

Ponti EC4



PRESENTAZIONE SOFTWARE

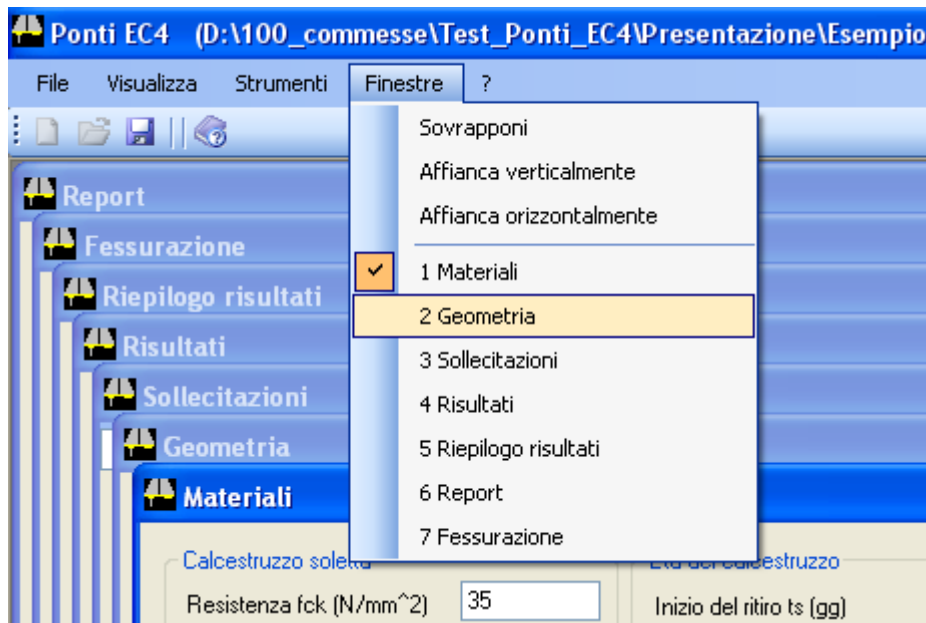


Alhambra s.r.l.

Viale Donato Bramante n. 41 - 05100 - Terni - Tel 0744 390250 www.lusas.it - info@lusas.it

DESCRIZIONE GENERALE

Ponti EC4 si propone come software dedicato al progetto di sezioni miste acciaio-calcestruzzo per ponti, secondo le procedure proposte dagli Eurocodici (in particolare il 4, ma anche l'1, il 2 ed il 3), sviluppato per supportare l'utente in tutte le fasi di lavoro, da una rapida e semplice definizione delle proprietà geometriche e meccaniche, ad un post processing dei risultati che grazie a varie immagini, grafici e tabelle risulta immediato e gradevole.



Il software Ponti EC4, sviluppato in linguaggio Visual Basic dot Net e completamente integrato in ambiente Windows, consente di espletare le principali verifiche a Stato limite ultimo, di Esercizio e Fatica, contemporaneamente per più sezioni miste.

L'input dei dati geometrici è gestito per "conci", ognuno dei quali può contenere un qualsiasi numero di sezioni, aventi in comune tutti i dati geometrici, ed organizzate in una struttura ad albero per un migliore accesso ai dati.

Le proprietà dei materiali sono definite in una maschera di input, completa di archivi di normativa e di sottomaschere che guidano l'utente nella scelta dei dati principali.

Le caratteristiche di sollecitazione, organizzate per fasi costruttive, sono inserite in tabelle di input, anche mediante copia/incolla da Excel o altro foglio elettronico. Per ogni Combinazione di progetto si prevede l'input di 4 set di sollecitazioni, in cui si massimizzano e minimizzano rispettivamente gli effetti della flessione e del taglio. Gli effetti primari (isostatici) del ritiro e della variazione termica sono calcolati dal software.

I risultati delle elaborazioni di Ponti EC4 sono direttamente disponibili in un form multi-pagina di output; inoltre è possibile redigere delle schede di verifica in formato Word, contenenti tutti i dati di input ed output, nonché i riferimenti normativi.

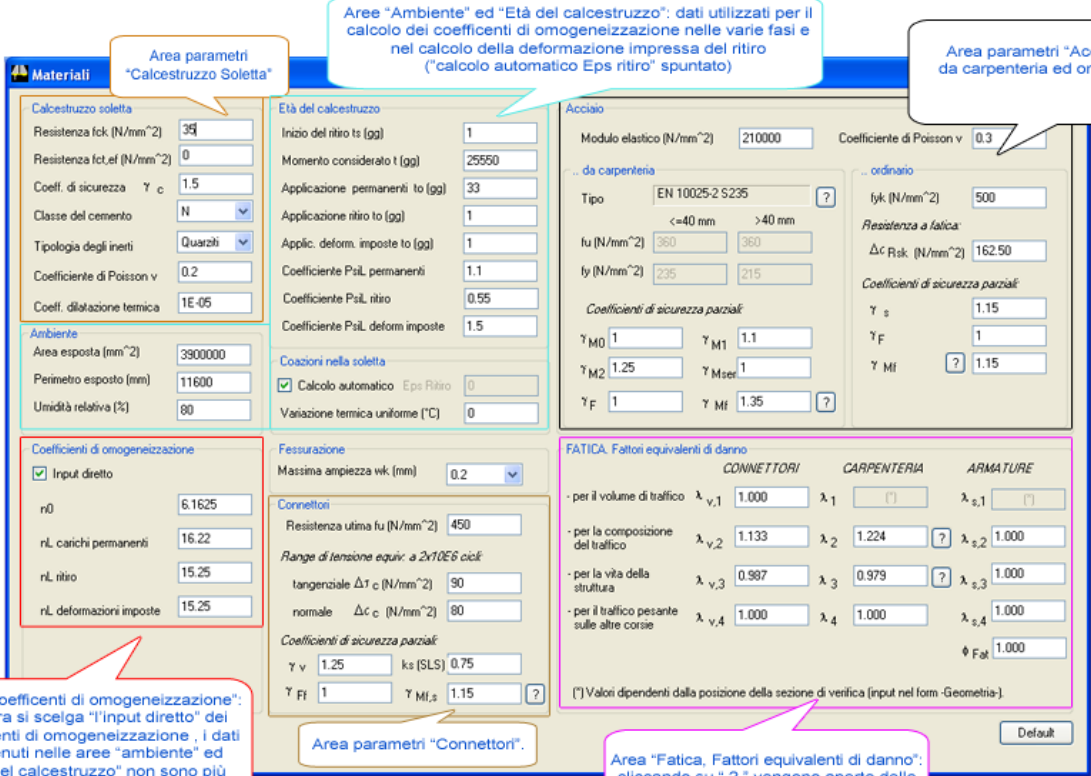


MATERIALI

Il form "Materiali" è dedicato in generale all'inserimento di tutti i parametri meccanici che caratterizzano il calcestruzzo della soletta, l'acciaio delle travi, delle armature e dei connettori.

L'input dei dati è organizzato nelle seguenti aree:

- Calcestruzzo soletta
- Ambiente
- Età del calcestruzzo
- Coefficienti di omogeneizzazione
- Coazioni nella soletta
- Acciaio ordinario e di carpenteria
- Connettori
- Fatica. Fattori equivalenti di danno



The screenshot shows the 'Materiali' software interface with several callout boxes explaining different parameter areas:

- Area parametri "Calcestruzzo Soletta"**: Points to the top-left section containing concrete slab properties like resistance (f_{ck} , $f_{ct,ef}$), safety coefficient (γ_c), cement class, aggregate type, Poisson's ratio (ν), and thermal expansion coefficient.
- Area "Ambiente" ed "Età del calcestruzzo"**: Points to the top-middle section for environmental and age-related parameters like shrinkage start time, moment, permanent shrinkage, and temperature variations.
- Area parametri "Acciaio": da carpenteria ed ordinario**: Points to the top-right section for steel properties, including elastic modulus, Poisson's ratio, yield strength (f_{yk}), and partial safety factors (γ_{M0} , γ_{M1} , γ_{M2} , γ_{Mf} , γ_{Mf}).
- Area "Coefficients di omogeneizzazione"**: Points to the bottom-left section for homogeneity coefficients (n_0 , n_L) for permanent loads, shrinkage, and imposed deformations.
- Area parametri "Connettori"**: Points to the bottom-middle section for connector properties like ultimate resistance, tensile range, and partial safety factors (γ_v , γ_{Ff} , $\gamma_{Mf,s}$).
- Area "Fatica, Fattori equivalenti di danno"**: Points to the bottom-right section for fatigue damage factors ($\lambda_{v,1}$ to $\lambda_{v,4}$) for different traffic and structure life scenarios.



Tutte le proprietà sono definite in una maschera di input, completa di archivi di normativa e di sottomaschere che guidano l'utente nella scelta dei dati principali.

Fattore equivalente di danno LAMBDA2 per ponti stradali

Calcolo

$$\lambda_2 = \frac{Q_{ml}}{Q_0} \left(\frac{N_{Obs}}{N_0} \right)^{1/5} \quad Q_{ml} = \left(\frac{\sum n_i Q_i^5}{\sum n_i} \right)^{1/5}$$

$$\lambda_{v,2} = \frac{Q_{ml}}{Q_0} \left(\frac{N_{Obs}}{N_0} \right)^{1/8} \quad Q_{ml} = \left(\frac{\sum n_i Q_i^8}{\sum n_i} \right)^{1/8}$$

$\lambda_{v,2} = 1.133$ $\lambda_2 = 1.224$

Q₀ = 480 kN (peso dell'FML3)
 N₀ = 0.5E6
 N_{obs} = 2E+6 (Cfr. Tab. 4.5)
 Q_{mlv} = 457.4 kN (Cfr. Tab. 4.7)
 Q_{ml} = 445.4 kN (Cfr. Tab. 4.7)

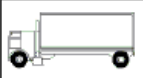
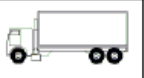



Numero di osservazioni

Table 4.5(n) - Indicative number of heavy vehicles expected per year and per slow lane. EN 1991-2:2003 (E)

| Traffic categories | | N _{obs} per year and per slow lane |
|----------------------------------|--|---|
| <input checked="" type="radio"/> | Roads and motorways with 2 or more lanes per direction with high flow rates of lorries | 2,0 × 10 ⁶ |
| <input type="radio"/> | Roads and motorways with medium flow rates of lorries | 0,5 × 10 ⁶ |
| <input type="radio"/> | Main roads with low flow rates of lorries | 0,125 × 10 ⁶ |
| <input type="radio"/> | Local roads with low flow rates of lorries | 0,05 × 10 ⁶ |
| <input type="radio"/> | User | <input type="text"/> |

Distribuzioni del carico pesante

Table 4.7 - Set of equivalent lorries. EN 1991-2:2003 (E)

| |  Q ₁ = 200 kN |  Q ₂ = 310 kN |  Q ₃ = 490 kN |  Q ₄ = 390 kN |  Q ₅ = 450 kN | |
|----------------------------------|--|--|--|--|---|--|
| <input checked="" type="radio"/> | 20% | 5% | 50% | 15% | 10% | Long distance |
| <input type="radio"/> | 40% | 10% | 30% | 15% | 5% | Medium distance |
| <input type="radio"/> | 80% | 5% | 5% | 5% | 5% | Local traffic |
| <input type="radio"/> | <input type="text"/> % | <input type="text"/> % | <input type="text"/> % | <input type="text"/> % | <input type="text"/> % | User <input type="button" value="Calcola"/> |

Scheda di supporto per il calcolo del fattore equivalente di danno λ_3 , $\lambda_{v,3}$

La deformazione impressa di ritiro ed i coefficienti di fluage per il calcolo delle proprietà del calcestruzzo a lungo termine sono calcolati automaticamente. Gli effetti primari (isostatici) del ritiro e della variazione termica sono calcolati dal software.

