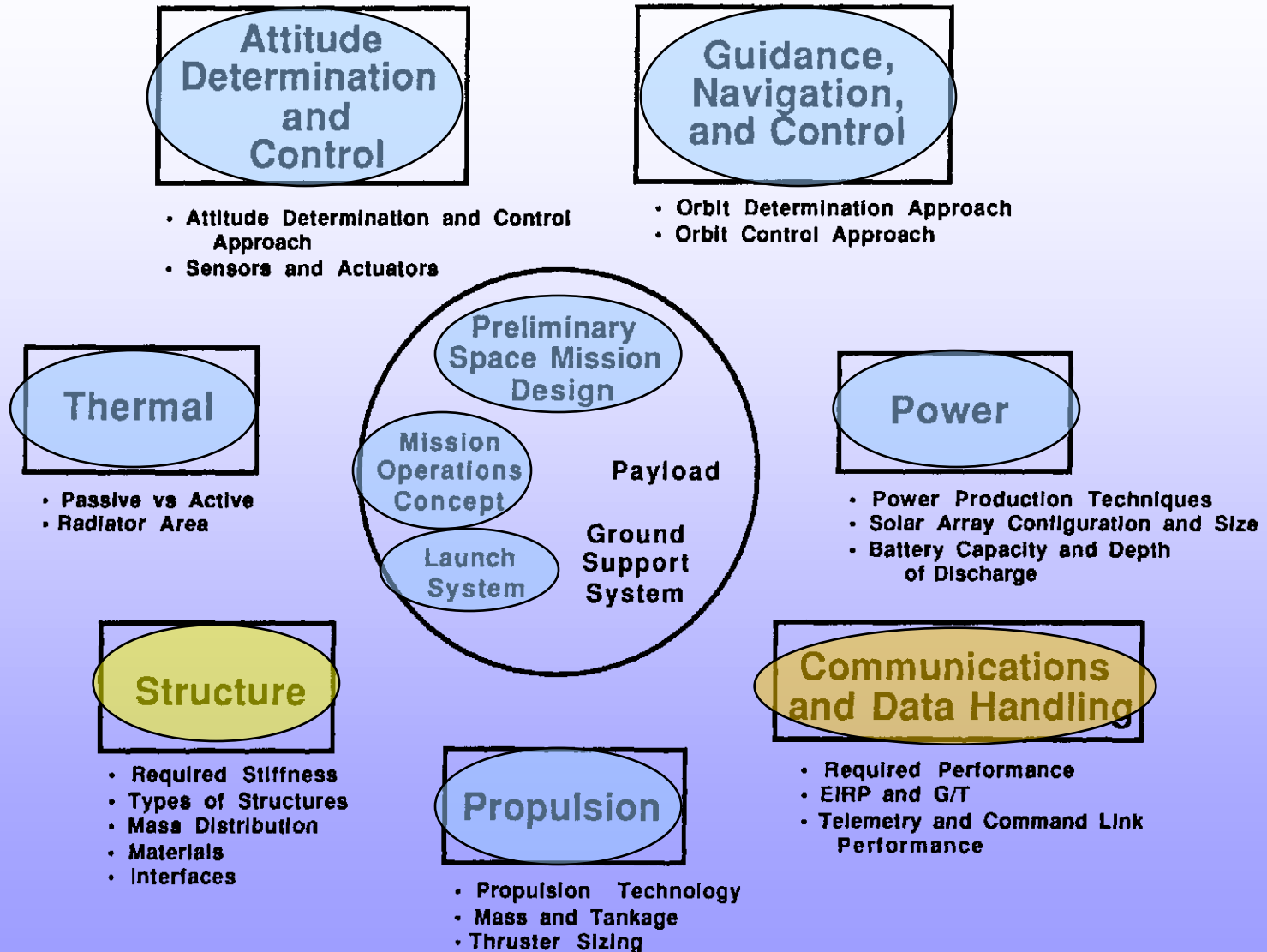

La struttura di un satellite

SOTTO-SISTEMI



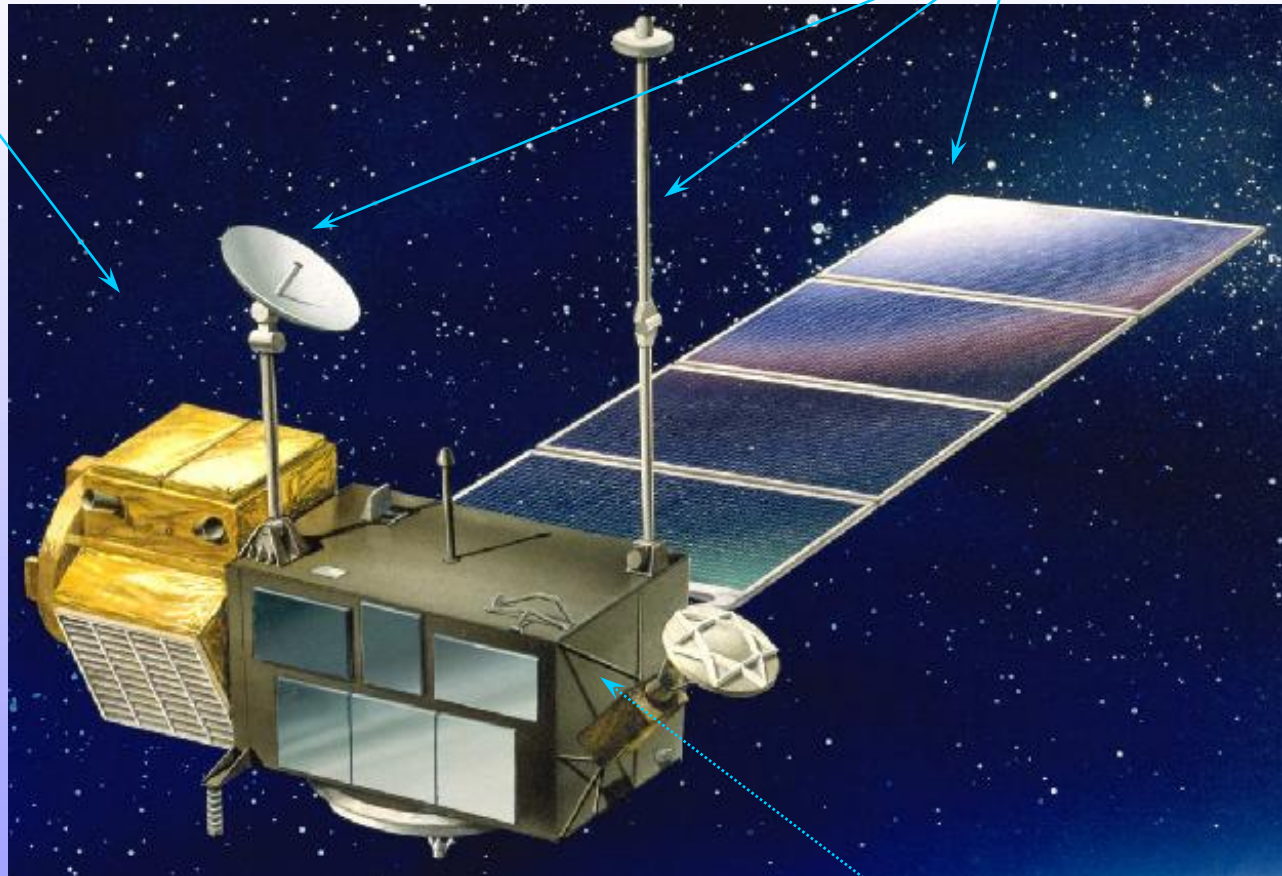
Utilizzo della Struttura

- Sostegno alle diverse parti del satellite
- Protezione dall'ambiente esterno
- Dispiega l'antenna o gli eventuali meccanismi di movimento
- Controlla ed assorbe le vibrazioni dannose per lo strumento

