

Validazione Strutturale

Metacontrollo di Livello 1

IN ACCORDO A VALIDAZIONE STRUTTURALE, VOL. 2 DI P. RUGARLI

NOME DEL VALIDATORE;ING. PAOLO RUGARLI

Paolo Rugarli

Validazione Strutturale

Metacontrollo di Livello 1

Versione 1.0 Febbraio 2026

Copyright © 2026 - Ing. Paolo Rugarli

paolo.rugarli@castaliaweb.com

Tutti i diritti riservati.

Sommario

1	ISTRUZIONI	7
2	LICENZA	11
3	DATI PRINCIPALI	13
4	DOMANDE PRELIMINARI	15
4.1	Chi è il validatore (V)	15
4.2	Chi è il validato (W)	15
4.3	Rapporto tra il validatore e il validato	16
4.4	Impiego di software	16
4.5	Grado di fiducia del Validatore nel Validato	16
5	METACONTROLLO DI LIVELLO 1	19
5.1	CONCEZIONE	19
5.1.1	Generalità	19
5.1.2	Parti strutturali	19
5.1.3	Parti non strutturali	19
5.1.4	Percorso di carico	20
5.1.5	Principio di azione e reazione	20
5.1.6	Labilità	20
5.2	SCHEMA	20
5.2.1	Generalità	20
5.2.2	Eccentricità	21
5.2.3	Luoghi ideali	21
5.2.4	Imperfezioni	21
5.3	TEORIE	22
5.3.1	Zone-T	23
5.3.2	Zone-D	23
5.4	CORNICE TEORICA	23
5.5	ANALISI	24
5.5.1	Generalità	24
5.5.2	Statica lineare	25

5.5.3	Statica non lineare (materiale)	25
5.5.4	Statica in non linearità geometrica	25
5.5.5	Statica in non linearità di contatto	25
5.5.6	Statica equivalente	26
5.5.7	Analisi limite.....	26
5.5.8	Analisi modale.....	26
5.5.9	Analisi a spettro di risposta.....	27
5.5.10	PUSHOVER.....	27
5.5.11	Analisi di buckling agli autovalori	27
5.5.12	Time history	28
5.5.13	Analisi di risposta in frequenza	28
5.5.14	Analisi per fasi	29
5.5.15	Modellazione FEM.....	29
5.6	VINCOLI	30
5.7	RILASCI	32
5.8	PARTI INFINITAMENTE RIGIDE.....	32
5.9	CONNESSIONI	33
5.9.1	Bullonature	33
5.9.2	Rivettature	34
5.9.3	Saldature	34
5.10	AZIONI.....	34
5.11	MASSE.....	38
5.12	COMBINAZIONI	38
5.13	MATERIALI DA COSTRUZIONE.....	39
5.13.1	Calcestruzzo armato.....	39
5.13.2	Calcestruzzo armato precompresso.....	40
5.13.3	Legno	40
5.13.4	Acciaio	41
5.13.5	Muratura	42
5.13.6	Suolo	43
5.13.7	Vetro	43
5.13.8	Acciaio inox	44
5.13.9	Miste acciaio e calcestruzzo	44
5.13.10	Alluminio	44
5.14	LEGAMI COSTITUTIVI.....	44

5.15	VERIFICHE.....	45
5.15.1	GENERALITA'	45
5.15.2	RESISTENZA	45
5.15.3	SNERVAMENTO	46
5.15.4	ROTTURA.....	46
5.15.5	STABILITA'	46
5.15.6	DEFORMABILITA'	47
5.15.7	DANNO SOTTO CARICHI CICLICI	48
5.15.8	FATICA POLICICLICA	48
5.15.9	DUTTILITA'	48
5.15.10	APERTURA FESSURE	49
5.15.11	CONNESSIONI	49
5.15.12	RIFOLLAMENTO.....	49
5.15.13	PUNZONAMENTO.....	50
5.15.14	TAGLIO A BLOCCO	50
5.15.15	SALDATURE	50
5.15.16	SPALLING	51
5.15.17	LIQUEFAZIONE.....	51
5.15.18	SCORRIMENTO	51
5.15.19	DURABILITA'	51
5.15.20	DIMENSIONI SALDATURE	52
5.15.21	SPAZIATURA BULLONI	52
5.15.22	DISTANZA DAL BORDO DEI BULLONI.....	52
5.15.23	BULLONATURA DUTTILE.....	52
5.15.24	ANCORAGGI	52
5.15.25	COPRIFERRO.....	53
5.15.26	SPAZIATURA DELLE BARRE	53
5.15.27	SPAZIATURA DELLE STAFFE	53
5.16	RELAZIONE DI CALCOLO.....	53
5.17	INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI	54
5.17.1	BARRE DI ARMATURA	55
5.17.2	COEFFICIENTI DI LIBERA INFLESSIONE	55
5.17.3	IRRIGIDIMENTI	56
5.17.4	FORI.....	56
5.17.5	APPOGGI	56
5.17.6	ISOLATORI	56
5.18	ELEMENTI STRUTTURALI.....	57

