	58,100	11,7	58,100	-2,3	58,100	-14,1	58,100	35,7
58,200	28,5	58,200	-65,3	58,200	-7,5	58,200	-2,0	58,200	13,8	58,200	11,2
58,300	1,0	58,300	-4,6	58,300	-35,9	58,300	-11,0	58,300	-9,1	58,300	-32,0
58,400	-113,2	58,400	-9,1	58,400	24,3	58,400	4,3	58,400	0,1	58,400	-35,5
58,500	-97,4	58,500	47,7	58,500	-46,9	58,500	-11,8	58,500	7,0	58,500	-23,4
58,600	-124,2	58,600	57,8	58,600	10,9	58,600	-1,1	58,600	-19,0	58,600	23,3
58,700	-88,9	58,700	35,1	58,700	-6,2	58,700	-3,2	58,700	20,8	58,700	33,5
58,800	12,4	58,800	50,0	58,800	-27,3	58,800	-8,5	58,800	-13,8	58,800	7,4
58,900	21,4	58,900	-18,6	58,900	34,9	58,900	6,6	58,900	11,9	58,900	-20,1
59,000	120,0	59,000	-15,6	59,000	-32,9	59,000	-5,2	59,000	2,9	59,000	-40,9
59,100	95,5	59,100	-35,1	59,100	26,8	59,100	6,5	59,100	-10,6	59,100	-6,5
59,200	65,1	59,200	-47,1	59,200	8,4	59,200	5,7	59,200	12,6	59,200	28,7
59,300	46,6	59,300	8,3	59,300	-12,3	59,300	-0,3	59,300	-9,9	59,300	38,0
59,400	-64,9	59,400	-4,5	59,400	46,8	59,400	12,6	59,400	6,9	59,400	20,9
59,500	-46,5	59,500	47,8	59,500	-23,8	59,500	-1,2	59,500	8,2	59,500	-25,5
59,600	-83,7	59,600	48,0	59,600	33,4	59,600	7,4	59,600	-11,7	59,600	-29,8
59,700	-50,6	59,700	23,5	59,700	9,5	59,700	5,6	59,700	13,6	59,700	-6,4
59,800	35,6	59,800	32,7	59,800	-14,2	59,800	-3,6	59,800	-13,6	59,800	24,7
59,900	37,3	59,900	-37,1	59,900	40,2	59,900	10,2	59,900	2,6	59,900	44,2
60,000	123,5	60,000	-34,7	60,000	-35,1	60,000	-6,6	60,000	7,8	60,000	4,8
60,100	87,7	60,100	-56,0	60,100	21,1	60,100	4,4	60,100	-15,8	60,100	-23,0
60,200	47,9	60,200	-66,3	60,200	-7,4	60,200	-1,2	60,200	17,4	60,200	-38,9
60,300	18,1	60,300	-10,2	60,300	-28,9	60,300	-8,5	60,300	-21,4	60,300	-15,2
60,400	-102,4	60,400	-19,9	60,400	24,1	60,400	1,3	60,400	6,3	60,400	26,9
60,500	-90,0	60,500	39,3	60,500	-48,0	60,500	-13,4	60,500	-0,9	60,500	25,9
60,600	-133,7	60,600	45,3	60,600	11,7	60,600	-2,9	60,600	-7,0	60,600	6,3
60,700	-97,9	60,700	30,9	60,700	-13,4	60,700	-4,0	60,700	14,7	60,700	-32,0
60,800	-7,7	60,800	48,1	60,800	-29,0	60,800	-8,5	60,800	-10,6	60,800	-42,4
60,900	3,8	60,900	-16,6	60,900	27,9	60,900	5,6	60,900	2,6	60,900	-5,1

61,000	106,7	61,000	-8,7	61,000	-40,3	61,000	-7,9	61,000	4,0	61,000	21,7
61,100	82,2	61,100	-33,5	61,100	24,0	61,100	3,5	61,100	-12,0	61,100	38,8
61,200	63,8	61,200	-43,7	61,200	-0,7	61,200	2,0	61,200	19,2	61,200	8,3
61,300	42,9	61,300	5,7	61,300	-13,3	61,300	-3,5	61,300	-10,6	61,300	-29,8
61,400	-63,3	61,400	-7,5	61,400	42,9	61,400	11,4	61,400	6,8	61,400	-26,7
61,500	-46,2	61,500	48,0	61,500	-26,6	61,500	-3,6	61,500	4,4	61,500	-8,6
61,600	-87,9	61,600	49,4	61,600	37,1	61,600	9,9	61,600	-14,1	61,600	37,8
61,700	-53,1	61,700	32,3	61,700	7,0	61,700	5,4	61,700	20,4	61,700	38,8
61,800	31,5	61,800	44,2	61,800	-6,6	61,800	1,8	61,800	-14,5	61,800	8,8
61,900	36,3	61,900	-26,6	61,900	43,2	61,900	12,2	61,900	12,4	61,900	-20,8
62,000	133,1	62,000	-23,5	62,000	-29,6	62,000	-3,0	62,000	-2,2	62,000	-36,5
62,100	96,9	62,100	-55,9	62,100	29,8	62,100	5,1	62,100	-11,2	62,100	-0,8
62,200	71,1	62,200	-68,0	62,200	-5,1	62,200	-0,6	62,200	8,7	62,200	29,3
62,300	35,9	62,300	-20,0	62,300	-20,7	62,300	-7,9	62,300	-12,5	62,300	29,6
62,400	-83,0	62,400	-31,2	62,400	26,9	62,400	4,0	62,400	5,0	62,400	6,8
62,500	-77,0	62,500	31,9	62,500	-46,3	62,500	-11,1	62,500	5,1	62,500	-39,4
62,600	-133,5	62,600	37,7	62,600	16,0	62,600	0,8	62,600	-14,4	62,600	-34,3
62,700	-100,7	62,700	31,6	62,700	-18,2	62,700	-4,1	62,700	14,4	62,700	-8,8
62,800	-22,9	62,800	48,1	62,800	-28,0	62,800	-9,7	62,800	-17,4	62,800	23,6
62,900	-10,7	62,900	-16,0	62,900	22,4	62,900	2,5	62,900	8,1	62,900	34,8
63,000	93,4	63,000	-8,8	63,000	-46,1	63,000	-12,6	63,000	4,5	63,000	-6,6
63,100	70,6	63,100	-39,3	63,100	21,5	63,100	1,7	63,100	-10,2	63,100	-29,6
63,200	60,9	63,200	-48,1	63,200	-11,0	63,200	-2,6	63,200	17,5	63,200	-36,8
63,300	40,1	63,300	0,5	63,300	-15,3	63,300	-3,8	63,300	-18,3	63,300	-4,1
63,400	-66,1	63,400	-11,0	63,400	35,3	63,400	8,4	63,400	10,9	63,400	37,0
63,500	-48,2	63,500	52,2	63,500	-30,9	63,500	-3,3	63,500	0,6	63,500	31,6
63,600	-100,7	63,600	52,7	63,600	36,9	63,600	9,2	63,600	-3,0	63,600	8,9
63,700	-59,6	63,700	43,8	63,700	2,7	63,700	5,9	63,700	15,5	63,700	-27,5
63,800	17,9	63,800	53,0	63,800	-2,6	63,800	0,8	63,800	-10,6	63,800	-31,2
63,900	32,2	63,900	-18,1	63,900	44,2	63,900	12,3	63,900	3,9	63,900	9,0
64,000	135,8	64,000	-15,9	64,000	-26,6	64,000	-4,2	64,000	2,5	64,000	30,1
64,100	105,3	64,100	-55,1	64,100	37,9	64,100	8,3	64,100	-12,5	64,100	40,5
64,200	92,0	64,200	-65,8	64,200	-3,4	64,200	2,0	64,200	18,8	64,200	1,0
64,300	55,3	64,300	-22,7	64,300	-10,6	64,300	-1,8	64,300	-16,5	64,300	-32,9
64,400	-61,2	64,400	-34,1	64,400	30,7	64,400	8,2	64,400	7,8	64,400	-27,7
64,500	-60,5	64,500	29,8	64,500	-41,6	64,500	-8,9	64,500	-3,6	64,500	-6,2
64,600	-127,7	64,600	32,2	64,600	22,5	64,600	2,0	64,600	-12,8	64,600	34,3
64,700	-98,6	64,700	28,9	64,700	-19,9	64,700	-6,4	64,700	15,8	64,700	26,3
64,800	-30,4	64,800	43,6	64,800	-23,3	64,800	-9,4	64,800	-15,4	64,800	-7,7
64,900	-19,7	64,900	-20,9	64,900	19,2	64,900	0,8	64,900	11,9	64,900	-34,1
65,000	88,0	65,000	-10,1	65,000	-48,6	65,000	-12,2	65,000	-3,8	65,000	-41,2
65,100	61,0	65,100	-45,4	65,100	19,5	65,100	0,5	65,100	-9,3	65,100	1,6
65,200	62,0	65,200	-49,0	65,200	-19,8	65,200	-3,7	65,200	10,5	65,200	29,6
65,300	33,8	65,300	-4,5	65,300	-18,0	65,300	-6,3	65,300	-11,1	65,300	26,6
65,400	-68,3	65,400	-14,4	65,400	27,5	65,400	6,7	65,400	9,4	65,400	1,6
65,500	-55,3	65,500	51,0	65,500	-37,2	65,500	-7,7	65,500	5,5	65,500	-39,8

65,600	-113,9	65,600	50,3	65,600	34,8	65,600	7,3	65,600	-11,0	65,600	-24,4
65,700	-71,1	65,700	48,4	65,700	-5,3	65,700	0,8	65,700	17,5	65,700	3,5
65,800	1,0	65,800	58,0	65,800	-0,9	65,800	0,2	65,800	-17,0	65,800	36,6
65,900	21,5	65,900	-9,2	65,900	41,0	65,900	11,6	65,900	14,3	65,900	38,9
66,000	131,6	66,000	-4,3	66,000	-25,2	66,000	-1,5	66,000	1,3	66,000	-3,9
66,100	106,6	66,100	-47,5	66,100	43,1	66,100	12,3	66,100	-6,4	66,100	-25,0
66,200	106,8	66,200	-57,9	66,200	-2,9	66,200	4,3	66,200	13,6	66,200	-27,0
66,300	71,9	66,300	-21,3	66,300	-1,6	66,300	0,7	66,300	-19,2	66,300	6,5
66,400	-40,9	66,400	-37,2	66,400	34,1	66,400	8,0	66,400	9,1	66,400	40,8
66,500	-40,2	66,500	26,9	66,500	-35,4	66,500	-7,8	66,500	-3,0	66,500	24,6
66,600	-118,8	66,600	24,1	66,600	30,4	66,600	3,8	66,600	-5,0	66,600	-2,2
66,700	-88,2	66,700	28,0	66,700	-18,4	66,700	-3,3	66,700	12,5	66,700	-38,5
66,800	-34,1	66,800	40,8	66,800	-16,0	66,800	-6,3	66,800	-14,9	66,800	-33,8
66,900	-20,9	66,900	-19,9	66,900	19,1	66,900	3,6	66,900	4,2	66,900	7,5
67,000	84,0	67,000	-8,5	67,000	-48,6	67,000	-12,6	67,000	-1,2	67,000	25,1
67,100	57,2	67,100	-49,0	67,100	20,7	67,100	1,2	67,100	-11,3	67,100	29,5
67,200	65,0	67,200	-52,5	67,200	-26,9	67,200	-7,5	67,200	18,5	67,200	-14,3
67,300	33,3	67,300	-14,3	67,300	-17,9	67,300	-7,6	67,300	-17,8	67,300	-40,5
67,400	-67,3	67,400	-24,5	67,400	19,3	67,400	1,9	67,400	12,1	67,400	-28,5
67,500	-58,9	67,500	43,9	67,500	-42,6	67,500	-10,7	67,500	-5,3	67,500	0,2
67,600	-127,4	67,600	44,4	67,600	30,5	67,600	4,5	67,600	-5,9	67,600	38,8
67,700	-85,6	67,700	52,0	67,700	-14,5	67,700	-1,0	67,700	16,7	67,700	26,8
67,800	-21,3	67,800	64,6	67,800	-1,9	67,800	0,6	67,800	-11,3	67,800	-7,3
67,900	3,3	67,900	1,0	67,900	35,0	67,900	11,3	67,900	14,6	67,900	-27,8
68,000	121,2	68,000	8,7	68,000	-26,9	68,000	-2,2	68,000	-3,2	68,000	-28,5
68,100	100,2	68,100	-41,9	68,100	44,8	68,100	10,8	68,100	-7,2	68,100	18,4
68,200	117,9	68,200	-51,0	68,200	-5,0	68,200	2,2	68,200	11,7	68,200	38,2
68,300	82,0	68,300	-23,0	68,300	5,4	68,300	1,0	68,300	-12,3	68,300	29,7
68,400	-21,0	68,400	-38,6	68,400	36,3	68,400	10,5	68,400	11,1	68,400	-1,8
68,500	-24,1	68,500	26,1	68,500	-29,5	68,500	-4,3	68,500	0,7	68,500	-39,0
68,600	-107,8	68,600	22,8	68,600	38,6	68,600	9,8	68,600	-11,4	68,600	-18,7
68,700	-78,8	68,700	32,6	68,700	-16,4	68,700	-1,2	68,700	14,0	68,700	8,4
68,800	-33,6	68,800	43,6	68,800	-6,4	68,800	-2,5	68,800	-20,7	68,800	35,8
68,900	-19,3	68,900	-17,1	68,900	20,5	68,900	3,4	68,900	14,3	68,900	27,0
69,000	86,6	69,000	-7,5	69,000	-44,3	69,000	-11,6	69,000	-5,0	69,000	-19,1
69,100	59,5	69,100	-55,4	69,100	24,2	69,100	1,0	69,100	-5,5	69,100	-36,8
69,200	75,1	69,200	-58,9	69,200	-29,9	69,200	-8,2	69,200	9,4	69,200	-32,1
69,300	38,3	69,300	-25,7	69,300	-15,8	69,300	-8,2	69,300	-18,7	69,300	5,3
69,400	-62,3	69,400	-34,9	69,400	13,3	69,400	0,9	69,400	10,2	69,400	36,5
69,500	-59,5	69,500	38,1	69,500	-46,8	69,500	-11,7	69,500	-2,6	69,500	15,1
69,600	-140,2	69,600	38,1	69,600	26,8	69,600	4,1	69,600	-2,3	69,600	-9,6
69,700	-97,6	69,700	55,3	69,700	-24,2	69,700	-3,8	69,700	14,4	69,700	-41,5
69,800	-45,9	69,800	66,1	69,800	-4,0	69,800	-2,3	69,800	-14,1	69,800	-24,9
69,900	-14,5	69,900	6,9	69,900	26,5	69,900	6,5	69,900	9,7	69,900	17,2
70,000	103,7	70,000	14,4	70,000	-30,7	70,000	-6,6	70,000	-1,0	70,000	33,5
70,100	89,7	70,100	-38,9	70,100	43,5	70,100	9,7	70,100	-5,5	70,100	31,8

70,200	118,8	70,200	-45,5	70,200	-10,0	70,200	1,6	70,200	19,5	70,200	-12,5
70,300	86,3	70,300	-20,8	70,300	9,9	70,300	4,7	70,300	-17,2	70,300	-32,3
70,400	-9,0	70,400	-35,2	70,400	34,8	70,400	12,1	70,400	14,5	70,400	-14,8
70,500	-11,1	70,500	30,9	70,500	-25,2	70,500	-1,8	70,500	-8,9	70,500	14,3
70,600	-100,0	70,600	24,4	70,600	44,4	70,600	10,6	70,600	-3,6	70,600	45,6
70,700	-68,8	70,700	37,9	70,700	-14,1	70,700	-0,5	70,700	12,6	70,700	22,7
70,800	-32,4	70,800	45,0	70,800	3,5	70,800	-0,6	70,800	-12,9	70,800	-14,5
70,900	-15,0	70,900	-15,4	70,900	23,9	70,900	5,8	70,900	11,9	70,900	-33,2
71,000	92,1	71,000	-5,4	71,000	-37,9	71,000	-9,1	71,000	-7,5	71,000	-28,9
71,100	64,2	71,100	-59,0	71,100	30,3	71,100	4,5	71,100	-8,6	71,100	19,2
71,200	90,2	71,200	-59,2	71,200	-30,5	71,200	-6,9	71,200	9,5	71,200	30,6
71,300	46,4	71,300	-33,5	71,300	-10,5	71,300	-5,5	71,300	-15,2	71,300	17,8
71,400	-48,7	71,400	-41,5	71,400	9,7	71,400	0,8	71,400	12,1	71,400	-18,0
71,500	-55,4	71,500	29,5	71,500	-47,7	71,500	-12,9	71,500	-3,7	71,500	-47,1
71,600	-143,5	71,600	28,1	71,600	24,6	71,600	1,5	71,600	-8,7	71,600	-20,6
71,700	-107,3	71,700	50,1	71,700	-32,4	71,700	-9,0	71,700	13,5	71,700	9,6
71,800	-66,3	71,800	61,7	71,800	-5,5	71,800	-5,2	71,800	-18,4	71,800	34,3
71,900	-35,6	71,900	7,8	71,900	17,2	71,900	3,3	71,900	19,2	71,900	21,7
72,000	84,3	72,000	20,3	72,000	-35,2	72,000	-6,9	72,000	-4,9	72,000	-22,4
72,100	72,6	72,100	-34,3	72,100	39,3	72,100	9,7	72,100	0,4	72,100	-30,8
72,200	115,7	72,200	-36,7	72,200	-17,5	72,200	0,3	72,200	9,5	72,200	-19,6
72,300	84,0	72,300	-17,9	72,300	10,6	72,300	3,1	72,300	-15,2	72,300	21,6
72,400	-1,6	72,400	-33,3	72,400	30,3	72,400	9,4	72,400	12,6	72,400	45,1
72,500	-3,6	72,500	31,9	72,500	-23,5	72,500	-3,6	72,500	-2,5	72,500	17,5
72,600	-97,0	72,600	21,8	72,600	48,2	72,600	11,7	72,600	-0,9	72,600	-8,6
72,700	-62,1	72,700	42,8	72,700	-13,4	72,700	0,8	72,700	13,3	72,700	-37,4
72,800	-35,8	72,800	48,2	72,800	12,7	72,800	3,9	72,800	-16,5	72,800	-13,6
72,900	-10,7	72,900	-5,9	72,900	26,0	72,900	8,7	72,900	10,5	72,900	24,8
73,000	94,7	73,000	3,2	73,000	-30,6	73,000	-5,3	73,000	-6,2	73,000	34,9
73,100	72,9	73,100	-54,6	73,100	36,9	73,100	7,7	73,100	-5,1	73,100	22,9
73,200	106,0	73,200	-57,7	73,200	-28,4	73,200	-5,4	73,200	14,3	73,200	-24,3
73,300	62,3	73,300	-40,8	73,300	-2,2	73,300	-3,7	73,300	-20,4	73,300	-40,2
73,400	-31,0	73,400	-52,8	73,400	9,2	73,400	0,0	73,400	13,2	73,400	-18,1
73,500	-42,4	73,500	17,8	73,500	-45,0	73,500	-13,6	73,500	-13,5	73,500	10,5
73,600	-142,7	73,600	14,8	73,600	24,9	73,600	1,1	73,600	-1,1	73,600	37,8
73,700	-109,5	73,700	46,2	73,700	-37,7	73,700	-9,5	73,700	10,3	73,700	8,1
73,800	-84,1	73,800	58,9	73,800	-5,5	73,800	-4,1	73,800	-11,1	73,800	-24,6
73,900	-51,8	73,900	11,5	73,900	8,7	73,900	2,2	73,900	13,0	73,900	-37,5
74,000	65,4	74,000	25,5	74,000	-39,7	74,000	-9,4	74,000	-6,9	74,000	-23,2
74,100	55,3	74,100	-33,7	74,100	34,0	74,100	5,7	74,100	-4,9	74,100	26,2
74,200	109,6	74,200	-34,5	74,200	-26,5	74,200	-5,4	74,200	12,3	74,200	32,9
74,300	75,9	74,300	-23,2	74,300	9,8	74,300	0,4	74,300	-13,0	74,300	17,4
74,400	1,6	74,400	-35,2	74,400	23,1	74,400	7,1	74,400	17,3	74,400	-18,0
74,500	-4,0	74,500	31,0	74,500	-24,0	74,500	-2,9	74,500	-4,9	74,500	-37,9
74,600	-96,9	74,600	24,4	74,600	47,9	74,600	13,1	74,600	-3,7	74,600	-5,1
74,700	-62,8	74,700	52,2	74,700	-15,7	74,700	1,5	74,700	12,4	74,700	24,7



74,800	-41,1	74,800	57,8	74,800	18,8	74,800	5,9	74,800	-17,2	74,800	42,5
74,900	-13,2	74,900	4,6	74,900	26,4	74,900	9,5	74,900	19,9	74,900	21,3
75,000	96,6	75,000	12,2	75,000	-23,6	75,000	-3,5	75,000	-9,2	75,000	-25,3
75,100	77,3	75,100	-53,7	75,100	43,7	75,100	9,8	75,100	0,9	75,100	-29,0
75,200	124,3	75,200	-56,1	75,200	-24,8	75,200	-4,3	75,200	4,2	75,200	-16,7
75,300	77,4	75,300	-47,5	75,300	7,7	75,300	-0,6	75,300	-16,4	75,300	24,8
75,400	-7,4	75,400	-57,8	75,400	10,6	75,400	2,0	75,400	10,2	75,400	37,4
75,500	-25,8	75,500	12,3	75,500	-39,3	75,500	-9,9	75,500	-5,9	75,500	5,2
75,600	-133,4	75,600	7,9	75,600	27,7	75,600	4,1	75,600	-2,4	75,600	-22,5
75,700	-104,9	75,700	44,5	75,700	-39,9	75,700	-8,9	75,700	10,6	75,700	-45,2
75,800	-94,9	75,800	52,9	75,800	-2,7	75,800	-4,7	75,800	-18,9	75,800	-15,2
75,900	-61,9	75,900	9,3	75,900	2,3	75,900	-1,8	75,900	12,9	75,900	22,0
76,000	48,1	76,000	21,8	76,000	-41,7	76,000	-13,2	76,000	-8,6	76,000	27,8
76,100	41,3	76,100	-37,9	76,100	29,4	76,100	3,0	76,100	0,5	76,100	12,5
76,200	101,1	76,200	-35,3	76,200	-34,7	76,200	-7,6	76,200	13,7	76,200	-31,6
76,300	69,2	76,300	-25,3	76,300	7,7	76,300	0,5	76,300	-16,8	76,300	-36,5
76,400	0,0	76,400	-35,0	76,400	13,5	76,400	5,3	76,400	16,6	76,400	-7,2
76,500	-5,2	76,500	33,4	76,500	-27,3	76,500	-4,6	76,500	-12,6	76,500	22,9
76,600	-104,5	76,600	23,7	76,600	44,2	76,600	10,9	76,600	4,6	76,600	45,3
76,700	-66,3	76,700	57,9	76,700	-20,6	76,700	-1,4	76,700	10,1	76,700	8,7
76,800	-55,6	76,800	59,5	76,800	22,4	76,800	5,7	76,800	-8,3	76,800	-20,4
76,900	-18,2	76,900	12,4	76,900	24,1	76,900	8,5	76,900	13,4	76,900	-30,2
77,000	90,6	77,000	20,4	77,000	-18,3	77,000	-1,9	77,000	-7,7	77,000	-8,7
77,100	79,7	77,100	-46,2	77,100	48,1	77,100	12,0	77,100	-4,1	77,100	36,5
77,200	137,6	77,200	-46,4	77,200	-22,1	77,200	-1,2	77,200	11,0	77,200	35,4
77,300	91,9	77,300	-45,5	77,300	17,3	77,300	4,1	77,300	-16,0	77,300	12,5
77,400	16,7	77,400	-57,1	77,400	12,9	77,400	5,6	77,400	16,8	77,400	-24,7
77,500	-6,9	77,500	6,9	77,500	-31,5	77,500	-7,4	77,500	-12,3	77,500	-40,6
77,600	-118,0	77,600	-1,4	77,600	32,7	77,600	5,2	77,600	-3,0	77,600	-4,6
77,700	-95,6	77,700	37,3	77,700	-38,8	77,700	-10,5	77,700	6,5	77,700	20,3
77,800	-96,8	77,800	45,2	77,800	3,3	77,800	-4,2	77,800	-17,1	77,800	32,5
77,900	-67,6	77,900	6,4	77,900	-1,0	77,900	-2,3	77,900	18,7	77,900	4,4
78,000	39,3	78,000	23,1	78,000	-40,6	78,000	-11,4	78,000	-11,6	78,000	-37,9
78,100	29,0	78,100	-39,0	78,100	26,3	78,100	3,8	78,100	3,0	78,100	-33,4
78,200	98,6	78,200	-32,3	78,200	-41,7	78,200	-9,2	78,200	2,6	78,200	-15,0
78,300	59,9	78,300	-31,5	78,300	5,8	78,300	-1,7	78,300	-13,4	78,300	28,5
78,400	1,5	78,400	-39,7	78,400	3,5	78,400	0,2	78,400	12,7	78,400	33,7
78,500	-11,3	78,500	25,1	78,500	-30,7	78,500	-8,3	78,500	-4,1	78,500	0,8
78,600	-110,6	78,600	16,9	78,600	38,7	78,600	7,5	78,600	1,5	78,600	-24,4
78,700	-75,1	78,700	58,9	78,700	-27,2	78,700	-3,6	78,700	12,7	78,700	-37,2
78,800	-71,8	78,800	63,3	78,800	22,7	78,800	5,1	78,800	-17,2	78,800	-0,2
78,900	-30,2	78,900	24,6	78,900	18,3	78,900	8,3	78,900	18,1	78,900	35,9
79,000	77,9	79,000	33,8	79,000	-16,4	79,000	-1,0	79,000	-10,5	79,000	35,2
79,100	74,3	79,100	-35,4	79,100	49,4	79,100	14,4	79,100	5,9	79,100	15,2
79,200	143,6	79,200	-37,4	79,200	-21,3	79,200	-0,5	79,200	9,2	79,200	-30,2
79,300	103,0	79,300	-45,2	79,300	25,8	79,300	6,7	79,300	-15,8	79,300	-28,2