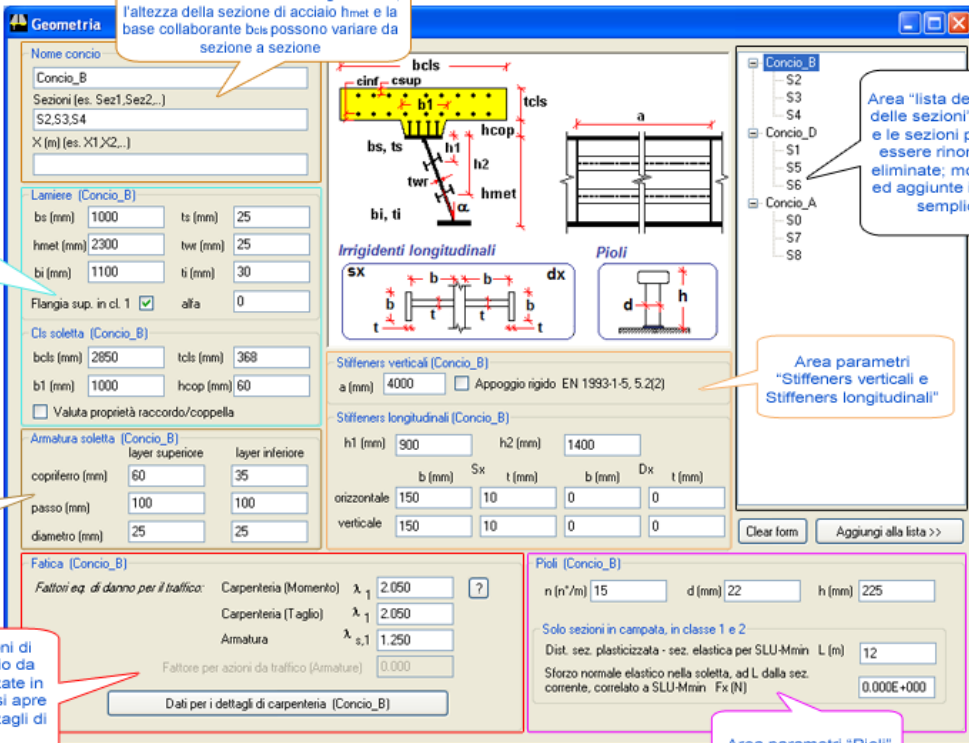


GEOMETRIA

Il form “Geometria” è dedicato in generale all’inserimento di tutti i dati geometrici relativi ad un determinato concio di trave; inoltre accoglie l’input di alcuni parametri meccanici o coefficienti di sicurezza il cui valore potrebbe variare da concio a concio.

L’input dei dati è organizzato nelle seguenti aree:

- Nome concio (e sezioni)
- Lamiere
- Calcestruzzo soletta
- Armatura soletta
- Stiffeners verticali
- Stiffeners longitudinali
- Fatica
- Pioli
- Dettagli di carpenteria



The screenshot shows the 'Geometria' software interface with several callout boxes explaining different sections:

- Area "Nome concio":** per ogni concio si ha la possibilità di inserire più sezioni di verifica eventi in comune i dati geometrici; l'altezza della sezione di acciaio h_{met} e la base collaborante b_{cl} possono variare da sezione a sezione
- Area "Lamiere" e "Clis soletta":** contengono i dati geometrici della sezione; le grandezze variabili del concio (altezza, base b_{cl} e ascissa x) possono essere gestite tramite griglia di input apposita
- Area "Fatica":** le variazioni di tensioni limite per l'acciaio da carpenteria vengono inputate in una apposita scheda che si apre cliccando in "Dati per i dettagli di carpenteria"
- Area "lista dei conci e delle sezioni":** i conci e le sezioni possono essere rinominate; eliminate; modificate ed aggiunte in modo semplice
- Area parametri "Stiffeners verticali e Stiffeners longitudinali"**
- Area parametri "Pioli"**

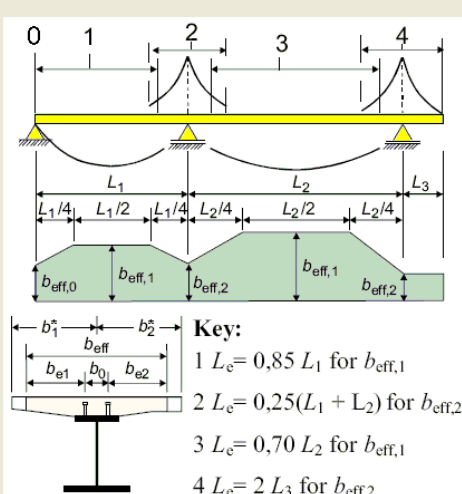
L’input dei dati geometrici è gestito per “conci”, ognuno dei quali può contenere un qualsiasi numero di sezioni, aventi in comune tutti i dati geometrici; si possono gestire anche conci ad altezza variabile (sezioni d’acciaio caratterizzate da diverse altezze).

Le sezioni sono organizzate in una struttura ad albero per un migliore accesso ai dati.



È poi disponibile una tabella nel menù “Strumenti>Tabella X-beff soletta”, per il calcolo della larghezza efficace della soletta da inserire nella casella di testo “bcls” dell’area “Cls soletta”.

Larghezze collaboranti di soletta



Key:

- 1 $L_e = 0,85 L_1$ for $b_{eff,1}$
- 2 $L_e = 0,25(L_1 + L_2)$ for $b_{eff,2}$
- 3 $L_e = 0,70 L_2$ for $b_{eff,1}$
- 4 $L_e = 2 L_3$ for $b_{eff,2}$

Elenco luci (m) es. 36,50,60... 32,50,60,50,32

| X (m) | b1* (mm) | b2* (mm) | b0 (mm) | Tipo | b _{eff} (mm) | L _e (m) | be1 (mm) | be2 (mm) | beta1 | beta2 |
|-------|----------|----------|---------|------|-----------------------|--------------------|----------|----------|-------|-------|
| 0 | 2'875 | 4'000 | 500 | 0 | 5'174 | 27.20 | 2'625 | 3'400 | 0.809 | 0.750 |
| 8 | 2'875 | 4'000 | 500 | 1 | 6'525 | 27.20 | 2'625 | 3'400 | 1.000 | 1.000 |
| 24 | 2'875 | 4'000 | 500 | 1 | 6'525 | 27.20 | 2'625 | 3'400 | 1.000 | 1.000 |
| 32 | 2'875 | 4'000 | 700 | 2 | 5'788 | 20.50 | 2'525 | 2'563 | 1.000 | 1.000 |
| 44.5 | 2'875 | 4'000 | 500 | 3 | 6'875 | 35.00 | 2'625 | 3'750 | 1.000 | 1.000 |
| 69.5 | 2'875 | 4'000 | 500 | 3 | 6'875 | 35.00 | 2'625 | 3'750 | 1.000 | 1.000 |
| 82 | 2'875 | 4'000 | 700 | 2 | 6'663 | 27.50 | 2'525 | 3'438 | 1.000 | 1.000 |
| 97 | 2'875 | 4'000 | 500 | 3 | 6'875 | 42.00 | 2'625 | 3'750 | 1.000 | 1.000 |
| 127 | 2'875 | 4'000 | 500 | 3 | 6'875 | 42.00 | 2'625 | 3'750 | 1.000 | 1.000 |
| 142 | 2'875 | 4'000 | 700 | 2 | 6'663 | 27.50 | 2'525 | 3'438 | 1.000 | 1.000 |
| 154.5 | 2'875 | 4'000 | 500 | 3 | 6'875 | 35.00 | 2'625 | 3'750 | 1.000 | 1.000 |
| 179.5 | 2'875 | 4'000 | 500 | 3 | 6'875 | 35.00 | 2'625 | 3'750 | 1.000 | 1.000 |
| 192 | 2'875 | 4'000 | 700 | 2 | 5'788 | 20.50 | 2'525 | 2'563 | 1.000 | 1.000 |
| 200 | 2'875 | 4'000 | 500 | 1 | 6'525 | 27.20 | 2'625 | 3'400 | 1.000 | 1.000 |
| 216 | 2'875 | 4'000 | 500 | 1 | 6'525 | 27.20 | 2'625 | 3'400 | 1.000 | 1.000 |
| 224 | 2'875 | 4'000 | 500 | 0 | 5'174 | 27.20 | 2'625 | 3'400 | 0.809 | 0.750 |

Calcola Esci

I dati relativi alla verifica a fatica dei dettagli di carpenteria vengono inseriti in una apposita scheda che si apre cliccando sul pulsante “Dati per i dettagli di carpenteria”.

Dati per la verifica a fatica dei dettagli di carpenteria (Concio_B)

Plattabanda superiore
 $\Delta\sigma_{Rs}$ (N/mm²) [Table 8.1: Plain members and mechanically fastened joints \[EN 1993-1-9\]](#)

Plattabanda inferiore
 $\Delta\sigma_{Rs}$ (N/mm²) [Table 8.1: Plain members and mechanically fastened joints \[EN 1993-1-9\]](#)

Anima
 $\Delta\tau_{Rs}$ (N/mm²) [Table 8.1: Plain members and mechanically fastened joints \[EN 1993-1-9\]](#)

Giunzione della plattabanda superiore
 $\Delta\sigma_{Rsk}$ (N/mm²) t1 (mm) t2 (mm) e (mm) [Table 8.3: Transverse butt welds \[EN 1993-1-9\]](#)

Giunzione della plattabanda inferiore
 $\Delta\sigma_{Rsk}$ (N/mm²) t1 (mm) t2 (mm) e (mm) [Table 8.3: Transverse butt welds \[EN 1993-1-9\]](#)

Composizione tra l'anima e la plattabanda superiore
 $\Delta\sigma_{Rsk}$ (N/mm²) [Table 8.2: Welded built-up sections \[EN 1993-1-9\]](#)

Composizione tra l'anima e la plattabanda inferiore
 $\Delta\sigma_{Rsk}$ (N/mm²) [Table 8.2: Welded built-up sections \[EN 1993-1-9\]](#)

Saldatura dell'irrigidente verticale sull'anima
 $\Delta\sigma_{Rs}$ (N/mm²) [Table 8.4: Weld attachments and stiffeners \[EN 1993-1-9\]](#)

Saldatura dell'irrigidente verticale alla plattabanda superiore
 $\Delta\sigma_{Rs}$ (N/mm²) [Table 8.4: Weld attachments and stiffeners \[EN 1993-1-9\]](#)

Saldatura dell'irrigidente verticale alla plattabanda inferiore
 $\Delta\sigma_{Rs}$ (N/mm²) [Table 8.4: Weld attachments and stiffeners \[EN 1993-1-9\]](#)

Saldatura dell'irrigidente longitudinale sull'anima
 $\Delta\sigma_{Rs}$ (N/mm²) [Table 8.4: Weld attachments and stiffeners \[EN 1993-1-9\]](#)

OK Esci



SOLLECITAZIONI

Le caratteristiche di sollecitazione sono inserite in tabelle di input, anche mediante copia/incolla da Excel o altro foglio elettronico.

Per ogni Combinazione di progetto si prevede l'input di 4 set di sollecitazioni, in cui si massimizzano e minimizzano rispettivamente gli effetti della flessione e del taglio.