Categorie

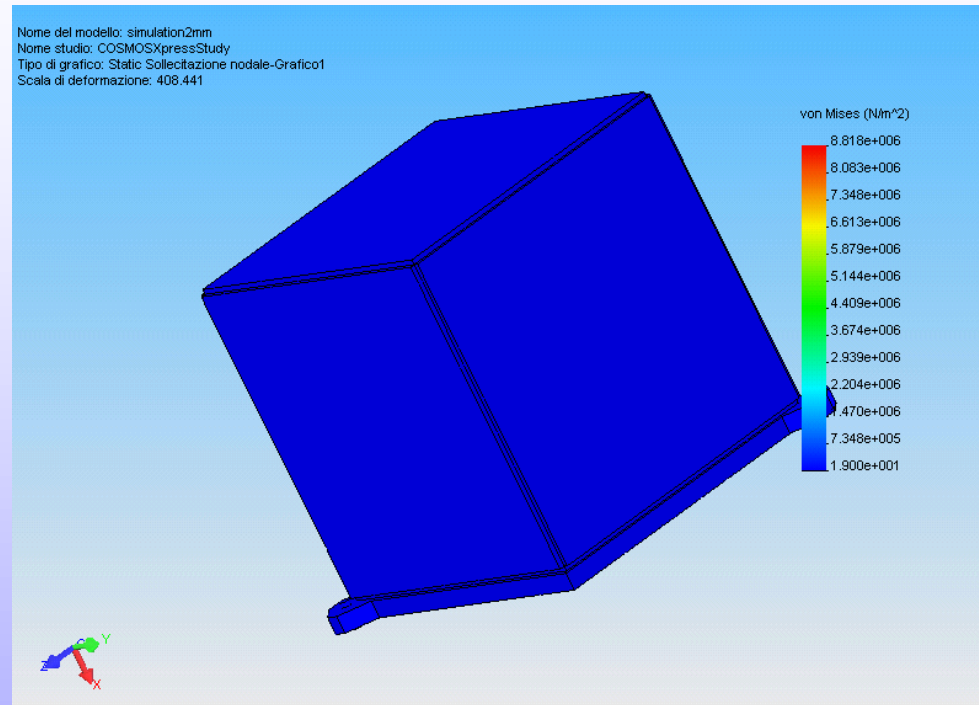
Strutture Primarie

Strutture Secondarie



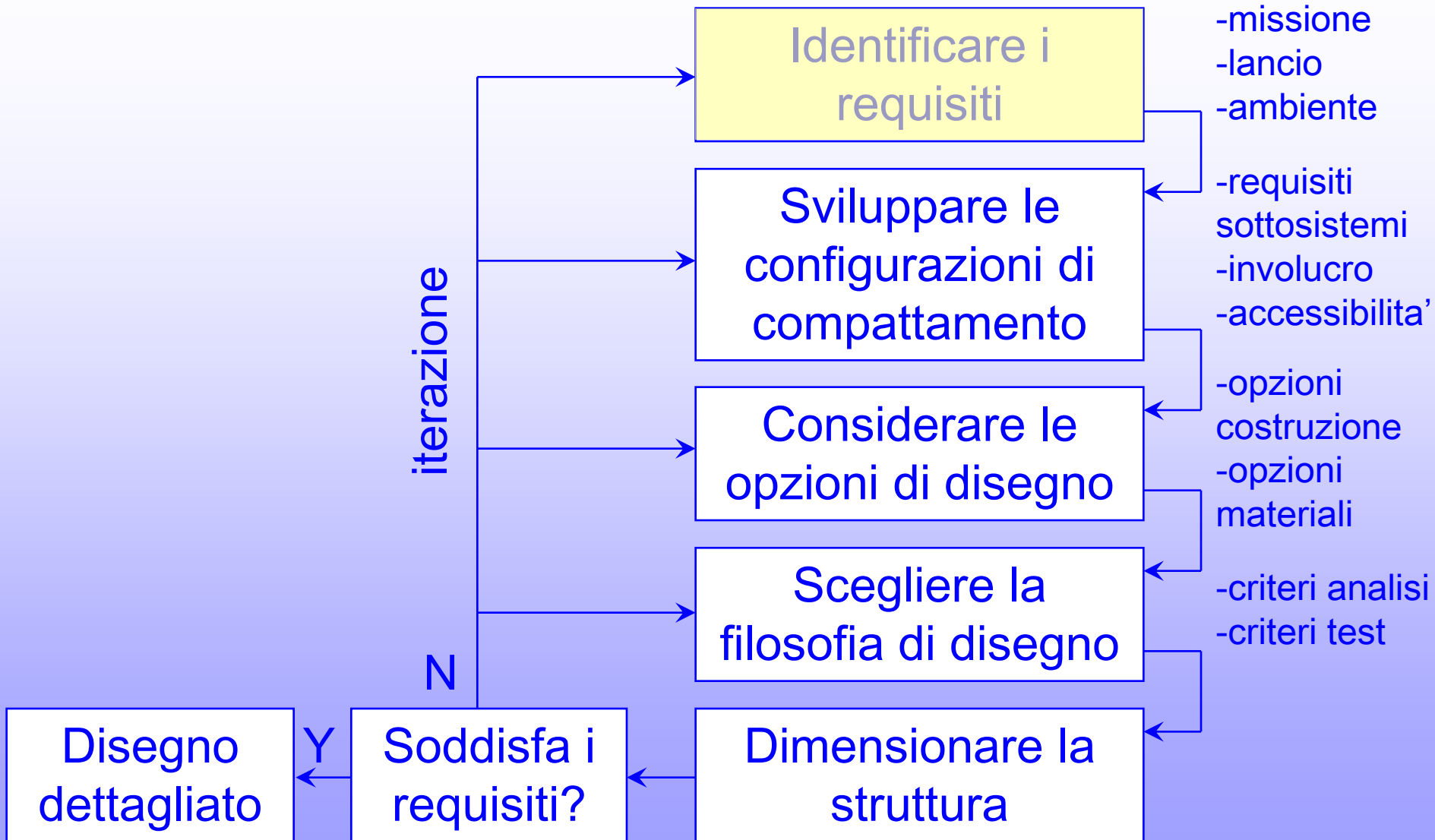
Strutture Terziarie

Esempio: carico per pressione atmosferica



$$T = 5.144 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

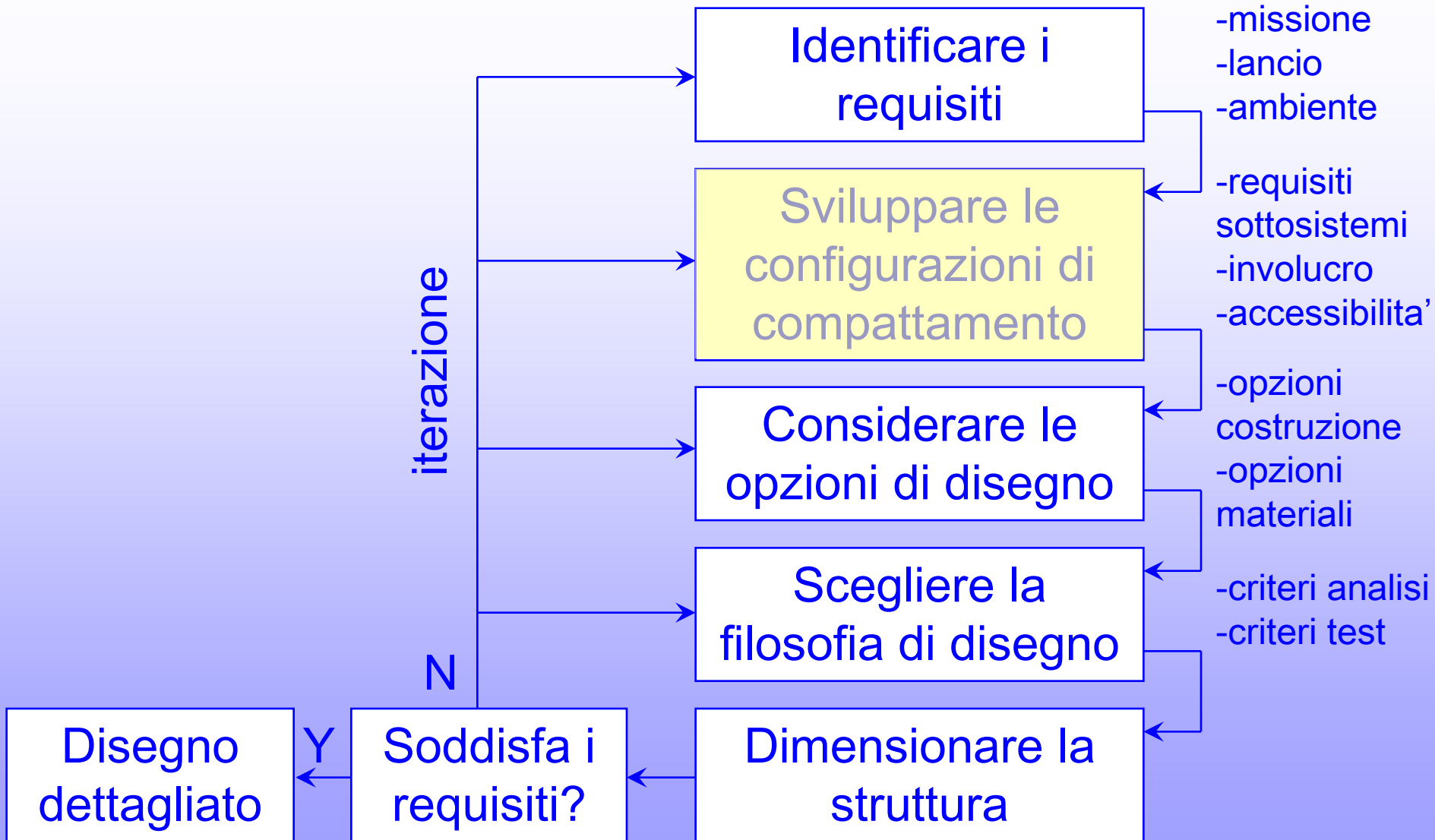
Processi del disegno meccanico



Requisiti della struttura

- Solidità
 - Quantita' di carico che la struttura puo' sopportare
- Rigidità
 - Misura del carico che causa una distorsione
- Durata strutturale
 - Numero di cicli di carico che la struttura puo' sopportare
- Stabilità di posizionamento
 - Capacita' di mantenere posizione e/o orientamento entro certi limiti
- Spazio a disposizione
 - Lo spazio fisico entro cui la struttura deve rimanere quando soggetta a carichi