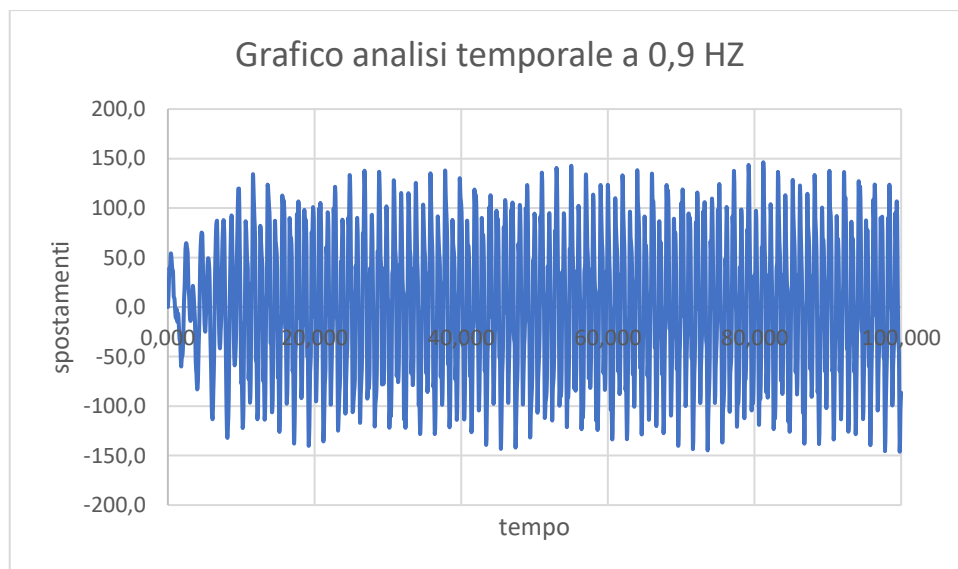
79,400	37,7	79,400	-59,6	79,400	14,5	79,400	5,0	79,400	13,9	79,400	0,4
79,500	15,0	79,500	2,7	79,500	-22,6	79,500	-5,5	79,500	-15,6	79,500	27,7
79,600	-102,1	79,600	-8,1	79,600	38,4	79,600	7,1	79,600	4,1	79,600	39,8
79,700	-79,1	79,700	38,5	79,700	-35,1	79,700	-6,9	79,700	5,7	79,700	-3,1
79,800	-97,3	79,800	42,8	79,800	11,5	79,800	0,7	79,800	-10,5	79,800	-30,1
79,900	-64,3	79,900	10,5	79,900	-1,8	79,900	0,3	79,900	10,6	79,900	-35,8
80,000	31,7	80,000	22,9	80,000	-36,6	80,000	-10,1	80,000	-11,3	80,000	-9,2
80,100	25,6	80,100	-42,1	80,100	25,6	80,100	2,2	80,100	-3,9	80,100	31,7
80,200	97,3	80,200	-37,2	80,200	-45,4	80,200	-12,4	80,200	9,9	80,200	24,0
80,300	58,6	80,300	-42,1	80,300	6,3	80,300	-4,1	80,300	-16,3	80,300	-1,7
80,400	4,9	80,400	-48,2	80,400	-4,6	80,400	-2,3	80,400	20,1	80,400	-34,7
80,500	-12,4	80,500	17,8	80,500	-33,4	80,500	-9,9	80,500	-14,8	80,500	-40,5
80,600	-117,0	80,600	12,0	80,600	32,3	80,600	6,6	80,600	4,0	80,600	3,5
80,700	-84,9	80,700	61,5	80,700	-35,6	80,700	-6,7	80,700	5,1	80,700	26,8
80,800	-92,2	80,800	65,7	80,800	20,6	80,800	4,7	80,800	-10,5	80,800	36,8
80,900	-48,2	80,900	31,7	80,900	9,4	80,900	4,8	80,900	20,1	80,900	3,0
81,000	60,2	81,000	41,4	81,000	-16,5	81,000	-1,6	81,000	-9,4	81,000	-32,8
81,100	61,8	81,100	-30,7	81,100	47,2	81,100	11,8	81,100	5,7	81,100	-22,9
81,200	146,3	81,200	-28,6	81,200	-22,4	81,200	-1,7	81,200	2,8	81,200	0,0
81,300	105,8	81,300	-43,8	81,300	31,2	81,300	6,9	81,300	-12,1	81,300	40,3
81,400	57,0	81,400	-53,7	81,400	14,3	81,400	6,8	81,400	13,7	81,400	36,6
81,500	28,7	81,500	4,0	81,500	-15,1	81,500	-1,4	81,500	-6,8	81,500	-0,7
81,600	-84,4	81,600	-6,9	81,600	43,2	81,600	12,1	81,600	1,3	81,600	-25,2
81,700	-66,6	81,700	40,2	81,700	-31,0	81,700	-3,7	81,700	8,3	81,700	-34,1
81,800	-91,5	81,800	41,2	81,800	20,7	81,800	3,3	81,800	-20,4	81,800	4,7
81,900	-59,8	81,900	10,4	81,900	-0,5	81,900	0,0	81,900	17,3	81,900	33,4
82,000	32,5	82,000	21,8	82,000	-29,2	82,000	-10,0	82,000	-16,6	82,000	24,2
82,100	26,0	82,100	-45,5	82,100	28,2	82,100	3,4	82,100	8,3	82,100	-0,6
82,200	103,9	82,200	-37,8	82,200	-45,3	82,200	-11,9	82,200	2,5	82,200	-43,9
82,300	60,9	82,300	-48,5	82,300	9,7	82,300	-1,0	82,300	-13,6	82,300	-31,7
82,400	13,4	82,400	-53,0	82,400	-11,0	82,400	-3,6	82,400	11,2	82,400	-1,2
82,500	-10,6	82,500	10,2	82,500	-34,1	82,500	-9,7	82,500	-14,3	82,500	27,0
82,600	-120,8	82,600	2,1	82,600	25,8	82,600	3,0	82,600	5,9	82,600	31,5
82,700	-91,0	82,700	57,2	82,700	-42,6	82,700	-9,5	82,700	7,0	82,700	-11,9
82,800	-112,6	82,800	59,0	82,800	17,8	82,800	0,8	82,800	-8,6	82,800	-33,4
82,900	-63,2	82,900	35,2	82,900	0,1	82,900	1,2	82,900	14,5	82,900	-30,1
83,000	36,5	83,000	45,6	83,000	-18,6	83,000	-5,1	83,000	-10,6	83,000	2,7
83,100	47,2	83,100	-22,1	83,100	42,2	83,100	10,5	83,100	2,3	83,100	42,4
83,200	136,6	83,200	-18,4	83,200	-26,9	83,200	-2,8	83,200	10,7	83,200	28,4
83,300	103,7	83,300	-37,5	83,300	33,4	83,300	9,5	83,300	-13,4	83,300	2,0
83,400	64,9	83,400	-48,7	83,400	10,5	83,400	7,6	83,400	22,0	83,400	-29,5
83,500	40,9	83,500	5,4	83,500	-9,7	83,500	0,4	83,500	-18,1	83,500	-27,9
83,600	-72,4	83,600	-9,4	83,600	45,7	83,600	12,2	83,600	7,6	83,600	16,2
83,700	-51,7	83,700	41,9	83,700	-27,3	83,700	-4,5	83,700	-0,5	83,700	32,6
83,800	-87,8	83,800	39,8	83,800	30,1	83,800	5,8	83,800	-8,3	83,800	34,7
83,900	-52,2	83,900	15,9	83,900	1,8	83,900	1,6	83,900	15,3	83,900	-6,6

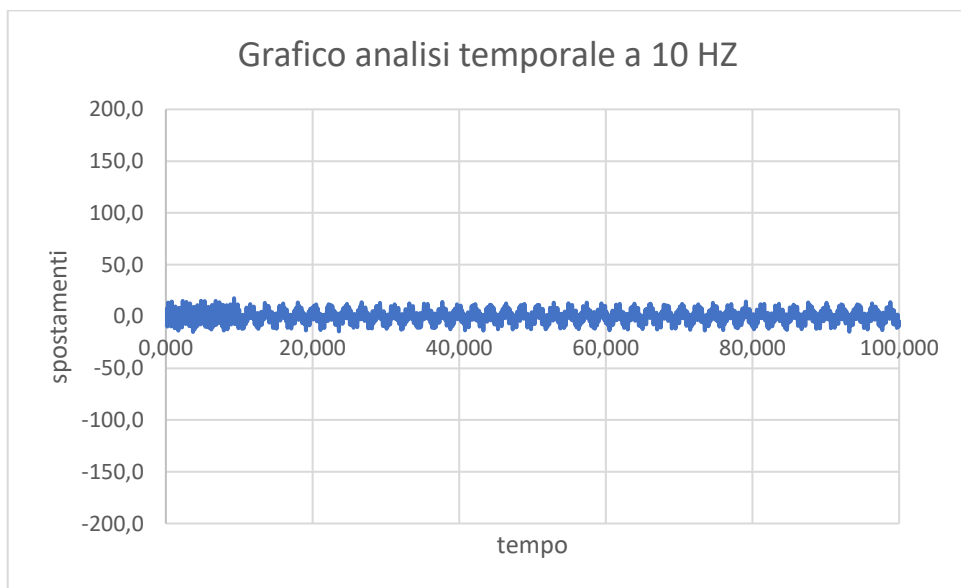
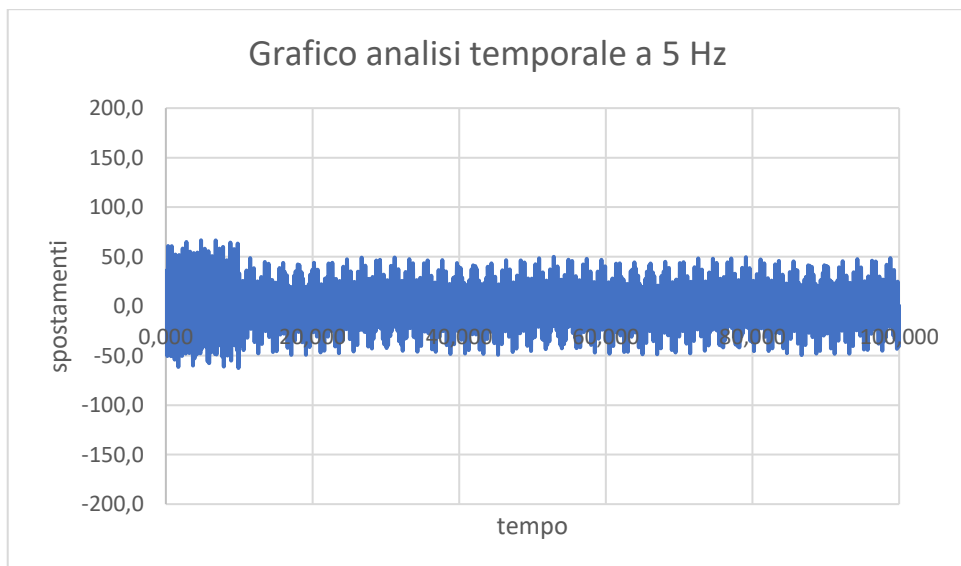
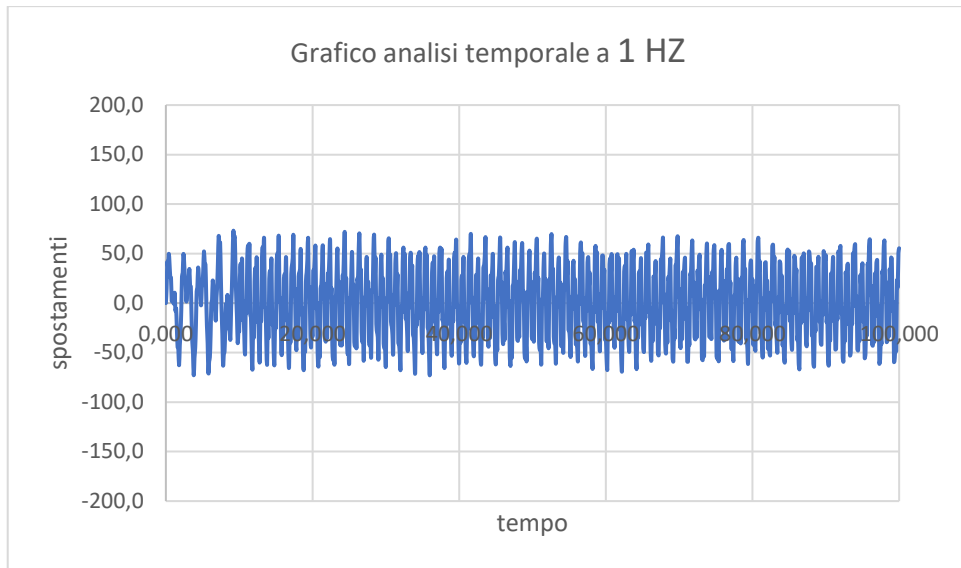
84,000	32,8	84,000	26,7	84,000	-19,6	84,000	-4,1	84,000	-11,4	84,000	-37,7
84,100	29,2	84,100	-42,0	84,100	31,8	84,100	6,7	84,100	2,3	84,100	-24,5
84,200	113,0	84,200	-34,3	84,200	-42,5	84,200	-8,5	84,200	0,1	84,200	0,9
84,300	67,1	84,300	-55,3	84,300	14,8	84,300	-0,6	84,300	-15,0	84,300	35,2
84,400	29,9	84,400	-59,6	84,400	-14,0	84,400	-4,0	84,400	14,0	84,400	23,3
84,500	-3,6	84,500	-3,3	84,500	-31,7	84,500	-11,8	84,500	-11,2	84,500	-16,9
84,600	-113,8	84,600	-10,0	84,600	22,8	84,600	2,1	84,600	4,3	84,600	-35,8
84,700	-94,5	84,700	49,2	84,700	-47,5	84,700	-13,0	84,700	5,2	84,700	-37,3
84,800	-126,0	84,800	54,1	84,800	16,4	84,800	0,2	84,800	-17,0	84,800	9,0
84,900	-82,0	84,900	37,5	84,900	-10,1	84,900	-2,4	84,900	20,0	84,900	33,5
85,000	13,8	85,000	51,3	85,000	-21,5	85,000	-5,4	85,000	-15,6	85,000	22,8
85,100	24,9	85,100	-17,4	85,100	34,4	85,100	8,7	85,100	14,7	85,100	-3,8
85,200	126,3	85,200	-10,6	85,200	-33,1	85,200	-4,6	85,200	0,9	85,200	-40,2
85,300	93,8	85,300	-37,7	85,300	32,4	85,300	7,6	85,300	-7,7	85,300	-19,3
85,400	71,7	85,400	-46,1	85,400	4,1	85,400	3,4	85,400	11,0	85,400	12,7
85,500	44,8	85,500	4,1	85,500	-6,8	85,500	-0,8	85,500	-11,0	85,500	38,3
85,600	-63,9	85,600	-9,3	85,600	45,2	85,600	11,3	85,600	7,1	85,600	34,2
85,700	-44,5	85,700	47,3	85,700	-25,2	85,700	-1,5	85,700	7,6	85,700	-11,2
85,800	-88,3	85,800	43,9	85,800	36,9	85,800	9,6	85,800	-10,7	85,800	-29,0
85,900	-47,6	85,900	26,4	85,900	2,9	85,900	6,0	85,900	15,1	85,900	-21,2
86,000	31,1	86,000	33,2	86,000	-11,1	86,000	-1,9	86,000	-16,5	86,000	11,4
86,100	35,6	86,100	-37,1	86,100	36,2	86,100	9,2	86,100	4,4	86,100	43,5
86,200	122,8	86,200	-32,8	86,200	-37,9	86,200	-9,1	86,200	3,8	86,200	18,2
86,300	80,6	86,300	-60,6	86,300	23,5	86,300	2,5	86,300	-13,3	86,300	-10,2
86,400	48,2	86,400	-66,2	86,400	-13,9	86,400	-4,4	86,400	17,8	86,400	-41,3
86,500	12,2	86,500	-12,0	86,500	-25,1	86,500	-8,6	86,500	-21,6	86,500	-30,4
86,600	-105,0	86,600	-20,2	86,600	21,3	86,600	1,9	86,600	8,5	86,600	13,4
86,700	-88,8	86,700	45,1	86,700	-49,4	86,700	-12,3	86,700	-4,3	86,700	26,9
86,800	-138,0	86,800	46,5	86,800	15,7	86,800	-0,1	86,800	-5,1	86,800	23,2
86,900	-91,6	86,900	37,7	86,900	-18,5	86,900	-4,2	86,900	13,8	86,900	-19,0
87,000	-8,6	87,000	49,1	87,000	-23,3	87,000	-7,5	87,000	-9,4	87,000	-42,3
87,100	8,1	87,100	-17,4	87,100	26,9	87,100	4,3	87,100	4,1	87,100	-21,0
87,200	111,9	87,200	-8,7	87,200	-39,3	87,200	-9,1	87,200	2,9	87,200	8,4
87,300	81,9	87,300	-39,1	87,300	29,6	87,300	3,9	87,300	-12,5	87,300	40,8
87,400	70,6	87,400	-43,1	87,400	-4,3	87,400	1,7	87,400	19,9	87,400	23,5
87,500	42,0	87,500	4,7	87,500	-7,1	87,500	-0,9	87,500	-12,4	87,500	-14,9
87,600	-61,1	87,600	-6,6	87,600	41,2	87,600	13,5	87,600	11,1	87,600	-27,7
87,700	-43,2	87,700	52,2	87,700	-26,9	87,700	-2,1	87,700	1,3	87,700	-23,1
87,800	-90,7	87,800	47,3	87,800	40,8	87,800	11,4	87,800	-12,2	87,800	25,5
87,900	-48,4	87,900	33,4	87,900	1,3	87,900	3,2	87,900	17,9	87,900	40,0
88,000	28,7	88,000	39,6	88,000	-2,4	88,000	0,4	88,000	-15,8	88,000	23,5
88,100	35,9	88,100	-32,2	88,100	39,6	88,100	9,5	88,100	14,5	88,100	-9,2
88,200	133,4	88,200	-25,0	88,200	-31,3	88,200	-4,7	88,200	-3,7	88,200	-40,5
88,300	89,5	88,300	-60,8	88,300	32,0	88,300	6,1	88,300	-8,5	88,300	-15,6
88,400	72,0	88,400	-63,9	88,400	-12,1	88,400	-0,8	88,400	6,9	88,400	15,4
88,500	27,9	88,500	-18,2	88,500	-17,4	88,500	-5,8	88,500	-13,4	88,500	33,9

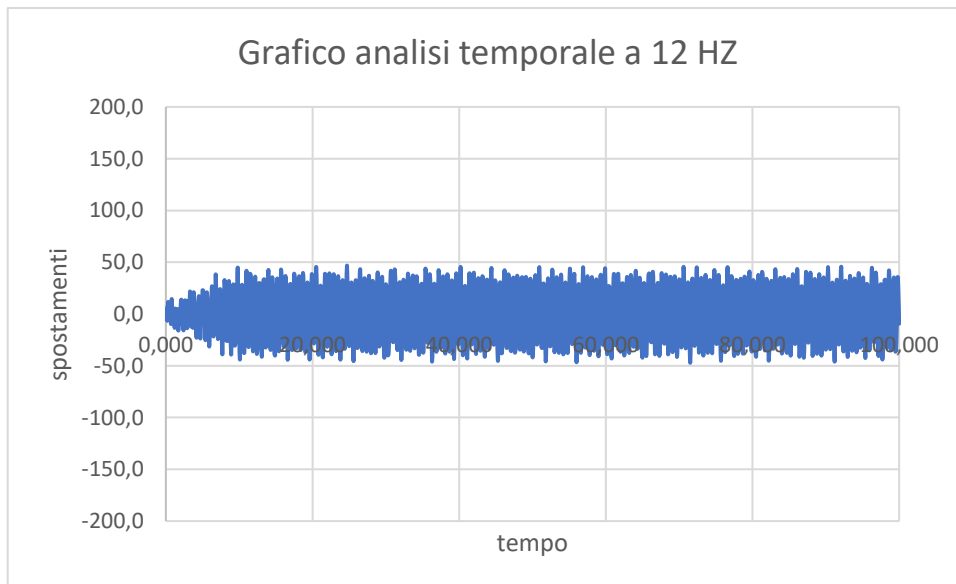
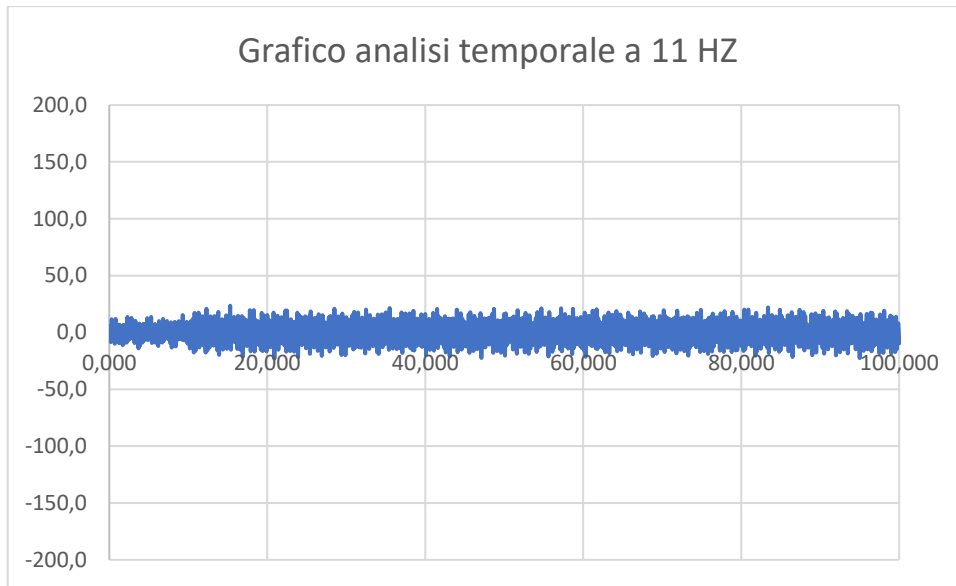
88,600	-85,5	88,600	-27,6	88,600	22,5	88,600	3,8	88,600	5,0	88,600	21,4
88,700	-78,9	88,700	36,6	88,700	-47,9	88,700	-12,0	88,700	4,6	88,700	-26,9
88,800	-138,4	88,800	35,7	88,800	18,8	88,800	-0,2	88,800	-13,2	88,800	-38,4
88,900	-96,8	88,900	32,9	88,900	-23,3	88,900	-6,7	88,900	16,0	88,900	-25,6
89,000	-24,6	89,000	45,2	89,000	-22,3	89,000	-10,0	89,000	-20,0	89,000	11,1
89,100	-7,6	89,100	-17,4	89,100	20,5	89,100	2,4	89,100	11,0	89,100	38,5
89,200	97,8	89,200	-5,5	89,200	-45,2	89,200	-11,6	89,200	0,5	89,200	9,7
89,300	69,3	89,300	-39,2	89,300	26,2	89,300	5,1	89,300	-6,3	89,300	-15,3
89,400	67,3	89,400	-41,8	89,400	-14,9	89,400	-1,5	89,400	16,8	89,400	-40,2
89,500	38,9	89,500	2,0	89,500	-8,8	89,500	-1,2	89,500	-17,7	89,500	-18,2
89,600	-63,1	89,600	-11,0	89,600	33,6	89,600	7,9	89,600	11,5	89,600	25,0
89,700	-43,9	89,700	52,5	89,700	-29,7	89,700	-4,6	89,700	-2,5	89,700	35,4
89,800	-102,1	89,800	45,7	89,800	41,3	89,800	8,4	89,800	-1,5	89,800	25,1
89,900	-52,2	89,900	42,8	89,900	-1,6	89,900	3,9	89,900	14,9	89,900	-17,1
90,000	15,8	90,000	48,4	90,000	2,9	90,000	2,2	90,000	-9,6	90,000	-34,4
90,100	34,8	90,100	-19,0	90,100	40,6	90,100	13,2	90,100	5,1	90,100	-7,4
90,200	135,8	90,200	-13,3	90,200	-27,6	90,200	-2,7	90,200	0,7	90,200	19,6
90,300	99,9	90,300	-56,4	90,300	39,5	90,300	9,7	90,300	-13,5	90,300	45,3
90,400	92,2	90,400	-62,7	90,400	-10,2	90,400	0,3	90,400	19,0	90,400	16,4
90,500	48,1	90,500	-24,9	90,500	-7,2	90,500	-3,0	90,500	-18,6	90,500	-22,7
90,600	-64,4	90,600	-36,7	90,600	26,0	90,600	5,3	90,600	12,3	90,600	-34,0
90,700	-62,3	90,700	29,7	90,700	-42,7	90,700	-11,4	90,700	-7,3	90,700	-24,2
90,800	-133,8	90,800	28,2	90,800	24,6	90,800	2,1	90,800	-9,5	90,800	23,6
90,900	-95,4	90,900	33,0	90,900	-25,8	90,900	-7,4	90,900	12,6	90,900	30,4
91,000	-34,6	91,000	45,1	91,000	-18,6	91,000	-6,8	91,000	-14,8	91,000	10,2
91,100	-18,3	91,100	-17,3	91,100	15,4	91,100	1,6	91,100	13,3	91,100	-23,4
91,200	89,7	91,200	-4,7	91,200	-48,1	91,200	-11,0	91,200	-4,3	91,200	-46,0
91,300	58,2	91,300	-46,8	91,300	23,1	91,300	1,2	91,300	-7,4	91,300	-14,2
91,400	68,3	91,400	-46,2	91,400	-23,5	91,400	-5,5	91,400	9,3	91,400	18,3
91,500	31,8	91,500	-7,9	91,500	-11,0	91,500	-6,7	91,500	-12,1	91,500	33,2
91,600	-63,4	91,600	-15,7	91,600	25,9	91,600	5,6	91,600	10,5	91,600	17,4
91,700	-51,7	91,700	52,1	91,700	-34,9	91,700	-7,2	91,700	5,1	91,700	-28,6
91,800	-113,4	91,800	48,7	91,800	39,2	91,800	10,1	91,800	-9,2	91,800	-29,4
91,900	-64,3	91,900	52,6	91,900	-9,2	91,900	2,3	91,900	18,5	91,900	-11,9
92,000	0,6	92,000	57,8	92,000	5,0	92,000	3,2	92,000	-20,1	92,000	27,9
92,100	24,5	92,100	-10,0	92,100	37,6	92,100	11,7	92,100	16,7	92,100	45,7
92,200	134,0	92,200	-4,8	92,200	-24,8	92,200	-2,8	92,200	-3,7	92,200	11,6
92,300	102,6	92,300	-54,6	92,300	45,4	92,300	11,1	92,300	-1,9	92,300	-15,2
92,400	110,0	92,400	-59,0	92,400	-8,5	92,400	0,9	92,400	11,4	92,400	-36,2
92,500	65,3	92,500	-26,0	92,500	2,9	92,500	0,9	92,500	-17,4	92,500	-9,4
92,600	-42,2	92,600	-37,5	92,600	29,0	92,600	7,0	92,600	8,4	92,600	29,8
92,700	-43,3	92,700	30,5	92,700	-36,2	92,700	-6,8	92,700	-4,9	92,700	32,2
92,800	-125,9	92,800	24,1	92,800	30,9	92,800	5,1	92,800	-4,5	92,800	14,4
92,900	-86,9	92,900	33,5	92,900	-25,0	92,900	-3,8	92,900	12,8	92,900	-29,7
93,000	-40,5	93,000	39,8	93,000	-12,2	93,000	-6,2	93,000	-14,9	93,000	-41,2
93,100	-19,8	93,100	-20,3	93,100	14,5	93,100	1,7	93,100	6,1	93,100	-10,2