Le sollecitazioni sono inoltre organizzate per fasi costruttive.

| Sollecitazioni | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| SLU fond., Mmax | | | | | |
| FASE 1. Pesi propri | | | | | |
| Sezioni | N (N) | V (N) | M (Nm) | T (Nm) | |
| Concio_B_S2 | 0.000E+000 | -7.210E+005 | -1.450E+006 | 0.000E+000 | |
| Concio_B_S3 | 0.000E+000 | -1.730E+006 | 1.230E+007 | 3.580E+001 | |
| Concio_B_S4 | 0.000E+000 | 1.300E+006 | 6.140E+005 | 3.510E+001 | |
| Concio_D_S1 | 0.000E+000 | -7.210E+005 | -1.450E+006 | 0.000E+000 | |
| Concio_D_S5 | 0.000E+000 | -1.730E+006 | 1.230E+007 | 3.580E+001 | |
| FASE 2A. Permanenti | | | | | |
| Sezioni | N (N) | V (N) | M (Nm) | T (Nm) | |
| Concio_B_S2 | -3.380E-001 | -5.470E+005 | 5.620E+006 | -9.400E+002 | |
| Concio_B_S3 | -3.380E-001 | -5.280E+005 | 3.860E+006 | 3.450E+002 | |
| Concio_B_S4 | -3.380E-001 | 3.980E+005 | 3.370E+005 | 3.790E+003 | |
| Concio_D_S1 | -3.380E-001 | -5.470E+005 | 5.620E+006 | -9.400E+002 | |
| Concio_D_S5 | -3.380E-001 | -5.280E+005 | 3.860E+006 | 3.450E+002 | |
| FASE 2B. Ritiro | | | | | |
| Sezioni | N (N) | V (N) | M (Nm) | T (Nm) | (gam ² psi) Eff. Isost. |
| Concio_B_S2 | 0.000E+000 | -3.100E+005 | 8.050E+006 | 0.000E+000 | 1.2 |
| Concio_B_S3 | 0.000E+000 | -3.100E+005 | 9.910E+006 | 0.000E+000 | 0 |
| Concio_B_S4 | 0.000E+000 | 3.840E+004 | 9.630E+006 | 0.000E+000 | 0 |
| FASE 2C. Coazioni e/o presollecitazioni | | | | | |
| Sezioni | N (N) | V (N) | M (Nm) | T (Nm) | |
| Concio_B_S2 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | |
| Concio_B_S3 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | |
| Concio_B_S4 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | |
| Concio_D_S1 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | |
| Concio_D_S5 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | 0.000E+000 | |
| FASE 3A. Variazione termica | | | | | |
| Sezioni | N (N) | V (N) | M (Nm) | T (Nm) | (gam ² psi) Eff. Isost. |
| Concio_B_S2 | 0.000E+000 | -2.290E+005 | 5.960E+006 | 0.000E+000 | 0 |
| Concio_B_S3 | 0.000E+000 | -2.290E+005 | 7.330E+006 | 0.000E+000 | 0 |
| Concio_B_S4 | 0.000E+000 | 2.080E+004 | 7.180E+006 | 0.000E+000 | 0 |
| FASE 3B. Traffico | | | | | |
| Sezioni | N (N) | V (N) | M (Nm) | T (Nm) | |
| Concio_B_S2 | -3.520E+000 | -4.500E+005 | 1.140E+007 | 6.390E+004 | |
| Concio_B_S3 | -3.350E+000 | -1.360E+006 | 1.690E+007 | -4.350E+004 | |
| Concio_B_S4 | -1.120E+000 | 6.480E+005 | 5.820E+006 | 1.540E+004 | |
| Concio_D_S1 | -3.520E+000 | -4.500E+005 | 1.140E+007 | 6.390E+004 | |
| Concio_D_S5 | -3.350E+000 | -1.360E+006 | 1.690E+007 | -4.350E+004 | |

Le sollecitazioni richieste, per ogni sezione, sono:

- N Sforzo normale in N
- V Taglio verticale in N
- M Momento flettente nel piano verticale in N*m
- T Momento torcente in N*m

L'input delle sollecitazioni è organizzato per Involuppi, Sollecitazione di riferimento e Fasi.

Gli involuppi di progetto considerati sono:

- SLU Fondamentale Combinazione fondamentale di stato limite ultimo. EN 1990 6.4.3.2 (3)
- SLE Caratteristica Combinazione caratteristica di stato limite di esercizio. EN 1990 6.5.3 (2a)
- SLE Frequente Combinazione frequente di stato limite di esercizio EN 1990 6.5.3 (2b)
- SLF Combinazione di stato limite di fatica. EN 1992-1-1 6.8.3

Le sollecitazioni di riferimento per gli involuppi di progetto, sono:

- M max Momento flettente massimo
- M min Momento flettente minimo
- V max Taglio massimo
- V min Taglio minimo

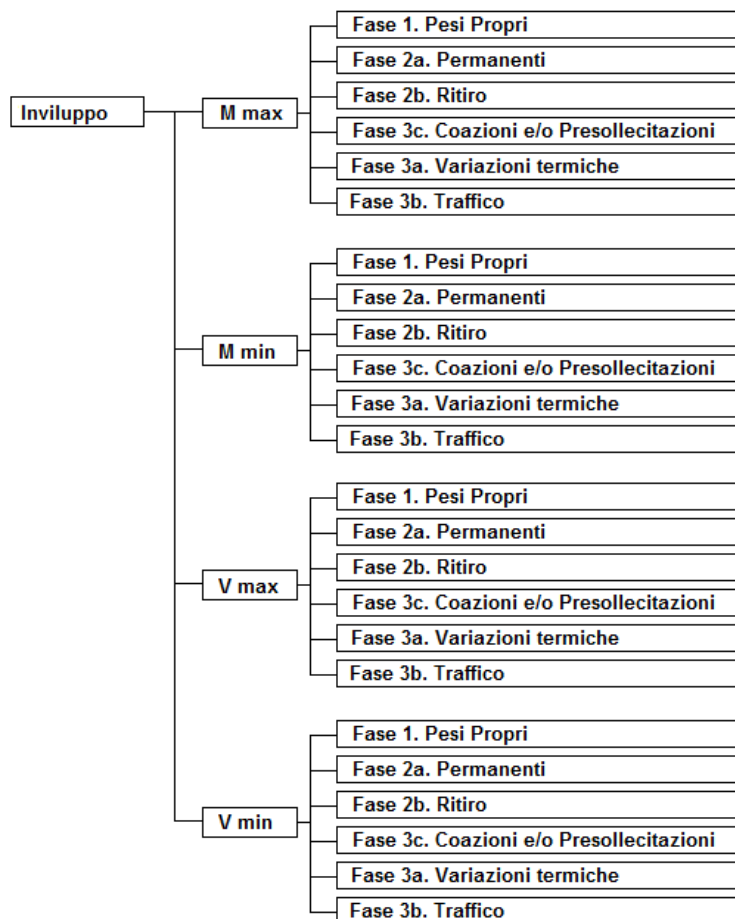


Le fasi considerate sono:

- Fase 1 Peso proprio
- Fase 2a Permanenti
- Fase 2b Ritiro
- Fase 2c Coazioni e/o presollecitazioni
- Fase 3a Variazione termica
- Fase 3b Traffico

Le sollecitazioni si intendono già scalate con i coefficienti di sicurezza (γ) e di combinazione (ψ)

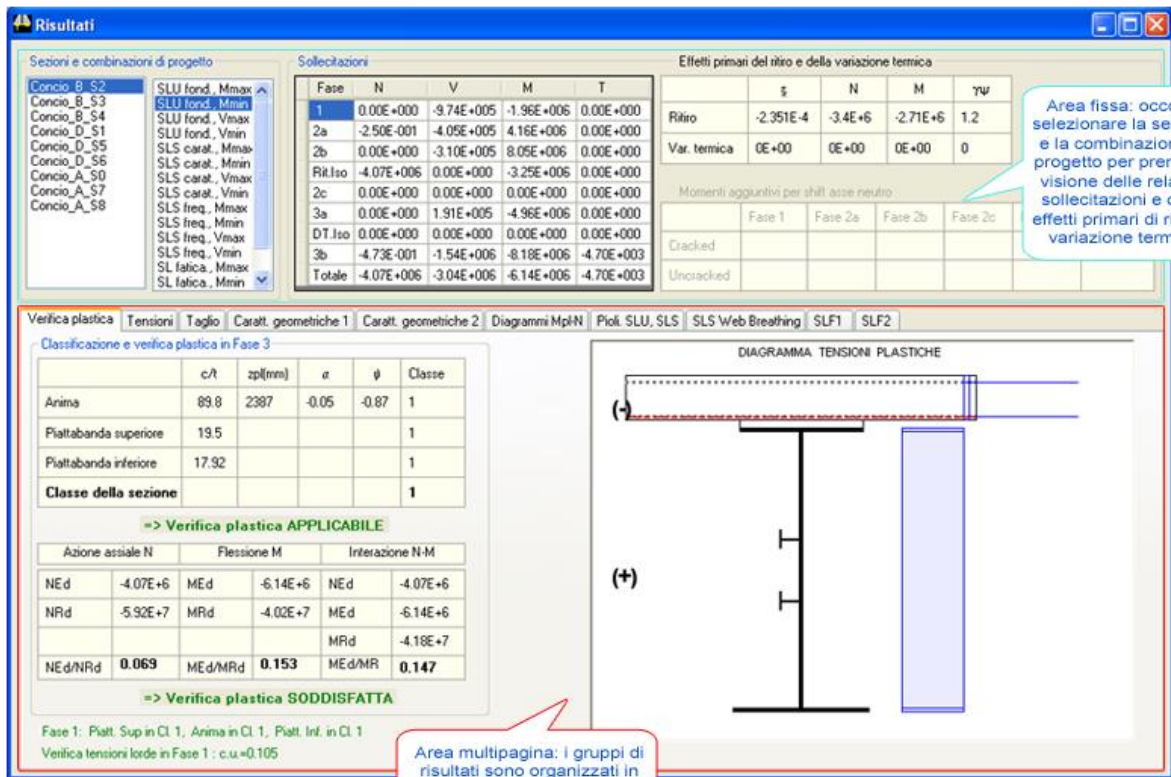
Nella figura seguente si riporta uno schema della organizzazione dell'input delle sollecitazioni.



RISULTATI

I risultati delle elaborazioni di Ponti EC4 sono direttamente disponibili nella finestra di dialogo “Risultati”, formata da una parte superiore fissa e da una seconda sezione multi pagina. Nella parte superiore l’utente può selezionare la sezione e la combinazione di progetto e prendere visione delle sollecitazioni nelle varie fasi, degli effetti primari del ritiro e della variazione termica e dei momenti aggiuntivi determinati dalla variazione della posizione dell’asse neutro. Nella parte inferiore multi-pagina si può scegliere il gruppo di risultati da analizzare, organizzato secondo la lista seguente.

- Verifica plastica
- Tensioni
- Taglio
- Caratteristiche geometriche
- Diagrammi Mpl-N
- Pioli. SLU. SLS
- SLS. Web Breathing
- SLF1
- SLF2



The screenshot shows the 'Risultati' window with the following data:

Sollecitazioni

| Fase | N | V | M | T |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 0.00E+000 | -9.74E+005 | -1.96E+006 | 0.00E+000 |
| 2a | -2.50E-001 | -4.05E+005 | 4.16E+006 | 0.00E+000 |
| 2b | 0.00E+000 | -3.10E+005 | 8.05E+006 | 0.00E+000 |
| Rit.Iso | -4.07E+006 | 0.00E+000 | -3.25E+006 | 0.00E+000 |
| 2c | 0.00E+000 | 0.00E+000 | 0.00E+000 | 0.00E+000 |
| 3a | 0.00E+000 | 1.91E+005 | -4.96E+006 | 0.00E+000 |
| DT.Iso | 0.00E+000 | 0.00E+000 | 0.00E+000 | 0.00E+000 |
| 3b | -4.73E-001 | -1.54E+006 | -8.18E+006 | -4.70E+003 |
| Totale | -4.07E+006 | -3.04E+006 | -6.14E+006 | -4.70E+003 |

Effetti primari del ritiro e della variazione termica

| | § | N | M | γψ |
|--------------|-----------|---------|----------|-----|
| Ritiro | -2.351E-4 | -3.4E+6 | -2.71E+6 | 1.2 |
| Var. termica | 0E+00 | 0E+00 | 0E+00 | 0 |

Momenti aggiuntivi per shift asse neutro

| | Fase 1 | Fase 2a | Fase 2b | Fase 2c |
|-----------|--------|---------|---------|---------|
| Cracked | | | | |
| Uncracked | | | | |

Verifica plastica

| | c/r | zp(mm) | α | ψ | Classe |
|-----------------------------|-------|--------|-------|-------|----------|
| Anima | 89.8 | 2387 | -0.05 | -0.87 | 1 |
| Piattabanda superiore | 19.5 | | | | 1 |
| Piattabanda inferiore | 17.92 | | | | 1 |
| Classe della sezione | | | | | 1 |

Verifica plastica APPLICABILE

| Azione assiale N | Flessione M | Interazione N-M |
|------------------|----------------|-----------------|
| NEd | MEd | NEd |
| -4.07E+6 | -6.14E+6 | -4.07E+6 |
| NRd | MRd | MRd |
| -5.92E+7 | -4.02E+7 | -6.14E+6 |
| | | MRd |
| | | -4.18E+7 |
| NEd/NRd | MEd/MRd | MEd/MR |
| 0.069 | 0.153 | 0.147 |

Verifica plastica SODDISFATTA

Fase 1: Piatt. Sup in Cl 1, Anima in Cl 1, Piatt. Inf. in Cl 1
Verifica tensioni lorde in Fase 1 : c.u.=0.105

DIAGRAMMA TENSIONI PLASTICHE

The diagram shows a cross-section of a beam with a plastic stress distribution. The top part is under compression (indicated by a minus sign) and the bottom part is under tension (indicated by a plus sign). The stress is shown as a horizontal line at the top and a vertical line at the bottom, indicating a plastic hinge.