5.18.1	FONDAZIONI.....	57
5.18.2	TRAVI E COLONNE	58
5.18.3	CONTROVENTI.....	58
5.18.4	MURI	58
5.18.5	PIASTRE	59
5.18.6	PIASTRE NERVATE	59
5.18.7	GUSCI SOTTILI.....	59
5.18.8	GUSCI SPESSI	59
5.18.9	TENSO STRUTTURE.....	60
5.18.10	ARCARECCI	60
5.18.11	PANNELLI SANDWICH.....	60
5.18.12	SOLAI A TRAVETTI.....	60
5.18.13	RETICOLARI PIANE.....	61
5.18.14	RETICOLARI SPAZIALI.....	61
5.18.15	STRUTTURE DI CAVI.....	61
5.18.16	TREFOLI E FASCI DI TREFOLI	62
5.19	TIPOLOGIE STRUTTURALI.....	62
5.19.1	ELEMENTO SINGOLO	62
5.19.2	EDIFICIO RESIDENZIALE	62
5.19.3	EDIFICIO UFFICI	62
5.19.4	AUDITORIUM.....	62
5.19.5	CAMPANILE	62
5.19.6	PALCO.....	63
5.19.7	SCALA	63
5.19.8	CAPANNONE	63
5.19.9	COPERTURA.....	63
5.19.10	PONTE	63
5.19.11	MURO DI CONTENIMENTO	64
5.19.12	PARATIA	64
5.19.13	TORRE.....	65
5.19.14	TRALICCIO.....	65
5.19.15	CIMINIERA	65
5.19.16	PIPE-RACK.....	65
5.19.17	IMPIANTO INDUSTRIALE	66
5.19.18	TETTOIA.....	66
5.19.19	STADIO	66
5.19.20	ANTENNA	66
5.19.21	PALA EOLICA.....	66

5.19.22	SILO	67
5.19.23	PONTEGGIO	67
5.19.24	SCAFFALATURA	67
5.19.25	SERBATOIO	68
6	RIFERIMENTI.....	69

1 ISTRUZIONI

Questo documento deve essere usato avendo presenti alcune considerazioni, che vengono qui riepilogate.

Il documento ha per scopo aiutare a eseguire un certo insieme di “metacontrolli di livello 1”. La teoria e le spiegazioni di dettaglio sono reperibili in Rugarli 2026 e Rugarli 2014.

Per “metacontrollo” si intende il controllo che ciò che si è voluto fare e che si è fatto, sia pertinente, esaustivo, e in linea con le regole teoriche e pratiche della disciplina. Non fa parte del metacontrollo il controllo che non ci siano sviste, distrazioni, dimenticanze, o fraintendimenti. Tali controlli prendono il nome di “esocontrolli” e saranno oggetto di un futuro documento a se stante. I controlli sul fatto che lo strumento di calcolo usato non commetta a sua volta errori, detti “endocontrolli”, saranno anch’essi oggetto di un documento successivo.

Per “livello 1” si intende un primo sostanziale livello di approfondimento, che affronta le questioni in modo generale senza troppo entrare nel dettaglio. Da un punto di vista probabilistico, scopo di un controllo di livello 1 è controllare gli errori più frequenti, ovvero quelli che hanno la maggior probabilità di essere commessi.