93,200	83,9	93,200	-8,7	93,200	-48,0	93,200	-14,8	93,200	-3,6	93,200	15,1
93,300	55,1	93,300	-52,6	93,300	23,5	93,300	0,7	93,300	-10,7	93,300	36,9
93,400	69,2	93,400	-49,3	93,400	-30,9	93,400	-8,9	93,400	18,7	93,400	1,7
93,500	30,8	93,500	-13,2	93,500	-11,5	93,500	-5,1	93,500	-18,5	93,500	-30,4
93,600	-65,0	93,600	-20,6	93,600	16,5	93,600	3,6	93,600	16,7	93,600	-35,3
93,700	-56,1	93,700	49,6	93,700	-40,3	93,700	-8,2	93,700	-9,2	93,700	-15,2
93,800	-128,4	93,800	43,4	93,800	34,2	93,800	6,7	93,800	-2,4	93,800	32,1
93,900	-77,1	93,900	54,7	93,900	-17,9	93,900	-2,1	93,900	12,3	93,900	34,2
94,000	-21,5	94,000	59,6	94,000	5,0	94,000	0,7	94,000	-9,5	94,000	10,4
94,100	10,0	94,100	-2,5	94,100	32,3	94,100	9,1	94,100	14,7	94,100	-21,1
94,200	124,6	94,200	6,6	94,200	-24,4	94,200	-2,5	94,200	-2,4	94,200	-36,3
94,300	99,1	94,300	-46,4	94,300	47,5	94,300	11,7	94,300	-6,7	94,300	1,8
94,400	121,8	94,400	-47,9	94,400	-9,6	94,400	2,9	94,400	11,1	94,400	30,7
94,500	75,9	94,500	-23,8	94,500	9,9	94,500	3,2	94,500	-14,8	94,500	39,2
94,600	-21,7	94,600	-36,9	94,600	30,9	94,600	10,9	94,600	12,9	94,600	14,8
94,700	-27,5	94,700	27,3	94,700	-29,9	94,700	-5,2	94,700	-1,6	94,700	-32,0
94,800	-113,2	94,800	18,6	94,800	39,1	94,800	9,0	94,800	-8,6	94,800	-28,1
94,900	-77,4	94,900	32,4	94,900	-22,6	94,900	-5,0	94,900	13,2	94,900	-10,5
95,000	-38,8	95,000	39,3	95,000	-2,2	95,000	-3,3	95,000	-22,5	95,000	28,0
95,100	-19,2	95,100	-18,0	95,100	15,1	95,100	1,2	95,100	16,2	95,100	34,7
95,200	85,7	95,200	-4,6	95,200	-43,8	95,200	-11,2	95,200	-8,8	95,200	-2,6
95,300	53,8	95,300	-55,3	95,300	25,1	95,300	2,7	95,300	-0,4	95,300	-28,8
95,400	77,8	95,400	-51,7	95,400	-35,0	95,400	-7,5	95,400	6,9	95,400	-41,9
95,500	32,0	95,500	-24,8	95,500	-10,6	95,500	-5,9	95,500	-16,2	95,500	-9,5
95,600	-59,6	95,600	-32,3	95,600	9,4	95,600	0,1	95,600	8,5	95,600	28,7
95,700	-58,6	95,700	39,2	95,700	-44,2	95,700	-12,6	95,700	-3,2	95,700	25,3
95,800	-139,5	95,800	34,5	95,800	30,1	95,800	3,0	95,800	-2,3	95,800	6,3
95,900	-89,8	95,900	57,0	95,900	-26,6	95,900	-5,2	95,900	16,3	95,900	-35,0
96,000	-45,5	96,000	63,6	96,000	3,3	96,000	-0,7	96,000	-14,8	96,000	-34,1
96,100	-8,0	96,100	8,3	96,100	23,9	96,100	8,2	96,100	12,9	96,100	1,9
96,200	106,9	96,200	17,0	96,200	-27,9	96,200	-4,3	96,200	-5,2	96,200	28,3
96,300	89,4	96,300	-40,4	96,300	45,9	96,300	12,6	96,300	-3,5	96,300	43,9
96,400	123,8	96,400	-43,1	96,400	-14,2	96,400	0,7	96,400	17,4	96,400	3,1
96,500	82,9	96,500	-24,9	96,500	15,5	96,500	5,4	96,500	-16,6	96,500	-25,4
96,600	-7,3	96,600	-38,1	96,600	30,2	96,600	9,1	96,600	17,1	96,600	-27,1
96,700	-11,4	96,700	29,0	96,700	-23,4	96,700	-3,1	96,700	-12,2	96,700	-2,5
96,800	-104,5	96,800	19,1	96,800	45,1	96,800	9,5	96,800	-0,9	96,800	39,2
96,900	-66,1	96,900	40,6	96,900	-19,4	96,900	-1,4	96,900	8,4	96,900	32,6
97,000	-40,0	97,000	43,3	97,000	7,2	97,000	0,9	97,000	-10,8	97,000	2,5
97,100	-14,6	97,100	-12,7	97,100	17,5	97,100	6,1	97,100	11,4	97,100	-28,5
97,200	88,1	97,200	-3,2	97,200	-37,9	97,200	-8,4	97,200	-6,4	97,200	-39,5
97,300	59,6	97,300	-60,9	97,300	29,9	97,300	4,4	97,300	-9,1	97,300	2,3
97,400	91,3	97,400	-57,0	97,400	-35,8	97,400	-9,5	97,400	9,6	97,400	24,4
97,500	40,7	97,500	-36,5	97,500	-5,6	97,500	-6,8	97,500	-18,2	97,500	28,3
97,600	-47,5	97,600	-40,9	97,600	5,3	97,600	-1,4	97,600	15,8	97,600	-2,7
97,700	-56,1	97,700	31,9	97,700	-45,0	97,700	-13,2	97,700	-6,6	97,700	-42,7

97,800	-145,5	97,800	28,5	97,800	26,8	97,800	3,7	97,800	-3,6	97,800	-30,5
97,900	-101,9	97,900	56,6	97,900	-35,6	97,900	-7,9	97,900	10,9	97,900	-6,5
98,000	-67,7	98,000	62,5	98,000	1,0	98,000	-1,2	98,000	-18,0	98,000	32,5
98,100	-29,3	98,100	9,9	98,100	13,5	98,100	3,2	98,100	19,1	98,100	33,0
98,200	88,5	98,200	20,7	98,200	-31,4	98,200	-6,1	98,200	-7,1	98,200	-5,2
98,300	74,0	98,300	-39,5	98,300	41,8	98,300	8,7	98,300	4,2	98,300	-27,0
98,400	123,6	98,400	-36,5	98,400	-19,6	98,400	-1,2	98,400	7,7	98,400	-31,9
98,500	81,2	98,500	-23,0	98,500	17,3	98,500	3,4	98,500	-13,4	98,500	6,1
98,600	2,8	98,600	-32,8	98,600	26,6	98,600	9,4	98,600	11,0	98,600	41,1
98,700	-5,3	98,700	33,1	98,700	-21,0	98,700	-2,3	98,700	-3,3	98,700	30,4
98,800	-99,4	98,800	20,9	98,800	48,5	98,800	13,8	98,800	-1,1	98,800	7,9
98,900	-60,1	98,900	46,0	98,900	-18,5	98,900	0,6	98,900	14,8	98,900	-34,1
99,000	-40,7	99,000	44,8	99,000	16,6	99,000	4,8	99,000	-18,3	99,000	-25,7
99,100	-9,4	99,100	-7,8	99,100	19,7	99,100	6,3	99,100	13,7	99,100	7,7
99,200	92,9	99,200	0,7	99,200	-29,5	99,200	-7,5	99,200	-11,9	99,200	30,2
99,300	68,3	99,300	-59,7	99,300	36,5	99,300	5,9	99,300	-1,3	99,300	34,7
99,400	106,8	99,400	-55,4	99,400	-33,3	99,400	-8,0	99,400	10,7	99,400	-10,7
99,500	53,9	99,500	-41,6	99,500	2,1	99,500	-2,1	99,500	-17,2	99,500	-36,1
99,600	-31,9	99,600	-48,1	99,600	3,1	99,600	-0,1	99,600	13,8	99,600	-31,8
99,700	-46,0	99,700	22,8	99,700	-43,1	99,700	-11,1	99,700	-14,7	99,700	-3,5
99,800	-146,1	99,800	15,6	99,800	24,7	99,800	1,8	99,800	0,0	99,800	35,0
99,900	-104,7	99,900	50,8	99,900	-41,2	99,900	-10,1	99,900	7,7	99,900	21,1
100,000	-86,5	100,000	55,4	100,000	0,4	#####	-4,7	100,000	-9,6	100,000	-9,3







#### 4.4.2 Studio Analisi Time History Nodo 3

**Tabella analisi time history nodo 3 nelle diverse frequenze di sollecitazione:**

ANALISI TIME HISTORY NODO 3											
<u>0,9 HZ</u>		<u>1 HZ</u>		<u>5 HZ</u>		<u>10 HZ</u>		<u>11 HZ</u>		<u>12 HZ</u>	
t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]	t [s]	Ux [mm]
0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
0,100	0,0	0,100	0,0	0,100	0,2	0,100	0,2	0,100	0,1	0,100	0,1
0,200	0,2	0,200	0,2	0,200	0,0	0,200	0,3	0,200	0,1	0,200	0,0



0,300	0,3	0,300	0,3	0,300		0,300	-0,1	0,300	-0,7	0,300	-1,0
0,400	0,7	0,400	0,7	0,400	0,1	0,400	0,1	0,400	-0,5	0,400	-0,2
0,500	1,1	0,500	1,1	0,500	0,2	0,500	-0,3	0,500	-0,5	0,500	0,4
0,600	1,7	0,600	1,7	0,600	0,5	0,600	0,5	0,600	1,2	0,600	2,1
0,700	2,2	0,700	2,1	0,700	0,1	0,700	0,1	0,700	1,1	0,700	0,5
0,800	2,6	0,800	2,3	0,800	0,6	0,800	0,7	0,800	1,6	0,800	-0,5
0,900	2,5	0,900	2,1	0,900	0,0	0,900	-0,2	0,900	-0,5	0,900	-2,7
1,000	2,0	1,000	1,5	1,000	0,2	1,000	0,1	1,000	-0,8	1,000	-0,6
1,100	0,9	1,100	0,4	1,100	-0,1	1,100	-0,5	1,100	-1,7	1,100	1,2
1,200	-0,5	1,200	-0,9	1,200	-0,3	1,200	0,1	1,200	-0,2	1,200	3,3
1,300	-2,2	1,300	-2,2	1,300	-0,1	1,300	-0,1	1,300	0,2	1,300	0,8
1,400	-3,4	1,400	-3,0	1,400	-0,3	1,400	0,2	1,400	1,1	1,400	-2,1
1,500	-4,1	1,500	-3,3	1,500	-0,3	1,500	-0,2	1,500	0,3	1,500	-4,1
1,600	-3,8	1,600	-2,7	1,600	-0,2	1,600	-0,2	1,600	-0,1	1,600	-1,3
1,700	-2,6	1,700	-1,4	1,700	-0,4	1,700	-0,3	1,700	-0,5	1,700	2,7
1,800	-0,8	1,800	0,0	1,800	0,0	1,800	-0,1	1,800	-0,2	1,800	4,4
1,900	1,0	1,900	1,2	1,900	-0,2	1,900	0,2	1,900	0,2	1,900	1,5
2,000	2,2	2,000	1,6	2,000	-0,1	2,000	0,0	2,000	-0,3	2,000	-3,8
2,100	2,4	2,100	1,1	2,100	0,0	2,100	0,1	2,100	-0,3	2,100	-4,9
2,200	1,6	2,200	-0,1	2,200	-0,4	2,200	-0,5	2,200	-1,0	2,200	-1,8
2,300	0,0	2,300	-1,4	2,300	0,2	2,300	0,1	2,300	0,3	2,300	4,6
2,400	-1,6	2,400	-2,1	2,400	-0,1	2,400	-0,2	2,400	0,4	2,400	5,4
2,500	-2,5	2,500	-1,8	2,500	0,3	2,500	0,6	2,500	1,7	2,500	1,9
2,600	-2,1	2,600	-0,4	2,600	0,4	2,600	0,1	2,600	0,5	2,600	-5,2
2,700	-0,4	2,700	1,9	2,700	0,3	2,700	0,4	2,700	0,1	2,700	-5,8
2,800	2,2	2,800	4,1	2,800	0,5	2,800	-0,3	2,800	-1,5	2,800	-1,5
2,900	4,8	2,900	5,5	2,900	0,3	2,900	0,2	2,900	-0,7	2,900	6,1
3,000	6,2	3,000	5,1	3,000	0,2	3,000	0,0	3,000	-0,3	3,000	6,7
3,100	5,9	3,100	3,1	3,100	0,2	3,100	0,5	3,100	1,1	3,100	1,4
3,200	3,5	3,200	-0,2	3,200	-0,2	3,200	0,0	3,200	0,9	3,200	-6,6
3,300	-0,2	3,300	-3,5	3,300	0,0	3,300	0,0	3,300	0,6	3,300	-7,4
3,400	-4,2	3,400	-5,6	3,400	-0,4	3,400	-0,3	3,400	-0,4	3,400	-1,0
3,500	-7,0	3,500	-5,7	3,500	-0,2	3,500	-0,3	3,500	-0,6	3,500	7,0
3,600	-7,6	3,600	-3,7	3,600	0,0	3,600	0,1	3,600	-0,2	3,600	8,1
3,700	-5,8	3,700	-0,5	3,700	-0,3	3,700	0,0	3,700	-0,2	3,700	0,2
3,800	-2,2	3,800	2,6	3,800	0,1	3,800	0,3	3,800	0,2	3,800	-7,7
3,900	1,9	3,900	4,3	3,900	-0,4	3,900	-0,4	3,900	-0,8	3,900	-8,9
4,000	4,9	4,000	3,7	4,000	-0,2	4,000	0,0	4,000	-0,2	4,000	0,1
4,100	5,6	4,100	1,0	4,100	-0,3	4,100	-0,5	4,100	-0,4	4,100	8,2
4,200	3,9	4,200	-2,5	4,200	-0,3	4,200	0,2	4,200	1,1	4,200	9,3
4,300	0,2	4,300	-5,6	4,300	0,0	4,300	-0,1	4,300	0,7	4,300	-0,7
4,400	-3,7	4,400	-6,5	4,400	0,0	4,400	0,4	4,400	0,8	4,400	-9,1
4,500	-6,4	4,500	-4,8	4,500	0,1	4,500	-0,3	4,500	-1,0	4,500	-9,7
4,600	-6,6	4,600	-0,7	4,600	0,4	4,600	0,1	4,600	-1,0	4,600	1,1
4,700	-3,9	4,700	4,2	4,700	0,1	4,700	-0,2	4,700	-1,2	4,700	10,1
4,800	0,8	4,800	7,9	4,800	0,6	4,800	0,5	4,800	0,5	4,800	10,1

4,900	5,9	4,900	9,0	4,900	0,2	4,900	0,3	4,900	1,1	4,900	-1,2
5,000	9,5	5,000	6,9	5,000	0,4	5,000	0,4	5,000	1,4	5,000	-10,9
5,100	10,1	5,100	2,4	5,100	0,2	5,100	0,1	5,100	0,4	5,100	-9,8
5,200	7,5	5,200	-2,7	5,200	-0,1	5,200	-0,2	5,200	-0,5	5,200	1,7
5,300	2,3	5,300	-6,5	5,300	0,2	5,300	0,0	5,300	-0,5	5,300	12,1
5,400	-3,5	5,400	-7,4	5,400	-0,1	5,400	-0,1	5,400	-0,5	5,400	9,9
5,500	-8,2	5,500	-5,1	5,500	0,1	5,500	0,4	5,500	0,3	5,500	-2,1
5,600	-9,9	5,600	-0,8	5,600	-0,1	5,600	0,0	5,600	-0,2	5,600	-13,1
5,700	-8,2	5,700	3,7	5,700	-0,2	5,700	0,1	5,700	0,0	5,700	-10,0
5,800	-3,9	5,800	6,3	5,800	-0,1	5,800	-0,4	5,800	-0,7	5,800	2,6
5,900	1,6	5,900	6,0	5,900	-0,3	5,900	0,0	5,900	0,4	5,900	13,9
6,000	6,0	6,000	2,5	6,000	-0,3	6,000	-0,2	6,000	0,4	6,000	9,9
6,100	7,9	6,100	-2,4	6,100	-0,1	6,100	0,4	6,100	1,1	6,100	-3,4
6,200	6,3	6,200	-7,0	6,200	-0,5	6,200	-0,3	6,200	-0,3	6,200	-14,9
6,300	1,9	6,300	-9,1	6,300	0,0	6,300	0,0	6,300	-0,7	6,300	-10,2
6,400	-3,6	6,400	-7,9	6,400	-0,4	6,400	-0,5	6,400	-1,7	6,400	4,0
6,500	-8,2	6,500	-3,7	6,500	0,0	6,500	0,0	6,500	-0,6	6,500	15,4
6,600	-10,0	6,600	1,9	6,600	0,1	6,600	0,1	6,600	0,3	6,600	10,3
6,700	-8,0	6,700	6,8	6,700	0,1	6,700	0,4	6,700	1,4	6,700	-5,0
6,800	-3,0	6,800	9,1	6,800	0,5	6,800	0,3	6,800	1,2	6,800	-15,8
6,900	3,8	6,900	8,1	6,900	0,2	6,900	0,1	6,900	0,3	6,900	-10,3
7,000	9,8	7,000	4,3	7,000	0,4	7,000	0,0	7,000	-0,5	7,000	6,3
7,100	12,9	7,100	-0,6	7,100	0,3	7,100	-0,1	7,100	-0,8	7,100	16,6
7,200	11,9	7,200	-4,7	7,200	0,2	7,200	0,3	7,200	-0,1	7,200	10,6
7,300	7,0	7,300	-6,4	7,300	0,3	7,300	0,2	7,300	0,0	7,300	-7,1
7,400	-0,2	7,400	-5,0	7,400	0,0	7,400	0,4	7,400	0,5	7,400	-17,1
7,500	-7,2	7,500	-1,5	7,500	0,0	7,500	-0,2	7,500	-0,4	7,500	-10,5
7,600	-11,5	7,600	2,8	7,600	0,1	7,600	0,1	7,600	0,2	7,600	8,2
7,700	-11,7	7,700	5,9	7,700	-0,2	7,700	-0,3	7,700	-0,1	7,700	17,7
7,800	-7,6	7,800	6,6	7,800	0,3	7,800	0,4	7,800	1,1	7,800	10,3
7,900	-0,7	7,900	4,4	7,900	-0,3	7,900	0,0	7,900	0,3	7,900	-9,2
8,000	6,2	8,000	0,2	8,000	0,0	8,000	0,3	8,000	0,1	8,000	-18,5
8,100	10,6	8,100	-4,5	8,100	-0,4	8,100	-0,4	8,100	-1,4	8,100	-10,0
8,200	10,6	8,200	-7,8	8,200	-0,5	8,200	-0,2	8,200	-1,3	8,200	9,8
8,300	6,0	8,300	-8,7	8,300	-0,3	8,300	-0,3	8,300	-0,8	8,300	19,1
8,400	-1,4	8,400	-6,5	8,400	-0,5	8,400	0,1	8,400	0,6	8,400	9,2
8,500	-9,0	8,500	-2,4	8,500	-0,2	8,500	0,2	8,500	1,3	8,500	-10,8
8,600	-13,8	8,600	2,3	8,600	0,0	8,600	0,1	8,600	0,9	8,600	-20,1
8,700	-13,7	8,700	6,0	8,700	0,0	8,700	0,0	8,700	0,0	8,700	-8,7
8,800	-8,5	8,800	7,2	8,800	0,4	8,800	-0,2	8,800	-0,9	8,800	11,7
8,900	0,2	8,900	5,9	8,900	0,1	8,900	0,1	8,900	-0,7	8,900	20,8
9,000	9,2	9,000	2,5	9,000	0,3	9,000	0,2	9,000	-0,4	9,000	8,2
9,100	15,4	9,100	-1,4	9,100	0,3	9,100	0,6	9,100	0,6	9,100	-12,4
9,200	16,4	9,200	-4,4	9,200	0,0	9,200	0,1	9,200	0,1	9,200	-21,4
9,300	11,8	9,300	-5,1	9,300	0,3	9,300	0,3	9,300	0,4	9,300	-7,4
9,400	3,2	9,400	-3,3	9,400	-0,1	9,400	-0,3	9,400	-0,3	9,400	13,5

9,500	-6,1	9,500	0,2	9,500	0,3	9,500	0,3	9,500	0,6	9,500	22,0
9,600	-13,0	9,600	4,1	9,600	0,2	9,600	0,1	9,600	0,5	9,600	7,0
9,700	-14,6	9,700	6,7	9,700	0,2	9,700	0,5	9,700	0,7	9,700	-14,6
9,800	-10,8	9,800	6,7	9,800	0,3	9,800	0,1	9,800	-0,4	9,800	-22,2
9,900	-2,7	9,900	4,2	9,900	-0,2	9,900	0,0	9,900	-1,0	9,900	-6,4
10,000	6,2	10,000	-0,2	10,000	-0,1	10,000	-0,3	10,000	-1,3	10,000	15,8
10,100	12,9	10,100	-4,6	10,100	-0,4	10,100	-0,2	10,100	-0,1	10,100	22,2
10,200	14,2	10,200	-7,6	10,200	-0,5	10,200	-0,4	10,200	1,2	10,200	5,6
10,300	10,3	10,300	-7,7	10,300	-0,4	10,300	0,1	10,300	0,8	10,300	-16,2
10,400	2,1	10,400	-5,0	10,400	-0,6	10,400	-0,2	10,400	0,2	10,400	-22,5
10,500	-7,1	10,500	-0,3	10,500	-0,3	10,500	0,0	10,500	-1,7	10,500	-5,5
10,600	-14,0	10,600	4,5	10,600	-0,7	10,600	-0,6	10,600	-0,6	10,600	16,1
10,700	-15,9	10,700	7,6	10,700	-0,3	10,700	-0,3	10,700	-0,4	10,700	22,0
10,800	-12,3	10,800	7,8	10,800	-0,4	10,800	-0,4	10,800	2,0	10,800	4,7
10,900	-3,9	10,900	5,3	10,900	-0,2	10,900	0,3	10,900	0,6	10,900	-16,7
11,000	5,4	11,000	0,6	11,000	0,1	11,000	0,2	11,000	0,5	11,000	-21,9
11,100	13,1	11,100	-3,9	11,100	0,1	11,100	0,3	11,100	-1,7	11,100	-4,4
11,200	15,5	11,200	-6,8	11,200	0,3	11,200	0,0	11,200	-0,6	11,200	17,2
11,300	12,4	11,300	-7,0	11,300	0,4	11,300	0,0	11,300	-0,2	11,300	21,9
11,400	4,9	11,400	-4,2	11,400	0,4	11,400	0,1	11,400	1,6	11,400	4,4
11,500	-4,4	11,500	0,0	11,500	0,7	11,500	0,3	11,500	0,9	11,500	-17,3
11,600	-11,4	11,600	4,5	11,600	0,5	11,600	0,5	11,600	0,0	11,600	-21,3
11,700	-14,1	11,700	7,0	11,700	0,5	11,700	0,2	11,700	-1,3	11,700	-3,7
11,800	-11,0	11,800	6,8	11,800	0,4	11,800	0,2	11,800	-1,0	11,800	18,0
11,900	-3,6	11,900	4,0	11,900	0,1	11,900	-0,2	11,900	0,4	11,900	21,3
12,000	5,3	12,000	-0,5	12,000	0,3	12,000	0,2	12,000	1,0	12,000	3,7
12,100	12,4	12,100	-4,8	12,100	-0,1	12,100	0,0	12,100	1,4	12,100	-18,2
12,200	15,0	12,200	-7,3	12,200	0,1	12,200	0,3	12,200	-0,8	12,200	-21,0
12,300	11,7	12,300	-7,3	12,300	-0,3	12,300	-0,3	12,300	-0,9	12,300	-3,4
12,400	4,1	12,400	-4,5	12,400	-0,5	12,400	-0,3	12,400	-1,7	12,400	18,3
12,500	-5,7	12,500	-0,5	12,500	-0,6	12,500	-0,6	12,500	0,7	12,500	20,6
12,600	-13,2	12,600	3,7	12,600	-0,7	12,600	-0,2	12,600	0,8	12,600	2,5
12,700	-16,5	12,700	6,3	12,700	-0,6	12,700	-0,1	12,700	1,5	12,700	-18,9
12,800	-13,5	12,800	6,6	12,800	-0,4	12,800	0,2	12,800	-0,6	12,800	-20,8
12,900	-5,8	12,900	4,7	12,900	-0,4	12,900	-0,2	12,900	-0,9	12,900	-2,4
13,000	3,6	13,000	0,9	13,000	-0,1	13,000	-0,2	13,000	-1,3	13,000	18,8
13,100	11,8	13,100	-2,8	13,100	-0,2	13,100	-0,4	13,100	0,6	13,100	20,5
13,200	15,1	13,200	-5,5	13,200	0,2	13,200	-0,1	13,200	1,1	13,200	1,7
13,300	12,9	13,300	-6,0	13,300	0,2	13,300	0,3	13,300	1,1	13,300	-18,9
13,400	5,9	13,400	-4,1	13,400	0,2	13,400	0,3	13,400	-0,4	13,400	-20,4
13,500	-3,3	13,500	-0,7	13,500	0,5	13,500	0,4	13,500	-1,4	13,500	-1,0
13,600	-10,9	13,600	3,1	13,600	0,2	13,600	0,0	13,600	-0,7	13,600	19,3
13,700	-14,1	13,700	5,9	13,700	0,6	13,700	0,2	13,700	0,2	13,700	20,7
13,800	-11,8	13,800	6,5	13,800	0,5	13,800	0,1	13,800	1,8	13,800	0,8
13,900	-4,5	13,900	4,9	13,900	0,6	13,900	0,5	13,900	0,7	13,900	-19,1
14,000	4,5	14,000	1,3	14,000	0,6	14,000	0,2	14,000	0,0	14,000	-20,2