Area fissa: occorre selezionare la sezione e la combinazione di progetto per prendere visione delle relative sollecitazioni e degli effetti primari di ritiro e variazione termica

Area multipagina: i gruppi di risultati sono organizzati in diverse schede per una più chiara lettura degli stessi

Le verifiche condotte sono le seguenti

- Calcolo delle proprietà geometriche delle sezioni e dei coefficienti di ritiro e viscosità (EN 1992-1-1, Appendice B)
- Classificazione delle sezioni (EN 1993-1-1, Tab. 5.2)
- Verifica plastica a flessione delle sezioni in classe 1 e 2 (EN 1993-1-1, 6.2.5)
- Verifica tensionale delle sezioni in classe 3, e delle sezioni in classe 4 con proprietà geometriche efficaci (EN 1993-1-5, cap. 4)
- Verifica a Taglio plastico e a Shear buckling (EN 1993-1-5, cap. 5)
- Interazione flessione-taglio (EN 1993-1-5, cap. 7)
- Calcolo e rappresentazione grafica dei domini di interazione M-N, sia considerando che trascurando il contributo dell'anima.
- Calcoli elastici per le verifiche a Stato limite di esercizio delle tensioni (EN 1994-2, 7.2.2 (5) ed EN1993-2, 7.3)
- Verifica web-breathing a SLS (EN1993-2, 7.4)
- Verifiche a fatica dei componenti di acciaio (flange ed anima), dei dettagli di carpenteria e delle armature della soletta.
- Verifica della fessurazione della soletta (EN 1994-2, 7.4.2)
- Verifica a Stato limite ultimo, di esercizio e a fatica dei pioli (EN 1994-2, 6.6 e 6.8)

Tutti i risultati sono disponibili in modo dettagliato a video nella finestra di dialogo “Risultati”.

In ogni momento si può tornare indietro alle finestre di input (Geometria, Materiali, Sollecitazioni) e variare qualsiasi dato, quindi si può prendere visione dei risultati aggiornati riaprendo la finestra “Risultati”.

E’ possibile inoltre analizzare tutti i risultati in modo sintetico nella finestra di dialogo “Riepilogo risultati” e redigere un report automatico, accedendo alla finestra “Report”.



VERIFICA PLASTICA

Nella pagina “Verifica plastica” della finestra “Risultati” è riportata la classificazione della sezione in accordo a EN 1994-2, 5.5.1.

Verifica plastica | Tensioni | Taglio | Caratt. geometriche 1 | Caratt. geometriche 2 | Diagrammi Mpl-N | Pioli. SLU, SLS | SLS Web Breathing | SLF1 | SLF2

Classificazione e verifica plastica in Fase 3

| | c/t | zpl(mm) | α | ψ | Classe |
|-----------------------------|-------|---------|----------|--------|----------|
| Anima | 89.8 | 2387 | -0.05 | -0.87 | 1 |
| Piattabanda superiore | 19.5 | | | | 1 |
| Piattabanda inferiore | 17.92 | | | | 1 |
| Classe della sezione | | | | | 1 |

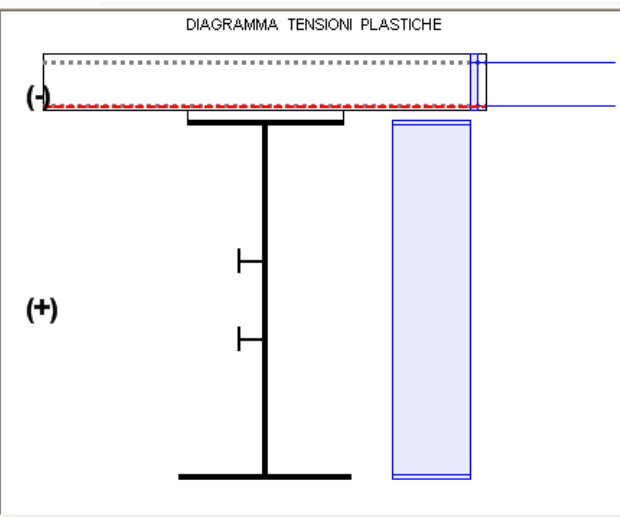
=> Verifica plastica APPLICABILE

| Azione assiale N | Flessione M | | Interazione N-M | | |
|------------------|--------------|---------|-----------------|--------|--------------|
| NEd | -4.07E+6 | MEd | -6.14E+6 | NEd | -4.07E+6 |
| NRd | -5.92E+7 | MRd | -4.02E+7 | MEd | -6.14E+6 |
| | | | | MRd | -4.18E+7 |
| NEd/NRd | 0.069 | MEd/MRd | 0.153 | MEd/MR | 0.147 |

=> Verifica plastica SODDISFATTA

Fase 1: Piatt. Sup in Cl. 1, Anima in Cl. 1, Piatt. Inf. in Cl. 1
Verifica tensioni lorde in Fase 1 : c.u.=0.105

DIAGRAMMA TENSIONI PLASTICHE



La classificazione è effettuata a fine fase 3 ovvero in funzione delle sollecitazioni NEd ed MEd totali; se si è spuntata l’opzione “Considera la piattabanda superiore in classe 1” la piattabanda superiore sarà assunta in classe 1, indipendentemente dalla sua snellezza e dal suo stato tensionale.

La classificazione della sezione è eseguita anche in fase 1: in questo caso, essendo la soletta assente, la piattabanda superiore viene classificata regolarmente in funzione del suo stato tensionale e della sua snellezza; l’opzione “Considera la piattabanda superiore in classe 1”, viene ignorata.

Per le sezioni in classe 1 e 2, una scritta verde segnala che la verifica plastica è applicabile, mentre per le sezioni in classe 3 e 4 una scritta rossa indica che la verifica plastica non è ammessa. In entrambi i casi si riportano in forma tabellare:

- lo sforzo normale plastico $N_{pl,Rd}$
- il momento plastico $M_{pl,Rd}$, calcolato in assenza di sforzo normale
- il momento plastico $M_{pl,Rd}$, calcolato in concomitanza dello sforzo normale agente NEd

Il calcolo dei valori resistenti è effettuato in accordo a EN 1994-2, 6.2.1.2, quindi si riportano i coefficienti di utilizzo per la verifica a sforzo normale, flessione semplice e pressoflessione (interazione N-M).

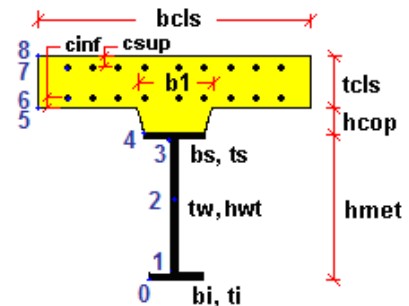
Nella stessa pagina è riportata anche una rappresentazione grafica della sezione, la posizione dell’asse neutro ed il diagramma delle tensioni plastiche o elastiche.



TENSIONI

Nella pagina “Tensioni” della finestra “Risultati” si riportano le tensioni elastiche in 9 fibre caratteristiche, numerate da 0 ad 8.

| Tensioni su sezione lorda | | Tensioni su sezione efficace | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|----------|--------|--------|------|------------|
| id | F1 | F2a N.F. | F2a F. | F2b N.F. | F2b F. | F2c N.F. | F2c F. | F2 tot | F3a N.F. | F3a F. | F3b N.F. | F3b F. | F3 tot | eta1 | id |
| σ_8 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 4.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | σ_8 |
| σ_7 | 0.0 | 26.0 | 51.8 | 2.5 | 74.2 | 0.0 | 0.0 | 126.0 | 15.9 | 55.0 | 30.4 | 105.1 | 286.1 | 0.66 | σ_7 |
| σ_6 | 0.0 | 18.0 | 40.5 | -4.5 | 58.0 | 0.0 | 0.0 | 98.5 | 9.0 | 43.0 | 17.1 | 82.2 | 223.7 | 0.51 | σ_6 |
| σ_5 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 3.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | σ_5 |
| σ_4 | -18.6 | 15.2 | 36.6 | -7.0 | 52.4 | 0.0 | 0.0 | 70.4 | 6.5 | 38.8 | 12.5 | 74.2 | 183.4 | 0.78 | σ_4 |
| σ_3 | -18.2 | 14.5 | 35.5 | -7.6 | 50.9 | 0.0 | 0.0 | 68.2 | 5.9 | 37.7 | 11.3 | 72.1 | 178.0 | 0.76 | σ_3 |
| σ_2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -19.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | σ_2 |
| σ_1 | 17.4 | -51.2 | -57.4 | -65.3 | -82.2 | 0.0 | 0.0 | -122.2 | -51.4 | -60.9 | -98.3 | -116.4 | -299.5 | 1.27 | σ_1 |
| σ_0 | 17.9 | -52.1 | -58.6 | -66.1 | -84.0 | 0.0 | 0.0 | -124.7 | -52.1 | -62.2 | -99.7 | -118.9 | -305.8 | 1.30 | σ_0 |



Per ogni fase costruttiva, facendo riferimento alle caratteristiche geometriche della fase in esame, è riportato il calcolo nelle ipotesi di:

- Calcestruzzo REAGENTE (Sezione NON FESSURATA N.F.)
- Calcestruzzo NON REAGENTE (Sezione FESSURATA F.)

Alla fine della Fase 2 e 3 si riporta la sommatoria degli stati tensionali per entrambe le ipotesi di calcolo CLS REAGENTE/CLS NON REAGENTE, e si sceglie la soluzione corretta in funzione dello stato tensionale nel calcestruzzo.

In corrispondenza delle combinazioni di progetto di SLU viene fornito il coefficiente di utilizzo eta1. In corrispondenza delle combinazioni di SLS caratteristica e frequente, oltre alle tensioni normali si calcolano anche le tensioni tangenziali e quindi le tensioni ideali ed il corrispondente coefficiente di utilizzo c.u.. La verifica dello stato limite delle tensioni è effettuata in accordo ad EN 1994-2, 7.2.2 (5) che rimanda alla EN 1993-2, 7.3.