Processi del disegno meccanico



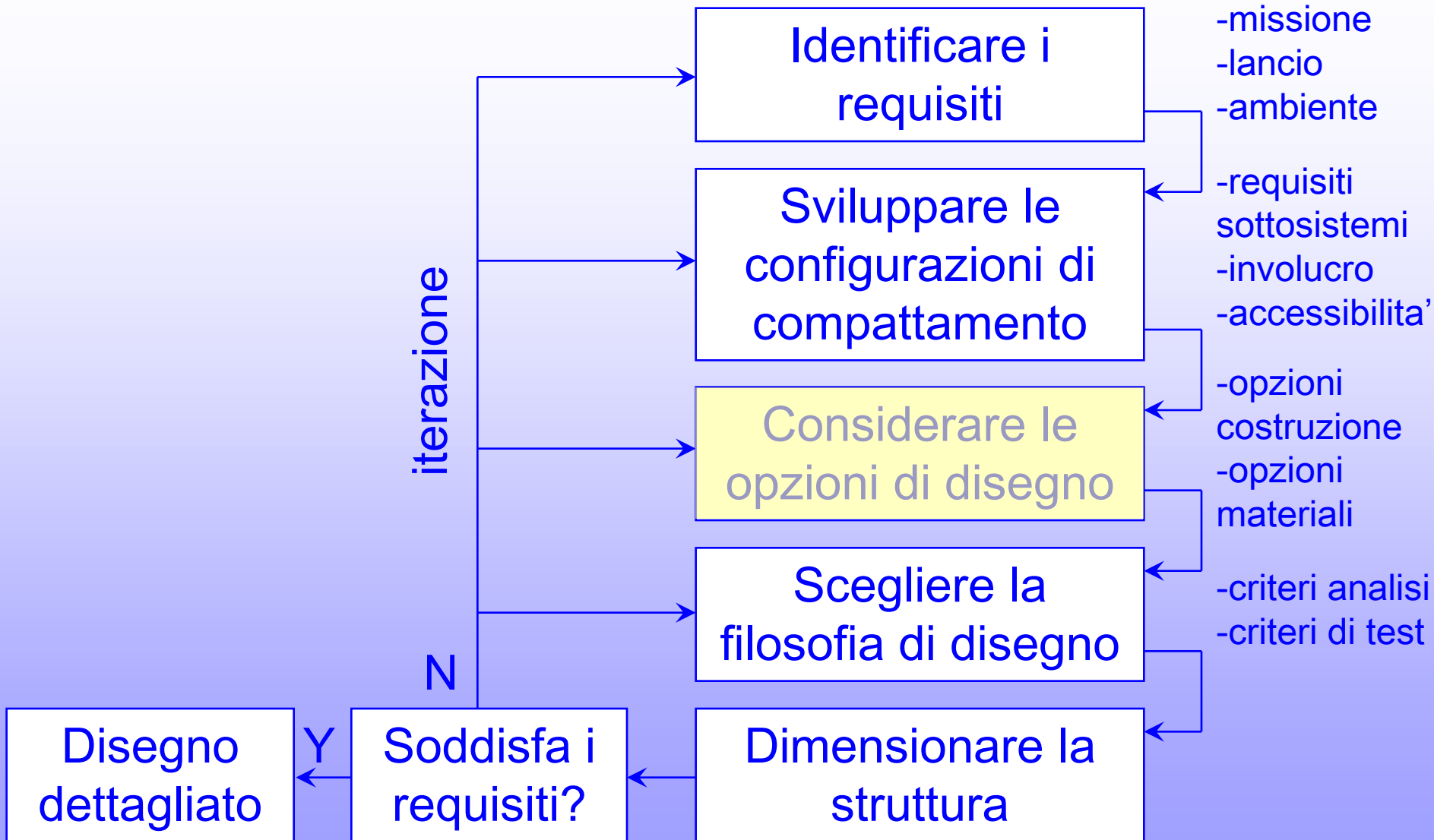
Configurare il Satellite

- Identificare le componenti principali
- Posizionare il P/L scientifico
- Selezionare una forma e l'architettura
- Sketch posizionamento componenti principali
- Posizionare le strutture dispiegabili
- Calcolare le proprietà della struttura
 - Massa, momenti di inerzia, CdM (ogni componente)
- Verifica (altri sistemi e sotto-sistemi)

Linee Guida per Definire l'Involucro

- Accesso alle componenti per installazione o controllo
 - Struttura simmetrica, disegno modulare
- Lanciatore
 - Componenti massive vicine al lanciatore
 - Componenti sensibili alle vibrazioni lontane dal lanciatore
- Componenti elettriche vicine fra loro
- Componenti sensibili contaminazione lontane dai thrusters
- Propellente vicino al CdM
- Pannelli solari e componenti sensibili alla temperatura distribuiti simmetricamente
- Lunghezza appendici minima