14,100	12,5	14,100	-2,8	14,100	0,3	14,100	0,2	14,100	-1,8	14,100	0,0
14,200	15,5	14,200	-6,2	14,200	0,1	14,200	-0,3	14,200	-0,7	14,200	19,5
14,300	12,9	14,300	-7,5	14,300	-0,1	14,300	-0,1	14,300	-0,1	14,300	20,1
14,400	5,6	14,400	-6,0	14,400	-0,4	14,400	-0,2	14,400	1,6	14,400	-0,4
14,500	-4,1	14,500	-2,6	14,500	-0,2	14,500	0,2	14,500	0,5	14,500	-19,8
14,600	-12,0	14,600	2,0	14,600	-0,6	14,600	-0,1	14,600	-0,2	14,600	-20,1
14,700	-16,0	14,700	5,6	14,700	-0,4	14,700	-0,1	14,700	-1,6	14,700	0,4
14,800	-14,0	14,800	7,2	14,800	-0,6	14,800	-0,5	14,800	-0,6	14,800	19,8
14,900	-7,2	14,900	6,0	14,900	-0,5	14,900	-0,5	14,900	0,3	14,900	19,3
15,000	1,9	15,000	2,4	15,000	-0,3	15,000	-0,2	15,000	1,4	15,000	-1,1
15,100	10,1	15,100	-2,0	15,100	-0,4	15,100	0,0	15,100	0,9	15,100	-20,5
15,200	14,3	15,200	-5,7	15,200	-0,1	15,200	0,2	15,200	-0,6	15,200	-19,2
15,300	12,9	15,300	-7,2	15,300	-0,2	15,300	0,0	15,300	-1,2	15,300	1,2
15,400	6,7	15,400	-5,6	15,400	0,0	15,400	-0,1	15,400	-1,1	15,400	20,7
15,500	-2,3	15,500	-1,9	15,500	0,2	15,500	-0,2	15,500	0,8	15,500	18,9
15,600	-10,0	15,600	3,0	15,600	0,3	15,600	0,2	15,600	1,2	15,600	-1,5
15,700	-14,1	15,700	6,7	15,700	0,6	15,700	0,2	15,700	1,3	15,700	-20,8
15,800	-12,4	15,800	8,0	15,800	0,6	15,800	0,5	15,800	-0,7	15,800	-18,3
15,900	-5,8	15,900	6,4	15,900	0,5	15,900	0,1	15,900	-1,0	15,900	2,2
16,000	3,1	16,000	2,0	16,000	0,6	16,000	0,2	16,000	-1,1	16,000	21,4
16,100	11,5	16,100	-2,9	16,100	0,2	16,100	-0,1	16,100	0,9	16,100	18,4
16,200	15,5	16,200	-6,9	16,200	0,5	16,200	0,3	16,200	1,0	16,200	-2,2
16,300	14,3	16,300	-8,2	16,300	0,2	16,300	0,2	16,300	1,0	16,300	-21,2
16,400	7,8	16,400	-6,5	16,400	0,1	16,400	0,3	16,400	-0,9	16,400	-18,0
16,500	-1,7	16,500	-2,5	16,500	0,0	16,500	-0,1	16,500	-1,4	16,500	2,9
16,600	-10,4	16,600	2,3	16,600	-0,4	16,600	-0,4	16,600	-0,9	16,600	21,2
16,700	-15,5	16,700	6,0	16,700	-0,3	16,700	-0,5	16,700	0,5	16,700	17,7
16,800	-14,9	16,800	7,1	16,800	-0,5	16,800	-0,2	16,800	1,5	16,800	-3,6
16,900	-8,7	16,900	5,6	16,900	-0,6	16,900	0,0	16,900	0,6	16,900	-21,6
17,000	0,2	17,000	1,7	17,000	-0,4	17,000	0,0	17,000	-0,4	17,000	-17,9
17,100	9,1	17,100	-2,5	17,100	-0,6	17,100	-0,1	17,100	-1,6	17,100	3,8
17,200	13,9	17,200	-5,9	17,200	-0,4	17,200	-0,4	17,200	-0,5	17,200	21,3
17,300	13,4	17,300	-6,9	17,300	-0,3	17,300	-0,3	17,300	0,4	17,300	17,4
17,400	7,5	17,400	-5,1	17,400	-0,2	17,400	-0,2	17,400	1,6	17,400	-4,6
17,500	-1,5	17,500	-1,5	17,500	0,1	17,500	0,3	17,500	0,5	17,500	-21,5
17,600	-9,7	17,600	3,0	17,600	0,0	17,600	0,1	17,600	-0,4	17,600	-17,3
17,700	-14,6	17,700	6,2	17,700	0,3	17,700	0,2	17,700	-1,5	17,700	5,1
17,800	-13,6	17,800	7,4	17,800	0,2	17,800	-0,1	17,800	-0,3	17,800	21,7
17,900	-7,4	17,900	5,9	17,900	0,4	17,900	0,2	17,900	0,7	17,900	17,3
18,000	1,8	18,000	2,3	18,000	0,6	18,000	0,2	18,000	1,6	18,000	-5,2
18,100	10,8	18,100	-1,9	18,100	0,6	18,100	0,6	18,100	0,7	18,100	-21,5
18,200	15,9	18,200	-5,4	18,200	0,7	18,200	0,3	18,200	-0,8	18,200	-16,5
18,300	15,3	18,300	-7,0	18,300	0,5	18,300	0,2	18,300	-1,4	18,300	6,0
18,400	9,4	18,400	-5,9	18,400	0,3	18,400	-0,2	18,400	-0,9	18,400	22,0
18,500	-0,3	18,500	-3,1	18,500	0,2	18,500	-0,1	18,500	0,8	18,500	16,4
18,600	-9,1	18,600	1,1	18,600	-0,2	18,600	0,0	18,600	1,1	18,600	-6,1

18,700	-14,8	18,700	4,4	18,700	-0,1	18,700	0,2	18,700	0,8	18,700	-22,2
18,800	-14,6	18,800	6,2	18,800	-0,3	18,800	0,1	18,800	-1,0	18,800	-16,0
18,900	-9,2	18,900	5,6	18,900	-0,4	18,900	-0,2	18,900	-1,2	18,900	6,2
19,000	-0,7	19,000	2,6	19,000	-0,3	19,000	-0,4	19,000	-0,8	19,000	22,2
19,100	8,1	19,100	-1,3	19,100	-0,6	19,100	-0,5	19,100	1,0	19,100	15,2
19,200	13,1	19,200	-4,9	19,200	-0,3	19,200	-0,2	19,200	1,1	19,200	-6,9
19,300	13,2	19,300	-6,7	19,300	-0,5	19,300	-0,1	19,300	0,7	19,300	-22,8
19,400	7,9	19,400	-6,0	19,400	-0,4	19,400	0,1	19,400	-1,1	19,400	-15,3
19,500	-0,5	19,500	-2,9	19,500	-0,4	19,500	-0,3	19,500	-1,3	19,500	6,9
19,600	-9,1	19,600	1,3	19,600	-0,4	19,600	-0,2	19,600	-0,6	19,600	22,6
19,700	-14,3	19,700	5,3	19,700	-0,1	19,700	-0,2	19,700	0,9	19,700	14,7
19,800	-14,4	19,800	7,4	19,800	0,1	19,800	0,2	19,800	1,6	19,800	-7,4
19,900	-8,7	19,900	7,1	19,900	0,3	19,900	0,3	19,900	0,5	19,900	-22,6
20,000	-0,1	20,000	3,9	20,000	0,7	20,000	0,5	20,000	-0,5	20,000	-14,2
20,100	9,3	20,100	-0,3	20,100	0,4	20,100	0,0	20,100	-1,5	20,100	8,1
20,200	14,9	20,200	-4,7	20,200	0,7	20,200	0,1	20,200	-0,3	20,200	23,0
20,300	15,6	20,300	-7,1	20,300	0,4	20,300	0,0	20,300	0,6	20,300	14,4
20,400	10,6	20,400	-6,9	20,400	0,4	20,400	0,3	20,400	1,5	20,400	-8,2
20,500	2,0	20,500	-4,1	20,500	0,4	20,500	0,5	20,500	0,2	20,500	-22,5
20,600	-6,9	20,600	0,3	20,600	0,2	20,600	0,3	20,600	-0,7	20,600	-13,8
20,700	-13,4	20,700	4,4	20,700	0,3	20,700	0,0	20,700	-1,6	20,700	9,0
20,800	-14,4	20,800	6,8	20,800	0,0	20,800	-0,3	20,800	-0,2	20,800	22,6
20,900	-10,2	20,900	6,4	20,900	-0,1	20,900	-0,3	20,900	0,7	20,900	13,6
21,000	-2,1	21,000	3,4	21,000	-0,2	21,000	-0,1	21,000	1,5	21,000	-9,6
21,100	6,8	21,100	-1,1	21,100	-0,4	21,100	0,1	21,100	0,3	21,100	-22,8
21,200	13,0	21,200	-5,2	21,200	-0,4	21,200	-0,1	21,200	-1,0	21,200	-13,6
21,300	13,8	21,300	-7,6	21,300	-0,6	21,300	-0,2	21,300	-1,4	21,300	9,7
21,400	9,5	21,400	-6,8	21,400	-0,7	21,400	-0,5	21,400	-0,7	21,400	22,4
21,500	0,6	21,500	-3,9	21,500	-0,4	21,500	-0,3	21,500	1,1	21,500	13,0
21,600	-8,1	21,600	1,0	21,600	-0,5	21,600	-0,2	21,600	1,1	21,600	-10,5
21,700	-14,7	21,700	5,2	21,700	-0,1	21,700	0,2	21,700	0,7	21,700	-22,7
21,800	-15,4	21,800	7,8	21,800	-0,2	21,800	-0,1	21,800	-1,1	21,800	-12,8
21,900	-10,8	21,900	7,5	21,900	0,0	21,900	0,0	21,900	-1,0	21,900	10,6
22,000	-2,0	22,000	4,4	22,000	0,2	22,000	-0,2	22,000	-0,5	22,000	22,8
22,100	7,6	22,100	-0,1	22,100	0,2	22,100	0,1	22,100	1,4	22,100	12,4
22,200	14,4	22,200	-4,5	22,200	0,5	22,200	0,3	22,200	1,1	22,200	-10,7
22,300	16,1	22,300	-7,0	22,300	0,5	22,300	0,6	22,300	0,7	22,300	-22,6
22,400	11,9	22,400	-6,7	22,400	0,6	22,400	0,4	22,400	-1,3	22,400	-11,6
22,500	3,6	22,500	-3,9	22,500	0,6	22,500	0,2	22,500	-1,1	22,500	11,4
22,600	-5,8	22,600	0,4	22,600	0,4	22,600	-0,1	22,600	-0,4	22,600	23,1
22,700	-12,7	22,700	4,5	22,700	0,4	22,700	0,0	22,700	1,1	22,700	11,5
22,800	-14,6	22,800	6,6	22,800	0,2	22,800	0,2	22,800	1,4	22,800	-11,4
22,900	-10,4	22,900	6,4	22,900	0,1	22,900	0,3	22,900	0,2	22,900	-23,0
23,000	-2,8	23,000	3,3	23,000	0,1	23,000	0,3	23,000	-0,8	23,000	-10,8
23,100	6,7	23,100	-0,7	23,100	-0,3	23,100	-0,2	23,100	-1,6	23,100	11,7
23,200	12,7	23,200	-5,1	23,200	-0,2	23,200	-0,2	23,200	-0,1	23,200	23,0

23,300	14,5	23,300	-7,3	23,300	-0,5	23,300	-0,4	23,300	0,6	23,300	10,3
23,400	10,0	23,400	-7,0	23,400	-0,4	23,400	-0,1	23,400	1,5	23,400	-12,3
23,500	1,9	23,500	-4,1	23,500	-0,4	23,500	-0,2	23,500	-0,2	23,500	-23,3
23,600	-7,3	23,600	0,3	23,600	-0,6	23,600	-0,1	23,600	-0,8	23,600	-10,3
23,700	-14,0	23,700	4,5	23,700	-0,5	23,700	-0,4	23,700	-1,7	23,700	12,3
23,800	-15,9	23,800	7,0	23,800	-0,6	23,800	-0,3	23,800	0,3	23,800	22,8
23,900	-11,9	23,900	7,1	23,900	-0,4	23,900	-0,3	23,900	0,8	23,900	9,7
24,000	-3,9	24,000	4,5	24,000	0,0	24,000	0,2	24,000	1,7	24,000	-12,9
24,100	5,8	24,100	0,5	24,100	0,0	24,100	0,2	24,100	0,0	24,100	-22,8
24,200	13,1	24,200	-3,5	24,200	0,5	24,200	0,3	24,200	-0,9	24,200	-9,3
24,300	15,5	24,300	-6,1	24,300	0,3	24,300	0,0	24,300	-1,3	24,300	13,5
24,400	12,5	24,400	-6,1	24,400	0,4	24,400	-0,1	24,400	-0,2	24,400	22,9
24,500	4,5	24,500	-4,1	24,500	0,5	24,500	0,0	24,500	1,2	24,500	9,4
24,600	-4,1	24,600	-0,1	24,600	0,3	24,600	0,3	24,600	1,1	24,600	-13,7
24,700	-11,7	24,700	3,6	24,700	0,6	24,700	0,6	24,700	0,4	24,700	-22,3
24,800	-13,8	24,800	6,3	24,800	0,3	24,800	0,3	24,800	-1,3	24,800	-8,7
24,900	-11,1	24,900	6,3	24,900	0,4	24,900	0,2	24,900	-0,9	24,900	14,5
25,000	-3,5	25,000	4,1	25,000	0,3	25,000	-0,2	25,000	-0,4	25,000	22,6
25,100	5,2	25,100	0,1	25,100	0,1	25,100	0,0	25,100	1,6	25,100	8,6
25,200	12,4	25,200	-3,9	25,200	0,1	25,200	0,0	25,200	0,7	25,200	-14,7
25,300	14,7	25,300	-6,8	25,300	-0,2	25,300	0,2	25,300	0,5	25,300	-22,5
25,400	11,8	25,400	-7,1	25,400	-0,4	25,400	-0,2	25,400	-1,8	25,400	-8,3
25,500	3,8	25,500	-5,2	25,500	-0,5	25,500	-0,2	25,500	-0,9	25,500	14,8
25,600	-5,5	25,600	-1,2	25,600	-0,8	25,600	-0,6	25,600	-0,5	25,600	22,1
25,700	-13,4	25,700	3,0	25,700	-0,5	25,700	-0,2	25,700	1,5	25,700	7,5
25,800	-16,3	25,800	6,2	25,800	-0,6	25,800	-0,2	25,800	1,0	25,800	-15,4
25,900	-13,4	25,900	7,2	25,900	-0,3	25,900	0,1	25,900	0,2	25,900	-22,5
26,000	-6,0	26,000	5,3	26,000	-0,2	26,000	-0,1	26,000	-1,1	26,000	-7,3
26,100	4,0	26,100	1,9	26,100	-0,3	26,100	-0,2	26,100	-1,2	26,100	15,3
26,200	11,5	26,200	-2,6	26,200	0,0	26,200	-0,3	26,200	0,1	26,200	22,3
26,300	15,4	26,300	-5,7	26,300	0,0	26,300	-0,1	26,300	1,0	26,300	6,6
26,400	12,7	26,400	-6,8	26,400	0,2	26,400	0,3	26,400	1,5	26,400	-15,5
26,500	6,0	26,500	-5,0	26,500	0,4	26,500	0,5	26,500	-0,4	26,500	-22,2
26,600	-3,3	26,600	-1,2	26,600	0,4	26,600	0,4	26,600	-0,7	26,600	-5,9
26,700	-10,7	26,700	3,3	26,700	0,6	26,700	0,1	26,700	-1,6	26,700	16,1
26,800	-14,3	26,800	6,4	26,800	0,5	26,800	0,0	26,800	0,7	26,800	22,6
26,900	-11,6	26,900	7,5	26,900	0,5	26,900	0,0	26,900	0,7	26,900	5,8
27,000	-4,8	27,000	5,3	27,000	0,6	27,000	0,4	27,000	1,8	27,000	-15,9
27,100	4,8	27,100	1,4	27,100	0,3	27,100	0,2	27,100	-0,6	27,100	-22,1
27,200	12,1	27,200	-3,5	27,200	0,4	27,200	0,3	27,200	-0,8	27,200	-5,1
27,300	15,6	27,300	-7,1	27,300	-0,1	27,300	-0,2	27,300	-1,6	27,300	16,5
27,400	12,9	27,400	-8,1	27,400	-0,1	27,400	-0,1	27,400	0,3	27,400	22,1
27,500	5,4	27,500	-6,4	27,500	-0,2	27,500	-0,3	27,500	0,9	27,500	4,8
27,600	-3,9	27,600	-2,0	27,600	-0,4	27,600	0,1	27,600	1,2	27,600	-17,0
27,700	-12,4	27,700	2,7	27,700	-0,3	27,700	-0,1	27,700	-0,3	27,700	-22,1
27,800	-15,8	27,800	6,6	27,800	-0,6	27,800	-0,2	27,800	-1,3	27,800	-4,8

27,900	-14,2	27,900	7,6	27,900	-0,6	27,900	-0,6	27,900	-1,0	27,900	16,9
28,000	-7,1	28,000	5,8	28,000	-0,5	28,000	-0,4	28,000	0,0	28,000	21,4
28,100	1,9	28,100	1,6	28,100	-0,6	28,100	-0,3	28,100	1,7	28,100	4,0
28,200	10,4	28,200	-2,9	28,200	-0,2	28,200	0,1	28,200	0,7	28,200	-17,7
28,300	14,3	28,300	-6,4	28,300	-0,2	28,300	0,2	28,300	0,4	28,300	-21,4
28,400	13,3	28,400	-6,9	28,400	0,0	28,400	0,1	28,400	-1,9	28,400	-3,9
28,500	6,4	28,500	-5,1	28,500	0,2	28,500	-0,1	28,500	-0,4	28,500	18,0
28,600	-2,0	28,600	-0,7	28,600	0,1	28,600	-0,3	28,600	-0,4	28,600	21,2
28,700	-10,4	28,700	3,5	28,700	0,5	28,700	0,1	28,700	2,0	28,700	3,7
28,800	-14,0	28,800	6,9	28,800	0,3	28,800	0,2	28,800	0,6	28,800	-18,2
28,900	-12,5	28,900	7,4	28,900	0,6	28,900	0,6	28,900	0,4	28,900	-20,7
29,000	-5,8	29,000	5,3	29,000	0,5	29,000	0,3	29,000	-1,6	29,000	-2,9
29,100	3,4	29,100	1,3	29,100	0,4	29,100	0,3	29,100	-0,6	29,100	18,8
29,200	11,4	29,200	-3,3	29,200	0,5	29,200	-0,1	29,200	0,0	29,200	21,0
29,300	15,8	29,300	-6,4	29,300	0,3	29,300	0,2	29,300	1,5	29,300	2,8
29,400	14,1	29,400	-7,4	29,400	0,3	29,400	0,1	29,400	0,8	29,400	-18,7
29,500	7,6	29,500	-5,6	29,500	0,2	29,500	0,3	29,500	-0,4	29,500	-20,7
29,600	-2,0	29,600	-2,0	29,600	-0,3	29,600	-0,2	29,600	-1,3	29,600	-2,2
29,700	-10,6	29,700	2,2	29,700	-0,2	29,700	-0,2	29,700	-1,4	29,700	18,7
29,800	-15,8	29,800	5,1	29,800	-0,6	29,800	-0,5	29,800	0,7	29,800	20,4
29,900	-14,6	29,900	6,4	29,900	-0,5	29,900	-0,2	29,900	0,8	29,900	1,4
30,000	-9,0	30,000	4,8	30,000	-0,5	30,000	0,0	30,000	1,7	30,000	-19,2
30,100	0,8	30,100	2,0	30,100	-0,5	30,100	0,0	30,100	-1,0	30,100	-20,7
30,200	8,9	30,200	-2,1	30,200	-0,3	30,200	-0,1	30,200	-0,7	30,200	-1,2
30,300	14,2	30,300	-4,9	30,300	-0,5	30,300	-0,5	30,300	-1,7	30,300	18,9
30,400	13,1	30,400	-6,2	30,400	-0,3	30,400	-0,4	30,400	1,0	30,400	20,3
30,500	7,4	30,500	-5,0	30,500	-0,2	30,500	-0,3	30,500	0,7	30,500	0,4
30,600	-1,5	30,600	-1,9	30,600	-0,1	30,600	0,2	30,600	1,6	30,600	-19,3
30,700	-9,8	30,700	2,0	30,700	0,2	30,700	0,2	30,700	-0,9	30,700	-20,2
30,800	-14,3	30,800	5,5	30,800	0,2	30,800	0,4	30,800	-0,7	30,800	0,1
30,900	-13,4	30,900	7,1	30,900	0,4	30,900	-0,1	30,900	-1,2	30,900	19,7
31,000	-7,2	31,000	6,2	31,000	0,6	31,000	0,2	31,000	0,8	31,000	20,3
31,100	2,0	31,100	3,1	31,100	0,5	31,100	0,0	31,100	1,3	31,100	-0,1
31,200	10,7	31,200	-1,1	31,200	0,8	31,200	0,6	31,200	0,9	31,200	-19,6
31,300	15,6	31,300	-5,1	31,300	0,4	31,300	0,2	31,300	-0,3	31,300	-19,6
31,400	15,3	31,400	-7,1	31,400	0,5	31,400	0,3	31,400	-1,8	31,400	0,8
31,500	8,8	31,500	-6,9	31,500	0,2	31,500	-0,2	31,500	-0,5	31,500	20,2
31,600	0,1	31,600	-3,7	31,600	0,0	31,600	-0,1	31,600	-0,2	31,600	19,4
31,700	-9,5	31,700	0,3	31,700	0,0	31,700	0,0	31,700	2,0	31,700	-1,0
31,800	-14,4	31,800	4,7	31,800	-0,2	31,800	0,2	31,800	0,2	31,800	-20,5
31,900	-14,8	31,900	6,8	31,900	-0,2	31,900	0,1	31,900	0,2	31,900	-19,1
32,000	-9,1	32,000	6,4	32,000	-0,3	32,000	-0,2	32,000	-2,1	32,000	1,1
32,100	-0,8	32,100	3,3	32,100	-0,5	32,100	-0,4	32,100	-0,2	32,100	20,5
32,200	7,9	32,200	-1,2	32,200	-0,4	32,200	-0,6	32,200	-0,3	32,200	18,5
32,300	13,1	32,300	-5,4	32,300	-0,6	32,300	-0,2	32,300	2,0	32,300	-1,9
32,400	13,3	32,400	-7,5	32,400	-0,5	32,400	-0,1	32,400	0,1	32,400	-21,2