Per la combinazione di SL di fatica si riportano le tensioni come per lo stato limite delle tensioni, ed in più si riportano le variazioni di tensione normali e tangenziali alla fine della fase 3. Il controllo dello stato del calcestruzzo è effettuato separatamente per le due combinazioni di volta in volta analizzate; ad esempio per la combinazione di Momento massimo si ha:

$$\text{Carichi non ciclici (M max) + Carichi ciclici (M max)} \Rightarrow \sigma (\text{M max}), \tau (\text{M max}) \quad (1)$$

$$\text{Carichi non ciclici (M max) + Carichi ciclici (M min)} \Rightarrow \sigma (\text{M min}), \tau (\text{M min}) \quad (2)$$

$$\Delta\sigma = \sigma (\text{M max}) - \sigma (\text{M min}), \quad \Delta\tau = \tau (\text{M max}) - \tau (\text{M min})$$

Sezioni in classe 4

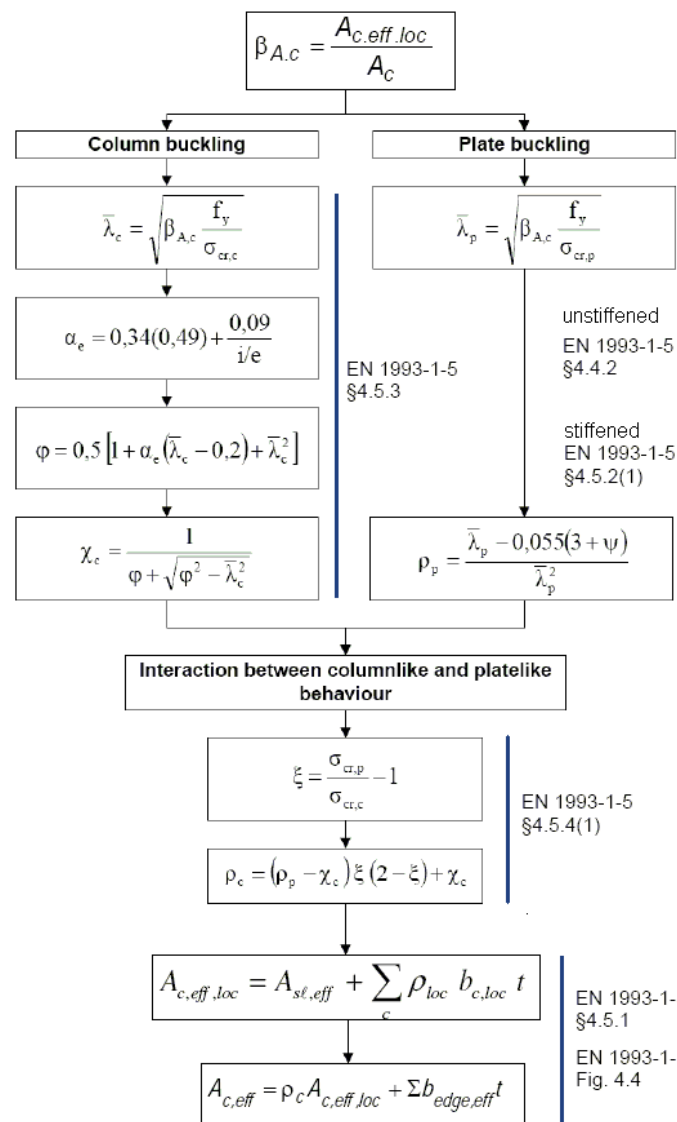
Le tensioni normali nelle sezioni in classe 4 sono calcolate con il metodo della sezione efficace, definita in accordo a EN 1994-2, 6.2.1.5 (1), che rimanda alla EN 1993-1-5, 4.3, 4.4, 4.5 (e Annex A.1, A.2).



L'approccio basato sulla riduzione della sezione trasversale è articolato nei seguenti passi:

- Determinazione della distribuzione delle tensioni normali sulla sezione lorda
- Riduzione delle piattabande in classe 4
- Calcolo della distribuzione delle tensioni normali sulla sezione efficace
- A partire da questa distribuzione, determinazione della sezione con anima ridotta
- Determinazione della distribuzione di tensioni normali sulla sezione efficace calcolata al punto d)
- Confronto fra la distribuzione di tensioni del punto c) e quella di cui al punto e): se queste risultano molto diverse (viene definita una soglia limite di errore ed un numero massimo di iterazioni in "Strumenti>Opzioni") si ripetono gli step d) ed e).

Il calcolo della sezione con anima ridotta (step d) viene effettuato secondo il seguente schema:



Sulla base delle proprietà efficaci così determinate vengono calcolate le tensioni normali sulla sezione efficace.



TAGLIO

Viene valutato il taglio plastico, la resistenza a Shear Buckling (eventuale) e l'interazione taglio-momento flettente.

| | | | | | | | |
|---|---|--|---|---------------------------|------------|---|---------------|
| Verifica plastica | Tensioni | Taglio | Caratt. geometriche 1 | | | | |
| Caratt. geometriche 2 Diagrammi Mpl-N Pioli. SLU, SLS SLS Web Breathing SLF1 SLF2 | | | | | | | |
| Taglio plastico $V_{pl,Rd} = \frac{\eta h_w t_w (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = 9.138E+6 \text{ N}$ <p>gammaM0=1 fyw=235 N/mm²</p> | | Resistenza Shear Buckling $V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = 7.32E+6 \text{ N}$ $V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = 7.32E+6 \text{ N}$ $V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) = 0E+00 \text{ N}$ <p>chiw= 1.057 Appoggio: NON RIGIDO lambda_w= 0.785 ME,eq= 2.932E+7 Nm c= 1050.285 Mf,Rd= 1.92E+7 Nm tau_cr= 220.3 N/mm² ME/MfRd= 1.527</p> | | | | | |
| Test Shear Buckling <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">$\frac{h_w}{t_w}$</td> <td style="text-align: center;">$\frac{31}{\eta} \epsilon_w \sqrt{K_z}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">89.8</td> <td style="text-align: center;">78.992</td> </tr> </table> <p style="color: red;">=> Verifica NECESSARIA</p> <p>a/hw= 1.782 Isl= 9.87E+7 mm⁴ eta= 1.2 Ktausl= 6.159 Epsw= 1 Ktau= 9.35</p> | | $\frac{h_w}{t_w}$ | $\frac{31}{\eta} \epsilon_w \sqrt{K_z}$ | 89.8 | 78.992 | Verifica a taglio $\frac{V_{Ed}}{\min(V_{b,Rd}, V_{pl,Rd})} = 0.31 \leq 1 \text{ [VERIFICA SODDISFATTA]}$ | |
| $\frac{h_w}{t_w}$ | $\frac{31}{\eta} \epsilon_w \sqrt{K_z}$ | | | | | | |
| 89.8 | 78.992 | | | | | | |
| | | Interazione Taglio-Momento <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">$\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}}$</td> <td style="text-align: center;">= 1.53 > 1</td> <td style="text-align: center;">$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$</td> <td style="text-align: center;">= 0.31 <= 0.5</td> </tr> </table> <p style="color: green; text-align: center;">NON C'E' INTERAZIONE</p> | | $\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}}$ | = 1.53 > 1 | $\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$ | = 0.31 <= 0.5 |
| $\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}}$ | = 1.53 > 1 | $\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$ | = 0.31 <= 0.5 | | | | |

- Taglio plastico $V_{pl,Rd}$

Il calcolo è effettuato in accordo a EN 1993-1-1, 6.2.6.

- Resistenza Shear Buckling $V_{b,Rd}$

Viene valutata dapprima la necessità di effettuare o meno la verifica a shear buckling in accordo a EN 1993-1-5, 5.1. Una scritta in rosso indica se la sezione va verificata anche a shear buckling. Il calcolo della resistenza a shear buckling è effettuata secondo EN 1993-1-5, 5.2 e 5.4.

- Verifica a taglio

Nel caso in cui risulta necessaria anche la verifica a shear buckling si ha:

$$\frac{V_{Ed}}{\min(V_{b,Rd}, V_{pl,Rd})} \leq 1.0$$

Se non è necessaria anche la verifica a shear buckling:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1.0$$

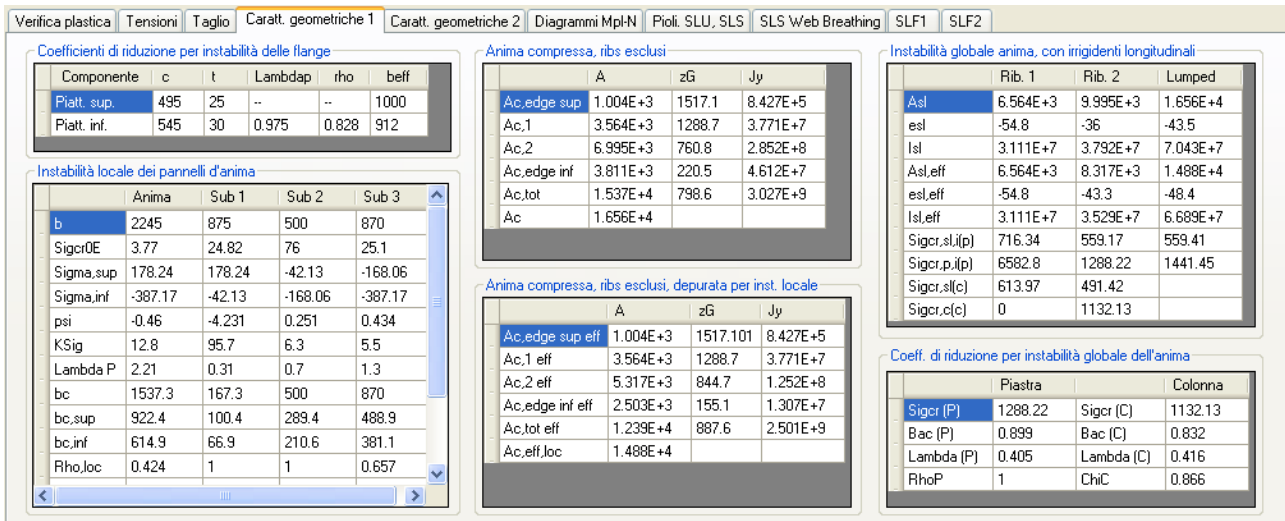
- Interazione Momento flettente-Taglio

L'interazione fra momento flettente e taglio è verificata in accordo ad EN 1993-1-5, 7.1.



CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Le caratteristiche geometriche sono organizzate in due pagine della finestra di dialogo “Risultati”; nella prima pagina “Caratt. geometriche 1” sono presenti i seguenti gruppi di dati:



The screenshot shows the 'Caratt. geometriche 1' window with several data tables:

| Componente | c | t | Lambdap | rho | beff |
|-------------|-----|----|---------|-------|------|
| Piatt. sup. | 495 | 25 | -- | -- | 1000 |
| Piatt. inf. | 545 | 30 | 0.975 | 0.828 | 912 |

| | Anima | Sub 1 | Sub 2 | Sub 3 |
|-----------|---------|--------|---------|---------|
| b | 2245 | 875 | 500 | 870 |
| SigcrOE | 3.77 | 24.82 | 76 | 25.1 |
| Sigma,sup | 178.24 | 178.24 | -42.13 | -168.06 |
| Sigma,inf | -387.17 | -42.13 | -168.06 | -387.17 |
| psi | -0.46 | -4.231 | 0.251 | 0.434 |
| KSig | 12.8 | 95.7 | 6.3 | 5.5 |
| Lambda P | 2.21 | 0.31 | 0.7 | 1.3 |
| bc | 1537.3 | 167.3 | 500 | 870 |
| bc,sup | 922.4 | 100.4 | 289.4 | 488.9 |
| bc,inf | 614.9 | 66.9 | 210.6 | 381.1 |
| Rho,loc | 0.424 | 1 | 1 | 0.657 |