Il metacontrollo si estrinseca nella check list della Parte 5 di questo documento. Nella parte precedente, sono enumerate alcune domande che servono a dare informazioni sul Validatore (V) e sul Validato (W). Fa parte di queste informazioni, il “grado di fiducia” che il Validatore ha nel Validato. Tale grado di fiducia, è un numero puro compreso tra -1 e 1. Valori normali si situano intorno a 0.5. Valori minori di 0 estrinsecano una specifica sfiducia del Validatore nei riguardi del Validato.

Come detto, la Parte 5 di questo documento è una ampia check list che è divisa in sezioni e sottosezioni.

A ogni domanda si può rispondere:

- **Si:** in tal caso il controllo è stato fatto e la risposta è affermativa. Le domande sono concepite in modo tale che la miglior possibile risposta sia sempre “sì”. A ogni risposta affermativa, la probabilità che il lavoro contenga errori diminuisce.

- **No:** in tal caso il controllo è stato fatto, ma la risposta è negativa. Si tratta quindi sempre di un problema, una questione pendente o un promemoria per modifiche o integrazioni da apportare al lavoro. A ogni risposta negativa, la probabilità che il lavoro contenga errori aumenta.
- **Nv:** in tal caso non si è in grado di rispondere perché il controllo non è ancora stato fatto. Si tratta quindi di un promemoria per controlli che devono ancora essere fatti. A ogni risposta di questo tipo, la probabilità di errore resta invariata.
- **Na:** in tal caso la specifica domanda non ha senso non è applicabile.

La valutazione delle “probabilità”, o meglio degli indici di affidabilità ante/post validazione, non è compito di questo documento ma lo è di un software specifico (<https://www.castaliaweb.com>).

Se sono state considerate attentamente tutte le domande e per tutte le risposte sono “na” o “sì”, si ritiene che la probabilità che il lavoro contenga metaerrori, come stimabile da un terzo, o dal validatore stesso, sia molto minore di quella valutabile inizialmente, in assenza della meditata risposta alle domande della check list.

Se tutte le domande di una certa sezione non sono applicabili o pertinenti, si consiglia di rispondere “na” a tutte, o di cancellare le domande *lasciando la sezione in modo da non modificare la numerazione delle parti e delle domande*. Tale numerazione serve infatti come riferimento unico e standardizzato.

Per quanto riguarda l'utilizzo si sottolinea COSA NON E' la check list in questione:

- Non è e non può essere uno strumento per intercettare *tutti* i possibili problemi che si possono presentare, né *tutte* le manchevolezze, o *tutti* gli errori.
- Aver risposto sì a tutte le domande *non è la prova che il modello sia privo di errori*.
- Aver risposto sì a tutte le domande *non può certificare la bontà assoluta del lavoro*. Ma solo che il Validatore si assume la responsabilità delle risposte che ha dato, essendo quindi logico attendersi che, dopo il controllo, la probabilità che ci siano metaerrori sia drasticamente diminuita.

Si sottolinea invece ora COSA E' la checklist in questione:

- E' uno strumento unificato per un esteso e capillare controllo di moltissime questioni che hanno rilevante importanza ai fini della Validazione di qualunque attività di ingegneria strutturale.
- E' uno strumento che, se usato onestamente, e attentamente, consente di ridurre in modo drastico la probabilità che un certo modello o attività strutturale contenga metaerrori, ed in particolare i metaerrori che, nella esperienza trentacinquennale dell'autore, sono quelli più frequentemente commessi.
- E' uno strumento trasparente, perché consente a chiunque, leggendo le risposte, di formarsi una idea della efficacia, per il particolare problema in esame, della check list in questione.
- E' una metrica unificata, che può essere referenziata perché frutto e inclusa in una specifica pubblicazione (Rugarli 2026), e impiegata nel lavoro di tutti i giorni posto che si sia acquisita la licenza d'uso.
- E' un sostanzioso ed esteso *memorandum*, una ampia check list di uso immediatamente operativo, che aiuta praticamente e sistematicamente a abbracciare nei controlli tutti i principali motivi per i quali, di solito, una attività ingegneristica strutturale risulta incompleta o errata per ragioni di concetto, di teoria, di principio.