32,500	8,0	32,500	-6,7	32,500	-0,3	32,500	0,2	32,500	-0,1	32,500	-18,6
32,600	-0,3	32,600	-3,1	32,600	-0,5	32,600	-0,2	32,600	-1,8	32,600	1,9
32,700	-8,9	32,700	1,7	32,700	0,0	32,700	-0,1	32,700	-0,5	32,700	21,2
32,800	-14,3	32,800	6,1	32,800	-0,2	32,800	-0,4	32,800	0,6	32,800	18,2
32,900	-14,2	32,900	8,4	32,900	0,3	32,900	0,2	32,900	1,4	32,900	-2,5
33,000	-9,1	33,000	7,2	33,000	0,3	33,000	0,1	33,000	1,2	33,000	-21,2
33,100	0,3	33,100	3,9	33,100	0,5	33,100	0,5	33,100	-0,8	33,100	-17,8
33,200	8,9	33,200	-1,3	33,200	0,6	33,200	0,1	33,200	-0,8	33,200	3,3
33,300	15,4	33,300	-5,4	33,300	0,4	33,300	0,2	33,300	-1,3	33,300	21,6
33,400	15,5	33,400	-7,8	33,400	0,5	33,400	0,0	33,400	1,2	33,400	18,1
33,500	10,9	33,500	-6,8	33,500	0,5	33,500	0,3	33,500	0,7	33,500	-3,4
33,600	1,8	33,600	-3,5	33,600	0,3	33,600	0,3	33,600	1,4	33,600	-21,2
33,700	-7,1	33,700	1,2	33,700	0,4	33,700	0,3	33,700	-1,5	33,700	-17,6
33,800	-13,7	33,800	5,1	33,800	0,0	33,800	0,0	33,800	-0,6	33,800	4,1
33,900	-14,6	33,900	7,0	33,900	0,0	33,900	-0,4	33,900	-1,6	33,900	21,4
34,000	-10,5	34,000	5,8	34,000	-0,2	34,000	-0,2	34,000	1,4	34,000	17,4
34,100	-1,9	34,100	2,6	34,100	-0,5	34,100	-0,2	34,100	0,7	34,100	-4,8
34,200	6,8	34,200	-1,9	34,200	-0,2	34,200	0,3	34,200	1,2	34,200	-21,6
34,300	13,2	34,300	-5,5	34,300	-0,6	34,300	-0,1	34,300	-1,1	34,300	-17,5
34,400	14,0	34,400	-7,1	34,400	-0,4	34,400	0,0	34,400	-1,3	34,400	4,9
34,500	9,2	34,500	-6,2	34,500	-0,6	34,500	-0,6	34,500	-0,9	34,500	21,4
34,600	0,8	34,600	-2,8	34,600	-0,5	34,600	-0,3	34,600	0,6	34,600	16,8
34,700	-8,7	34,700	1,3	34,700	-0,4	34,700	-0,4	34,700	1,6	34,700	-5,7
34,800	-14,4	34,800	5,3	34,800	-0,3	34,800	0,2	34,800	0,4	34,800	-21,9
34,900	-15,6	34,900	7,1	34,900	-0,1	34,900	0,0	34,900	-0,2	34,900	-16,7
35,000	-10,3	35,000	6,7	35,000	0,1	35,000	0,2	35,000	-1,8	35,000	5,9
35,100	-1,8	35,100	3,8	35,100	0,0	35,100	-0,2	35,100	0,1	35,100	22,1
35,200	8,0	35,200	-0,2	35,200	0,5	35,200	0,2	35,200	0,1	35,200	16,4
35,300	14,4	35,300	-4,1	35,300	0,4	35,300	0,2	35,300	2,2	35,300	-5,9
35,400	16,1	35,400	-6,1	35,400	0,7	35,400	0,5	35,400	-0,2	35,400	-22,0
35,500	11,5	35,500	-6,2	35,500	0,6	35,500	0,4	35,500	0,1	35,500	-15,6
35,600	3,6	35,600	-3,6	35,600	0,4	35,600	0,1	35,600	-2,2	35,600	6,6
35,700	-6,2	35,700	-0,1	35,700	0,5	35,700	0,0	35,700	0,1	35,700	22,6
35,800	-12,6	35,800	3,7	35,800	0,1	35,800	-0,2	35,800	0,2	35,800	15,4
35,900	-14,5	35,900	5,9	35,900	0,3	35,900	0,3	35,900	1,9	35,900	-6,6
36,000	-10,5	36,000	5,9	36,000	0,1	36,000	0,2	36,000	0,2	36,000	-22,6
36,100	-2,4	36,100	3,7	36,100	0,0	36,100	0,4	36,100	-0,6	36,100	-14,9
36,200	6,2	36,200	-0,3	36,200	-0,1	36,200	-0,3	36,200	-1,6	36,200	7,1
36,300	12,9	36,300	-4,1	36,300	-0,3	36,300	-0,2	36,300	-0,7	36,300	22,6
36,400	13,9	36,400	-6,9	36,400	-0,4	36,400	-0,6	36,400	0,8	36,400	14,4
36,500	10,0	36,500	-7,0	36,500	-0,5	36,500	-0,1	36,500	1,0	36,500	-7,8
36,600	1,7	36,600	-4,7	36,600	-0,7	36,600	-0,3	36,600	0,8	36,600	-23,0
36,700	-7,1	36,700	-0,4	36,700	-0,4	36,700	0,1	36,700	-1,4	36,700	-14,6
36,800	-14,0	36,800	3,9	36,800	-0,7	36,800	-0,4	36,800	-0,7	36,800	7,8
36,900	-15,5	36,900	7,1	36,900	-0,3	36,900	-0,2	36,900	-1,2	36,900	22,6
37,000	-12,1	37,000	7,4	37,000	-0,3	37,000	-0,3	37,000	1,8	37,000	14,1



37,100	-3,5	37,100	5,4	37,100	0,0	37,100	0,1	37,100	0,6	37,100	-8,6
37,200	5,4	37,200	1,0	37,200	0,3	37,200	0,2	37,200	1,4	37,200	-22,6
37,300	13,3	37,300	-3,2	37,300	0,2	37,300	0,2	37,300	-1,6	37,300	-13,9
37,400	15,5	37,400	-6,4	37,400	0,4	37,400	0,1	37,400	-0,7	37,400	9,2
37,500	12,5	37,500	-6,9	37,500	0,3	37,500	-0,1	37,500	-1,1	37,500	22,8
37,600	4,9	37,600	-4,7	37,600	0,4	37,600	0,2	37,600	1,4	37,600	13,9
37,700	-4,3	37,700	-0,7	37,700	0,6	37,700	0,3	37,700	1,0	37,700	-9,3
37,800	-11,4	37,800	3,8	37,800	0,5	37,800	0,7	37,800	0,8	37,800	-22,3
37,900	-14,2	37,900	6,7	37,900	0,5	37,900	0,2	37,900	-1,1	37,900	-13,2
38,000	-11,0	38,000	7,1	38,000	0,4	38,000	0,3	38,000	-1,2	38,000	10,2
38,100	-3,8	38,100	4,6	38,100	0,1	38,100	-0,4	38,100	-0,3	38,100	22,6
38,200	5,3	38,200	0,1	38,200	0,2	38,200	0,0	38,200	0,7	38,200	13,1
38,300	12,3	38,300	-4,5	38,300	-0,3	38,300	-0,2	38,300	1,7	38,300	-10,5
38,400	15,0	38,400	-7,4	38,400	-0,1	38,400	0,3	38,400	-0,3	38,400	-22,7
38,500	11,5	38,500	-7,9	38,500	-0,5	38,500	-0,1	38,500	-0,4	38,500	-12,8
38,600	4,1	38,600	-5,1	38,600	-0,5	38,600	-0,1	38,600	-2,2	38,600	10,5
38,700	-6,0	38,700	-1,0	38,700	-0,5	38,700	-0,5	38,700	0,4	38,700	22,6
38,800	-13,2	38,800	3,9	38,800	-0,6	38,800	-0,3	38,800	0,2	38,800	11,9
38,900	-16,7	38,900	6,9	38,900	-0,4	38,900	-0,2	38,900	2,1	38,900	-11,2
39,000	-13,4	39,000	7,5	39,000	-0,4	39,000	0,0	39,000	-0,3	39,000	-23,1
39,100	-5,7	39,100	5,3	39,100	-0,4	39,100	-0,1	39,100	-0,2	39,100	-11,8
39,200	4,0	39,200	1,1	39,200	-0,1	39,200	-0,2	39,200	-1,9	39,200	11,1
39,300	12,1	39,300	-3,2	39,300	-0,2	39,300	-0,2	39,300	0,3	39,300	23,0
39,400	15,4	39,400	-6,3	39,400	0,1	39,400	-0,1	39,400	0,6	39,400	11,3
39,500	13,0	39,500	-6,7	39,500	0,3	39,500	0,4	39,500	1,7	39,500	-11,3
39,600	5,8	39,600	-4,4	39,600	0,4	39,600	0,3	39,600	0,1	39,600	-23,0
39,700	-3,4	39,700	-0,5	39,700	0,7	39,700	0,5	39,700	-1,0	39,700	-10,5
39,800	-11,0	39,800	3,8	39,800	0,3	39,800	-0,2	39,800	-1,1	39,800	11,9
39,900	-14,1	39,900	6,7	39,900	0,6	39,900	0,1	39,900	-0,5	39,900	23,3
40,000	-11,8	40,000	6,8	40,000	0,3	40,000	-0,2	40,000	1,6	40,000	10,5
40,100	-4,3	40,100	4,8	40,100	0,4	40,100	0,5	40,100	0,8	40,100	-12,0
40,200	4,5	40,200	0,4	40,200	0,4	40,200	0,3	40,200	0,9	40,200	-22,9
40,300	12,6	40,300	-3,7	40,300	0,2	40,300	0,5	40,300	-1,8	40,300	-9,9
40,400	15,2	40,400	-6,9	40,400	0,1	40,400	-0,1	40,400	-0,7	40,400	12,7
40,500	12,9	40,500	-7,4	40,500	-0,1	40,500	-0,2	40,500	-1,1	40,500	22,9
40,600	5,1	40,600	-5,5	40,600	-0,4	40,600	-0,4	40,600	1,7	40,600	9,6
40,700	-4,3	40,700	-1,6	40,700	-0,3	40,700	-0,1	40,700	0,4	40,700	-13,3
40,800	-12,4	40,800	2,8	40,800	-0,7	40,800	-0,1	40,800	0,8	40,800	-23,1
40,900	-16,0	40,900	6,0	40,900	-0,5	40,900	-0,2	40,900	-1,8	40,900	-9,7
41,000	-14,0	41,000	6,8	41,000	-0,6	41,000	-0,3	41,000	-0,6	41,000	13,4
41,100	-7,0	41,100	5,2	41,100	-0,6	41,100	-0,5	41,100	-0,6	41,100	22,4
41,200	2,1	41,200	1,6	41,200	-0,2	41,200	-0,1	41,200	1,5	41,200	9,1
41,300	10,3	41,300	-2,4	41,300	-0,3	41,300	-0,1	41,300	1,1	41,300	-14,1
41,400	14,4	41,400	-5,5	41,400	0,1	41,400	0,4	41,400	0,1	41,400	-22,5
41,500	12,9	41,500	-6,4	41,500	-0,1	41,500	-0,1	41,500	-1,0	41,500	-8,9
41,600	6,8	41,600	-4,6	41,600	0,1	41,600	0,0	41,600	-1,5	41,600	14,4

41,700	-2,4	41,700	-1,3	41,700	0,2	41,700	-0,4	41,700	0,3	41,700	22,4
41,800	-9,9	41,800	3,0	41,800	0,2	41,800	0,2	41,800	0,8	41,800	8,6
41,900	-14,2	41,900	5,9	41,900	0,5	41,900	0,2	41,900	1,9	41,900	-14,5
42,000	-12,2	42,000	7,1	42,000	0,6	42,000	0,8	42,000	-0,4	42,000	-22,1
42,100	-5,8	42,100	5,5	42,100	0,5	42,100	0,3	42,100	-0,4	42,100	-7,8
42,200	3,4	42,200	1,9	42,200	0,7	42,200	0,3	42,200	-1,9	42,200	15,3
42,300	11,4	42,300	-2,4	42,300	0,3	42,300	-0,2	42,300	0,7	42,300	22,5
42,400	15,6	42,400	-6,0	42,400	0,4	42,400	0,0	42,400	0,4	42,400	7,6
42,500	13,9	42,500	-7,5	42,500	0,1	42,500	0,1	42,500	1,8	42,500	-15,2
42,600	7,5	42,600	-6,2	42,600	-0,1	42,600	0,2	42,600	-0,8	42,600	-22,5
42,700	-2,1	42,700	-2,9	42,700	-0,1	42,700	0,1	42,700	-0,8	42,700	-7,0
42,800	-10,6	42,800	1,5	42,800	-0,5	42,800	-0,3	42,800	-1,7	42,800	15,3
42,900	-15,7	42,900	5,2	42,900	-0,3	42,900	-0,3	42,900	0,3	42,900	22,3
43,000	-14,9	43,000	6,8	43,000	-0,6	43,000	-0,4	43,000	1,1	43,000	6,3
43,100	-8,6	43,100	5,9	43,100	-0,4	43,100	0,1	43,100	1,2	43,100	-15,8
43,200	0,3	43,200	2,5	43,200	-0,4	43,200	-0,2	43,200	0,1	43,200	-22,6
43,300	9,3	43,300	-1,5	43,300	-0,5	43,300	0,0	43,300	-1,5	43,300	-6,2
43,400	13,9	43,400	-5,4	43,400	-0,4	43,400	-0,6	43,400	-0,9	43,400	15,7
43,500	13,5	43,500	-6,9	43,500	-0,3	43,500	-0,2	43,500	-0,4	43,500	22,2
43,600	7,3	43,600	-5,8	43,600	-0,3	43,600	-0,3	43,600	1,7	43,600	5,4
43,700	-1,4	43,700	-2,4	43,700	0,2	43,700	0,4	43,700	0,6	43,700	-16,1
43,800	-9,8	43,800	2,3	43,800	0,0	43,800	0,2	43,800	0,6	43,800	-22,1
43,900	-14,2	43,900	6,2	43,900	0,5	43,900	0,4	43,900	-1,8	43,900	-5,0
44,000	-13,4	44,000	7,9	44,000	0,3	44,000	-0,1	44,000	-0,3	44,000	16,7
44,100	-7,0	44,100	6,8	44,100	0,5	44,100	0,0	44,100	-0,5	44,100	22,2
44,200	1,9	44,200	2,9	44,200	0,6	44,200	0,0	44,200	2,0	44,200	5,0
44,300	10,9	44,300	-1,8	44,300	0,5	44,300	0,4	44,300	0,6	44,300	-16,8
44,400	15,6	44,400	-6,1	44,400	0,6	44,400	0,5	44,400	0,3	44,400	-21,5
44,500	15,1	44,500	-8,0	44,500	0,4	44,500	0,3	44,500	-1,6	44,500	-4,3
44,600	9,1	44,600	-6,8	44,600	0,2	44,600	0,1	44,600	-1,0	44,600	17,5
44,700	-0,4	44,700	-3,4	44,700	0,1	44,700	-0,2	44,700	0,0	44,700	21,6
44,800	-9,2	44,800	1,5	44,800	-0,1	44,800	0,0	44,800	1,2	44,800	4,2
44,900	-14,9	44,900	5,4	44,900	-0,1	44,900	-0,1	44,900	1,1	44,900	-17,9
45,000	-14,7	45,000	7,2	45,000	-0,3	45,000	0,2	45,000	-0,4	45,000	-21,4
45,100	-9,4	45,100	6,1	45,100	-0,5	45,100	-0,4	45,100	-1,1	45,100	-4,1
45,200	-0,6	45,200	2,5	45,200	-0,4	45,200	-0,2	45,200	-1,4	45,200	17,9
45,300	7,9	45,300	-2,1	45,300	-0,7	45,300	-0,6	45,300	0,6	45,300	20,8
45,400	13,3	45,400	-5,9	45,400	-0,3	45,400	0,0	45,400	0,7	45,400	3,3
45,500	13,2	45,500	-7,4	45,500	-0,5	45,500	-0,1	45,500	1,6	45,500	-18,5
45,600	8,2	45,600	-5,8	45,600	-0,3	45,600	0,3	45,600	-0,9	45,600	-21,0
45,700	-0,6	45,700	-2,2	45,700	-0,2	45,700	-0,2	45,700	-0,7	45,700	-3,1
45,800	-8,8	45,800	2,5	45,800	-0,2	45,800	-0,2	45,800	-1,6	45,800	18,5
45,900	-14,4	45,900	6,1	45,900	0,0	45,900	-0,4	45,900	0,8	45,900	20,8
46,000	-14,2	46,000	7,6	46,000	0,1	46,000	0,0	46,000	1,0	46,000	2,5
46,100	-8,8	46,100	6,5	46,100	0,3	46,100	0,3	46,100	1,5	46,100	-18,6
46,200	0,1	46,200	2,9	46,200	0,6	46,200	0,5	46,200	-0,4	46,200	-20,5

46,300	9,5	46,300	-1,3	46,300	0,5	46,300	0,4	46,300	-1,0	46,300	-1,6
46,400	15,2	46,400	-5,2	46,400	0,7	46,400	0,1	46,400	-1,1	46,400	19,1
46,500	15,8	46,500	-6,8	46,500	0,5	46,500	0,1	46,500	0,3	46,500	20,9
46,600	10,6	46,600	-6,0	46,600	0,4	46,600	0,0	46,600	1,3	46,600	1,5
46,700	1,7	46,700	-3,2	46,700	0,5	46,700	0,4	46,700	0,8	46,700	-18,8
46,800	-7,5	46,800	0,9	46,800	0,0	46,800	0,1	46,800	-0,2	46,800	-20,6
46,900	-13,7	46,900	4,3	46,900	0,2	46,900	0,2	46,900	-1,7	46,900	-0,8
47,000	-14,8	47,000	6,0	47,000	-0,3	47,000	-0,4	47,000	-0,5	47,000	19,1
47,100	-10,1	47,100	5,5	47,100	-0,2	47,100	-0,1	47,100	-0,1	47,100	20,4
47,200	-2,0	47,200	2,6	47,200	-0,3	47,200	-0,2	47,200	1,9	47,200	0,3
47,300	7,1	47,300	-1,0	47,300	-0,4	47,300	0,2	47,300	0,4	47,300	-19,5
47,400	12,9	47,400	-4,6	47,400	-0,4	47,400	-0,1	47,400	0,0	47,400	-20,4
47,500	13,9	47,500	-6,5	47,500	-0,5	47,500	-0,1	47,500	-1,9	47,500	-0,2
47,600	9,1	47,600	-6,0	47,600	-0,6	47,600	-0,6	47,600	-0,7	47,600	19,4
47,700	0,5	47,700	-3,5	47,700	-0,5	47,700	-0,4	47,700	0,0	47,700	19,7
47,800	-8,4	47,800	0,6	47,800	-0,6	47,800	-0,3	47,800	1,7	47,800	-0,6
47,900	-14,6	47,900	4,4	47,900	-0,1	47,900	0,2	47,900	0,7	47,900	-20,0
48,000	-15,1	48,000	7,0	48,000	-0,1	48,000	0,3	48,000	-0,1	48,000	-19,6
48,100	-10,3	48,100	7,1	48,100	0,1	48,100	0,1	48,100	-1,3	48,100	0,7
48,200	-1,5	48,200	4,7	48,200	0,3	48,200	0,0	48,200	-0,7	48,200	20,4
48,300	7,9	48,300	0,6	48,300	0,3	48,300	-0,2	48,300	0,6	48,300	19,4
48,400	14,4	48,400	-3,7	48,400	0,6	48,400	0,3	48,400	1,2	48,400	-0,8
48,500	15,8	48,500	-6,6	48,500	0,4	48,500	0,2	48,500	1,1	48,500	-20,4
48,600	11,7	48,600	-6,9	48,600	0,6	48,600	0,5	48,600	-0,9	48,600	-18,7
48,700	3,2	48,700	-4,7	48,700	0,5	48,700	0,1	48,700	-1,0	48,700	1,5
48,800	-5,8	48,800	-0,4	48,800	0,3	48,800	0,2	48,800	-1,3	48,800	21,0
48,900	-12,7	48,900	3,8	48,900	0,3	48,900	-0,1	48,900	0,9	48,900	18,8
49,000	-14,3	49,000	6,6	49,000	0,2	49,000	0,3	49,000	1,0	49,000	-1,6
49,100	-10,5	49,100	6,9	49,100	0,1	49,100	0,1	49,100	1,2	49,100	-21,0
49,200	-2,7	49,200	4,1	49,200	0,1	49,200	0,3	49,200	-0,9	49,200	-18,4
49,300	6,3	49,300	-0,1	49,300	-0,4	49,300	-0,3	49,300	-1,1	49,300	2,0
49,400	12,5	49,400	-4,9	49,400	-0,2	49,400	-0,3	49,400	-1,2	49,400	21,0
49,500	14,1	49,500	-7,7	49,500	-0,6	49,500	-0,6	49,500	0,7	49,500	18,0
49,600	9,9	49,600	-7,7	49,600	-0,5	49,600	-0,2	49,600	1,1	49,600	-2,9
49,700	1,9	49,700	-4,8	49,700	-0,5	49,700	0,0	49,700	0,8	49,700	-21,4
49,800	-7,1	49,800	0,1	49,800	-0,6	49,800	0,0	49,800	-0,7	49,800	-18,2
49,900	-13,9	49,900	4,9	49,900	-0,3	49,900	-0,1	49,900	-1,4	49,900	3,1
50,000	-15,7	50,000	7,8	50,000	-0,5	50,000	-0,4	50,000	-0,6	50,000	21,1
50,100	-11,9	50,100	7,9	50,100	-0,2	50,100	-0,3	50,100	0,5	50,100	17,8
50,200	-3,9	50,200	4,9	50,200	0,0	50,200	-0,1	50,200	1,8	50,200	-3,8
50,300	5,9	50,300	0,4	50,300	0,1	50,300	0,3	50,300	0,5	50,300	-21,3
50,400	13,1	50,400	-4,2	50,400	0,4	50,400	0,2	50,400	-0,3	50,400	-17,6
50,500	15,9	50,500	-6,9	50,500	0,4	50,500	0,3	50,500	-1,6	50,500	4,5
50,600	12,7	50,600	-6,8	50,600	0,4	50,600	-0,1	50,600	-0,4	50,600	21,6
50,700	4,8	50,700	-4,1	50,700	0,6	50,700	0,2	50,700	0,4	50,700	17,8
50,800	-4,3	50,800	0,3	50,800	0,4	50,800	0,1	50,800	1,7	50,800	-4,6

50,900	-11,8	50,900	4,3	50,900	0,7	50,900	0,6	50,900	0,4	50,900	-21,3
51,000	-14,2	51,000	6,8	51,000	0,3	51,000	0,2	51,000	-0,4	51,000	-17,1
51,100	-11,2	51,100	6,5	51,100	0,4	51,100	0,1	51,100	-1,6	51,100	5,3
51,200	-3,7	51,200	3,6	51,200	0,1	51,200	-0,3	51,200	-0,5	51,200	21,7
51,300	5,4	51,300	-0,6	51,300	-0,1	51,300	-0,1	51,300	0,6	51,300	16,9
51,400	12,5	51,400	-4,7	51,400	0,0	51,400	0,0	51,400	1,3	51,400	-5,5
51,500	14,9	51,500	-7,1	51,500	-0,3	51,500	0,2	51,500	0,6	51,500	-22,0
51,600	11,6	51,600	-6,9	51,600	-0,3	51,600	0,1	51,600	-1,0	51,600	-16,6
51,700	3,5	51,700	-4,5	51,700	-0,4	51,700	-0,3	51,700	-1,3	51,700	5,6
51,800	-5,9	51,800	-0,3	51,800	-0,7	51,800	-0,5	51,800	-1,0	51,800	21,9
51,900	-13,8	51,900	3,6	51,900	-0,5	51,900	-0,6	51,900	0,9	51,900	15,7
52,000	-16,4	52,000	6,3	52,000	-0,6	52,000	-0,2	52,000	1,2	52,000	-6,4
52,100	-13,3	52,100	6,7	52,100	-0,4	52,100	-0,1	52,100	0,9	52,100	-22,6
52,200	-5,5	52,200	4,7	52,200	-0,2	52,200	0,2	52,200	-0,9	52,200	-15,7
52,300	4,4	52,300	1,3	52,300	-0,2	52,300	-0,1	52,300	-1,1	52,300	6,4
52,400	12,1	52,400	-2,8	52,400	0,2	52,400	0,0	52,400	-0,8	52,400	22,6
52,500	15,5	52,500	-5,4	52,500	0,0	52,500	-0,2	52,500	1,0	52,500	15,3
52,600	12,7	52,600	-6,1	52,600	0,4	52,600	0,3	52,600	1,1	52,600	-6,7
52,700	5,6	52,700	-4,4	52,700	0,4	52,700	0,2	52,700	0,7	52,700	-22,5
52,800	-3,4	52,800	-0,9	52,800	0,4	52,800	0,4	52,800	-0,9	52,800	-14,8
52,900	-10,9	52,900	3,0	52,900	0,5	52,900	0,0	52,900	-1,3	52,900	7,4
53,000	-14,0	53,000	5,9	53,000	0,4	53,000	0,1	53,000	-0,4	53,000	22,9
53,100	-11,4	53,100	6,7	53,100	0,4	53,100	0,0	53,100	0,8	53,100	14,8
53,200	-4,5	53,200	4,8	53,200	0,5	53,200	0,4	53,200	1,6	53,200	-7,5
53,300	4,8	53,300	1,3	53,300	0,3	53,300	0,4	53,300	0,3	53,300	-22,5
53,400	12,0	53,400	-3,1	53,400	0,4	53,400	0,3	53,400	-0,7	53,400	-14,3
53,500	15,3	53,500	-6,4	53,500	-0,1	53,500	-0,1	53,500	-1,7	53,500	8,2
53,600	12,5	53,600	-7,6	53,600	-0,2	53,600	-0,4	53,600	-0,5	53,600	22,5
53,700	5,1	53,700	-6,1	53,700	-0,4	53,700	-0,4	53,700	0,5	53,700	14,0
53,800	-4,2	53,800	-2,2	53,800	-0,6	53,800	-0,3	53,800	1,5	53,800	-9,0
53,900	-12,4	53,900	2,2	53,900	-0,4	53,900	0,1	53,900	0,2	53,900	-22,8
54,000	-15,8	54,000	6,0	54,000	-0,7	54,000	-0,1	54,000	-0,7	54,000	-14,2
54,100	-14,0	54,100	7,4	54,100	-0,4	54,100	-0,1	54,100	-1,5	54,100	9,1
54,200	-7,1	54,200	6,0	54,200	-0,5	54,200	-0,5	54,200	-0,2	54,200	22,4
54,300	2,1	54,300	2,3	54,300	-0,4	54,300	-0,3	54,300	0,9	54,300	13,5
54,400	10,3	54,400	-2,3	54,400	-0,1	54,400	-0,2	54,400	1,4	54,400	-9,8
54,500	14,4	54,500	-5,9	54,500	-0,1	54,500	0,2	54,500	0,5	54,500	-22,7
54,600	13,2	54,600	-7,0	54,600	0,0	54,600	0,0	54,600	-1,1	54,600	-13,4
54,700	6,7	54,700	-5,5	54,700	0,2	54,700	0,1	54,700	-1,1	54,700	10,1
54,800	-1,9	54,800	-1,4	54,800	0,1	54,800	-0,2	54,800	-0,6	54,800	22,7
54,900	-10,2	54,900	3,0	54,900	0,5	54,900	0,2	54,900	1,3	54,900	13,1
55,000	-13,9	55,000	6,7	55,000	0,4	55,000	0,3	55,000	1,2	55,000	-10,2
55,100	-12,5	55,100	7,7	55,100	0,7	55,100	0,6	55,100	0,7	55,100	-22,5
55,200	-5,8	55,200	5,9	55,200	0,6	55,200	0,4	55,200	-1,1	55,200	-12,2
55,300	3,4	55,300	1,9	55,300	0,4	55,300	0,1	55,300	-1,1	55,300	10,8
55,400	11,4	55,400	-3,1	55,400	0,5	55,400	-0,1	55,400	-0,6	55,400	23,0