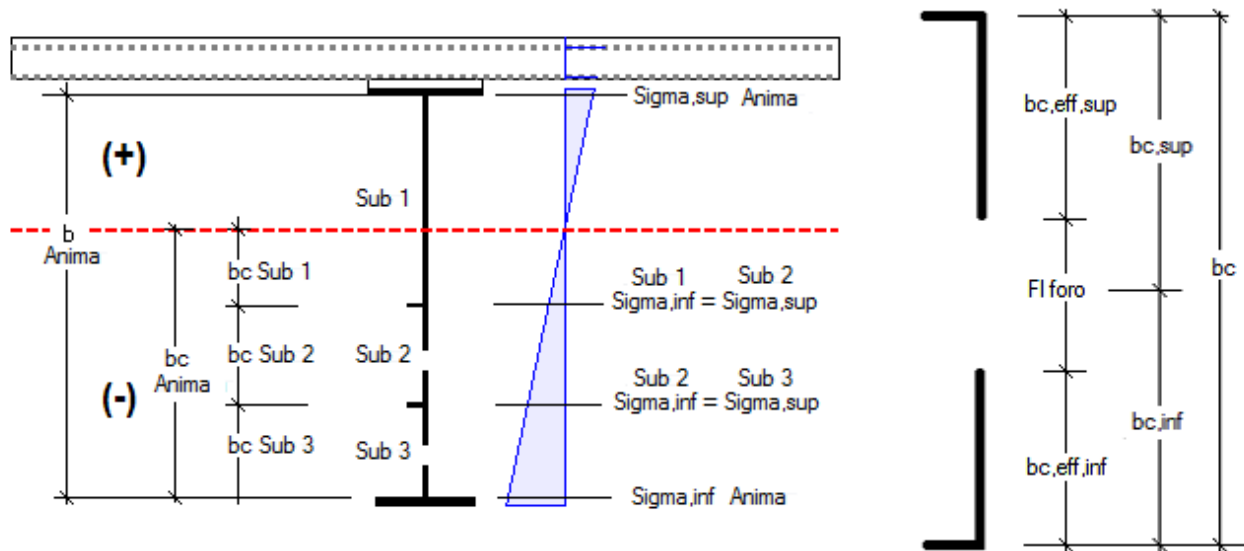
| | A | zG | Jy |
|-------------|----------|--------|----------|
| Ac,edge sup | 1.004E+3 | 1517.1 | 8.427E+5 |
| Ac,1 | 3.564E+3 | 1288.7 | 3.771E+7 |
| Ac,2 | 6.995E+3 | 760.8 | 2.852E+8 |
| Ac,edge inf | 3.811E+3 | 220.5 | 4.612E+7 |
| Ac,tot | 1.537E+4 | 798.6 | 3.027E+9 |
| Ac | 1.656E+4 | | |

| | Rib. 1 | Rib. 2 | Lumped |
|--------------|----------|----------|----------|
| Asl | 6.564E+3 | 9.995E+3 | 1.656E+4 |
| esl | -54.8 | -36 | -43.5 |
| Isl | 3.111E+7 | 3.792E+7 | 7.043E+7 |
| Asl,eff | 6.564E+3 | 8.317E+3 | 1.488E+4 |
| esl,eff | -54.8 | -43.3 | -48.4 |
| Isl,eff | 3.111E+7 | 3.529E+7 | 6.689E+7 |
| Sigcr,slj(p) | 716.34 | 559.17 | 559.41 |
| Sigcr,pj(p) | 6582.8 | 1288.22 | 1441.45 |
| Sigcr,sl(c) | 613.97 | 491.42 | |
| Sigcr,c(c) | 0 | 1132.13 | |

| | A | zG | Jy |
|-----------------|----------|----------|----------|
| Ac,edge sup eff | 1.004E+3 | 1517.101 | 8.427E+5 |
| Ac,1 eff | 3.564E+3 | 1288.7 | 3.771E+7 |
| Ac,2 eff | 5.317E+3 | 844.7 | 1.252E+8 |
| Ac,edge inf eff | 2.503E+3 | 155.1 | 1.307E+7 |
| Ac,tot eff | 1.239E+4 | 887.6 | 2.501E+9 |
| Ac,eff,loc | 1.488E+4 | | |

| | Piastra | Sigcr (C) | Colonna |
|------------|---------|------------|---------|
| Sigcr (P) | 1288.22 | Sigcr (C) | 1132.13 |
| Bac (P) | 0.899 | Bac (C) | 0.832 |
| Lambda (P) | 0.405 | Lambda (C) | 0.416 |
| RhoP | 1 | ChiC | 0.866 |

- Instabilità locale dei pannelli d'anima



Vengono determinate le dimensioni ridotte per tener conto dell'instabilità locale dei sotto pannelli d'anima secondo il procedimento indicato in EN 1993-1-5, 4.4.



- Parte compressa, ribs esclusi

In forma tabellare vengono riportate le aree delle parti compresse dell'anima.

- Parte compressa ribs esclusi, depurata per instabilità locale

In forma tabellare vengono riportate le aree delle parti compresse dell'anima, ridotte per tener conto dell'instabilità locale dei sotto pannelli d'anima.

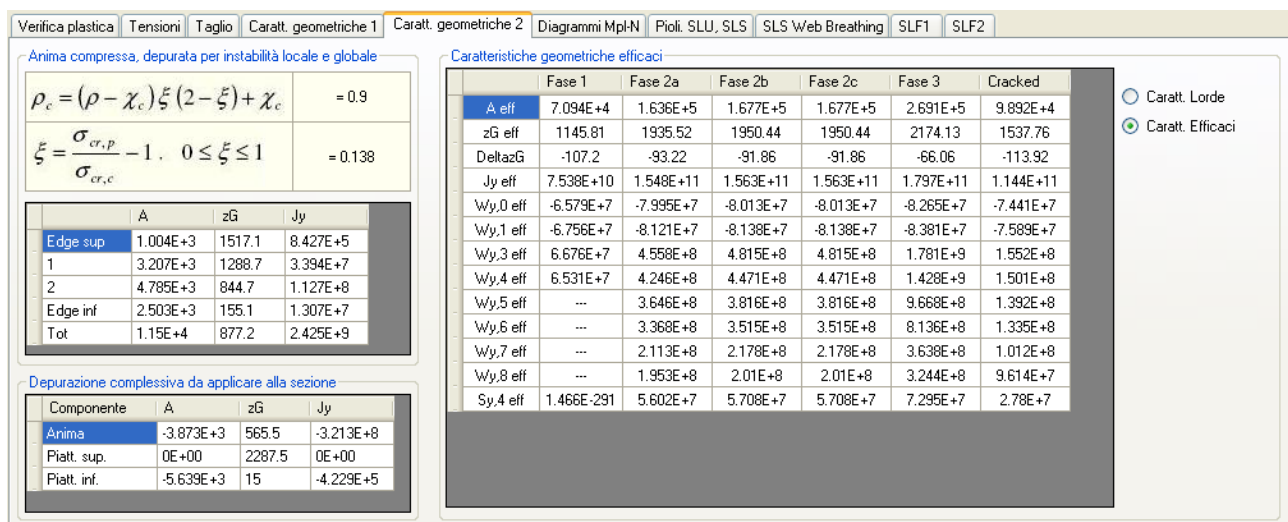
- Comportamento globale con irrigidenti longitudinali

In forma tabellare si riportano le tensioni critiche calcolate in corrispondenza degli irrigidenti e quindi estrapolate al lembo compresso, sia nell'ipotesi di comportamento a piastra (p) che di comportamento a colonna (c).

- Coefficienti di riduzione per instabilità globale

Si riportano i coefficienti di riduzione globale nell'ipotesi di comportamento a piastra e a colonna.

Nella seconda pagina "Caratt. geometriche 2" sono presenti i seguenti gruppi di dati:



The screenshot shows a software interface with several tabs: Verifica plastica, Tensioni, Taglio, Caratt. geometriche 1, Caratt. geometriche 2, Diagrammi Mpl-N, Pioli. SLU, SLS, SLS Web Breathing, SLF1, SLF2. The active tab is 'Caratt. geometriche 2'.

Anima compressa, depurata per instabilità locale e globale

$$\rho_c = (\rho - \chi_c) \xi (2 - \xi) + \chi_c = 0.9$$

$$\xi = \frac{\sigma_{cr,p}}{\sigma_{cr,c}} - 1, \quad 0 \leq \xi \leq 1 = 0.138$$

| | A | zG | Jy |
|----------|----------|--------|----------|
| Edge sup | 1.004E+3 | 1517.1 | 8.427E+5 |
| 1 | 3.207E+3 | 1288.7 | 3.394E+7 |
| 2 | 4.785E+3 | 844.7 | 1.127E+8 |
| Edge inf | 2.503E+3 | 155.1 | 1.307E+7 |
| Tot | 1.15E+4 | 877.2 | 2.425E+9 |

Depurazione complessiva da applicare alla sezione

| Componente | A | zG | Jy |
|-------------|-----------|--------|-----------|
| Anima | -3.873E+3 | 565.5 | -3.213E+8 |
| Piatt. sup. | 0E+00 | 2287.5 | 0E+00 |
| Piatt. inf. | -5.639E+3 | 15 | -4.229E+5 |

Caratteristiche geometriche efficaci

| | Fase 1 | Fase 2a | Fase 2b | Fase 2c | Fase 3 | Cracked |
|----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A eff | 7.034E+4 | 1.636E+5 | 1.677E+5 | 1.677E+5 | 2.691E+5 | 9.892E+4 |
| zG eff | 1145.81 | 1935.52 | 1950.44 | 1950.44 | 2174.13 | 1537.76 |
| DeltazG | -107.2 | -93.22 | -91.86 | -91.86 | -66.06 | -113.92 |
| Jy eff | 7.538E+10 | 1.548E+11 | 1.563E+11 | 1.563E+11 | 1.797E+11 | 1.144E+11 |
| Wy,0 eff | -6.579E+7 | -7.995E+7 | -8.013E+7 | -8.013E+7 | -8.265E+7 | -7.441E+7 |
| Wy,1 eff | -6.756E+7 | -8.121E+7 | -8.138E+7 | -8.138E+7 | -8.381E+7 | -7.589E+7 |
| Wy,3 eff | 6.676E+7 | 4.558E+8 | 4.815E+8 | 4.815E+8 | 1.781E+9 | 1.552E+8 |
| Wy,4 eff | 6.531E+7 | 4.246E+8 | 4.471E+8 | 4.471E+8 | 1.428E+9 | 1.501E+8 |
| Wy,5 eff | ... | 3.646E+8 | 3.816E+8 | 3.816E+8 | 9.668E+8 | 1.392E+8 |
| Wy,6 eff | ... | 3.368E+8 | 3.515E+8 | 3.515E+8 | 8.136E+8 | 1.335E+8 |
| Wy,7 eff | ... | 2.113E+8 | 2.178E+8 | 2.178E+8 | 3.638E+8 | 1.012E+8 |
| Wy,8 eff | ... | 1.953E+8 | 2.01E+8 | 2.01E+8 | 3.244E+8 | 9.614E+7 |
| Sy,4 eff | 1.466E-291 | 5.602E+7 | 5.708E+7 | 5.708E+7 | 7.295E+7 | 2.78E+7 |

- Parte compressa, depurata per instabilità globale e locale

Si riportano il coefficiente finale di riduzione ρ_c che tiene conto dell'interazione fra il comportamento a piastra e a colonna, quindi $A_{c,eff}$.

- Depurazione complessiva da applicare alla sezione

Si riportano le quantità di area da sottrarre alle sezioni intere.

- Caratteristiche geometriche lorde/efficaci

In forma tabellare si riportano tutte le caratteristiche geometriche lorde oppure efficaci utilizzate nel calcolo.

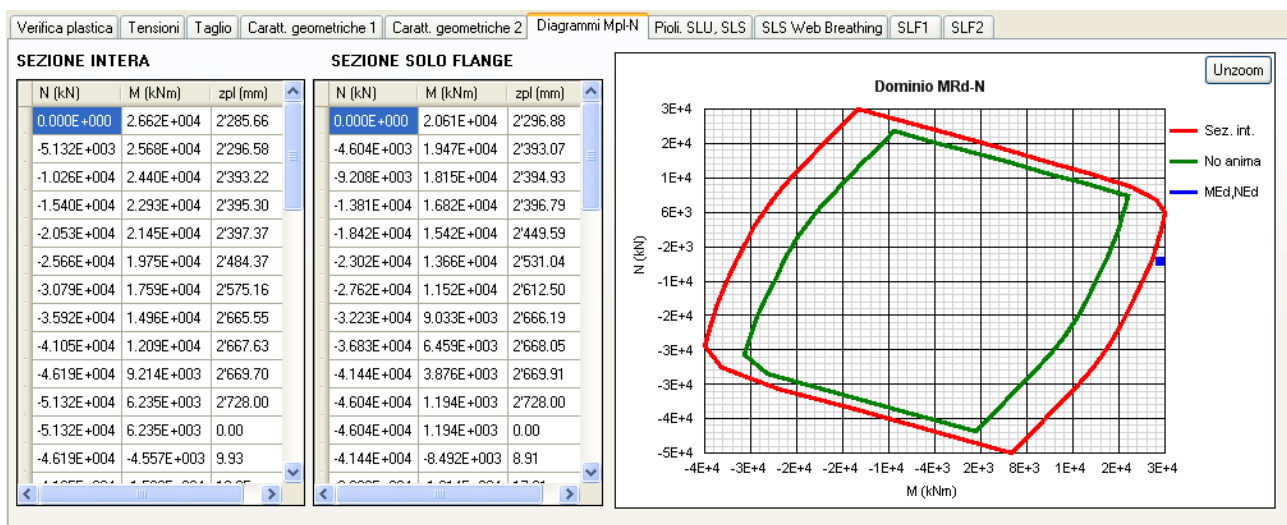


DIAGRAMMI Mpl-N

Il software calcola i diagrammi di interazione Momento-Sforzo normale nelle seguenti ipotesi:

- il calcestruzzo teso viene trascurato
- le aree di armatura sono schematizzate come dei rettangoli di spessore equivalente, tale che $A_s = \text{base soletta} \times \text{spessore equivalente}$

Inoltre vengono condotti due calcoli: sezione completa e sezione priva di anima. Nella rappresentazione grafica viene tracciato il dominio MRd-N e la posizione Momento - Sforzo normale agente.