L'utente di questo documento di validazione, il quale lo usi all'interno della propria attività, può dire di aver eseguito i controlli in accordo a quanto specificato dall'autore se e solo se:

1. Lascia il documento senza variazioni che non siano le risposte. Eventuali commenti o aggiunte vengono fatte altrove.
2. Si riferisce alle domande mediante numero di sezione e numero di domanda, ad esempio "5.1" è "Le teorie adottate per il modello di calcolo....".
3. Ad ogni uso del documento, parte dal prototipo e non da un precedente documento modificato (in specie se con tutti "sì"), *legge con attenzione ogni singola domanda e risponde solo essendo effettivamente sicuro che la risposta sia corretta e pertinente.*
4. Nel caso in cui lo ritenga necessario o utile, correda le risposte alle domande con commenti o integrazioni, in documento a parte.
5. Se non si sente sicuro di poter rispondere "sì" deve rispondere "nv".
6. Se non comprende il significato della domanda deve rispondere "no".
7. Se sono presenti "no" deve esplicitarlo nei documenti a corredo e discutere la ragione per la quale, se lo ritiene, una risposta "no" non rappresenti un problema.

In tal caso la tipica frase che si potrà aggiungere sarà:

“La presente attività è stata sottoposta a metacontrollo di livello 1, secondo quanto in Rugarli P., Validazione Strutturale, Vol. 2, Metacontrollo, EPC Libri, 2026, ed in particolare del documento RU.ME.LI1.2026, del quale si è acquisita la licenza d’uso. Nel documento, allegato, sono ordinatamente date le risposte alle domande previste dal controllo”.

2 LICENZA

Il titolare dei diritti di autore e di riproduzione e copia di questo documento è l'ing. Paolo Rugarli (da ora in avanti Autore), che elegge a proprio domicilio per la corrispondenza la società Castalia srl, nella sede operativa di Lodi, Via XX Settembre, 39, cap 26900.

L'Autore concede al licenziatario, come riportato alla pagina 13 di questo documento sotto la qualifica di "Validatore" (da ora in avanti "Validatore") il diritto non esclusivo di utilizzo del presente documento.

L'utilizzo di questo documento è regolato dalle seguenti condizioni e subordinato alla loro integrale accettazione.

1. L'Autore mantiene la proprietà intellettuale e tutti i diritti sul presente documento.
2. L'Autore concede al Validatore che abbia acquistato la licenza d'uso (si può consultare il sito www.castaliaweb.com per informazioni sull'acquisto), il diritto non esclusivo di riutilizzare questo documento, personalizzandolo mediante la aggiunta dei dati riportati alla pag. 13, e mediante la scelta delle pertinenti risposte da dare alle domande contenute nel documento stesso.
3. Per "riutilizzazione" si intende:
 - a. la diffusione presso terze parti del documento compilato e sottoscritto dal Validatore, in formato PDF (e quindi non ulteriormente modificabile ma solo annotabile) o su carta;
 - b. l'inglobamento del documento in più ampi documenti dei quali sia autore o coautore il Validatore.
 - c. La consegna del documento compilato a Committenti, Autorità, o Enti con i quali il Validatore abbia rapporti di lavoro.
4. Non è consentita la modifica del testo, aggiungendo o togliendo domande, o modificando il testo delle domande. Non è consentita la traduzione in altra lingua, esiste a tale fine una specifica versione di questo documento in inglese.
5. Non è consentito l'inglobamento di questo documento o di sue parti, in testi, documenti o pubblicazioni destinati al pubblico per la vendita o anche solo per la libera diffusione.
6. Il documento ha per scopo l'aiuto nel metacontrollo di attività di ingegneria strutturale, ma il suo uso non può escludere la presenza di errori non elencati, enumerati, previsti o descritti in dettaglio. L'Autore non può quindi essere ritenuto responsabile nel caso in cui le attività

sottoposte a questi controlli rivelino, in un secondo tempo, errori o difformità anche gravi, non intercettate dalle domande che fanno parte di questo documento.

7. Al documento ci si dovrà riferire in questo modo:
 - a. P. Rugarli, 2026, Metacontrollo di Livello 1, RU.ME.LI1.2026, tratto da Paolo Rugarli, Validazione Strutturale, Volume 2: Metacontrollo, EPC Libri, 2026.