55,500	15,7	55,500	-6,8	55,500	0,1	55,500	-0,1	55,500	1,2	55,500	12,0
55,600	14,0	55,600	-8,1	55,600	0,2	55,600	0,2	55,600	1,0	55,600	-10,9
55,700	7,4	55,700	-6,4	55,700	0,0	55,700	0,3	55,700	0,4	55,700	-23,0
55,800	-2,2	55,800	-2,4	55,800	-0,2	55,800	0,2	55,800	-1,2	55,800	-11,5
55,900	-11,0	55,900	2,3	55,900	-0,3	55,900	-0,2	55,900	-1,4	55,900	11,1
56,000	-15,9	56,000	5,9	56,000	-0,6	56,000	-0,4	56,000	-0,3	56,000	22,9
56,100	-14,8	56,100	7,2	56,100	-0,5	56,100	-0,5	56,100	0,9	56,100	10,8
56,200	-8,8	56,200	5,5	56,200	-0,5	56,200	-0,1	56,200	1,5	56,200	-11,8
56,300	0,9	56,300	2,1	56,300	-0,6	56,300	-0,2	56,300	0,1	56,300	-23,4
56,400	9,2	56,400	-2,5	56,400	-0,3	56,400	0,0	56,400	-0,8	56,400	-10,8
56,500	14,4	56,500	-5,6	56,500	-0,5	56,500	-0,3	56,500	-1,6	56,500	11,8
56,600	13,3	56,600	-6,8	56,600	-0,2	56,600	-0,2	56,600	0,0	56,600	23,1
56,700	7,4	56,700	-5,2	56,700	-0,1	56,700	-0,2	56,700	0,8	56,700	10,3
56,800	-1,6	56,800	-1,5	56,800	0,0	56,800	0,2	56,800	1,6	56,800	-12,3
56,900	-9,9	56,900	2,8	56,900	0,3	56,900	0,3	56,900	0,0	56,900	-22,9
57,000	-14,2	57,000	6,3	57,000	0,2	57,000	0,2	57,000	-0,7	57,000	-9,9
57,100	-13,2	57,100	7,5	57,100	0,4	57,100	0,0	57,100	-1,5	57,100	12,9
57,200	-6,9	57,200	5,9	57,200	0,5	57,200	0,0	57,200	0,2	57,200	23,0
57,300	2,3	57,300	2,3	57,300	0,5	57,300	0,1	57,300	1,0	57,300	10,0
57,400	10,8	57,400	-2,1	57,400	0,7	57,400	0,5	57,400	1,4	57,400	-13,0
57,500	15,6	57,500	-5,8	57,500	0,5	57,500	0,6	57,500	0,1	57,500	-22,4
57,600	15,0	57,600	-7,2	57,600	0,5	57,600	0,4	57,600	-1,3	57,600	-9,3
57,700	8,6	57,700	-6,3	57,700	0,2	57,700	0,0	57,700	-1,2	57,700	13,8
57,800	-0,2	57,800	-2,8	57,800	-0,1	57,800	-0,4	57,800	-0,5	57,800	22,5
57,900	-9,7	57,900	1,1	57,900	-0,1	57,900	-0,2	57,900	1,3	57,900	9,1
58,000	-14,6	58,000	4,9	58,000	-0,4	58,000	-0,2	58,000	0,9	58,000	-14,3
58,100	-14,9	58,100	6,4	58,100	-0,3	58,100	0,1	58,100	0,4	58,100	-22,6
58,200	-9,1	58,200	5,6	58,200	-0,4	58,200	-0,1	58,200	-1,5	58,200	-8,9
58,300	-0,6	58,300	2,5	58,300	-0,5	58,300	-0,2	58,300	-0,9	58,300	14,3
58,400	7,9	58,400	-1,6	58,400	-0,4	58,400	-0,4	58,400	-0,5	58,400	22,3
58,500	13,2	58,500	-5,1	58,500	-0,5	58,500	-0,2	58,500	1,5	58,500	8,2
58,600	13,2	58,600	-6,6	58,600	-0,4	58,600	-0,2	58,600	0,7	58,600	-14,9
58,700	8,0	58,700	-5,8	58,700	-0,3	58,700	0,1	58,700	0,4	58,700	-22,6
58,800	-0,3	58,800	-2,5	58,800	-0,4	58,800	-0,2	58,800	-1,5	58,800	-8,0
58,900	-8,9	58,900	1,7	58,900	0,0	58,900	-0,2	58,900	-0,9	58,900	14,9
59,000	-14,1	59,000	5,4	59,000	-0,1	59,000	-0,3	59,000	-0,1	59,000	22,4
59,100	-14,1	59,100	7,4	59,100	0,3	59,100	0,1	59,100	1,4	59,100	7,4
59,200	-8,8	59,200	6,5	59,200	0,5	59,200	0,4	59,200	1,4	59,200	-15,0
59,300	0,5	59,300	3,8	59,300	0,5	59,300	0,6	59,300	0,0	59,300	-22,2
59,400	9,1	59,400	-0,8	59,400	0,7	59,400	0,4	59,400	-0,9	59,400	-6,5
59,500	15,5	59,500	-4,6	59,500	0,4	59,500	0,0	59,500	-1,5	59,500	15,6
59,600	15,5	59,600	-7,1	59,600	0,5	59,600	-0,1	59,600	0,3	59,600	22,7
59,700	10,7	59,700	-6,7	59,700	0,3	59,700	-0,1	59,700	0,8	59,700	6,4
59,800	1,6	59,800	-4,0	59,800	0,3	59,800	0,3	59,800	1,5	59,800	-15,6
59,900	-7,5	59,900	0,2	59,900	0,3	59,900	0,3	59,900	-0,5	59,900	-22,3
60,000	-13,9	60,000	4,2	60,000	0,0	60,000	0,3	60,000	-0,7	60,000	-5,8

60,100	-14,7	60,100	6,6	60,100	-0,1	60,100	-0,2	60,100	-1,7	60,100	16,0
60,200	-10,4	60,200	6,2	60,200	-0,2	60,200	-0,2	60,200	0,6	60,200	22,3
60,300	-1,8	60,300	3,5	60,300	-0,5	60,300	-0,4	60,300	0,7	60,300	5,3
60,400	6,8	60,400	-1,0	60,400	-0,3	60,400	0,0	60,400	1,5	60,400	-16,5
60,500	13,1	60,500	-4,9	60,500	-0,6	60,500	-0,2	60,500	-0,5	60,500	-22,4
60,600	13,9	60,600	-7,2	60,600	-0,4	60,600	-0,1	60,600	-1,1	60,600	-5,4
60,700	9,0	60,700	-6,9	60,700	-0,6	60,700	-0,5	60,700	-1,3	60,700	16,5
60,800	0,7	60,800	-3,6	60,800	-0,5	60,800	-0,3	60,800	0,1	60,800	21,7
60,900	-8,7	60,900	0,7	60,900	-0,3	60,900	-0,2	60,900	1,3	60,900	4,7
61,000	-14,3	61,000	5,4	61,000	-0,3	61,000	0,2	61,000	1,1	61,000	-17,1
61,100	-15,4	61,100	7,8	61,100	0,1	61,100	0,3	61,100	0,2	61,100	-21,6
61,200	-10,0	61,200	7,7	61,200	0,1	61,200	0,1	61,200	-1,4	61,200	-4,5
61,300	-1,5	61,300	4,5	61,300	0,2	61,300	-0,1	61,300	-0,6	61,300	17,6
61,400	8,1	61,400	-0,1	61,400	0,4	61,400	-0,1	61,400	-0,2	61,400	21,5
61,500	14,5	61,500	-4,7	61,500	0,4	61,500	0,1	61,500	1,9	61,500	4,3
61,600	16,1	61,600	-7,2	61,600	0,6	61,600	0,4	61,600	0,5	61,600	-17,6
61,700	11,4	61,700	-7,2	61,700	0,6	61,700	0,6	61,700	0,4	61,700	-20,9
61,800	3,4	61,800	-4,0	61,800	0,4	61,800	0,3	61,800	-1,9	61,800	-3,6
61,900	-6,2	61,900	0,3	61,900	0,5	61,900	0,2	61,900	-0,5	61,900	18,4
62,000	-12,6	62,000	4,7	62,000	0,1	62,000	-0,2	62,000	-0,3	62,000	21,1
62,100	-14,6	62,100	6,9	62,100	0,2	62,100	0,1	62,100	1,7	62,100	3,4
62,200	-10,6	62,200	6,4	62,200	0,0	62,200	0,0	62,200	0,8	62,200	-18,4
62,300	-2,5	62,300	3,4	62,300	-0,1	62,300	0,2	62,300	0,0	62,300	-21,0
62,400	6,1	62,400	-1,2	62,400	-0,2	62,400	-0,2	62,400	-1,5	62,400	-2,9
62,500	12,8	62,500	-5,1	62,500	-0,4	62,500	-0,2	62,500	-1,1	62,500	18,4
62,600	13,9	62,600	-7,5	62,600	-0,4	62,600	-0,5	62,600	0,2	62,600	20,7
62,700	10,1	62,700	-6,9	62,700	-0,5	62,700	-0,1	62,700	1,1	62,700	2,1
62,800	1,7	62,800	-3,9	62,800	-0,6	62,800	-0,1	62,800	1,2	62,800	-18,9
62,900	-7,2	62,900	0,7	62,900	-0,4	62,900	0,0	62,900	-0,7	62,900	-21,0
63,000	-14,1	63,000	4,8	63,000	-0,6	63,000	-0,3	63,000	-0,8	63,000	-2,0
63,100	-15,5	63,100	7,3	63,100	-0,3	63,100	-0,4	63,100	-1,5	63,100	18,6
63,200	-12,0	63,200	6,8	63,200	-0,2	63,200	-0,3	63,200	1,1	63,200	20,6
63,300	-3,3	63,300	4,4	63,300	0,0	63,300	-0,1	63,300	0,8	63,300	1,2
63,400	5,7	63,400	0,0	63,400	0,4	63,400	0,4	63,400	1,8	63,400	-18,8
63,500	13,6	63,500	-3,6	63,500	0,3	63,500	0,4	63,500	-0,9	63,500	-20,4
63,600	15,7	63,600	-6,1	63,600	0,6	63,600	0,4	63,600	-0,7	63,600	-0,5
63,700	12,7	63,700	-6,0	63,700	0,4	63,700	-0,1	63,700	-1,5	63,700	19,4
63,800	4,8	63,800	-3,7	63,800	0,4	63,800	0,1	63,800	0,8	63,800	20,6
63,900	-4,6	63,900	-0,2	63,900	0,5	63,900	0,0	63,900	1,0	63,900	0,5
64,000	-11,7	64,000	3,6	64,000	0,4	64,000	0,4	64,000	1,3	64,000	-19,3
64,100	-14,4	64,100	5,8	64,100	0,5	64,100	0,2	64,100	-0,5	64,100	-20,0
64,200	-11,0	64,200	6,0	64,200	0,3	64,200	0,3	64,200	-1,2	64,200	0,2
64,300	-3,6	64,300	3,8	64,300	0,1	64,300	-0,2	64,300	-0,9	64,300	19,8
64,400	5,5	64,400	0,1	64,400	0,1	64,400	0,0	64,400	0,2	64,400	19,9
64,500	12,3	64,500	-3,9	64,500	-0,3	64,500	-0,2	64,500	1,6	64,500	-0,4
64,600	14,8	64,600	-6,4	64,600	-0,1	64,600	0,2	64,600	0,3	64,600	-20,2

64,700	11,1	64,700	-7,1	64,700	-0,5	64,700	-0,1	64,700	0,0	64,700	-19,7
64,800	3,7	64,800	-4,9	64,800	-0,6	64,800	-0,3	64,800	-2,2	64,800	0,4
64,900	-6,3	64,900	-1,4	64,900	-0,5	64,900	-0,5	64,900	-0,3	64,900	20,1
65,000	-13,3	65,000	3,1	65,000	-0,7	65,000	-0,6	65,000	-0,2	65,000	18,9
65,100	-16,5	65,100	6,1	65,100	-0,4	65,100	-0,1	65,100	2,1	65,100	-1,2
65,200	-13,0	65,200	7,3	65,200	-0,4	65,200	0,0	65,200	0,3	65,200	-20,8
65,300	-5,4	65,300	5,6	65,300	-0,2	65,300	0,3	65,300	0,2	65,300	-18,9
65,400	4,4	65,400	2,0	65,400	0,0	65,400	-0,1	65,400	-1,9	65,400	1,4
65,500	12,2	65,500	-2,4	65,500	0,0	65,500	-0,1	65,500	-0,3	65,500	20,9
65,600	15,3	65,600	-5,8	65,600	0,2	65,600	-0,3	65,600	0,1	65,600	18,6
65,700	12,8	65,700	-6,9	65,700	0,3	65,700	0,2	65,700	1,7	65,700	-1,7
65,800	5,6	65,800	-5,2	65,800	0,4	65,800	0,2	65,800	0,6	65,800	-20,9
65,900	-3,3	65,900	-1,4	65,900	0,7	65,900	0,6	65,900	-0,4	65,900	-18,1
66,000	-10,9	66,000	3,2	66,000	0,4	66,000	0,1	66,000	-1,2	66,000	2,5
66,100	-13,8	66,100	6,7	66,100	0,6	66,100	0,3	66,100	-1,0	66,100	21,4
66,200	-11,7	66,200	7,4	66,200	0,4	66,200	-0,1	66,200	1,0	66,200	18,4
66,300	-4,2	66,300	5,6	66,300	0,4	66,300	0,3	66,300	0,9	66,300	-2,7
66,400	4,2	66,400	1,0	66,400	0,4	66,400	0,2	66,400	1,4	66,400	-21,1
66,500	12,3	66,500	-3,6	66,500	0,1	66,500	0,2	66,500	-1,3	66,500	-18,1
66,600	14,9	66,600	-7,5	66,600	0,0	66,600	-0,1	66,600	-0,8	66,600	3,4
66,700	12,8	66,700	-8,2	66,700	-0,3	66,700	-0,3	66,700	-1,6	66,700	21,1
66,800	5,0	66,800	-6,2	66,800	-0,4	66,800	-0,3	66,800	1,2	66,800	17,8
66,900	-4,2	66,900	-1,8	66,900	-0,4	66,900	-0,2	66,900	0,6	66,900	-4,1
67,000	-12,4	67,000	3,2	67,000	-0,6	67,000	0,1	67,000	1,4	67,000	-21,5
67,100	-16,0	67,100	6,9	67,100	-0,5	67,100	-0,1	67,100	-1,3	67,100	-17,9
67,200	-14,1	67,200	7,7	67,200	-0,5	67,200	-0,1	67,200	-0,7	67,200	4,2
67,300	-7,0	67,300	5,7	67,300	-0,6	67,300	-0,6	67,300	-1,2	67,300	21,2
67,400	2,1	67,400	1,4	67,400	-0,3	67,400	-0,3	67,400	1,1	67,400	17,3
67,500	10,5	67,500	-3,1	67,500	-0,4	67,500	-0,3	67,500	1,2	67,500	-5,0
67,600	14,7	67,600	-6,3	67,600	0,1	67,600	0,4	67,600	0,8	67,600	-21,6
67,700	13,2	67,700	-7,0	67,700	0,0	67,700	0,1	67,700	-0,6	67,700	-17,1
67,800	7,1	67,800	-4,5	67,800	0,3	67,800	0,3	67,800	-1,6	67,800	5,4
67,900	-2,4	67,900	-0,8	67,900	0,3	67,900	-0,1	67,900	-0,3	67,900	21,9
68,000	-9,9	68,000	3,9	68,000	0,3	68,000	0,1	68,000	0,3	68,000	16,9
68,100	-14,5	68,100	6,5	68,100	0,5	68,100	0,1	68,100	2,0	68,100	-5,4
68,200	-12,3	68,200	7,2	68,200	0,5	68,200	0,5	68,200	0,1	68,200	-21,8
68,300	-5,9	68,300	4,9	68,300	0,5	68,300	0,3	68,300	0,1	68,300	-16,1
68,400	3,7	68,400	1,1	68,400	0,6	68,400	0,2	68,400	-2,1	68,400	6,0
68,500	11,6	68,500	-3,3	68,500	0,3	68,500	-0,1	68,500	0,2	68,500	22,4
68,600	15,8	68,600	-6,4	68,600	0,3	68,600	0,0	68,600	-0,1	68,600	16,0
68,700	13,8	68,700	-7,3	68,700	0,1	68,700	0,2	68,700	2,1	68,700	-6,1
68,800	7,2	68,800	-5,5	68,800	-0,1	68,800	0,1	68,800	-0,3	68,800	-22,5
68,900	-2,7	68,900	-2,1	68,900	-0,1	68,900	0,2	68,900	-0,3	68,900	-15,6
69,000	-11,1	69,000	2,1	69,000	-0,6	69,000	-0,4	69,000	-2,0	69,000	6,3
69,100	-15,9	69,100	5,2	69,100	-0,4	69,100	-0,4	69,100	-0,3	69,100	22,4
69,200	-14,8	69,200	6,3	69,200	-0,7	69,200	-0,7	69,200	0,6	69,200	14,9

69,300	-8,3	69,300	5,2	69,300	-0,5	69,300	0,0	69,300	1,5	69,300	-7,1
69,400	0,6	69,400	1,9	69,400	-0,4	69,400	-0,1	69,400	0,7	69,400	-22,8
69,500	9,7	69,500	-1,6	69,500	-0,4	69,500	0,3	69,500	-1,0	69,500	-15,0
69,600	13,9	69,600	-5,0	69,600	-0,2	69,600	-0,3	69,600	-1,1	69,600	7,3
69,700	13,5	69,700	-6,1	69,700	-0,2	69,700	-0,1	69,700	-1,0	69,700	22,6
69,800	7,0	69,800	-5,2	69,800	-0,2	69,800	-0,4	69,800	1,3	69,800	14,6
69,900	-1,5	69,900	-2,0	69,900	0,2	69,900	0,1	69,900	0,7	69,900	-7,9
70,000	-9,9	70,000	2,0	70,000	0,1	70,000	0,1	70,000	1,3	70,000	-22,6
70,100	-13,9	70,100	5,6	70,100	0,5	70,100	0,4	70,100	-1,5	70,100	-14,3
70,200	-13,1	70,200	7,1	70,200	0,4	70,200	0,1	70,200	-0,4	70,200	8,6
70,300	-6,5	70,300	6,4	70,300	0,5	70,300	0,1	70,300	-1,2	70,300	22,8
70,400	2,0	70,400	2,9	70,400	0,7	70,400	0,2	70,400	1,8	70,400	14,5
70,500	10,9	70,500	-1,4	70,500	0,5	70,500	0,3	70,500	0,6	70,500	-8,7
70,600	15,3	70,600	-5,5	70,600	0,7	70,600	0,6	70,600	1,0	70,600	-22,3
70,700	14,8	70,700	-7,5	70,700	0,2	70,700	0,1	70,700	-1,5	70,700	-13,8
70,800	8,8	70,800	-6,8	70,800	0,2	70,800	0,1	70,800	-1,1	70,800	9,4
70,900	-0,5	70,900	-3,8	70,900	-0,1	70,900	-0,5	70,900	-0,8	70,900	22,5
71,000	-9,2	71,000	0,9	71,000	-0,2	71,000	-0,1	71,000	1,0	71,000	13,5
71,100	-15,0	71,100	4,8	71,100	-0,2	71,100	-0,2	71,100	1,4	71,100	-9,9
71,200	-14,6	71,200	7,1	71,200	-0,3	71,200	0,3	71,200	0,3	71,200	-22,7
71,300	-9,5	71,300	6,3	71,300	-0,5	71,300	-0,1	71,300	-0,7	71,300	-13,4
71,400	-0,6	71,400	3,1	71,400	-0,4	71,400	0,0	71,400	-1,8	71,400	10,0
71,500	7,8	71,500	-1,5	71,500	-0,7	71,500	-0,7	71,500	0,1	71,500	22,4
71,600	13,3	71,600	-5,4	71,600	-0,4	71,600	-0,3	71,600	0,2	71,600	12,6
71,700	13,1	71,700	-7,5	71,700	-0,6	71,700	-0,3	71,700	2,1	71,700	-10,7
71,800	8,4	71,800	-6,3	71,800	-0,3	71,800	0,1	71,800	-0,5	71,800	-23,0
71,900	-0,5	71,900	-2,9	71,900	-0,1	71,900	0,0	71,900	-0,1	71,900	-12,4
72,000	-8,6	72,000	2,2	72,000	-0,1	72,000	-0,1	72,000	-2,1	72,000	10,7
72,100	-14,4	72,100	6,1	72,100	0,2	72,100	-0,1	72,100	0,5	72,100	23,1
72,200	-14,1	72,200	8,1	72,200	0,2	72,200	0,0	72,200	0,4	72,200	12,0
72,300	-8,8	72,300	7,1	72,300	0,4	72,300	0,4	72,300	2,0	72,300	-10,8
72,400	0,3	72,400	3,4	72,400	0,6	72,400	0,4	72,400	-0,1	72,400	-22,9
72,500	9,6	72,500	-1,3	72,500	0,5	72,500	0,4	72,500	-0,6	72,500	-11,2
72,600	15,4	72,600	-5,6	72,600	0,6	72,600	-0,1	72,600	-1,6	72,600	11,4
72,700	16,0	72,700	-7,5	72,700	0,4	72,700	0,1	72,700	-0,2	72,700	23,3
72,800	10,5	72,800	-6,8	72,800	0,3	72,800	-0,2	72,800	0,9	72,800	11,1
72,900	1,6	72,900	-3,5	72,900	0,5	72,900	0,5	72,900	1,1	72,900	-11,4
73,000	-7,9	73,000	1,0	73,000	0,0	73,000	0,2	73,000	0,5	73,000	-23,1
73,100	-14,0	73,100	5,0	73,100	0,2	73,100	0,4	73,100	-1,5	73,100	-10,5
73,200	-15,1	73,200	6,7	73,200	-0,3	73,200	-0,4	73,200	-0,7	73,200	11,9
73,300	-10,1	73,300	6,0	73,300	-0,3	73,300	-0,3	73,300	-0,9	73,300	22,9
73,400	-2,1	73,400	2,5	73,400	-0,4	73,400	-0,5	73,400	1,8	73,400	10,1
73,500	7,4	73,500	-1,5	73,500	-0,5	73,500	-0,1	73,500	0,5	73,500	-12,7
73,600	12,9	73,600	-5,4	73,600	-0,4	73,600	-0,1	73,600	0,9	73,600	-23,1
73,700	14,0	73,700	-7,0	73,700	-0,5	73,700	0,0	73,700	-1,9	73,700	-10,2
73,800	8,9	73,800	-6,2	73,800	-0,5	73,800	-0,3	73,800	-0,7	73,800	12,8



73,900	0,4	73,900	-3,0	73,900	-0,4	73,900	-0,4	73,900	-0,9	73,900	22,6
74,000	-8,6	74,000	1,4	74,000	-0,5	74,000	-0,2	74,000	1,7	74,000	9,6
74,100	-14,6	74,100	5,3	74,100	-0,1	74,100	-0,1	74,100	0,8	74,100	-13,5
74,200	-15,0	74,200	7,4	74,200	-0,1	74,200	0,3	74,200	0,7	74,200	-22,7
74,300	-9,9	74,300	6,8	74,300	0,1	74,300	0,0	74,300	-1,3	74,300	-9,4
74,400	-1,1	74,400	3,9	74,400	0,4	74,400	0,2	74,400	-0,9	74,400	14,0
74,500	8,3	74,500	-0,3	74,500	0,3	74,500	-0,2	74,500	-0,1	74,500	22,7
74,600	14,6	74,600	-4,3	74,600	0,7	74,600	0,4	74,600	1,0	74,600	9,4
74,700	15,7	74,700	-6,6	74,700	0,5	74,700	0,3	74,700	1,5	74,700	-14,0
74,800	11,5	74,800	-6,3	74,800	0,7	74,800	0,8	74,800	-0,4	74,800	-22,2
74,900	2,9	74,900	-3,9	74,900	0,4	74,900	0,2	74,900	-0,6	74,900	-8,5
75,000	-5,8	75,000	0,3	75,000	0,2	75,000	0,1	75,000	-1,9	75,000	14,6
75,100	-13,0	75,100	3,8	75,100	0,2	75,100	-0,4	75,100	0,6	75,100	22,5
75,200	-14,2	75,200	6,2	75,200	0,0	75,200	0,0	75,200	0,5	75,200	8,2
75,300	-10,7	75,300	5,9	75,300	0,0	75,300	0,0	75,300	2,0	75,300	-14,8
75,400	-2,6	75,400	3,4	75,400	0,0	75,400	0,3	75,400	-0,7	75,400	-22,5
75,500	6,1	75,500	-0,5	75,500	-0,3	75,500	0,0	75,500	-0,5	75,500	-7,8
75,600	12,5	75,600	-4,5	75,600	-0,3	75,600	-0,2	75,600	-2,0	75,600	14,9
75,700	13,9	75,700	-6,9	75,700	-0,6	75,700	-0,4	75,700	0,5	75,700	22,3
75,800	9,9	75,800	-6,8	75,800	-0,6	75,800	-0,4	75,800	0,5	75,800	6,9
75,900	1,7	75,900	-4,3	75,900	-0,5	75,900	-0,1	75,900	1,6	75,900	-15,4
76,000	-7,2	76,000	0,0	76,000	-0,6	76,000	-0,2	76,000	-0,3	76,000	-22,8
76,100	-13,9	76,100	4,2	76,100	-0,2	76,100	0,0	76,100	-1,0	76,100	-6,8
76,200	-15,6	76,200	7,0	76,200	-0,4	76,200	-0,4	76,200	-1,1	76,200	15,3
76,300	-11,6	76,300	7,4	76,300	0,0	76,300	0,0	76,300	0,0	76,300	22,5
76,400	-3,7	76,400	4,9	76,400	0,1	76,400	-0,2	76,400	1,6	76,400	6,2
76,500	6,2	76,500	1,0	76,500	0,2	76,500	0,5	76,500	0,9	76,500	-15,5
76,600	13,2	76,600	-3,5	76,600	0,4	76,600	0,3	76,600	0,5	76,600	-22,3
76,700	16,1	76,700	-6,2	76,700	0,4	76,700	0,4	76,700	-1,8	76,700	-5,6
76,800	12,5	76,800	-6,8	76,800	0,4	76,800	-0,2	76,800	-0,6	76,800	16,2
76,900	4,9	76,900	-4,6	76,900	0,5	76,900	0,1	76,900	-0,6	76,900	22,4
77,000	-4,6	77,000	-0,6	77,000	0,3	77,000	-0,1	77,000	1,9	77,000	5,6
77,100	-11,8	77,100	3,6	77,100	0,7	77,100	0,5	77,100	0,5	77,100	-16,2
77,200	-14,4	77,200	6,4	77,200	0,3	77,200	0,4	77,200	0,7	77,200	-21,9
77,300	-11,1	77,300	6,9	77,300	0,4	77,300	0,3	77,300	-1,9	77,300	-4,9
77,400	-3,7	77,400	4,4	77,400	0,1	77,400	0,0	77,400	-0,5	77,400	16,9
77,500	5,5	77,500	0,3	77,500	-0,2	77,500	-0,3	77,500	-0,4	77,500	21,7
77,600	12,3	77,600	-4,3	77,600	-0,1	77,600	-0,1	77,600	1,5	77,600	4,7
77,700	14,7	77,700	-7,3	77,700	-0,4	77,700	-0,2	77,700	0,7	77,700	-17,5
77,800	11,3	77,800	-7,7	77,800	-0,3	77,800	0,1	77,800	-0,2	77,800	-21,7
77,900	3,3	77,900	-5,4	77,900	-0,5	77,900	-0,3	77,900	-1,4	77,900	-4,7
78,000	-6,0	78,000	-0,8	78,000	-0,6	78,000	-0,2	78,000	-1,3	78,000	17,4
78,100	-13,8	78,100	3,8	78,100	-0,5	78,100	-0,6	78,100	0,4	78,100	21,1
78,200	-16,2	78,200	7,2	78,200	-0,5	78,200	0,0	78,200	1,0	78,200	4,0
78,300	-13,2	78,300	7,7	78,300	-0,4	78,300	-0,1	78,300	1,5	78,300	-18,1
78,400	-5,1	78,400	5,5	78,400	-0,1	78,400	0,3	78,400	-0,6	78,400	-21,2

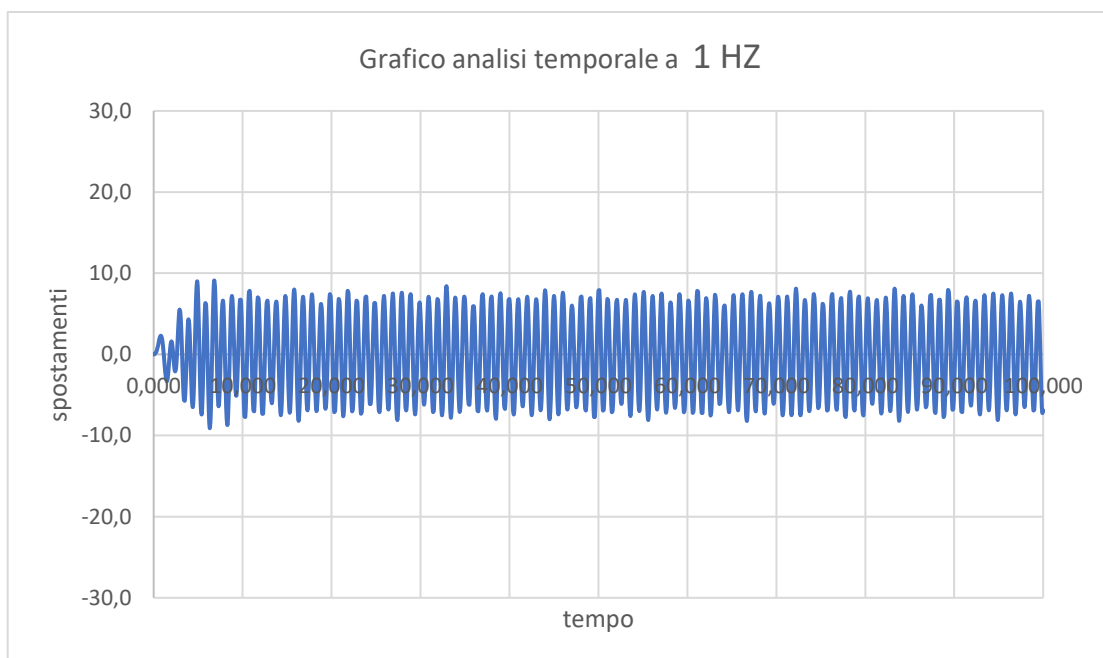
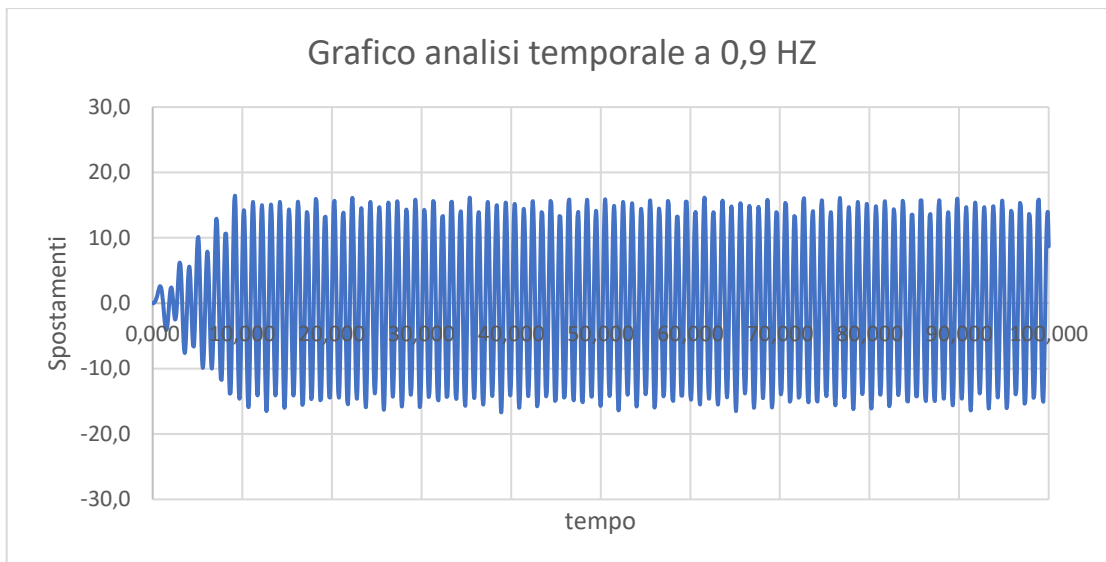
78,500	4,5	78,500	1,3	78,500	-0,2	78,500	-0,2	78,500	-0,7	78,500	-3,8
78,600	12,4	78,600	-3,3	78,600	0,3	78,600	0,0	78,600	-1,6	78,600	18,2
78,700	15,5	78,700	-6,5	78,700	0,1	78,700	-0,3	78,700	0,9	78,700	21,1
78,800	12,9	78,800	-6,9	78,800	0,5	78,800	0,2	78,800	0,6	78,800	3,4
78,900	5,5	78,900	-4,7	78,900	0,5	78,900	0,3	78,900	1,7	78,900	-18,2
79,000	-3,3	79,000	-0,4	79,000	0,5	79,000	0,6	79,000	-0,8	79,000	-20,7
79,100	-11,0	79,100	3,9	79,100	0,6	79,100	0,3	79,100	-0,7	79,100	-2,4
79,200	-13,9	79,200	6,8	79,200	0,3	79,200	0,0	79,200	-1,4	79,200	18,7
79,300	-11,5	79,300	7,1	79,300	0,4	79,300	0,0	79,300	0,6	79,300	21,1
79,400	-4,5	79,400	4,5	79,400	0,3	79,400	0,0	79,400	1,2	79,400	2,2
79,500	4,7	79,500	0,3	79,500	0,2	79,500	0,3	79,500	1,1	79,500	-18,6
79,600	11,9	79,600	-4,3	79,600	0,3	79,600	0,2	79,600	-0,4	79,600	-20,8
79,700	15,2	79,700	-7,1	79,700	0,0	79,700	0,2	79,700	-1,5	79,700	-1,6
79,800	12,3	79,800	-7,5	79,800	-0,2	79,800	-0,4	79,800	-1,0	79,800	18,7
79,900	5,0	79,900	-5,2	79,900	-0,4	79,900	-0,2	79,900	-0,1	79,900	20,6
80,000	-4,5	80,000	-1,1	80,000	-0,7	80,000	-0,4	80,000	1,6	80,000	0,8
80,100	-12,5	80,100	3,1	80,100	-0,4	80,100	0,1	80,100	0,5	80,100	-19,2
80,200	-16,1	80,200	6,2	80,200	-0,7	80,200	-0,3	80,200	0,2	80,200	-20,9
80,300	-13,9	80,300	6,9	80,300	-0,4	80,300	-0,1	80,300	-1,9	80,300	-0,9
80,400	-7,0	80,400	5,0	80,400	-0,5	80,400	-0,6	80,400	-0,3	80,400	19,0
80,500	2,5	80,500	1,5	80,500	-0,3	80,500	-0,2	80,500	-0,1	80,500	20,2
80,600	10,5	80,600	-2,6	80,600	-0,1	80,600	-0,1	80,600	1,9	80,600	0,2
80,700	14,8	80,700	-5,4	80,700	0,0	80,700	0,3	80,700	0,5	80,700	-19,5
80,800	13,2	80,800	-6,1	80,800	0,2	80,800	0,3	80,800	0,0	80,800	-19,9
80,900	6,8	80,900	-4,5	80,900	0,2	80,900	0,2	80,900	-1,7	80,900	0,2
81,000	-2,1	81,000	-0,9	81,000	0,2	81,000	-0,1	81,000	-0,7	81,000	20,0
81,100	-10,3	81,100	2,8	81,100	0,5	81,100	-0,1	81,100	0,3	81,100	19,8
81,200	-14,0	81,200	5,8	81,200	0,4	81,200	0,2	81,200	1,6	81,200	-0,2
81,300	-12,4	81,300	6,7	81,300	0,6	81,300	0,3	81,300	1,0	81,300	-20,0
81,400	-5,6	81,400	5,2	81,400	0,7	81,400	0,6	81,400	-0,4	81,400	-19,1
81,500	3,6	81,500	1,8	81,500	0,4	81,500	0,2	81,500	-1,2	81,500	0,9
81,600	11,6	81,600	-2,5	81,600	0,5	81,600	0,2	81,600	-1,2	81,600	20,7
81,700	15,6	81,700	-5,9	81,700	0,0	81,700	-0,3	81,700	0,7	81,700	19,1
81,800	13,8	81,800	-7,3	81,800	0,1	81,800	0,2	81,800	0,8	81,800	-1,0
81,900	6,8	81,900	-6,3	81,900	-0,2	81,900	-0,1	81,900	1,2	81,900	-20,9
82,000	-2,5	82,000	-2,8	82,000	-0,3	82,000	0,1	82,000	-1,1	82,000	-18,9
82,100	-11,4	82,100	1,4	82,100	-0,4	82,100	-0,4	82,100	-0,9	82,100	1,3
82,200	-15,7	82,200	5,2	82,200	-0,6	82,200	-0,3	82,200	-1,3	82,200	20,7
82,300	-14,8	82,300	7,0	82,300	-0,5	82,300	-0,5	82,300	1,0	82,300	18,3
82,400	-8,4	82,400	6,0	82,400	-0,5	82,400	-0,1	82,400	1,0	82,400	-2,1
82,500	0,9	82,500	2,9	82,500	-0,5	82,500	0,0	82,500	1,2	82,500	-21,2
82,600	9,3	82,600	-1,6	82,600	-0,2	82,600	0,2	82,600	-0,8	82,600	-18,5
82,700	14,3	82,700	-5,2	82,700	-0,4	82,700	-0,2	82,700	-1,2	82,700	2,4
82,800	13,3	82,800	-7,0	82,800	-0,2	82,800	-0,3	82,800	-1,0	82,800	21,0
82,900	7,3	82,900	-6,0	82,900	-0,1	82,900	-0,3	82,900	0,7	82,900	18,2
83,000	-1,5	83,000	-2,4	83,000	0,0	83,000	-0,1	83,000	1,4	83,000	-3,1

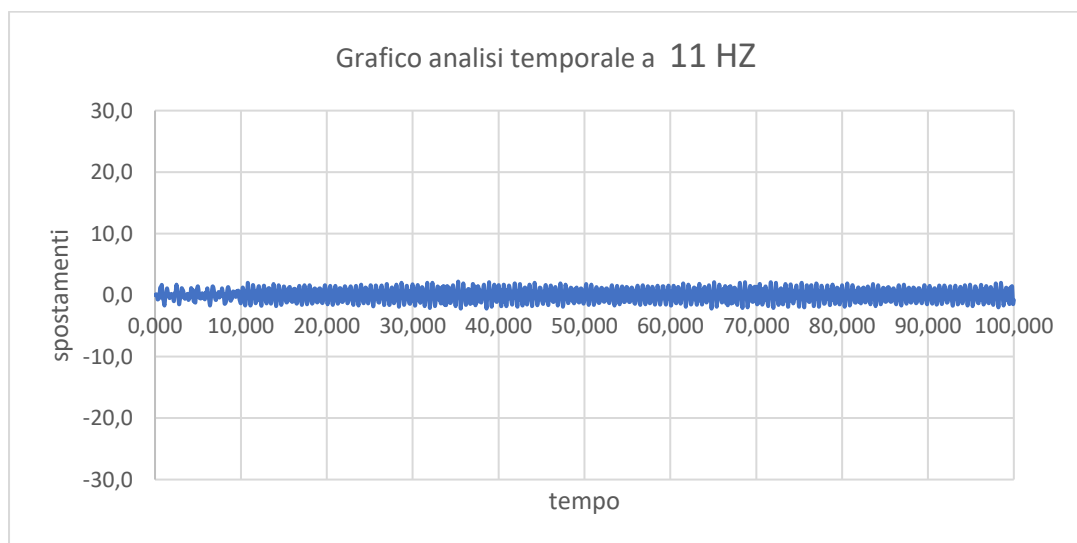
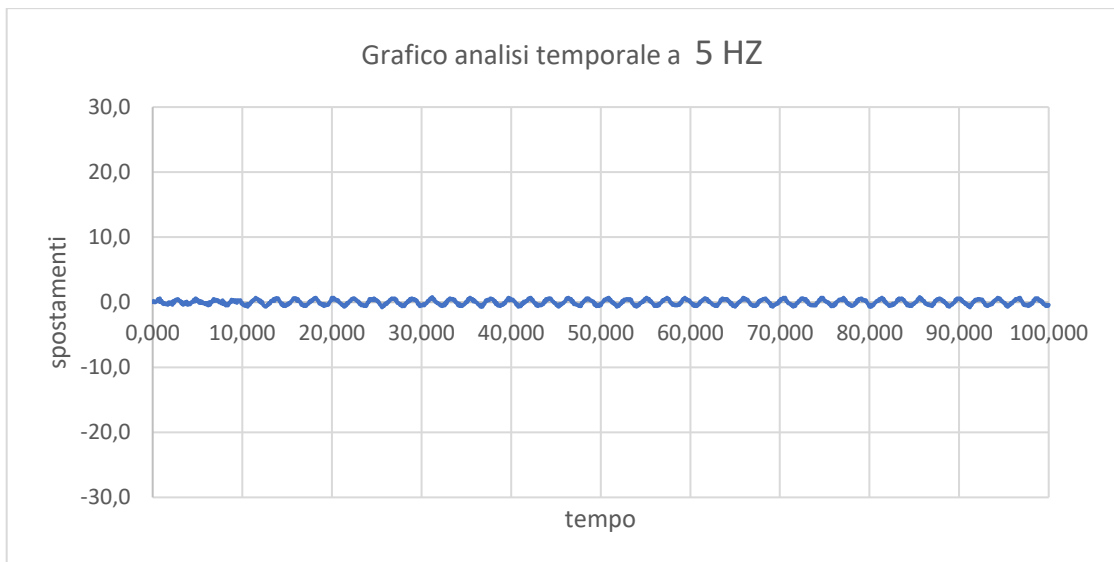
83,100	-9,7	83,100	2,3	83,100	0,4	83,100	0,4	83,100	0,8	83,100	-21,0
83,200	-14,0	83,200	6,4	83,200	0,3	83,200	0,3	83,200	-0,3	83,200	-17,9
83,300	-12,9	83,300	8,1	83,300	0,6	83,300	0,4	83,300	-1,5	83,300	3,9
83,400	-6,8	83,400	6,7	83,400	0,4	83,400	0,0	83,400	-0,3	83,400	21,4
83,500	2,3	83,500	2,9	83,500	0,5	83,500	0,2	83,500	0,3	83,500	18,2
83,600	10,6	83,600	-2,3	83,600	0,6	83,600	0,1	83,600	1,8	83,600	-3,9
83,700	15,6	83,700	-6,4	83,700	0,4	83,700	0,5	83,700	0,3	83,700	-21,1
83,800	14,7	83,800	-8,2	83,800	0,4	83,800	0,1	83,800	-0,4	83,800	-17,6
83,900	8,7	83,900	-7,0	83,900	0,2	83,900	0,2	83,900	-1,8	83,900	4,6
84,000	-0,4	84,000	-3,0	84,000	-0,1	84,000	-0,4	84,000	-0,5	84,000	21,4
84,100	-9,6	84,100	1,6	84,100	-0,1	84,100	-0,1	84,100	0,3	84,100	17,3
84,200	-14,9	84,200	5,7	84,200	-0,5	84,200	-0,2	84,200	1,6	84,200	-5,0
84,300	-15,0	84,300	7,2	84,300	-0,3	84,300	0,2	84,300	0,4	84,300	-21,8
84,400	-9,5	84,400	5,9	84,400	-0,5	84,400	-0,1	84,400	-0,5	84,400	-17,2
84,500	-0,7	84,500	2,3	84,500	-0,6	84,500	-0,3	84,500	-1,5	84,500	5,0
84,600	8,0	84,600	-2,3	84,600	-0,4	84,600	-0,5	84,600	-0,7	84,600	21,7
84,700	13,5	84,700	-5,8	84,700	-0,6	84,700	-0,5	84,700	0,8	84,700	16,3
84,800	13,5	84,800	-7,1	84,800	-0,3	84,800	-0,1	84,800	1,2	84,800	-5,7
84,900	8,1	84,900	-5,6	84,900	-0,3	84,900	0,1	84,900	0,9	84,900	-22,2
85,000	-0,3	85,000	-1,8	85,000	-0,2	85,000	0,3	85,000	-1,0	85,000	-16,2
85,100	-9,1	85,100	2,5	85,100	0,0	85,100	0,0	85,100	-1,1	85,100	5,9
85,200	-14,2	85,200	6,2	85,200	0,0	85,200	0,0	85,200	-0,8	85,200	22,4
85,300	-14,2	85,300	7,4	85,300	0,2	85,300	-0,2	85,300	1,2	85,300	15,8
85,400	-8,6	85,400	6,1	85,400	0,5	85,400	0,3	85,400	1,3	85,400	-6,0
85,500	0,7	85,500	2,8	85,500	0,5	85,500	0,3	85,500	1,0	85,500	-22,3
85,600	9,7	85,600	-1,6	85,600	0,8	85,600	0,6	85,600	-1,0	85,600	-15,1
85,700	15,7	85,700	-5,0	85,700	0,4	85,700	0,1	85,700	-1,1	85,700	6,8
85,800	15,7	85,800	-6,8	85,800	0,6	85,800	0,2	85,800	-0,9	85,800	22,9
85,900	10,3	85,900	-6,0	85,900	0,3	85,900	0,0	85,900	0,9	85,900	15,3
86,000	1,2	86,000	-3,2	86,000	0,2	86,000	0,3	86,000	1,1	86,000	-6,9
86,100	-8,1	86,100	0,6	86,100	0,2	86,100	0,2	86,100	0,5	86,100	-22,6
86,200	-14,1	86,200	4,1	86,200	-0,2	86,200	0,1	86,200	-0,8	86,200	-14,9
86,300	-14,9	86,300	6,0	86,300	-0,2	86,300	-0,2	86,300	-1,5	86,300	7,4
86,400	-10,1	86,400	5,4	86,400	-0,3	86,400	-0,4	86,400	-0,3	86,400	22,4
86,500	-1,5	86,500	2,9	86,500	-0,4	86,500	-0,4	86,500	0,6	86,500	14,5
86,600	7,0	86,600	-1,0	86,600	-0,3	86,600	-0,1	86,600	1,6	86,600	-8,2
86,700	13,1	86,700	-4,4	86,700	-0,5	86,700	0,1	86,700	0,2	86,700	-22,7
86,800	13,6	86,800	-6,5	86,800	-0,4	86,800	0,0	86,800	-0,8	86,800	-14,6
86,900	8,8	86,900	-6,2	86,900	-0,5	86,900	-0,2	86,900	-1,7	86,900	8,4
87,000	0,4	87,000	-3,4	87,000	-0,6	87,000	-0,5	87,000	-0,3	87,000	22,3
87,100	-8,6	87,100	0,5	87,100	-0,2	87,100	-0,3	87,100	0,7	87,100	14,0
87,200	-14,2	87,200	4,8	87,200	-0,3	87,200	-0,2	87,200	1,7	87,200	-9,2
87,300	-14,9	87,300	7,2	87,300	0,2	87,300	0,3	87,300	0,4	87,300	-22,5
87,400	-9,7	87,400	7,3	87,400	0,2	87,400	0,2	87,400	-0,6	87,400	-13,8
87,500	-1,0	87,500	4,7	87,500	0,4	87,500	0,3	87,500	-1,4	87,500	9,7
87,600	8,2	87,600	0,4	87,600	0,5	87,600	0,0	87,600	-0,3	87,600	22,8

87,700	14,5	87,700	-4,0	87,700	0,4	87,700	0,2	87,700	1,0	87,700	13,8
87,800	15,7	87,800	-6,9	87,800	0,6	87,800	0,3	87,800	1,2	87,800	-9,6
87,900	11,3	87,900	-7,2	87,900	0,5	87,900	0,5	87,900	0,5	87,900	-22,5
88,000	3,3	88,000	-4,5	88,000	0,4	88,000	0,2	88,000	-1,2	88,000	-13,0
88,100	-6,2	88,100	-0,4	88,100	0,4	88,100	0,1	88,100	-1,1	88,100	10,2
88,200	-12,6	88,200	4,1	88,200	0,1	88,200	-0,2	88,200	-0,6	88,200	22,8
88,300	-14,6	88,300	6,7	88,300	0,2	88,300	-0,1	88,300	1,2	88,300	12,7
88,400	-10,7	88,400	6,7	88,400	0,0	88,400	0,1	88,400	1,1	88,400	-10,4
88,500	-2,8	88,500	4,0	88,500	-0,2	88,500	0,2	88,500	0,5	88,500	-23,0
88,600	5,9	88,600	-0,6	88,600	-0,2	88,600	0,1	88,600	-1,3	88,600	-12,2
88,700	12,6	88,700	-4,9	88,700	-0,6	88,700	-0,4	88,700	-1,2	88,700	10,5
88,800	13,9	88,800	-7,7	88,800	-0,5	88,800	-0,5	88,800	-0,7	88,800	22,8
88,900	10,0	88,900	-7,4	88,900	-0,7	88,900	-0,6	88,900	1,1	88,900	11,4
89,000	1,8	89,000	-4,4	89,000	-0,5	89,000	-0,2	89,000	1,1	89,000	-11,2
89,100	-7,2	89,100	0,4	89,100	-0,4	89,100	-0,1	89,100	0,4	89,100	-23,3
89,200	-14,0	89,200	5,0	89,200	-0,4	89,200	0,1	89,200	-1,0	89,200	-11,4
89,300	-15,6	89,300	7,9	89,300	-0,2	89,300	-0,2	89,300	-1,3	89,300	11,3
89,400	-11,8	89,400	7,6	89,400	-0,1	89,400	-0,1	89,400	0,0	89,400	23,1
89,500	-3,3	89,500	4,9	89,500	0,0	89,500	-0,2	89,500	0,9	89,500	10,9
89,600	6,0	89,600	0,1	89,600	0,4	89,600	0,3	89,600	1,6	89,600	-11,6
89,700	13,9	89,700	-4,1	89,700	0,3	89,700	0,3	89,700	0,1	89,700	-23,0
89,800	16,0	89,800	-6,8	89,800	0,6	89,800	0,4	89,800	-0,8	89,800	-10,4
89,900	12,8	89,900	-6,7	89,900	0,5	89,900	0,0	89,900	-1,5	89,900	12,4
90,000	4,8	90,000	-4,0	90,000	0,5	90,000	0,0	90,000	0,0	90,000	23,2
90,100	-4,8	90,100	0,0	90,100	0,6	90,100	0,1	90,100	0,8	90,100	10,5
90,200	-12,0	90,200	4,2	90,200	0,3	90,200	0,4	90,200	1,5	90,200	-12,5
90,300	-14,6	90,300	6,5	90,300	0,4	90,300	0,5	90,300	0,0	90,300	-22,6
90,400	-11,2	90,400	6,4	90,400	0,1	90,400	0,2	90,400	-0,8	90,400	-9,9
90,500	-3,5	90,500	3,7	90,500	0,0	90,500	-0,1	90,500	-1,4	90,500	13,1
90,600	5,6	90,600	-0,5	90,600	0,0	90,600	-0,4	90,600	-0,1	90,600	22,6
90,700	12,5	90,700	-4,6	90,700	-0,3	90,700	-0,3	90,700	1,0	90,700	9,6
90,800	14,7	90,800	-7,0	90,800	-0,2	90,800	-0,1	90,800	1,1	90,800	-13,7
90,900	10,9	90,900	-7,1	90,900	-0,4	90,900	0,1	90,900	0,2	90,900	-22,7
91,000	3,3	91,000	-4,4	91,000	-0,6	91,000	-0,1	91,000	-1,5	91,000	-9,6
91,100	-6,6	91,100	-0,5	91,100	-0,5	91,100	-0,2	91,100	-1,1	91,100	13,8
91,200	-13,5	91,200	3,9	91,200	-0,8	91,200	-0,6	91,200	-0,4	91,200	22,2
91,300	-16,4	91,300	6,5	91,300	-0,4	91,300	-0,2	91,300	1,5	91,300	8,8
91,400	-12,8	91,400	7,0	91,400	-0,4	91,400	-0,2	91,400	1,1	91,400	-14,4
91,500	-4,9	91,500	4,9	91,500	-0,1	91,500	0,2	91,500	0,5	91,500	-22,6
91,600	4,7	91,600	1,2	91,600	0,1	91,600	0,0	91,600	-1,4	91,600	-8,5
91,700	12,5	91,700	-2,8	91,700	0,1	91,700	0,0	91,700	-0,9	91,700	14,6
91,800	15,4	91,800	-5,7	91,800	0,4	91,800	-0,1	91,800	-0,4	91,800	22,7
91,900	12,8	91,900	-6,3	91,900	0,3	91,900	0,2	91,900	1,5	91,900	8,2
92,000	5,5	92,000	-4,4	92,000	0,4	92,000	0,3	92,000	1,0	92,000	-14,6
92,100	-3,5	92,100	-0,8	92,100	0,5	92,100	0,5	92,100	0,2	92,100	-22,3
92,200	-10,8	92,200	3,2	92,200	0,4	92,200	0,3	92,200	-1,2	92,200	-7,3