PIOLI. SLU, SLS

Verifica plastica | Tensioni | Taglio | Caratt. geometriche 1 | Caratt. geometriche 2 | Diagrammi Mpl-N | **Pioli. SLU, SLS** | SLS Web Breathing | SLF1 | SLF2

Zone elastiche o plastiche con soletta in trazione

$$P_{Rd1} = 0.8 f_u \pi d^2 / 4 / \gamma_v = 109478 \text{ N}$$

$$P_{Rd2} = 0.29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} / \gamma_v = 122631 \text{ N}$$

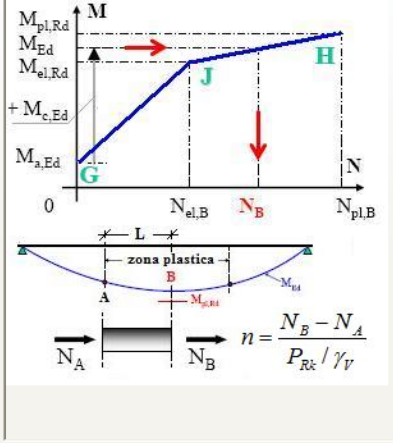
$v_{L,Ed} = 795 < n * P_{Rd} = 1642 \text{ N/mm}$

VERIFICA ELASTICA SODDISFATTA

d= 22 mm n = 15 N*pioli/m Ecm= 34077 N/mm²
h= 225 mm fu= 450 N/mm² Ks= 0.75
alfa= 1 fck= 35 N/mm² Gammav= 1.25

| Fase | V | Ssy(A) | Jy | vL,Ed |
|------|----------|----------|-----------|--------|
| 2a | -4.05E+5 | 6.466E+7 | 1.816E+11 | -144.2 |
| 2b | -3.1E+5 | 6.597E+7 | 1.837E+11 | -111.3 |
| 2c | 0E+00 | 6.597E+7 | 1.837E+11 | 0 |
| 3a | 1.91E+5 | 8.604E+7 | 2.151E+11 | 76.4 |
| 3b | -1.54E+6 | 8.604E+7 | 2.151E+11 | -616 |
| Tot | | | | -795.1 |

Zone plastiche (SLU Mmin). Schemi di calcolo.



$n = \frac{N_B - N_A}{P_{Rk} / \gamma_v}$

Zone plastiche (SLU Mmin). Verifica.

$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k * M_{c,Ed} = 6.786E+7 \text{ Nm}$
 $M_{a,Ed} = 1.96E+6 \text{ Nm}$ $M_{c,Ed} = 3.723E+6 \text{ Nm}$

k = 17.703 | K1 > 1.00 : Calcolo non necessario

Effetti primari di ritiro e variazione termica.
(Solo per sezioni di estremità)
Flusso per ritiro: $v_{L,Ed} = N_c / beff = 2383 \text{ N/mm}$
N* min. pioli per ritiro: $n = v_{L,Ed} / PRd = 21.76 \text{ n}^*/\text{m}$
Flusso per Var. termica (-): $v_{L,Ed} = N_c / beff = 0 \text{ N/mm}$
N* min. pioli per Var. Termica: $n = v_{L,Ed} / PRd = 0 \text{ n}^*/\text{m}$
N* tot = 21.76 n*/m (valori caratteristici)

La resistenza dei pioli è calcolata in accordo ad EN 1994-2, 6.6.3.1 secondo cui si ipotizzano due diversi meccanismi di rottura: a taglio del gambo del piolo e per schiacciamento del cls (verifica elastica).

Se è presente una zona plasticizzata in campata non è sufficiente calcolare i pioli con il flusso elastico, infatti il legame fra il taglio per unità di lunghezza, le forze interne della soletta ed il momento flettente non è più lineare. Viene quindi effettuato il calcolo dei pioli nelle zone plasticizzate con fibre tese inferiori.

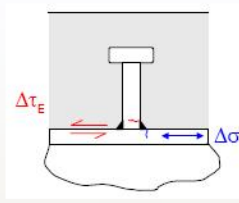
SLS WEB BREATHING

La verifica è svolta in accordo ad EN 1994-2, 7.2.3, che rimanda ad EN 1993-2, 7.4.



SLF1, SLF2

In queste due pagine vengono condotte le verifiche a fatica. Nella pagina SLF1 si riportano in due distinte aree di output le verifiche a fatica dei pioli e dell'armatura.

| Verifica plastica | Tensioni | Taglio | Caratt. geometriche 1 | Caratt. geometriche 2 | Diagrammi Mpl-N | Pioli. SLU, SLS | SLS Web Breathing | SLF1 | SLF2 |
|--|----------|---|-----------------------|---|-----------------|------------------------|-------------------|------|------|
| Pioli | | | | | | | | | |
| $\gamma_{Ff} \Delta \tau_E \leq \frac{\Delta \tau_c}{\gamma_{Mf,s}}$ | | 46.6 < 78.3 N/mm ² | |  | | | | | |
| $\gamma_{Ff} \Delta \sigma_E \leq \frac{\Delta \sigma_c}{\gamma_{Mf}}$ | | 11.4 < 59.3 N/mm ² (*) | | | | | | | |
| $\frac{\gamma_{Ff} \Delta \sigma_E}{\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}} + \frac{\gamma_{Ff} \Delta \tau_E}{\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.3$ | | 0.19 + 0.6 = 0.79 < 1.3 (*) | | | | | | | |
| VERIFICA SODDISFATTA (*) Verifiche non significative (Flangia compressa) | | | | | | | | | |
| Δσ _c = 80 N/mm ² | | Δσ _E = λ Δσ _p = 11.45 N/mm ² | | Δσ _p = 5.72 N/mm ² | | | | | |
| Δτ _c = 90 N/mm ² | | Δτ _E = λ Δτ _p = 46.62 N/mm ² | | Δτ _p = 31.57 N/mm ² | | | | | |
| λ = λ ₁ λ ₂ λ ₃ = 4 | | 2.35 x 0.928 x 1 x 1 = 2.181 > 2 => 2 (Campata) | | | | | | | |
| λ _v = λ _{v1} λ _{v2} λ _{v3} = 1.477 | | 1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477 | | | | | | | |
| Pioli: γ _{Ff} = 1 | | γ _{Mf,s} = 1.15 | | Carpenteria: γ _{Ff} = 1 | | γ _{Mf} = 1.35 | | | |
| Armatura soletta | | | | | | | | | |
| $\gamma_{Ff,s} \Delta \sigma_E \leq \frac{\Delta \sigma_{Rsk}}{\gamma_{Mf,s}}$ | | 0 < 141.3 | | | | | | | |
| VERIFICA SODDISFATTA | | | | | | | | | |
| γ _{Ff} = 1 | | γ _{Mf} = 1.15 | | | | | | | |
| Δσ _E = λ Δσ _p = 0 x 30.67 = 0 N/mm ² | | | | | | | | | |
| λ _s = λ _{s1} λ _{s2} λ _{s3} λ _{s4} = fat 0 x 0 x 0 x 1 x 0 = 0 | | | | | | | | | |
| Δσ _{Rsk} = 162.5 N/mm ² | | | | | | | | | |
| Soletta FESSURATA per MED,max,f => Tension stiffening | | | | | | | | | |
| σ _{s,max,f} = σ _{s,max,f,0} = s _f 4.87 + 21.32 = 26.2 N/mm ² | | | | | | | | | |
| Soletta NON FESSURATA per MED,min,f => No Tension stiffening | | | | | | | | | |
| σ _{s,min,f} = σ _{s,min,f,0} = s _f -4.47 + 0.00 = -4.47 N/mm ² | | | | | | | | | |

Nella pagina SLF2 si riportano le verifiche a fatica relative ai dettagli di carpenteria.

| Verifica plastica | Tensioni | Taglio | Caratt. geometriche 1 | Caratt. geometriche 2 | Diagrammi Mpl-N | Pioli. SLU, SLS | SLS Web Breathing | SLF1 | SLF2 |
|---|-----------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------|------|
| Detail | | | | | | | | | |
| Detail | gF ² DSigE | DSigRs/gM | c.s. | | | | | | |
| Piattabanda superiore | .. | .. | .. | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | .. | .. | .. | | | | | | |
| Anima | .. | .. | .. | | | | | | |
| Giunzione piattabanda superiore | 11.45 | 82.96 | 0.138 | | | | | | |
| Giunzione piattabanda inferiore | 51.51 | 82.96 | 0.621 | | | | | | |
| Attacco anima-piattabanda superiore | 10.72 | 82.96 | 0.129 | | | | | | |
| Attacco anima-piattabanda inferiore | 50.67 | 82.96 | 0.611 | | | | | | |
| Attacco irrigidente verticale - anima | 50.67 | 59.26 | 0.855 | | | | | | |
| Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore | 10.72 | 59.26 | 0.181 | | | | | | |
| Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore | 50.67 | 59.26 | 0.855 | | | | | | |
| Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima 1 | .. | .. | .. | | | | | | |
| Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima 2 | .. | .. | .. | | | | | | |
| Dati | | | | | | | | | |
| γ _{Ff} = 1 | | γ _{Mf} = 1.35 | | | | | | | |
| λ = λ ₁ λ ₂ λ ₃ = 4 | | | | | | | | | |
| = 2.35 x 0.928 x 1 x 1 = 2.181 > 2 => 2 (Campata) (Momento flettente) | | | | | | | | | |
| = 0 x 0.928 x 1 x 1 = 0 (Campata) (Taglio) | | | | | | | | | |
| Giunzioni piattabande: | | | | | | | | | |
| Δσ _{Rs} = Δσ _{Rsk} | | ks = 112 x 1 = 112 N/mm ² (inf.) | | | | | | | |
| Δσ _{Rs} = Δσ _{Rsk} | | ks = 112 x 1 = 112 N/mm ² (sup.) | | | | | | | |



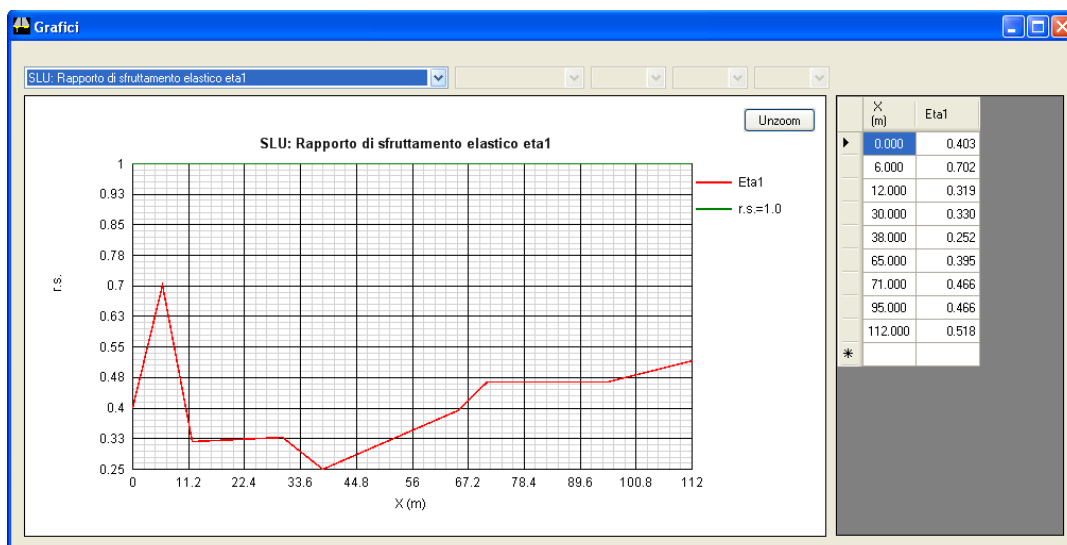
RIEPILOGO RISULTATI E GRAFICI

Nella finestra di dialogo “Riepilogo risultati” vengono riassunti tutti i coefficienti di utilizzo calcolati nelle varie verifiche svolte. I coefficienti sono organizzati per combinazione, per sezione di verifica (righe) e per verifica svolta (colonne).