3 DATI PRINCIPALI

Data	
Luogo	
Versione di questo documento	
Validatore (V)	
Email del validatore	
Organizzazione del Validatore	
Validato (W)	
Email del validato	
Organizzazione del Validato	
Oggetto della validazione	
Tipo della struttura (edificio, ponte, ecc.)	
Materiale (c.a., acciaio, miste, legno...)	
Attività (progetto/adeguamento...)	
Titolo di riferimento	
C.F. o P.IVA del Validatore	

4 DOMANDE PRELIMINARI

4.1 CHI È IL VALIDATORE (V)

1. Che titolo di studio ha il Validatore?
2. Che età ha il Validatore?
3. Il Validatore ha specifiche competenze universitarie di ingegneria strutturale, ovvero è un ingegnere strutturista? **sì/no/nv/na**
4. Se no, ha comunque maturato studi ed esperienze tali da potersi considerare un esperto in ingegneria strutturale? **sì/no/nv/na**
5. Il Validatore usa regolarmente (una volta a settimana almeno) programmi di calcolo strutturale? **sì/no/nv/na**
6. Il Validatore ha fatto in precedenza almeno altre 5 validazioni? **sì/no/nv/na**
7. Il Validatore può dirsi specificamente competente, relativamente agli argomenti coinvolti nella Validazione qui presente? **sì/no/nv/na**

4.2 CHI È IL VALIDATO (W)

1. Che titolo di studio ha il Validato?
2. Che età ha il Validato?
3. Il Validato ha specifiche competenze universitarie di ingegneria strutturale, ovvero è un ingegnere strutturista? **sì/no/nv/na**
4. Se no, ha comunque maturato studi ed esperienze tali da potersi considerare un esperto in ingegneria strutturale? **sì/no/nv/na**
5. Il Validato usa regolarmente (una volta a settimana almeno) programmi di calcolo strutturale? **sì/no/nv/na**
6. Il Validato può dirsi specificamente competente, relativamente al lavoro fatto? **sì/no/nv/na**

N.b.: se viene validato il lavoro di una equipe, ripetere un blocco per ogni persona che ha contribuito allo specifico lavoro da validare, individuandole con W1, W2, ecc.

4.3 RAPPORTO TRA IL VALIDATORE E IL VALIDATO

1. Il Validatore sta validando se stesso ($V=W$)? **si/no/nv/na**
2. Il Validatore fa parte della stessa organizzazione (studio, società, gruppo), del Validato?
si/no/nv/na
3. Il Validatore conosce personalmente il Validato, è suo amico o comunque ha motivi per non essere neutrale? **si/no/nv/na**
4. La Validazione è stata retribuita dal Validato o dalla sua Organizzazione? **si/no/nv/na**
5. Sono in essere o potenzialmente in essere altri lavori, tra Validatore e Validato, oltre alla Validazione? **si/no/nv/na**
6. Ci sono motivi di interesse che possano confliggere con una Validazione indipendente?
si/no/nv/na
7. Il Validatore e il Validato appartengono entrambi a qualche gruppo, società, Ente o Organizzazione? **si/no/nv/na**

4.4 IMPIEGO DI SOFTWARE

1. Il lavoro è stato in tutto o in parte eseguito grazie a programmi di calcolo strutturale? **si/no/nv/na**
2. Il Validato possiede una regolare licenza, del programma in questione, e una versione aggiornata a non più di 12 mesi? **si/no/nv/na**
3. Da quanto tempo il Validato usa il programma in questione?
4. Per quante ore al mese il Validato usa il programma in questione?
5. Il Validato ha nozioni approfondite sugli elementi finiti e la meccanica computazionale, o usa il programma a livello di utente senza particolare background teorico? **si/no/nv/na**
6. Il Validatore usa regolarmente lo stesso programma? **si/no/nv/na**
7. I risultati delle elaborazioni, relativamente a questo specifico lavoro, sono stati controllati in qualche modo dal Validato? **si/no/nv/na**

4.5 GRADO DI FIDUCIA DEL VALIDATORE NEL VALIDATO

Per “grado di fiducia” del Validatore nel Validato, si intende un numero puro T_{vw} compreso tra -1 e 1.

Il grado di fiducia esprime numericamente il livello di fiducia che il Validatore ha nel Validato, ovvero la fiducia che egli ha nel fatto che il lavoro sia stato fatto a regola d’arte, con scrupolo e con i dovuti controlli.

La seguente tabella dà conto dei tipici valori che si usano per T_{vw} e aiuta a guidare nella scelta di un numero appropriato.

T_{vw}	Significato ¹
-1	Il Validatore ritiene che sistematicamente il Validato abbia mentito, egli ritiene che il Validato sia totalmente e sistematicamente, metodicamente inaffidabile.
0	Il Validatore non è in grado di dire nulla sul Validato, non ha né sfiducia né fiducia. Ritiene sostanzialmente inconferenti le informazioni in suo possesso relativamente al Validato, e pensa che il suo comportamento sia randomicamente attendibile, come se si trattasse del lancio di una moneta onesta.
1	Il Validatore si fida ciecamente dell'operato del Validato. Ritiene il Validato perfetto e privo di errori.
0.5	Il Validatore ha nei riguardi del Validato una media fiducia, ritenendo che esso si comporti come in media un operatore di questo settore.
0.75	Il Validatore ha motivo di ritenere di avere una grande fiducia nel Validato, senza però arrivare a credere che sia praticamente infallibile.
-0.25	Il Validatore non ha molta fiducia nel Validato. Ritiene probabile che abbia commesso errori.

1. Grado di fiducia T_{vw} del Validatore nel Validato?

¹ Cfr. P. Rugarli *Validazione Strutturale - Vol. 1 - Aspetti Generali*, EPC Libri, 2014

5 METACONTROLLO DI LIVELLO 1

5.1 CONCEZIONE

5.1.1 GENERALITÀ

1. Si è ragionevolmente certi che il sistema, per qualche motivo, non presenti aspetti desueti, o non riconducibili alla pratica corrente? **si/no/nv/na**
2. È stata esclusa l'interazione dinamica tra strutture diverse? **si/no/nv/na**
3. Il modello attuale è fedele al modello ideale? **si/no/nv/na**
4. Si esclude che siano state fatte variazioni a modello fatto che possano influire sulla gravidanza di esso? **si/no/nv/na**

5.1.2 PARTI STRUTTURALI

1. Si è certi che il modello ricomprenda senza omissioni tutte le strutture necessarie, e che non includa parti superflue? **si/no/nv/na**
2. È stata effettuata una corretta distinzione tra parti strutturali e non strutturali? **si/no/nv/na**
3. Sono state considerate tutte le parti rilevanti a fini strutturali nel modello di calcolo? **si/no/nv/na**
4. Sono stati considerati (anche per motivatamente escluderli) gli effetti dei tamponamenti sulla risposta strutturale? **si/no/nv/na**
5. Sono stati valutati gli effetti di una possibile collaborazione tra parti portanti e portate, nocive per le parti portate? **si/no/nv/na**

5.1.3 PARTI NON STRUTTURALI

1. Si è verificato che la struttura non interagisca con altre cose non modellate? **si/no/nv/na**
2. È stato verificato o motivato che la rigidità e/o resistenza di elementi reputati non strutturali sia trascurabile? **si/no/nv/na**
3. Sono stati considerati gli effetti delle aggiunte para-strutturali? **si/no/nv/na**
4. È stata verificata l'assenza di parti strutturalmente irrilevanti o fuori scala nel modello? **si/no/nv/na**

5.1.4 PERCORSO DI CARICO

1. E' chiaro il percorso di tutti i carichi dal luogo di applicazione ai vincoli esterni anche nei tratti interni delle connessioni? **si/no/nv/na**
2. Sono state escluse rotture e instabilizzazioni nell'applicazione del teorema statico della analisi limite? **si/no/nv/na**
3. Le forze interne agli elementi considerate nelle verifiche, equilibrano sempre i carichi esterni? **si/no/nv/na**

5.1.5 PRINCIPIO DI AZIONE E REAZIONE

1. È stato verificato che il principio di azione e reazione sia rispettato in tutte le connessioni tra gli elementi strutturali? **si/no/nv/na**
2. Le reazioni dei vincoli esterni sono state verificate per garantire l'equilibrio globale della struttura secondo il principio di azione e reazione? **si/no/nv/na**
3. È stato verificato che le forze trasmesse lungo il percorso di carico rispettino il principio di azione e reazione in ogni punto di connessione? **si/no/nv/na**
4. Sono state verificate le forze di interazione tra elementi strutturali (A su B B su A) per assicurare la coerenza con il principio di azione e reazione? **si/no/nv/na**
5. È stata mantenuta la piena coerenza con le ipotesi fatte sulla distribuzione di sforzi? **si/no/nv/na**
6. Si può escludere che ci siano verifiche mancanti per mancata applicazione del principio di azione e reazione? **si/no/nv/na**
7. Si è mantenuta una stretta coerenza tra le sollecitazioni calcolate e quelle usate per tutte le verifiche? **si/no/nv/na**

5.1.6 LABILITÀ

1. È stata verificata l'assenza di meccanismi di labilità globale o locale nella struttura? **si/no/nv/na**
2. È stata eseguita un'analisi modale per identificare eventuali quasi-labilità o modi con periodi eccessivamente lunghi? **si/no/nv/na**
3. Sono state analizzate le connessioni per escludere la presenza di meccanismi di labilità locali? **si/no/nv/na**

5.2 SCHEMA

5.2.1 GENERALITÀ

1. Sono state considerate le condizioni al contorno e le interazioni con elementi non strutturali che potrebbero influenzare il comportamento della struttura? **si/no/nv/na**

2. La distribuzione spaziale degli elementi nel modello riflette fedelmente la geometria reale della struttura, inclusi allineamenti, intersezioni e posizioni reciproche? **sì/no/nv/na**
3. Sono stati considerati i momenti di trasporto nella distribuzione delle forze? **sì/no/nv/na**

5.2.2 ECCENTRICITÀ

1. Nel tracciamento degli schemi si sono adeguatamente tenute in conto eccentricità, fuori asse e mancanze di incidenza, ovunque, o dimostrato che non sono rilevanti? **sì/no/nv/na**
2. Sono state considerate le eccentricità geometriche tra gli assi degli elementi strutturali e i piani di riferimento? **sì/no/nv/na**
3. È stata verificata l'incidenza degli assi degli elementi nelle connessioni per escludere eccentricità non modellate? **sì/no/nv/na**
4. Sono state valutate le eccentricità accidentali e intenzionali che potrebbero influenzare il comportamento strutturale? **sì/no/nv/na**
5. Sono stati considerati i bracci e le eccentricità nella distribuzione delle forze? **sì/no/nv/na**

5.2.3 LUOGHI IDEALI

1. È stata verificata la coerenza tra i luoghi ideali delle teorie strutturali utilizzate e la geometria reale della struttura attuale? **sì/no/nv/na**
2. Sono stati identificati e considerati i luoghi ideali per l'applicazione delle teorie di trave, piastra e guscio? **sì/no/nv/na**
3. È stata verificata la validità delle ipotesi teoriche utilizzate rispetto alla geometria e alle condizioni di carico e vincolo reali? **sì/no/nv/na**
4. Sono stati considerati i luoghi ideali per la modellazione delle connessioni strutturali secondo le teorie adottate? **sì/no/nv/na**

5.2.4 IMPERFEZIONI

1. Sono state modellate esplicitamente le imperfezioni geometriche iniziali della struttura secondo le normative (anche con azioni equivalenti)? **sì/no/nv/na**
2. È stata considerata l'influenza delle imperfezioni geometriche sulla stabilità globale e locale della struttura? **sì/no/nv/na**
3. Sono state applicate le imperfezioni geometriche equivalenti per le verifiche di stabilità secondo le normative? **sì/no/nv/na**
4. È stata considerata l'influenza delle imperfezioni geometriche sulla distribuzione dei carichi e sulle sollecitazioni? **sì/no/nv/na**

5.3 TEORIE

1. Le teorie adottate per il modello di calcolo (trave, piastra, biella, membrana, solidi, assialsimmetrie, stato piano di sforzo e deformazione...) sono appropriate per il problema strutturale in esame? **sì/no/nv/na**
2. È stato applicato correttamente il teorema statico della analisi limite? **sì/no/nv/na**
3. È stata verificata l'applicabilità della teoria della trave (snella o tozza) in relazione alle dimensioni e al comportamento degli elementi strutturali? **sì/no/nv/na**
4. La scelta tra teoria della piastra sottile o spessa è stata giustificata in base al rapporto spessore/dimensione caratteristica degli elementi strutturali? **sì/no/nv/na**
5. Per gli elementi di guscio curvi, è stata verificata l'applicabilità della teoria del guscio sottile o spessa in relazione alla geometria e alle sollecitazioni? **sì/no/nv/na**
6. È stata giustificata l'applicabilità della teoria della membrana per elementi che lavorano prevalentemente a sforzo membranale, escludendo componenti flessionali o taglianti? **sì/no/nv/na**
7. È stata giustificata l'applicabilità dell'ipotesi di stato piano di sforzo per la tipologia di elemento strutturale considerato con tale ipotesi? **sì/no/nv/na**
8. La geometria dell'elemento strutturale è tale da giustificare l'ipotesi di stato piano di sforzo (spessore molto piccolo rispetto alle altre dimensioni)? **sì/no/nv/na**
9. I carichi applicati sono compatibili con l'ipotesi di stato piano di sforzo? **sì/no/nv/na**
10. È stata verificata l'applicabilità dell'ipotesi di stato piano di deformazione per la tipologia di elemento strutturale considerato? **sì/no/nv/na**
11. La geometria dell'elemento è tale da giustificare l'ipotesi di stato piano di deformazione (lunghezza molto maggiore rispetto alle altre dimensioni)? **sì/no/nv/na**
12. Sono state verificate le condizioni di vincolo per assicurare che l'ipotesi di stato piano di deformazione sia valida? **sì/no/nv/na**
13. I carichi applicati sono compatibili con l'ipotesi di stato piano di deformazione? **sì/no/nv/na**
14. È stata verificata la possibile necessità di utilizzare elementi solidi 3D per la modellazione della struttura? **sì/no/nv/na**
15. Si è motivato se la geometria della struttura richieda o no una modellazione tridimensionale completa? **sì/no/nv/na**
16. La discretizzazione della mesh per gli elementi solidi è adeguata per catturare i gradienti di sforzo, anche nello spessore? **sì/no/nv/na**
17. Sono state verificate le condizioni al contorno e i vincoli per gli elementi solidi? **sì/no/nv/na**

5.17.3 IRRIGIDIMENTI

1. Si è provveduto a disporre irrigidimenti, là dove necessario per ridurre la flessione dei piatti o delle membrature la loro instabilizzazione? **sì/no/nv/na**
2. È stata verificata la resistenza e la stabilità degli irrigidimenti stessi secondo le normative applicabili? **sì/no/nv/na**

5.17.4 FORI

1. Sono state considerate le riduzioni di resistenza per gli elementi con fori? **sì/no/nv/na**
2. È stata verificata la corretta disposizione e forma dei fori per evitare concentrazioni di tensioni critiche? **sì/no/nv/na**
3. Sono state considerate le verifiche di resistenza a taglio per le anime delle travi con fori, o per le ali? **sì/no/nv/na**
4. È stata verificata la necessità di rinforzi locali intorno ai fori per ripristinare la resistenza persa? **sì/no/nv/na**
5. Sono state considerate le verifiche di stabilità locale per le piatte con fori multipli? **sì/no/nv/na**

5.17.5 APPOGGI

1. I vincoli esterni sono stati modellati in modo da rappresentare fedelmente le reali condizioni di appoggio e le possibili interazioni? **sì/no/nv/na**
2. Le fondazioni sono state progettate per garantire un appoggio uniforme e per limitare i cedimenti differenziali? **sì/no/nv/na**
3. È stata verificata la capacità portante degli appoggi in relazione alle reazioni trasmesse dalla struttura? **sì/no/nv/na**
4. Sono state considerate le verifiche di resistenza e deformabilità, e se necessario stabilità degli appoggi stessi? **sì/no/nv/na**
5. È stata verificata la corretta modellazione della rigidità degli appoggi nel modello strutturale, anche in campo dinamico? **sì/no/nv/na**
6. Sono state considerate le verifiche di scorrimento e ribaltamento per gli appoggi soggetti a forze orizzontali? **sì/no/nv/na**
7. È stata verificata la durabilità e la manutenibilità degli appoggi nel tempo? **sì/no/nv/na**

5.17.6 ISOLATORI

1. È stata verificata la corretta modellazione del comportamento non lineare degli isolatori sismici nel modello strutturale? **sì/no/nv/na**