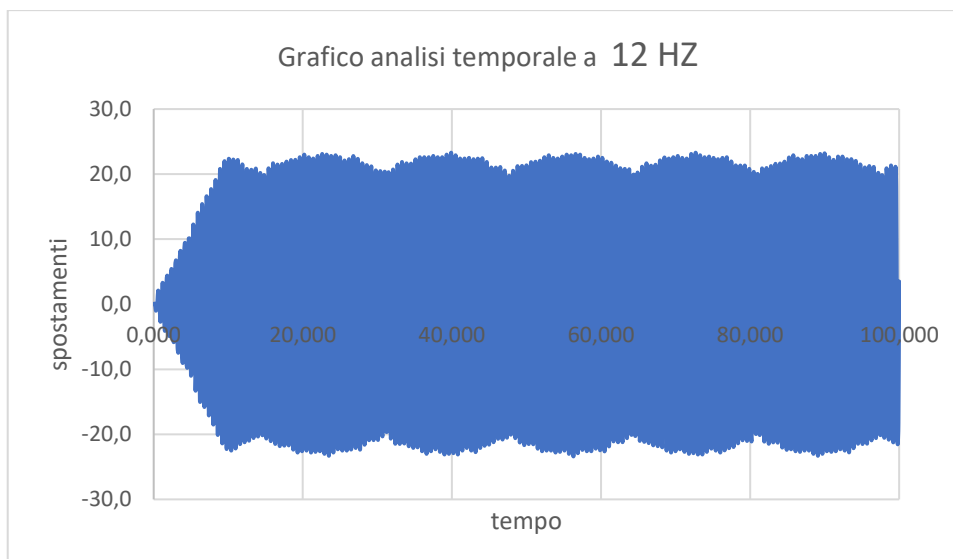
92,300	-13,8	92,300	6,1	92,300	0,5	92,300	0,0	92,300	-1,1	92,300	15,1
92,400	-11,5	92,400	6,6	92,400	0,4	92,400	-0,1	92,400	0,2	92,400	22,7
92,500	-4,2	92,500	4,8	92,500	0,4	92,500	0,0	92,500	1,1	92,500	7,1
92,600	4,2	92,600	0,7	92,600	0,4	92,600	0,3	92,600	1,4	92,600	-15,1
92,700	12,1	92,700	-3,3	92,700	0,0	92,700	0,3	92,700	-0,4	92,700	-22,5
92,800	14,7	92,800	-6,7	92,800	0,0	92,800	0,2	92,800	-1,0	92,800	-6,5
92,900	12,5	92,900	-7,4	92,900	-0,4	92,900	-0,3	92,900	-1,7	92,900	15,3
93,000	4,9	93,000	-5,7	93,000	-0,5	93,000	-0,4	93,000	0,2	93,000	22,3
93,100	-4,4	93,100	-1,9	93,100	-0,5	93,100	-0,5	93,100	0,7	93,100	5,8
93,200	-12,5	93,200	2,6	93,200	-0,6	93,200	-0,1	93,200	1,5	93,200	-16,1
93,300	-16,1	93,300	6,1	93,300	-0,4	93,300	-0,1	93,300	-0,5	93,300	-22,6
93,400	-14,0	93,400	7,3	93,400	-0,4	93,400	0,0	93,400	-0,7	93,400	-5,9
93,500	-6,9	93,500	5,8	93,500	-0,4	93,500	-0,4	93,500	-1,5	93,500	16,0
93,600	2,4	93,600	2,1	93,600	-0,2	93,600	-0,2	93,600	0,5	93,600	22,1
93,700	10,7	93,700	-2,2	93,700	-0,3	93,700	-0,2	93,700	1,0	93,700	5,3
93,800	14,8	93,800	-5,7	93,800	0,1	93,800	0,3	93,800	1,3	93,800	-16,6
93,900	13,3	93,900	-6,9	93,900	0,1	93,900	0,2	93,900	-0,1	93,900	-21,9
94,000	7,1	94,000	-5,1	94,000	0,3	94,000	0,2	94,000	-1,3	94,000	-5,0
94,100	-2,3	94,100	-1,6	94,100	0,4	94,100	-0,1	94,100	-0,9	94,100	17,1
94,200	-9,9	94,200	3,1	94,200	0,4	94,200	-0,1	94,200	0,0	94,200	21,8
94,300	-14,4	94,300	6,3	94,300	0,7	94,300	0,2	94,300	1,6	94,300	5,0
94,400	-12,2	94,400	7,5	94,400	0,5	94,400	0,4	94,400	0,9	94,400	-17,1
94,500	-5,8	94,500	5,7	94,500	0,6	94,500	0,6	94,500	0,3	94,500	-21,2
94,600	3,7	94,600	1,8	94,600	0,5	94,600	0,3	94,600	-1,7	94,600	-4,2
94,700	11,7	94,700	-3,0	94,700	0,2	94,700	0,0	94,700	-0,7	94,700	17,8
94,800	15,7	94,800	-6,7	94,800	0,2	94,800	-0,3	94,800	-0,4	94,800	21,3
94,900	13,6	94,900	-8,1	94,900	0,0	94,900	-0,1	94,900	1,7	94,900	4,0
95,000	6,8	95,000	-6,4	95,000	-0,1	95,000	-0,1	95,000	0,4	95,000	-18,1
95,100	-3,0	95,100	-2,6	95,100	-0,1	95,100	0,2	95,100	0,2	95,100	-21,3
95,200	-11,3	95,200	2,3	95,200	-0,5	95,200	-0,2	95,200	-1,8	95,200	-3,7
95,300	-16,0	95,300	6,0	95,300	-0,4	95,300	-0,2	95,300	-0,8	95,300	18,0
95,400	-14,8	95,400	7,3	95,400	-0,7	95,400	-0,5	95,400	0,1	95,400	20,8
95,500	-8,2	95,500	6,0	95,500	-0,6	95,500	-0,2	95,500	1,4	95,500	2,8
95,600	0,8	95,600	2,0	95,600	-0,4	95,600	-0,1	95,600	1,1	95,600	-18,5
95,700	9,8	95,700	-2,2	95,700	-0,4	95,700	0,1	95,700	-0,3	95,700	-21,2
95,800	14,1	95,800	-5,9	95,800	-0,1	95,800	-0,1	95,800	-1,2	95,800	-2,6
95,900	13,6	95,900	-6,9	95,900	-0,2	95,900	-0,3	95,900	-1,3	95,900	18,4
96,000	7,1	96,000	-5,4	96,000	0,0	96,000	-0,3	96,000	0,6	96,000	21,0
96,100	-1,5	96,100	-1,5	96,100	0,2	96,100	0,1	96,100	0,9	96,100	2,0
96,200	-9,8	96,200	3,0	96,200	0,2	96,200	0,4	96,200	1,6	96,200	-18,5
96,300	-13,9	96,300	6,5	96,300	0,5	96,300	0,4	96,300	-0,8	96,300	-20,7
96,400	-13,0	96,400	7,5	96,400	0,4	96,400	0,4	96,400	-0,6	96,400	-1,2
96,500	-6,4	96,500	6,0	96,500	0,5	96,500	0,0	96,500	-1,5	96,500	19,0
96,600	2,2	96,600	1,9	96,600	0,6	96,600	0,1	96,600	1,0	96,600	20,9
96,700	11,0	96,700	-2,5	96,700	0,4	96,700	0,0	96,700	0,8	96,700	1,1
96,800	15,3	96,800	-6,2	96,800	0,7	96,800	0,5	96,800	1,4	96,800	-18,9

96,900	14,7	96,900	-7,4	96,900	0,3	96,900	0,2	96,900	-0,9	96,900	-20,4
97,000	8,6	97,000	-6,0	97,000	0,2	97,000	0,3	97,000	-1,2	97,000	-0,5
97,100	-0,8	97,100	-2,7	97,100	-0,1	97,100	-0,3	97,100	-1,3	97,100	19,3
97,200	-9,5	97,200	1,7	97,200	-0,4	97,200	-0,2	97,200	0,4	97,200	20,1
97,300	-15,3	97,300	4,9	97,300	-0,3	97,300	-0,3	97,300	1,3	97,300	0,1
97,400	-14,8	97,400	6,5	97,400	-0,5	97,400	0,0	97,400	0,9	97,400	-19,9
97,500	-9,5	97,500	5,3	97,500	-0,4	97,500	-0,1	97,500	-0,2	97,500	-20,1
97,600	-0,5	97,600	2,3	97,600	-0,4	97,600	-0,2	97,600	-1,6	97,600	-0,1
97,700	8,0	97,700	-1,7	97,700	-0,6	97,700	-0,5	97,700	-0,5	97,700	19,8
97,800	13,6	97,800	-4,9	97,800	-0,3	97,800	-0,3	97,800	-0,1	97,800	19,4
97,900	13,2	97,900	-6,5	97,900	-0,5	97,900	-0,2	97,900	1,9	97,900	-0,5
98,000	8,3	98,000	-5,3	98,000	-0,3	98,000	0,1	98,000	0,2	98,000	-20,4
98,100	-0,7	98,100	-2,4	98,100	-0,1	98,100	0,2	98,100	0,2	98,100	-19,3
98,200	-8,7	98,200	1,9	98,200	-0,2	98,200	-0,1	98,200	-2,0	98,200	0,7
98,300	-14,4	98,300	5,2	98,300	0,3	98,300	-0,1	98,300	-0,1	98,300	20,7
98,400	-13,8	98,400	7,2	98,400	0,2	98,400	-0,3	98,400	0,1	98,400	19,0
98,500	-8,4	98,500	6,4	98,500	0,6	98,500	0,3	98,500	2,0	98,500	-1,0
98,600	0,6	98,600	3,4	98,600	0,6	98,600	0,3	98,600	0,5	98,600	-20,6
98,700	9,9	98,700	-0,6	98,700	0,6	98,700	0,7	98,700	-0,1	98,700	-18,5
98,800	15,4	98,800	-4,7	98,800	0,6	98,800	0,2	98,800	-1,7	98,800	1,9
98,900	15,8	98,900	-6,9	98,900	0,3	98,900	0,2	98,900	-0,7	98,900	21,1
99,000	10,1	99,000	-6,8	99,000	0,2	99,000	-0,2	99,000	0,4	99,000	18,7
99,100	1,2	99,100	-4,1	99,100	0,3	99,100	0,2	99,100	1,2	99,100	-2,1
99,200	-8,2	99,200	0,0	99,200	0,0	99,200	0,0	99,200	1,0	99,200	-21,0
99,300	-14,1	99,300	4,2	99,300	0,1	99,300	0,2	99,300	-0,9	99,300	-18,4
99,400	-15,0	99,400	6,5	99,400	-0,3	99,400	-0,2	99,400	-0,9	99,400	2,6
99,500	-9,9	99,500	6,5	99,500	-0,3	99,500	-0,3	99,500	-1,4	99,500	20,9
99,600	-2,0	99,600	3,4	99,600	-0,4	99,600	-0,4	99,600	1,2	99,600	18,1
99,700	7,4	99,700	-0,6	99,700	-0,6	99,700	-0,2	99,700	0,6	99,700	-3,4
99,800	12,6	99,800	-5,1	99,800	-0,4	99,800	0,1	99,800	1,4	99,800	-21,3
99,900	13,9	99,900	-7,2	99,900	-0,6	99,900	-0,1	99,900	-1,4	99,900	-18,3
100,000	8,7	100,000	-6,9	100,000	-0,4	100,000	-0,2	100,000	-0,8	100,000	3,5









#### 4.4.3 Studio del Rapporto degli spostamenti tra il punto estremo al punto di applicazione della forza e il punto di applicazione della forza stessa

Il rapporto degli spostamenti tra il punto estremo al punto di applicazione della forza armonica e il punto di applicazione della forza stesso in dinamica delle strutture è un parametro importante per valutare l'amplificazione o l'attenuazione delle vibrazioni in una struttura.

Quando una forza armonica viene applicata a una struttura, la risposta dinamica può essere influenzata dalla posizione del punto di applicazione rispetto al punto estremo della struttura. Il rapporto degli spostamenti tra questi due punti può fornire informazioni sulla distribuzione delle deformazioni e sulla risposta vibrazionale in relazione alla posizione della forza applicata.

Se il rapporto degli spostamenti è elevato, significa che il punto estremo della struttura si sposta in misura significativa rispetto al punto di applicazione della forza armonica. Questo indica una maggiore amplificazione delle vibrazioni nella zona interessata, che potrebbe essere un punto critico o un'area di concentrazione dello sforzo.

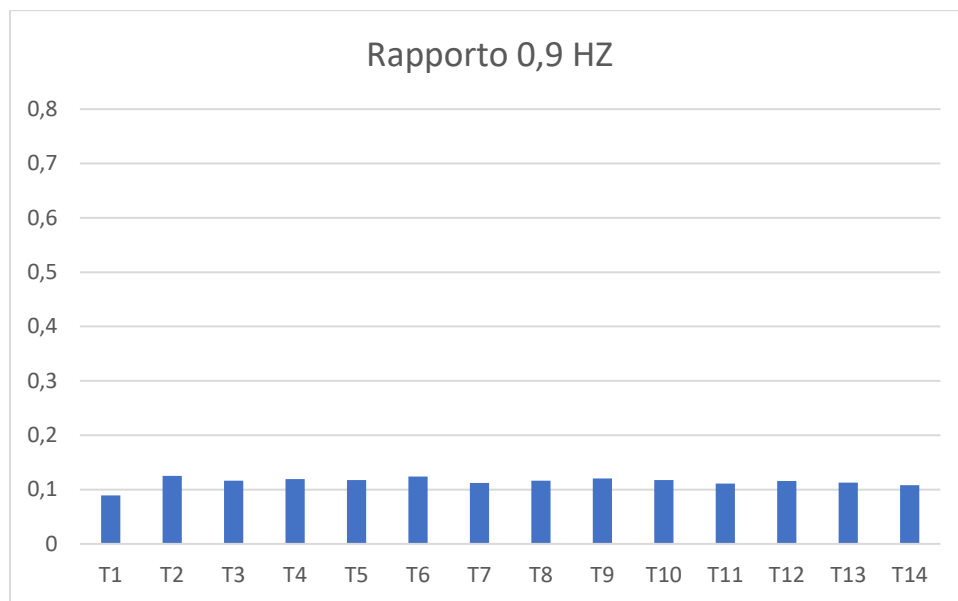
D'altra parte, se il rapporto degli spostamenti è basso, significa che il punto estremo della struttura si sposta solo leggermente rispetto al punto di applicazione della forza armonica. Questo indica una minore amplificazione delle vibrazioni nella zona interessata.

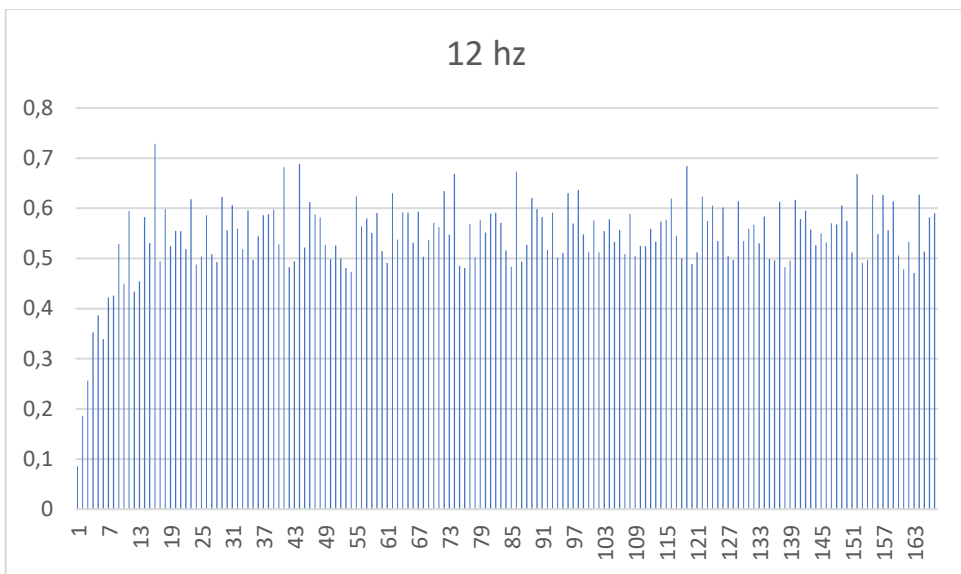
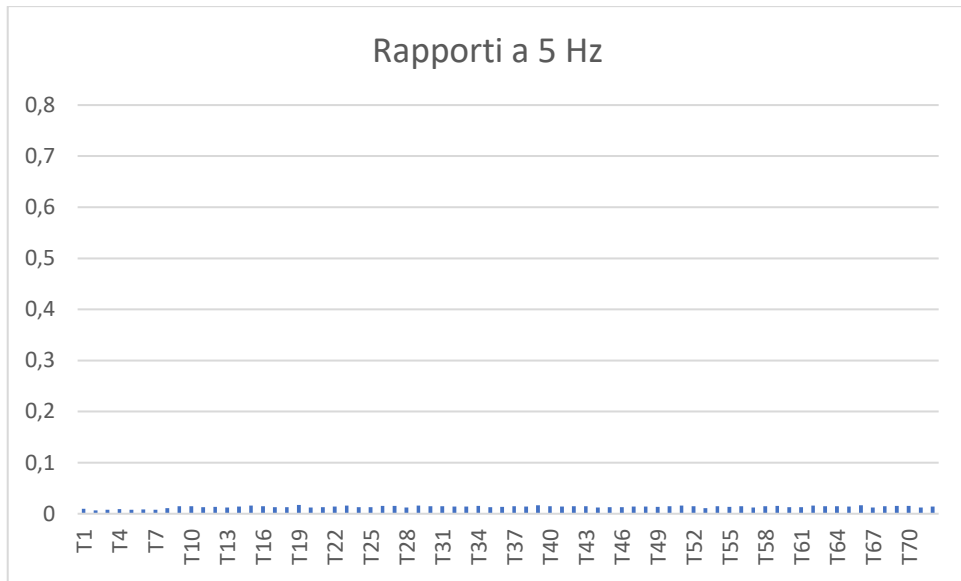
Il rapporto degli spostamenti può essere utilizzato per valutare la risposta vibrazionale e identificare le aree critiche in cui possono verificarsi ampiezze elevate delle vibrazioni. Questo può essere utile per prendere decisioni di progettazione o adottare misure di controllo delle vibrazioni per garantire la sicurezza e il comfort delle strutture.

In sintesi, il rapporto degli spostamenti tra il punto estremo al punto di applicazione della forza armonica e il punto di applicazione della forza stesso in dinamica delle strutture fornisce informazioni sull'amplificazione o l'attenuazione delle vibrazioni in una struttura in relazione alla posizione della forza applicata.

Nel nostro caso in riferimento all'analisi temporale studiata per una lunghezza temporale di 100 s, abbiamo suddiviso il tempo in periodi  $2\pi/\omega$  per ogni periodo trovato nelle diverse frequenze di sollecitazione sono stati presi i valori massimi dello spostamento e poi si è eseguito il rapporto tra i valori trovati nei due nodi.

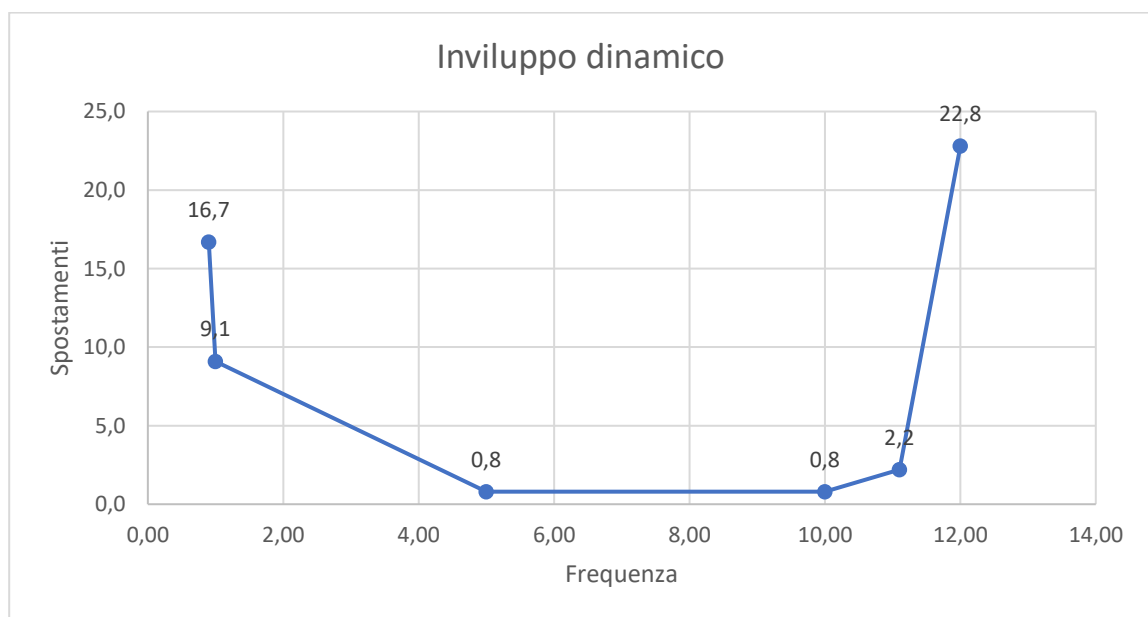
**Tabella rapporti degli spostamenti tra Nodo 3 estremo al punto di applicazione forza armonica e nodo 2 punto di applicazione della forza stessa:**





#### 4.4.4 Studio dell'inviluppo dinamico

In dinamica delle strutture, l'inviluppo dinamico si riferisce alla curva che descrive l'andamento massimo delle risposte dinamiche di una struttura soggetta a un carico dinamico variabile nel tempo. In altre parole, l'inviluppo dinamico rappresenta il limite superiore delle risposte dinamiche della struttura, che possono variare in modo significativo durante l'evento sismico o altro carico dinamico. L'inviluppo dinamico è spesso utilizzato per valutare la capacità sismica delle strutture e per garantire che queste siano in grado di resistere alle sollecitazioni dinamiche previste dalle normative di riferimento.



Possiamo vedere come attraverso l'inviluppo dinamico tra il range di 1 – 10 hz ovvero all'interno del band – gap ci siano diminuzioni degli spostamenti.

## **5 Conclusioni e sviluppi futuri**

Attraverso l'analisi modale, le analisi time history e lo studio dell'involuppo dinamico, è stato possibile valutare le prestazioni della catena tensegrity. I grafici ottenuti hanno mostrato che la catena tensegrity è in grado di attenuare gli spostamenti nel range previsto tra il band gap di 1 e 10 Hz nel punto di ancoraggio nodo 3 del pilastro centrale incastrato. Questi risultati indicano che la catena tensegrity anche se in via sperimentale evidenziano l'efficacia di questo sistema nel limitare le vibrazioni indesiderate nel range stabilito.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri, un'analisi FEM del modello reale in 3D potrebbe fornire ulteriori informazioni sul comportamento dinamico della catena tensegrity. Questa analisi consentirebbe di studiare il suo comportamento su tutte le direzioni (x, y, z) e di valutare eventuali miglioramenti da apportare al design. L'approfondimento di queste analisi potrebbe contribuire a ottimizzare ulteriormente le prestazioni della catena tensegrity e ad adattarla a specifiche applicazioni e contesti.

## 6 Bibliografia

- [1] Fabio Di Girolamo *Tesi Laura Magistrale Progettazione di strutture tensegrity con risonatori distribuiti che inibiscono la trasmissione del segnale su opportune bande di frequenza* Università Telematica Uninettuno, 2022
- [2] Morsy, A. A. A. (2020). Form-finding of tensile & tensegrity structures.
- [3] Fernández-Ruiz, M. A., Gil-Martín, L. M., Carbonell-Márquez, J. F., & Hernández-Montes, E. (2019). Form finding of tensegrity structures based on families: the octahedron family.
- [4] Pizzigoni, A., & Ruscica, G. (2014). Reti e strutture tensegrali nei sistemi urbani/Networks and tensegrity structures in urban systems. *POLITECNICA*.
- [5] Pugh, A. (1976). *An introduction to tensegrity*. Univ of California Press.
- [6] Motro, R. (2003). *Tensegrity: structural systems for the future*. Elsevier.
- [7] Williamson, D., & Skelton, R. E. (2003). General class of tensegrity structures: topology and prestress equilibrium analysis. *Journal of guidance, control, and dynamics*, 26(5), 685-694.
- [8] Skelton, R. E., & De Oliveira, M. C. (2009). *Tensegrity systems (Vol. 1)*. New York: Springer.
- [9] Gilewski, W., Kłosowska, J., & Obara, P. (2015). Applications of tensegrity structures in civil engineering. *Procedia Engineering*, 111, 242-248.
- [10] Roth, B., & Whiteley, W. (1981). Tensegrity frameworks. *Transactions of the American Mathematical Society*, 265(2), 419-446.
- [11] Jáuregui, V. G. (2020). *Tensegrity structures and their application to architecture (Vol. 2)*. Ed. Universidad de Cantabria.
- [12] Cohen, J. D., Daw, N., Engelhardt, B., Hasson, U., Li, K., Niv, Y., ... & Willke, T. L. (2017). Computational approaches to fMRI analysis. *Nature neuroscience*, 20(3), 304-313.
- [13] Codex, Y. (2023). *Advancements in Numerical Modeling and Control Methods for Locomotive Tensegrity Systems: A Comprehensive Review*.
- [14] M. G. El Sherbiny, L. Placidi, *Discrete and continuous aspects of some metamaterial elastic structures with band gaps*, Springer, 2018.
- [15] A. Amendola, A. Krushynska, C. Daraio, N. M. Pugno, F. Fraternali, *Tuning frequency band gaps of tensegrity mass-spring chains with local and global prestress*, *International Journal of Solids and Structures*, Elsevier, 47-56, 2018.

- [16] R. Courant, *Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibrations*, Bulletin of the American Mathematical Society 49, 1-23, 1943.
- [17] R.W. Clough, *The finite element method in plane stress analysis*, Proceedings of American Society of Civil Engineers, 2nd Conference on Electronic Computations 23, 345-378, 1960.
- [18] O.C. Zienkiewicz, Y.K.K. Cheung, *The finite element method in structural and continuum mechanics*, McGraw-Hill, Londra, 1967.
- [19] Manuale Programma RFEM 5 descrizione del programma
- [20] [https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi\\_modale](https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_modale)