Processi del disegno meccanico



Opzioni di Disegno

- **Struttura primaria**

- Cilindro



- **Modalita' di costruzione**

- Tipo di cilindro

- **Materiali tipici**

- Leghe di alluminio



- **Interfacce**

- Rivetti

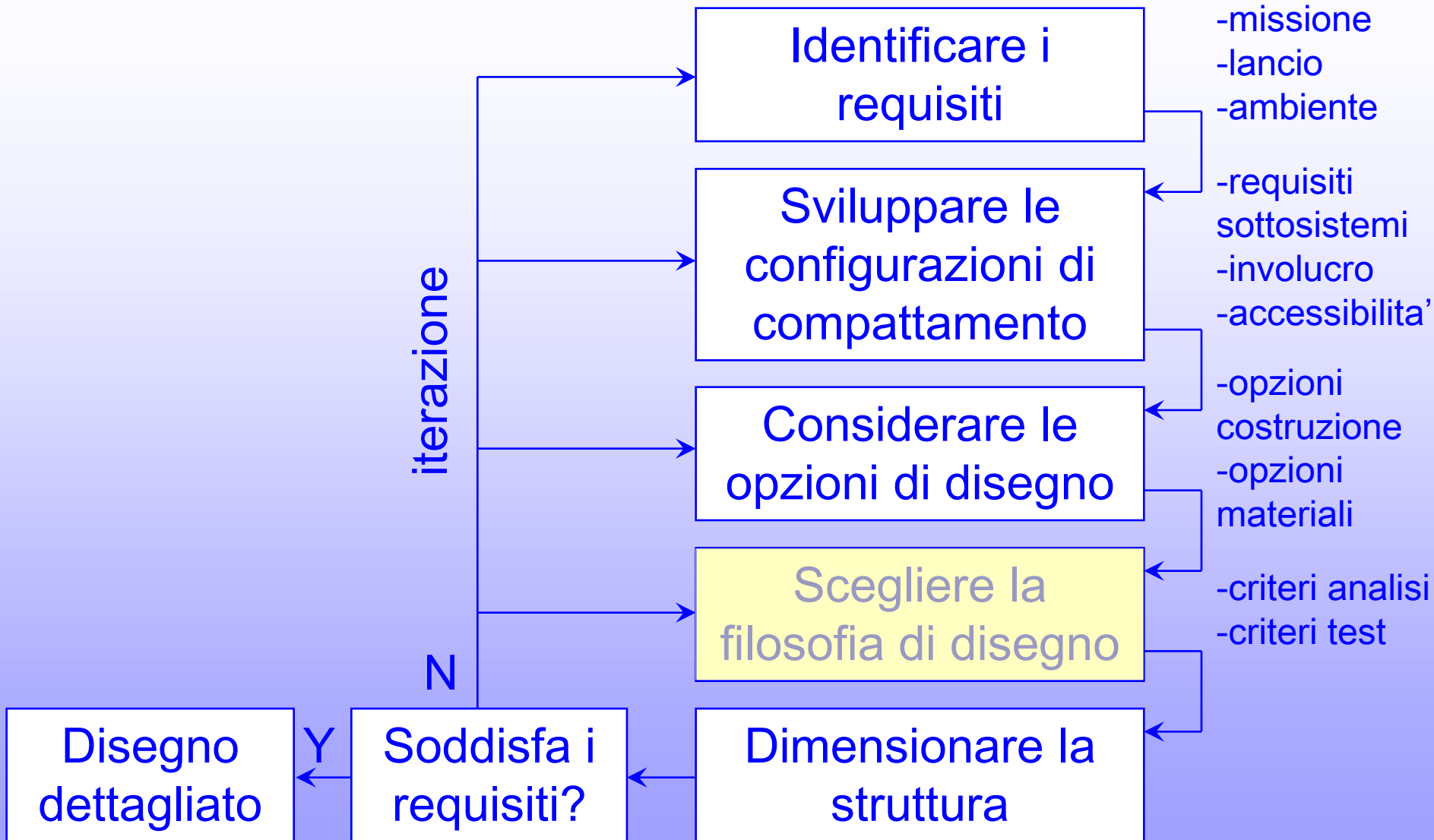
- **Involucri e accessi**

- Pannelli removibili

- **Intelaiature**

- **Strutture secondarie e terziarie**

Processi del disegno meccanico



Requisiti della struttura...

➤ Rigidità

- Misura del carico che causa una distorsione

➤ Solidità

- Quantita' di carico che la struttura puo' sopportare

➤ Stabilità di posizionamento

- Capacita' di mantenere posizione e/o orientamento entro certi limiti

➤ ...

In pratica:

➤ Risposta strutturale

- Intensità e durata vibrazioni in risposta a carichi esterni

➤ Frequenza naturale - “fondamentale”

- Frequenza a cui vibra quando soggetta a carichi esterni temporanei
- Maggiore di un certo valore...

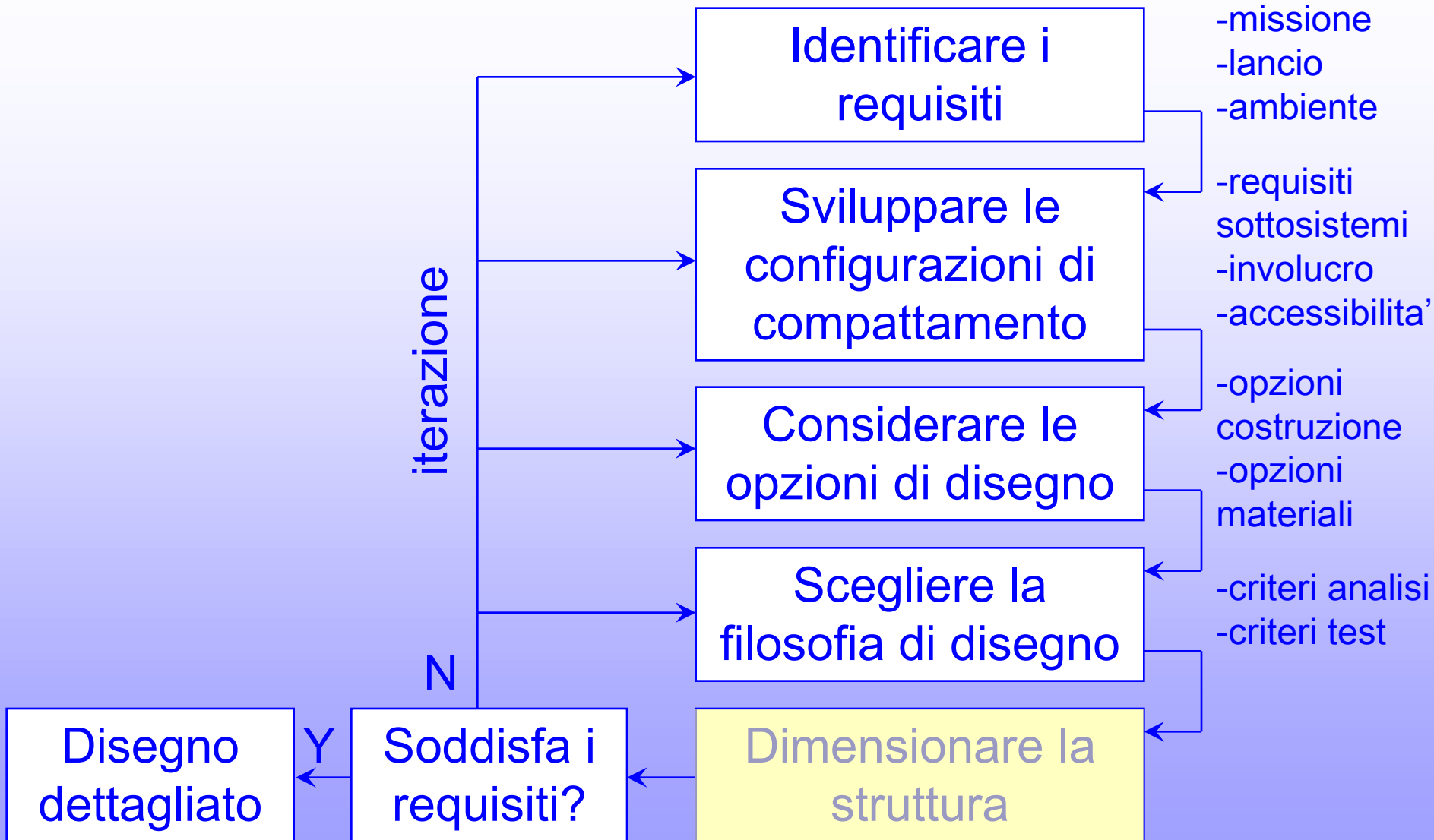
Filosofia di Disegno: criteri da seguire

Modelli / Test

- Fattori di carico ℓ (input)
- Carico e stress limite $P=mg\ell, \sigma=P/A$
- Fattore di sicurezza s (input)
- Carico nominale da disegno $P^*=mg\ell s$
- Stress nominale da disegno $\sigma^*=mg\ell s / A$
- Carico e stress accettabile P_a, σ_a (materiale)
Margine di sicurezza $MS = \sigma_a / \sigma^* - 1 = P_a / P^* - 1$

Rischio calcolato, ma non nullo !!!

Processi del disegno meccanico



Dimensionare la Struttura

- Selezionare la struttura (forma, tipo, materiale)
- Determinare le dimensioni e la distribuzione di massa di tutte le componenti della struttura
- Determinare i carichi, applicare i carichi considerati
- Confrontare i risultati con i valori definiti dalla struttura nominale
- Iterare il processo

Dimensionamento 1/3

Fascio uniforme: massa m_b , lungh. L , raggio R , spessore t



area trasversale ($A=2\pi Rt$)

➤ Rigidità (frequenze lanciatore)

➤ carichi assiali: $\propto A/L = 2\pi(R/L)t$

$$f_{ax, nat} = 0.250 \sqrt{A E / m_b L}$$

➤ carichi laterali: $\propto I/L^3 = \pi(R/L)^3 t$

$$f_{lat, nat} = 0.560 \sqrt{I E / m_b L^3}$$

modulo di Young

momento di inerzia
trasversale ($I=\pi R^3 t$)

“areale”

Dimensionamento 2/3

- carico assiale
- carico laterale
- momento di torsione
- Solidità (carichi lanciatore)
 - $P_{eq} = P_{axial} + P_{lat} = m_b g \ell_{ax} + 2M/R = m_b g \ell_{ax} + m_b g \ell_{lat} L/R$
 - $P_{ult} = USF P_{eq}$
 - $\sigma_{ult} = P_{ult} / A = P_{ult} / (2\pi R t)$

(da comparare con lo stress max, caratteristico del materiale: MS = "stress accettabile" / "ultimate stress" -1)

Dimensionamento 3/3

➤ Stabilità (compressione)

➤ stress accettabile: σ_{cr}

$$\sigma_{cr} = 0.6 \gamma E t / R$$

$$\gamma = 1.0 - 0.901 \cdot (1.0 - e^{-\Phi})$$

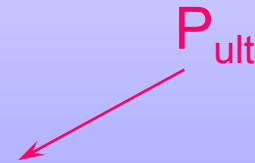
$$\Phi = 1/16 \sqrt{R/t}$$

➤ carico accettabile: P_{cr}

$$P_{cr} = A \sigma_{cr}$$

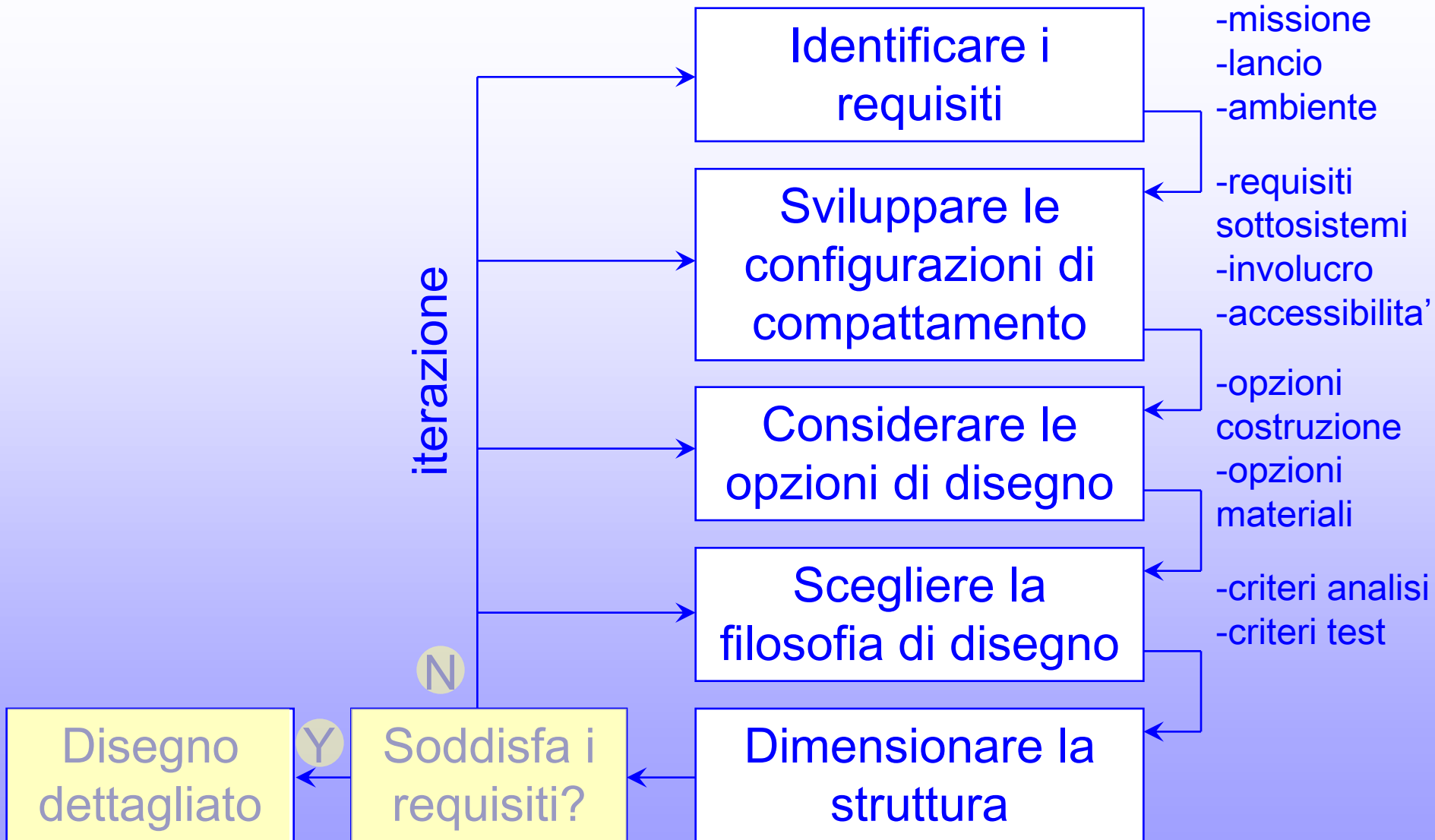
➤ margine di sicurezza: MS

$$MS = \text{“carico accettabile”} / \text{“carico applicato”} - 1 > 0$$



Conclusione: spessore richiesto, massa struttura

Processi del disegno meccanico



Esempio

➤ $f_{ax, nat}, f_{lat, nat} > 18 \text{ Hz}$

➤ $\ell_{ax}=13, \ell_{lat}=6$

} lanciatore

➤ Cilindro

➤ $L=1.4 \text{ m}, R=0.6 \text{ m}, m_b=174 \text{ kg}$

} opzione costruzione

➤ Alluminio 7075:

$E=71 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2, \rho=2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3,$

$\sigma_{ult}=460 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2, \sigma_y=380 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2,$

$\nu=0.33$

} opzione
materiale

➤ $USF = 1.25, YMS = 1.10$

} filosofia disegno

➤ $t=0.089 \text{ cm}$

} dimensionamento

Esercizio

- $f_{ax, nat} > 15 \text{ Hz}$; $f_{lat, nat} > 35 \text{ Hz}$
 - $l_{ax}=6$, $l_{lat}=2$
 - $L=4 \text{ m}$, $R=1.3 \text{ m}$, $m_b=2089 \text{ kg}$
 - Alluminio 7075:
 $E=71 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$, $\rho=2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$,
 $\sigma_{ult}=524 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$, $\sigma_y=448 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$
 - $USF = 1.25$, $YMS = 1.10$
- calcolare:
- Rigidity: $t_{ax} = ?$, $t_{lat} = ?$
 - Solidity: $t = ?$
 - Stability ? $massa = ?$
 - $t=0.25 \text{ cm}$