| Combinazione fondamentale di SLU | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-----------------|-----------|------------|-------------|--------------|--------------|--|
| Sezione | X (m) | Combinazione | Classe F1 | Classe F3b | MEd/MR | SigEd /fy | VEd/MR | |
| Concio_B_S2 | 0.000 | SLU fond., Mmax | 1 | 4 | (1.04) | 1.681 | 1.57 | |
| Concio_B_S2 | 0.000 | SLU fond., Mmin | 1 | 1 | 0.19 | (.176) | 2.175 | |
| Concio_B_S2 | 0.000 | SLU fond., Vmax | 4 | 4 | () | 0 | 0 | |
| Concio_B_S2 | 0.000 | SLU fond., Vmin | 4 | 4 | () | 0 | 0 | |
| Concio_B_S3 | 0.000 | SLU fond., Mmax | 4 | 4 | (1.89) | 2.961 | 2.892 | |
| Concio_B_S3 | 0.000 | SLU fond., Mmin | 4 | 4 | (.42) | 0.707 | 1.058 | |
| Concio_B_S3 | 0.000 | SLU fond., Vmax | 4 | 4 | () | 0 | 0 | |
| Concio_B_S3 | 0.000 | SLU fond., Vmin | 4 | 4 | () | 0 | 0 | |
| Concio_B_S4 | 0.000 | SLU fond., Mmax | 4 | 4 | (.89) | 1.352 | 1.673 | |
| Concio_B_S4 | 0.000 | SLU fond., Mmin | 4 | 1 | 0.06 | (.136) | 1.577 | |
| Concio_B_S4 | 0.000 | SLU fond., Vmax | 4 | 4 | () | 0 | 0 | |

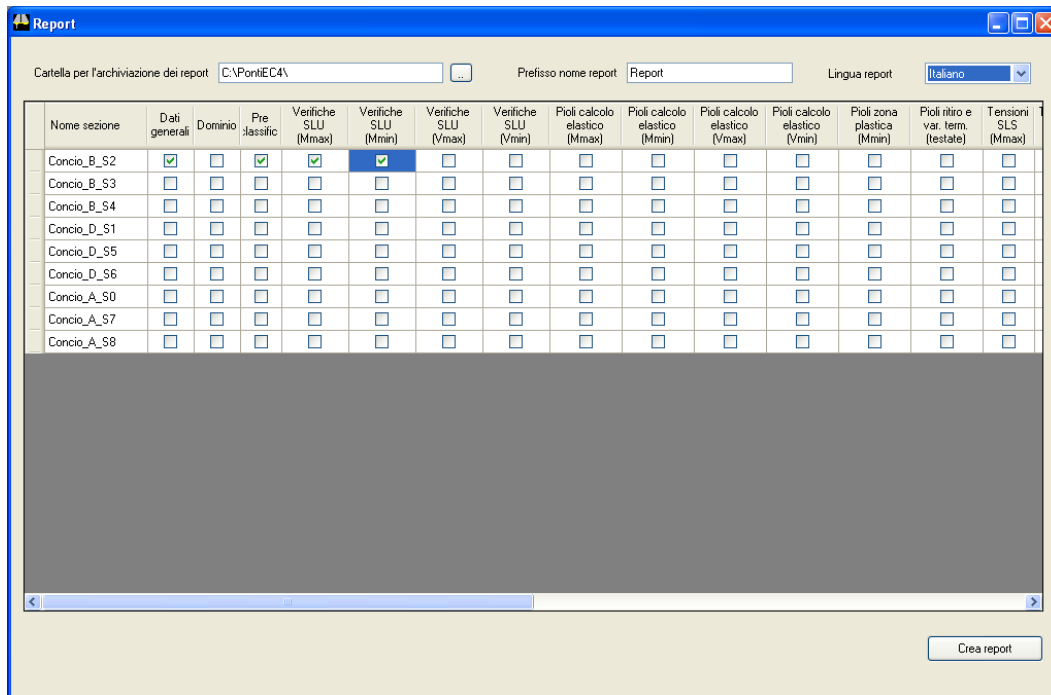
E' possibile copiare ed incollare in Word o Excel il contenuto delle tabelle, semplicemente cliccandoci sopra con il tasto destro del mouse, dopo aver selezionato tutta la tabella oppure solo una parte di essa.

Tramite “Grafici”, disponibile nel menù “Strumenti”, è possibile rappresentare graficamente i principali coefficienti di utilizzo, che vengono rappresentati verso l'ascissa delle sezioni. Questi grafici sono particolarmente utili quando si procede alla verifica di molte sezioni lungo lo sviluppo di una travata: ovviamente si deve aver cura di inserire le ascisse X di ogni sezione nell'area “Nome concio” del form “Geometria”.



REPORT

In questa finestra di dialogo è possibile avviare la redazione di un report delle verifiche e dei calcoli effettuati, in formato Word.



Verranno creati tanti file quante sono le sezioni per le quali si è spuntato almeno una opzione di output.

Ogni report può essere facilmente corredato di un indice direttamente in Word, infatti tutti i titoli dei paragrafi del report sono formattati con stili adeguatamente gerarchizzati.

Esempio di tabella creata nel report: pre classificazione degli elementi della sezione d'acciaio:

| Pre-Classificazione degli elementi della sezione | | | | | | | | |
|--|--------|------------------------|--------|-----------------------|-------|-------------------------|---------|--------|
| Classificazione Piattabande | | | | Classificazione anima | | | | |
| | | M+ | M- | | c/t | alfa | Psi (*) | classe |
| | c/t | classe | classe | M+ | 224.5 | 1.005 | -0.611 | 1 |
| Sup. | 19.8 | 1 | 1 | M- | 224.5 | 0 | -0.08 | 1 |
| Inf. | 18.167 | 4 | 1 | N- | 224.5 | 1 | 1 | 1 |
| Eps _{abf} = 1 | | Eps _{atf} = 1 | | Eps _{aw} = 1 | | (*) calcolato in Fase 3 | | |



FESSURAZIONE

In questa finestra di dialogo sono visualizzati i risultati delle verifiche a fessurazione.

| Sezione | z0 fase3 (mm) | kc | Act (mm ²) | As_min (mm ²) | As_reale (mm ²) | Verifica (As min) | fimax/pmax | Sigc rara (N/mm ²) | Stato (c. rara) | Sig_s (N/mm ²) | F ^r (mm) | Sig am(Fil) (N/mm ²) | Sig am (p) (N/mm ²) | Verifica (carichi indiretti) | Sig freq (N/ |
|-------------|---------------|----|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------|------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------|
| Concio_B_S2 | 436 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 5.33 | Non Fess. | ---- | 22.59 | 171 | 240 | ---- | 109 |
| Concio_B_S3 | 436 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 7.9 | Fess. | 87 | 22.59 | 171 | 240 | SI (0.51) | 162 |
| Concio_B_S4 | 436 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 2.72 | Non Fess. | ---- | 22.59 | 171 | 240 | ---- | 56 |
| Concio_D_S1 | 539 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 5.21 | Non Fess. | ---- | 22.59 | 171 | 240 | ---- | 102 |
| Concio_D_S5 | 539 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 7.72 | Fess. | 87 | 22.59 | 171 | 240 | SI (0.51) | 151 |
| Concio_D_S6 | 539 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 2.66 | Non Fess. | ---- | 22.59 | 171 | 240 | ---- | 52 |
| Concio_A_S0 | 539 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 5.21 | Non Fess. | ---- | 22.59 | 171 | 240 | ---- | 102 |
| Concio_A_S7 | 539 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 7.72 | Fess. | 87 | 22.59 | 171 | 240 | SI (0.51) | 151 |
| Concio_A_S8 | 539 | 1 | 1048800 | 4848 | 27980 | SI | 25\100 | 2.66 | Non Fess. | ---- | 22.59 | 171 | 240 | ---- | 52 |

Area minima

$$A_{s,min} = k_s k_c k_f f_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

$$k_c = \frac{1}{1 + \frac{h_c}{2z_0}} + 0.3 \leq 1$$

$k_s = 0.9$
 $k = 0.8$
 $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

Controllo della fessurazione - Metodo indiretto

$$\varphi^* = \phi \frac{f_{ct,0}}{f_{ct,eff}} \quad f_{ct,0} = 2.90 \text{ MPa}$$

$\varphi^*, w_k \rightarrow \text{Tabella 7.1 EN1994-2} \rightarrow \sigma_{s,amm}$
 $p, w_k \rightarrow \text{Tabella 7.2 EN1994-2} \rightarrow \sigma_{s,amm}$

Carichi indiretti

$$\sigma_s = k_s k_c k_f f_{ct,eff} \frac{A_{ct}}{A_{s,reale}}$$

Carichi diretti

$$\sigma_s = \sigma_{s,0} + \Delta\sigma_s$$

$$\Delta\sigma_s = 0.4 * f_{ctm} / (\alpha_{st} \rho_s)$$

Il controllo dei minimi di armatura longitudinale è eseguito in accordo ad EN 1994-2 7.4.2. In particolare si verifica che si sia disposta un'area di armatura maggiore o uguale a:

$$A_{s,min} = K_s * K_c * K_f * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$$

Essendo:

$$k = 0.8$$

$$k_s = 0.9$$

$$k_c = \frac{1}{1 + \frac{h_c}{2z_0}} + 0.3 \leq 1.0$$

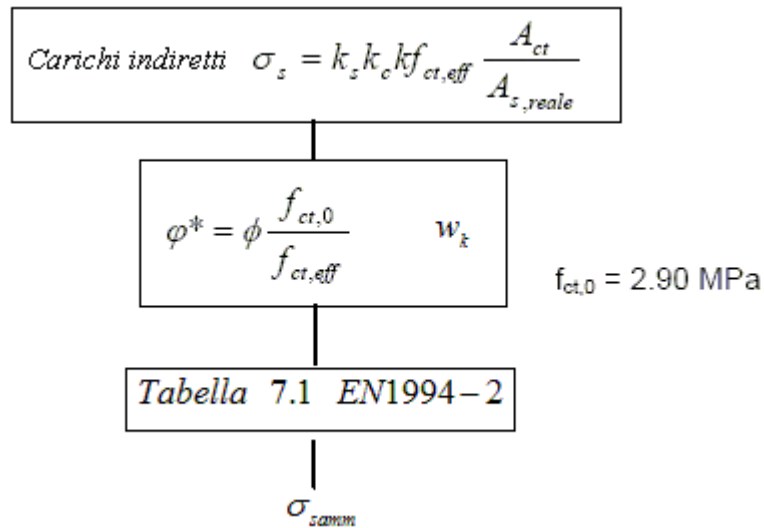
z0 = distanza verticale fra il baricentro della soletta non fessurata ed il baricentro della sezione composta non fessurata (valutato in fase 3)



$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

$$\sigma_s = f_{yk}$$

La verifica a fessurazione, per carichi indiretti, è eseguita secondo il seguente schema:



La verifica a fessurazione, per carichi diretti, è eseguita secondo il seguente schema:

