

Convegno ReLUIs

Progetto DPC_ReLUIs 2024-2026 Il anno

Napoli, 13-14 ottobre 2025

WP 13

CICLO DI VITA E SOSTENIBILITÀ DI COSTRUZIONI E INFRASTRUTTURE

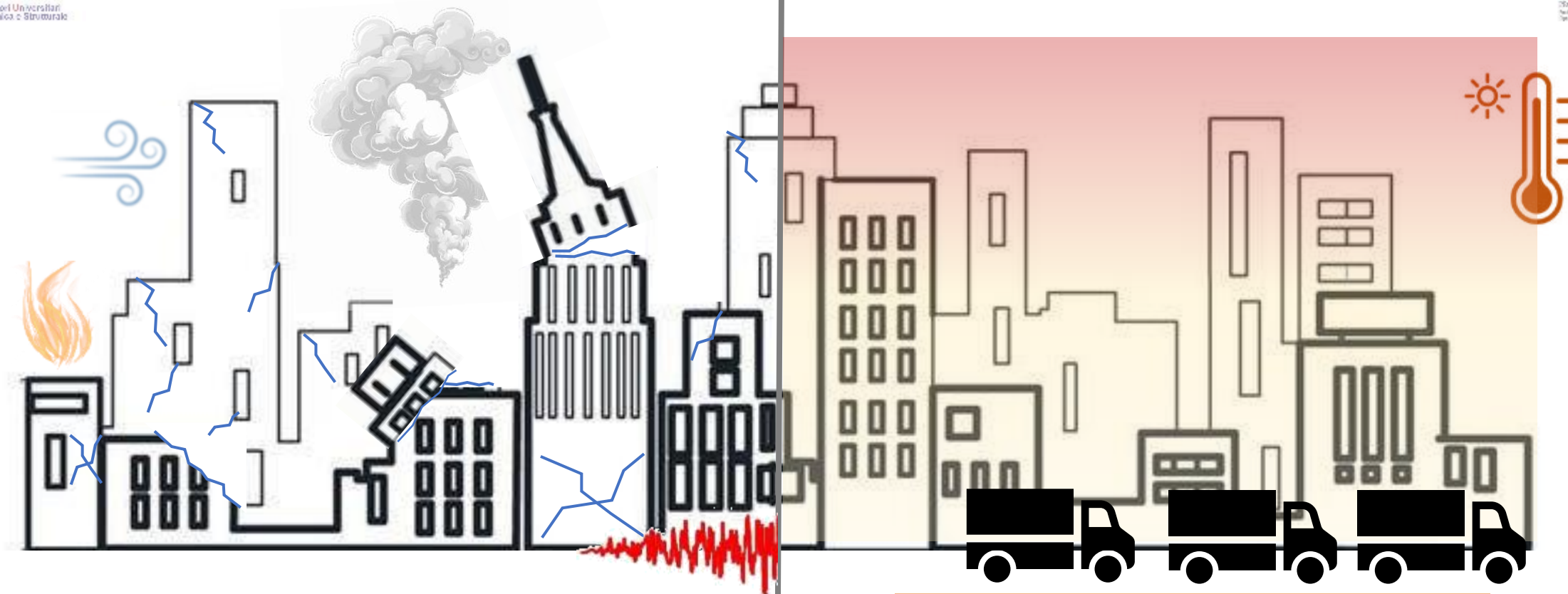
Fabio Biondini ¹, Alessandra Marini ²

¹ Politecnico di Milano, ² Università di Bergamo



IL COSTRUITO ESISTENTE COSTITUIRA' L' **85%** DELL'EDIFICATO NEL
2050

[European Environment Agency (EEA), Building renovation: where circular economy and climate meet, 2022]



Rischio per fenomeni naturali e antropici

[Building Stock Observatory Database, 2020]

Impatti

35% energia
35% emissioni gas serra
35% rifiuti
50% materie prime

Rischio e impatti modellano gli ecosistemi

Riduzione rischio

SEDAI FRAMEWORK
FOR DISASTER RISK REDUCTION 2015-2030

7 GLOBAL TARGETS	Reduce	Increase
	Mortality/ global population 2020-2030 Average << 2005-2015 Average	Countries with national & local DRR strategies 2020 Value >> 2015 Value
	Affected people/ global population 2020-2030 Average << 2005-2015 Average	International cooperation to developing countries 2030 Value >> 2015 Value
	Economic loss/ global GDP 2030 Ratio << 2015 Ratio	Availability and access to multi-hazard early warning systems & disaster risk information and assessments 2030 Values >> 2015 Values
	Damage to critical infrastructure & disruption of basic services 2030 Values << 2015 Values	

Transizione per la sostenibilità

**SUSTAINABLE
DEVELOPMENT GOALS**¹



+ decarboniz.2050²
+ Carbon budget
stringente³

LA SOSTENIBILITÀ NON PERSEGUE UN OBIETTIVO SINGOLO, MA L'EQUILIBRIO
TRA MOLTE DIMENSIONI, tra le quali, ad esempio: SICUREZZA, RESILIENZA,
AFFIDABILITÀ, ECO-EFFICIENZA, COMFORT, EQUITÀ

Riduzione rischio



Conforme a
norme di settore

Beneficia di
incentivi

Transizione per la sostenibilità



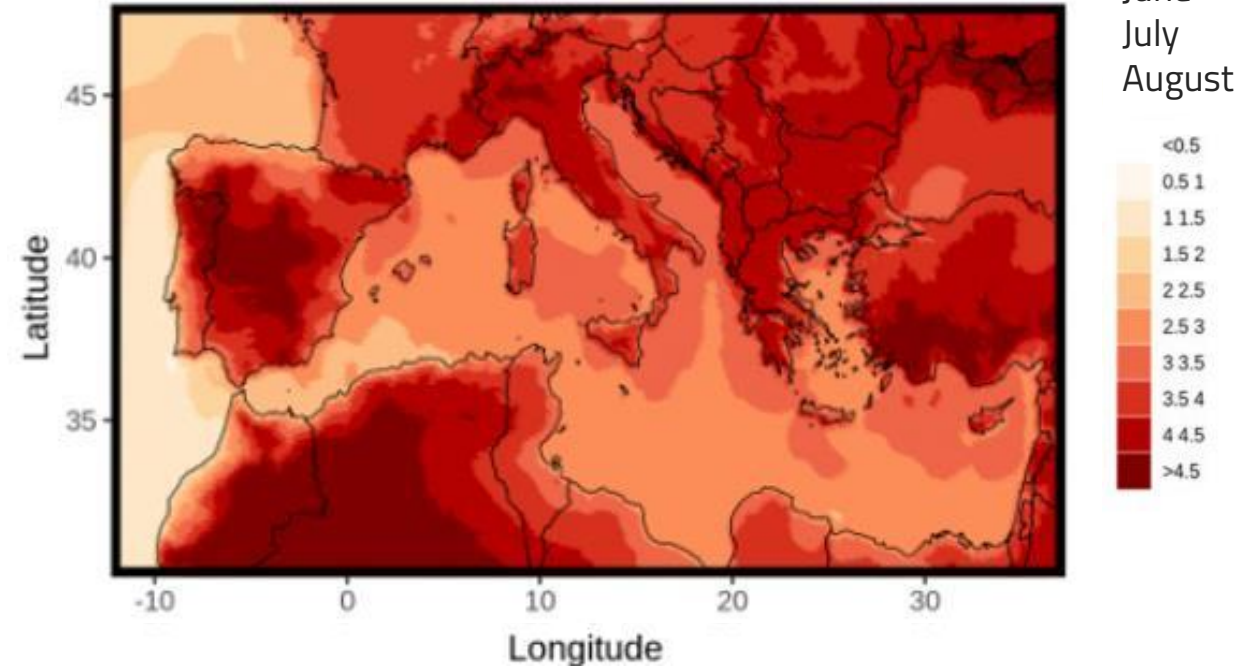
Conforme a
norme di settore

Beneficia di
incentivi

Impatto delle scelte di pianificazione, progettazione e gestione



Amatrice 2016



+ 1,5÷2°C



+ 4÷5°C

Azioni parziali, non coordinate creano un ambiente non resiliente, compromettono gli obiettivi climatici e amplificano i rischi sistemici.

Le conseguenze non sono effetti collaterali tecnici:
plasmano gli ecosistemi, l'equità sociale e la giustizia tra generazioni.

WP13



RISK-INFORMED GREEN TRANSITION

**SUSTAINABILITY-INFORMED RISK
REDUCTION**


SENDAI FRAMEWORK
FOR DISASTER RISK REDUCTION 2015-2030

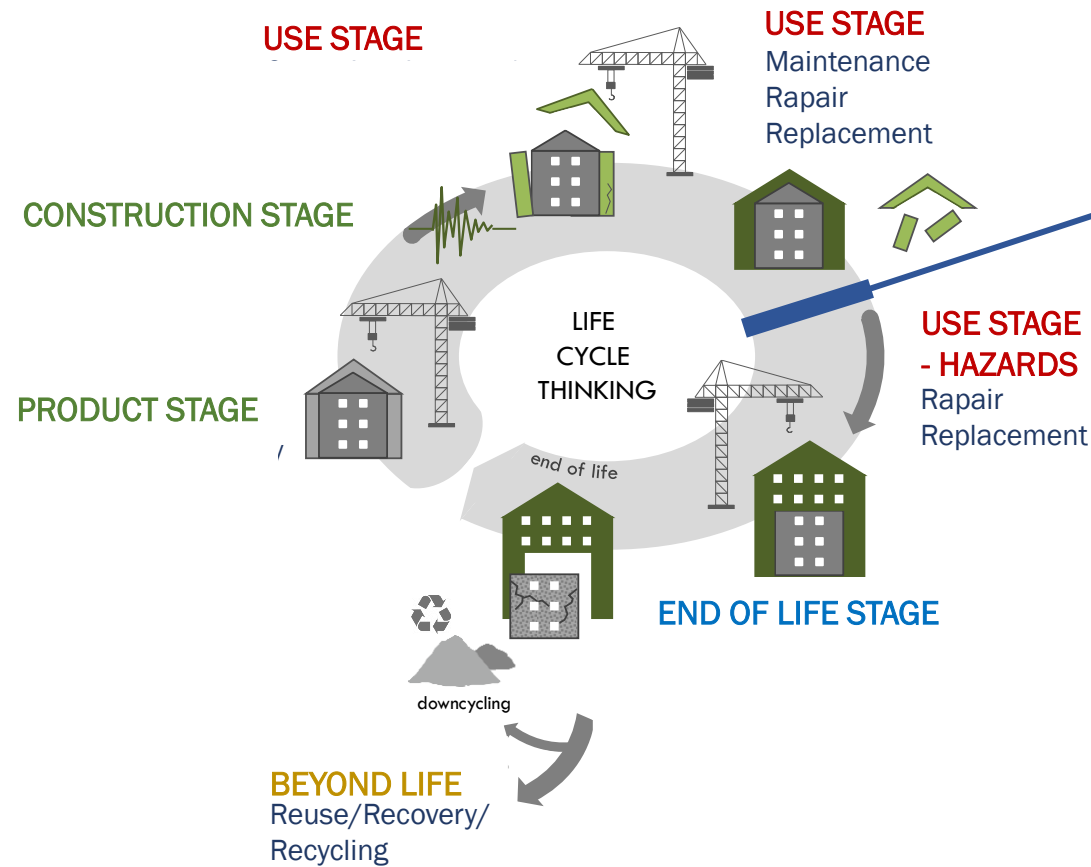


**SUSTAINABLE
DEVELOPMENT**  **GOALS**

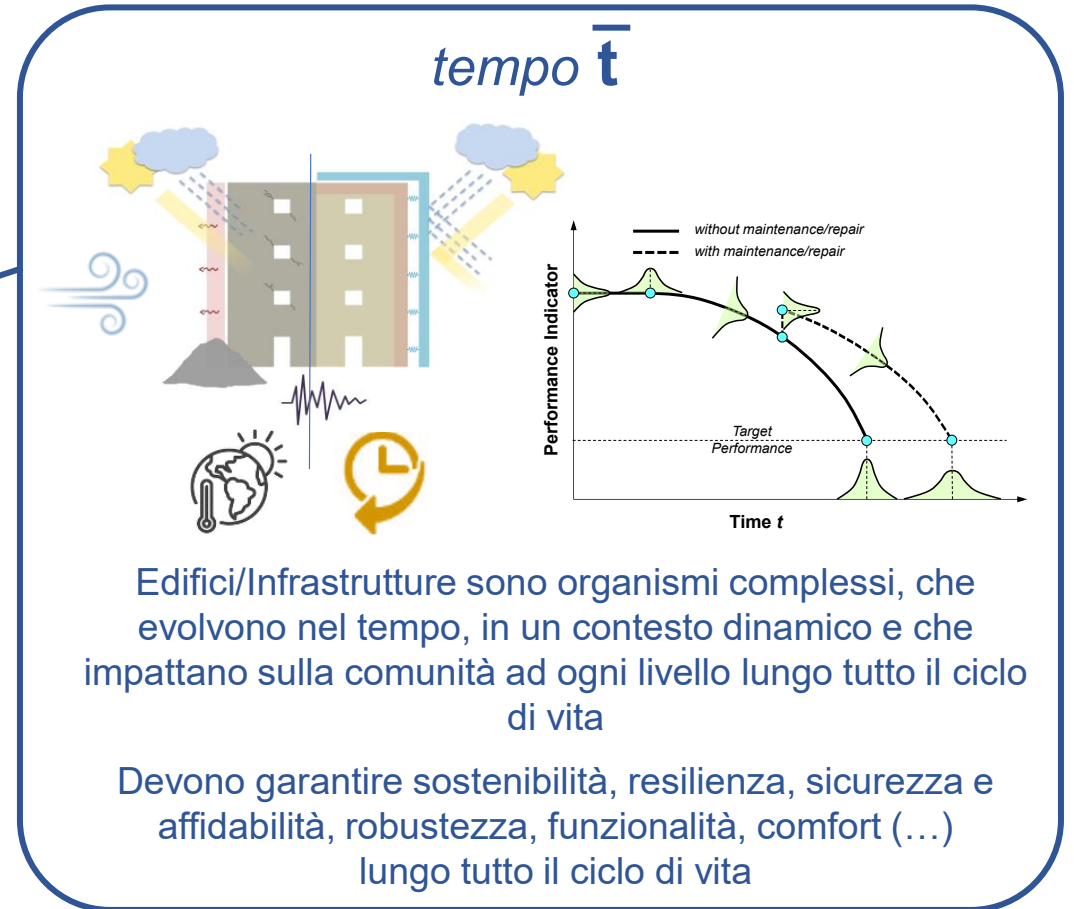
- ✓ Chiarire il contributo dell'ingegnere strutturista alla transizione per la sostenibilità reale del costruito
 - ✓ Fornire strumenti per abilitare e operare il cambiamento

Cambio di paradigma:

1_ Ampliare la prospettiva temporale al ciclo vita



[* building's life cycle stages according to EN15978]



Edifici/Infrastrutture sono organismi complessi, che evolvono nel tempo, in un contesto dinamico e che impattano sulla comunità ad ogni livello lungo tutto il ciclo di vita

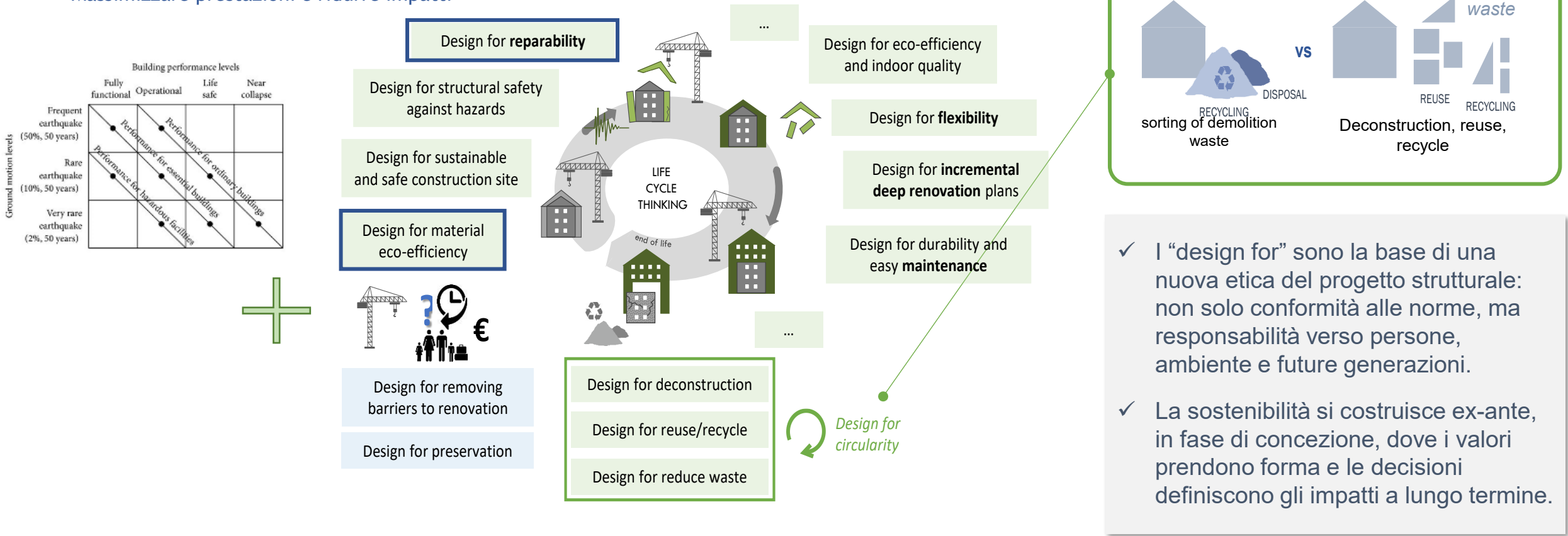
Devono garantire sostenibilità, resilienza, sicurezza e affidabilità, robustezza, funzionalità, comfort (...) lungo tutto il ciclo di vita

→ **APPROCCIO A CICLO VITA**
per governare le prestazioni e gli impatti

Cambio di paradigma:

2_ Integrazione di obiettivi prestazionali orientati alla sostenibilità

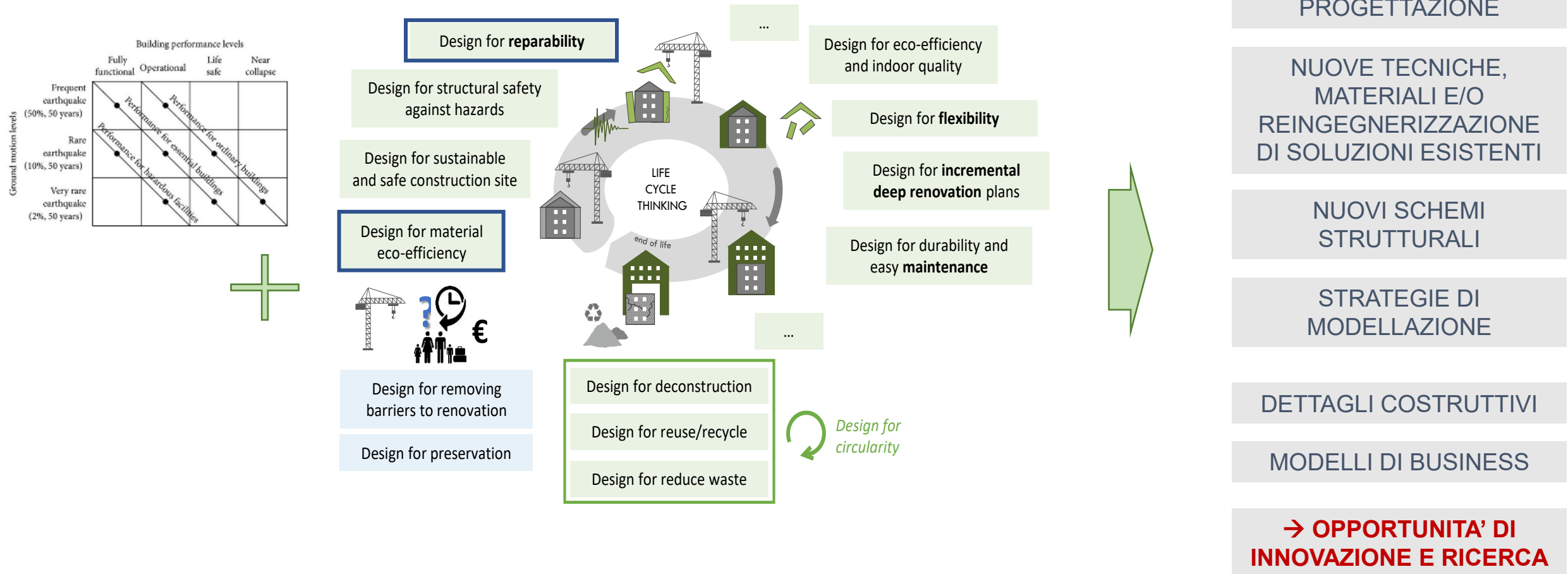
Massimizzare prestazioni e ridurre impatti



Sustainability-informed Life Cycle Structural Engineering

Cambio di paradigma:

2_ Integrazione di obiettivi prestazionali orientati alla sostenibilità



Cambio di paradigma:

3_Approccio sistemico per la valutazione/pianificazione/progettazione/gestione di edifici e infrastrutture



TRADITIONAL APPROACH



SYSTEMIC APPROACH

trade-offs

Type of Trade-offs in a Systemic Design/Decision making approach

Between **life cycle stages**
(use vs. construction/end-of-life)

Between **environmental categories**
(air vs. land/water)

Between **sustainability pillars**
(tech vs. equity/economy)

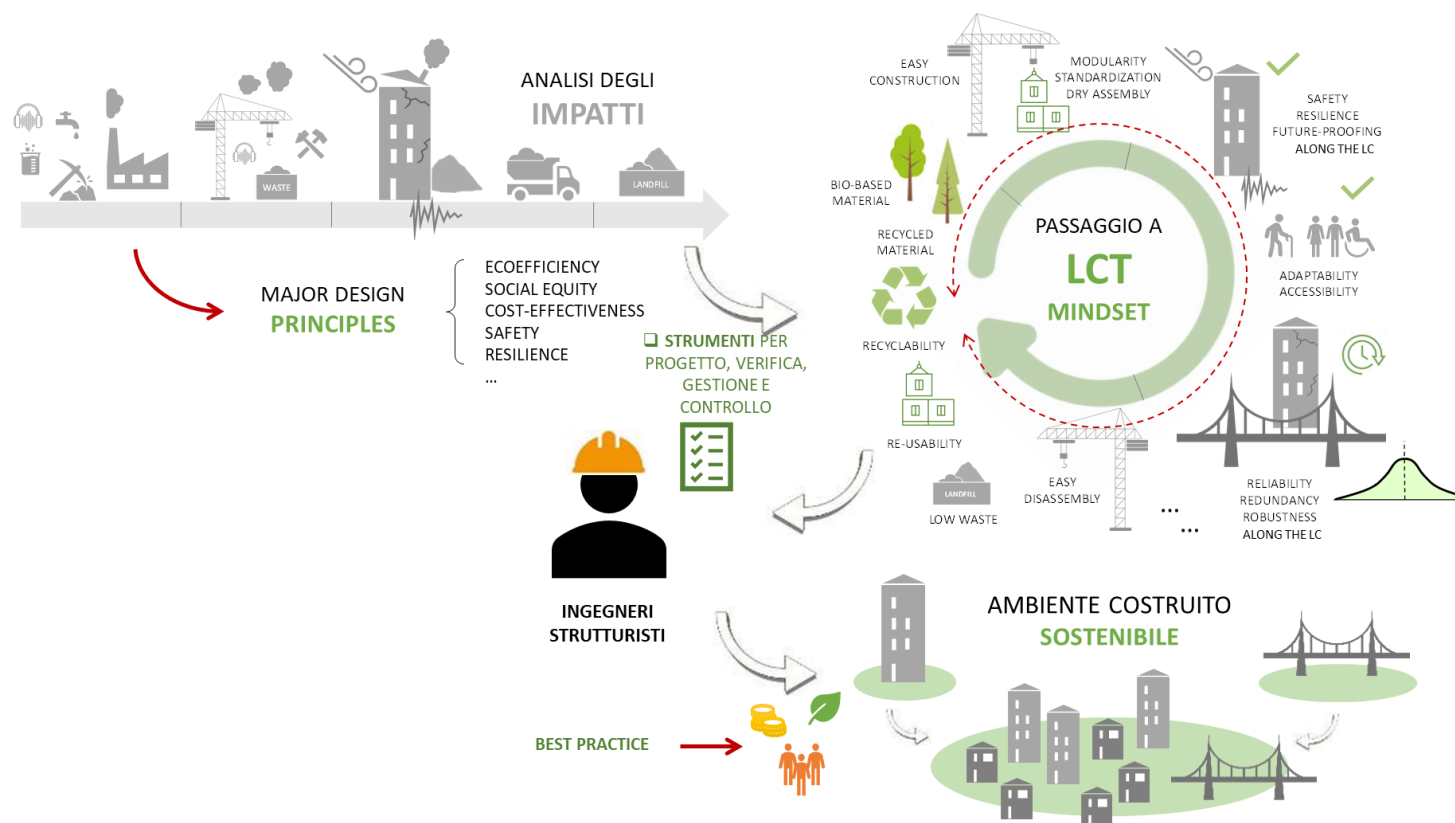
Between **regions**
(local gains vs. global impacts)

Between **generations**
(today's savings vs. tomorrow's costs)

[UNEP/SETAC report "Greening the Economy Through Life Cycle Thinking"]

Priorità e contributi del WP13 “Ciclo di vita e sostenibilità di costruzioni e infrastrutture

- ✓ SVILUPPO DI UN “**LINGUAGGIO**” CONDIVISO E UNA BASE CULTURALE COMUNE
- ✓ AUMENTARE LA **CONSAPEVOLEZZA** TECNICA, SOCIALE E POLITICA DELLA NECESSITÀ DI UN **APPROCCIO SISTEMICO A CICLO DI VITA**, CONSIDERANDO LE PRESTAZIONI STRUTTURALI E GLI IMPATTI NELL'INTERO CICLO DI VITA E CON UNA **VISIONE MULTI-SCALA**, DALLA SINGOLA OPERA ALLA DIMENSIONE URBANA E INFRASTRUTTURALE
- ✓ FAVORIRE L'**APPLICAZIONE** DELL'IMPOSTAZIONE SISTEMICA A CICLO VITA NELLA PRATICA PROFESSIONALE E IL SUO RECEPIMENTO NEL CONTESTO NORMATIVO



WP13 – Principi, Metodi, Strumenti

- ❑ Per il conseguimento degli obiettivi del progetto, le attività del WP sono suddivise in tre macro-Task
 - ✓ definizione di **principi, indicatori prestazionali e metriche per la sostenibilità** (sicurezza, affidabilità, eco-efficienza, funzionalità, robustezza e resilienza nel ciclo di vita)
 - ✓ sviluppo di **modelli di degrado** in grado di recepire i principali fenomeni di invecchiamento e danneggiamento, all'implementazione dei **criteri di progettazione strutturale** tenendo conto dei requisiti prestazionali nell'intero **ciclo di vita**
 - ✓ estensione dei criteri e metodi sviluppati per le **single opere** alla valutazione delle prestazioni di **gruppi di opere a scala urbana e infrastrutturale**

Task 13.1 - Ciclo di vita e sostenibilità: principi, indicatori prestazionali e metriche

Task 13.2 - Metodi e strumenti per la modellazione e la valutazione

Task 13.3 - Progettazione e valutazione a ciclo di vita

Task 1 - Ciclo di vita e sostenibilità: principi, indicatori prestazionali e metriche

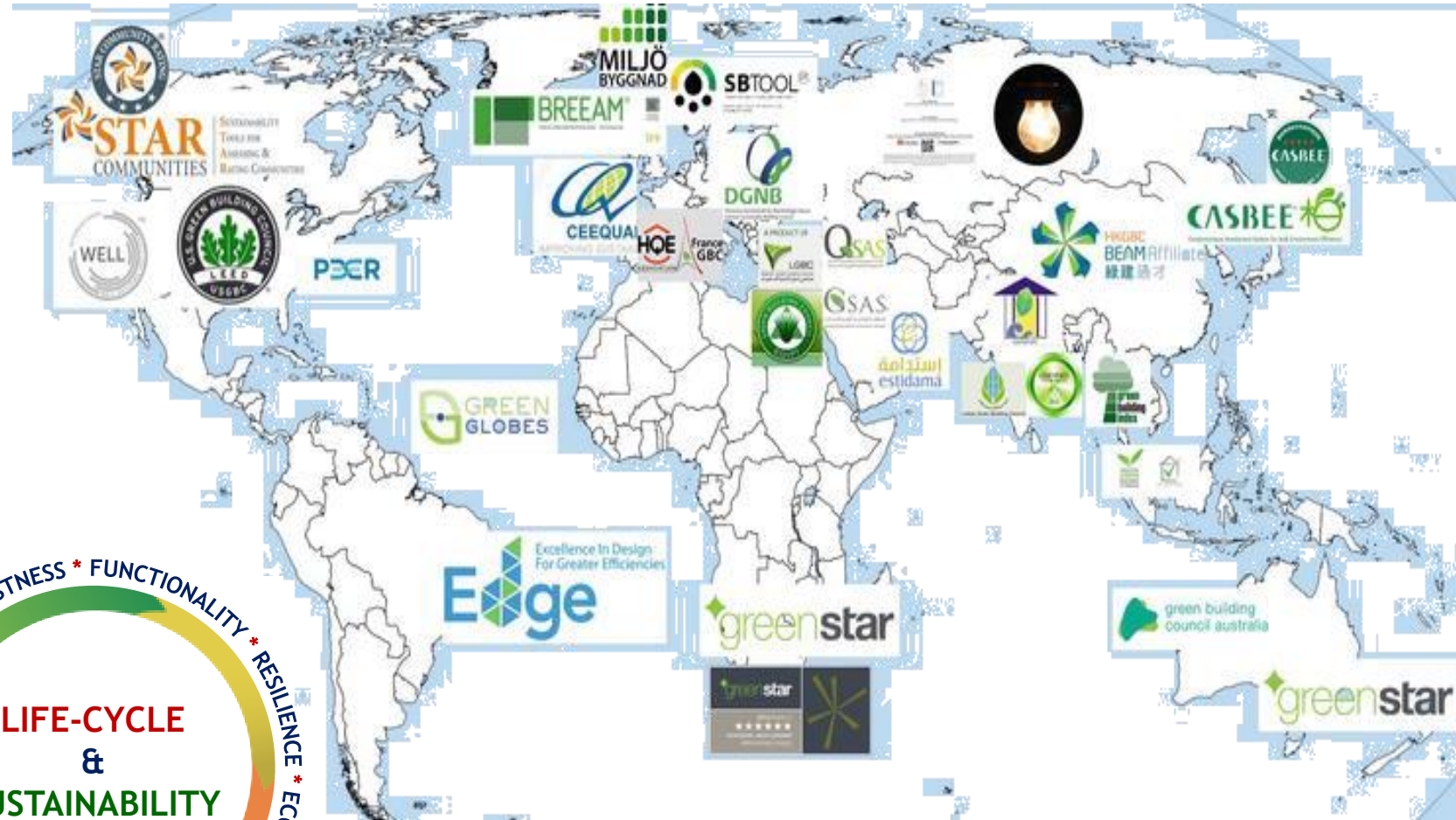
Task 1.1 - Principi

- ☐ Potenziali impatti nelle fasi del ciclo di vita e principi di verifica e progetto per la sostenibilità
- ☐ Classificazione degli interventi e criteri di reingegnerizzazione e riuso
- ☐ Matrici prestazionali multicriterio

Task 1.2 - Indicatori prestazionali e metriche

- ☐ Stato dell'arte sugli indicatori di sostenibilità
- ☐ Indicatori prestazionali nel ciclo di vita (sicurezza, affidabilità, robustezza, resilienza) e ruolo delle incertezze
- ☐ Modelli di costo nel ciclo di vita (costi diretti e costi indiretti)
- ☐ Metriche deterministiche, probabilistiche e basate sul rischio
- ☐ Matrici prestazionali multicriterio (quantitative)

Sustainability Rating Systems



Tailored for buildings to specific regional contexts !
(1) Important Role of Structural Engineering
(2) Buildings → Bridges



LEED in USA, BREEAM in UK, HK-BEAM in Hong Kong, Green Mark in Singapore, Greenship in Indonesia, Green Building Index in Malaysia, and CASBEE in Japan.

DESIGN VALUES

(value-based design
Systemic approach)

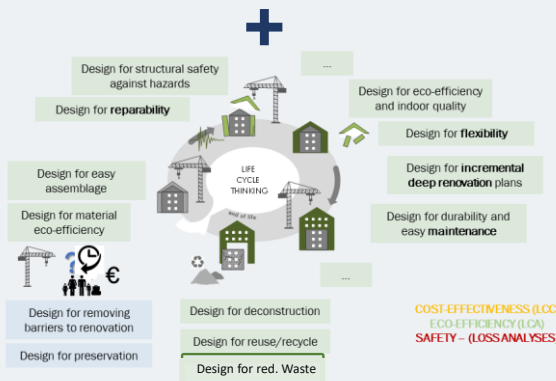
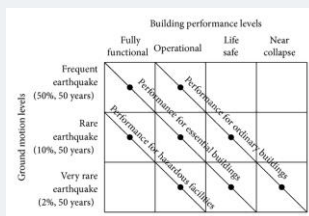


SAFETY
RESILIENCE



ECO-EFFICIENCY
ECONOMIC SUST
COMFORT
EQUITY
...

DESIGN PERFORMANCE OBJECTIVES



COST-EFFECTIVENESS (LCC)
ECO-EFFICIENCY (LCA)
SAFETY - (LOSS ANALYSES)

DESIGN CHOICES

A DESIGN STRATEGIES

B STRUCTURAL SCHEMES

C TECHNIQUES/POSSIBLE RE-ENGINEERING OF EXISTING SOLUTIONS

D STRUCTURAL DETAILS

E MATERIALS

F STRUCTURAL MODELLING

G BUSINESS MODELS

PERFORMANCE AND SUSTAINABILITY METRICS AND INDICATORS

Categorized according to:

- Works (building or engineering construction works)
- Context (component, construction work, neighborhood, city/region)
- Stakeholder
- Framework phase
- Design objective
- ...

1
client brief

2
prescreening

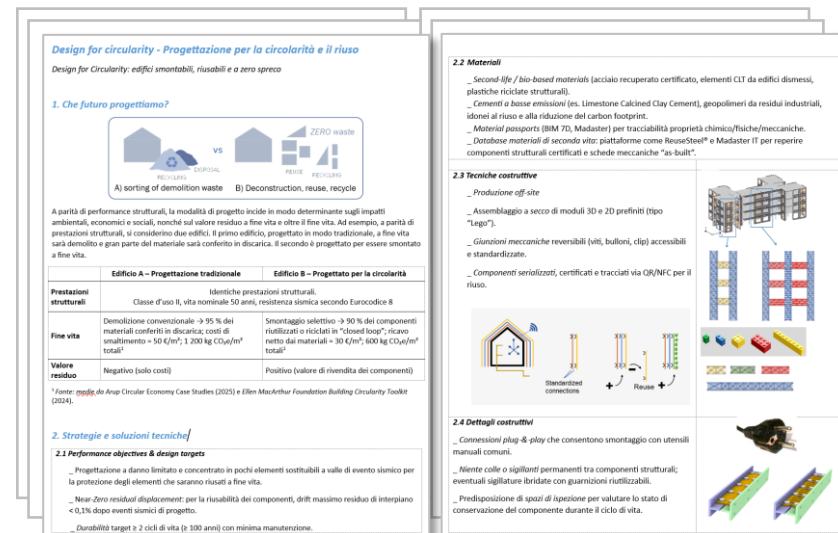
3
design

4
rating

Design Phases

Metrics & Tools

WHITE BOOK Sheets design objectives



STRUCTURE AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING
<https://doi.org/10.1080/15732479.2025.2558158>

REVIEW ARTICLE

Sustainability in life-cycle structural engineering: Review

Literature Review

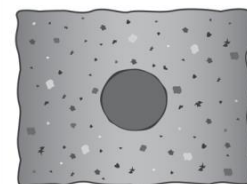
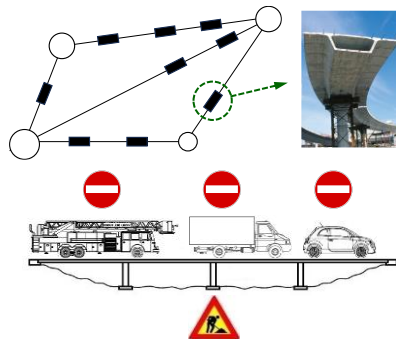
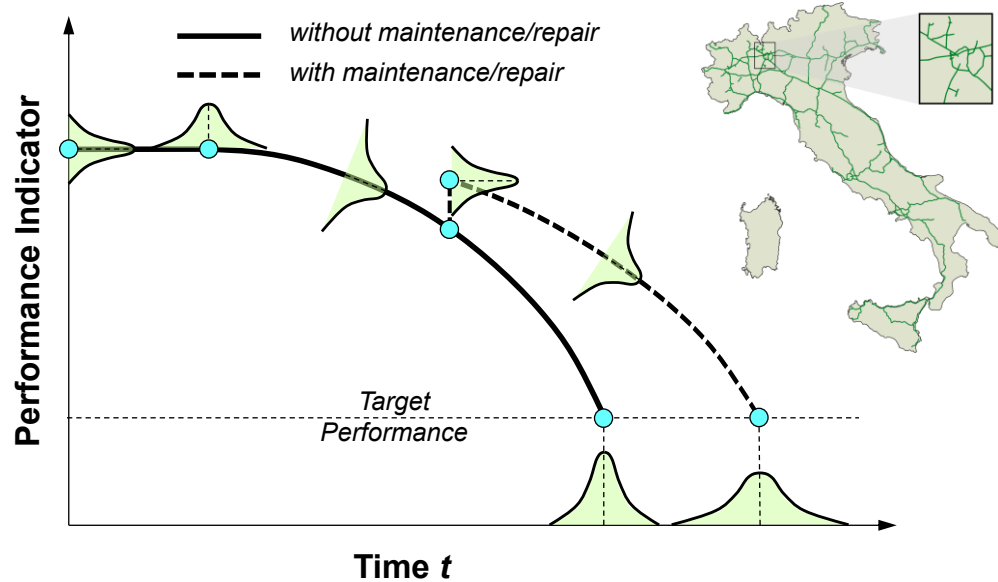
Task 2 - Metodi e strumenti per la modellazione e la valutazione

Task 2.1 - Modellazione del degrado e analisi strutturale

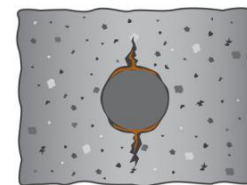
- ☐ Modellazione del degrado strutturale (c.a., c.a.p., acciaio, muratura, legno e altri materiali)
- ☐ Analisi strutturale e valutazione delle prestazioni nel tempo
- ☐ Effetti strutturali degli interventi di riparazione
- ☐ Effetti dei cambiamenti climatici sul degrado
- ☐ Validazione su base sperimentale (sperimentazione in laboratorio e su strutture esistenti)

Task 2.2 - Affidabilità strutturale a ciclo di vita

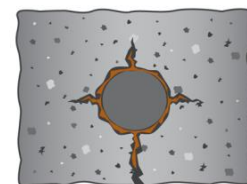
- ☐ Incertezze e modelli probabilistici
- ☐ Analisi di affidabilità nel tempo
- ☐ Aggiornamento dei modelli sulla base di ispezioni e monitoraggio
- ☐ Valutazione della vita residua



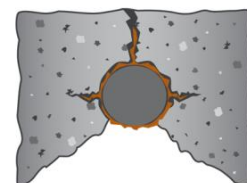
BEFORE CORROSION.



BUILD-UP OF
CORROSION PRODUCTS.

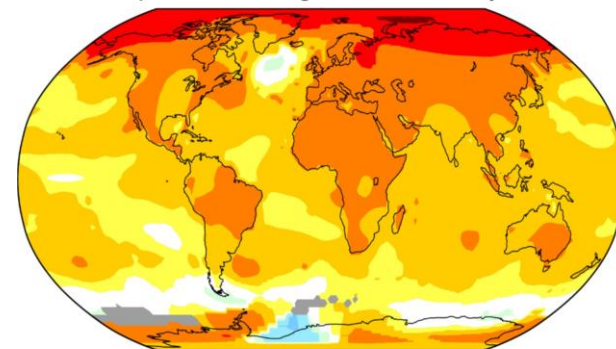


FURTHER CORROSION.
SURFACE CRACKS.
STAINS.

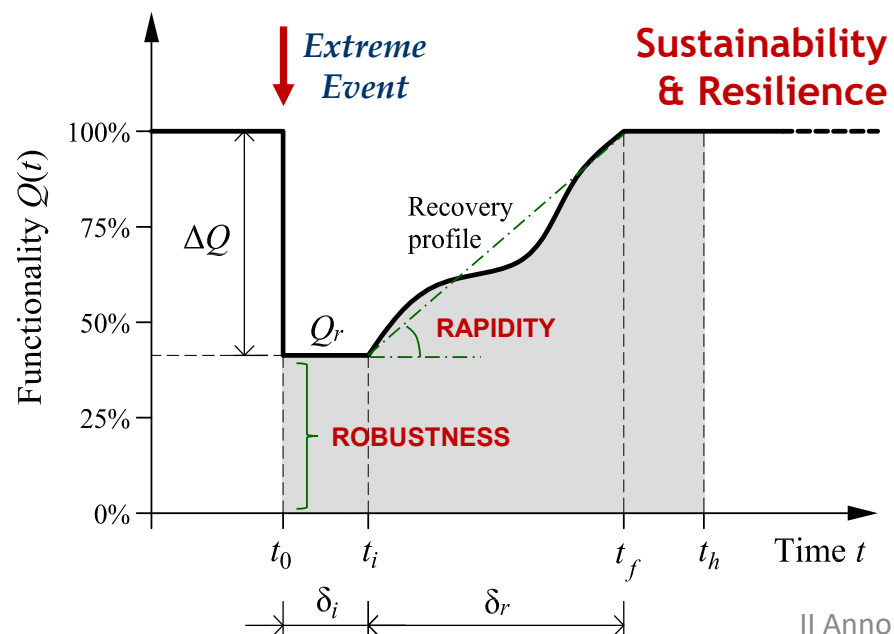
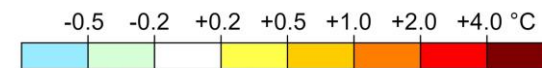


EVENTUAL SPALLING.
CORRODED BAR.
EXPOSED.

Temperature change in the last 50 years



2011-2020 average vs 1951-1980 baseline



Effects of Climate Change on Life-Cycle Performance of Structures and Infrastructure Systems

Safety, Reliability, and Risk



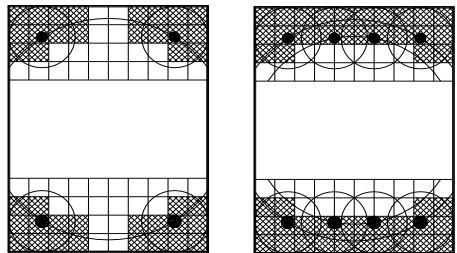
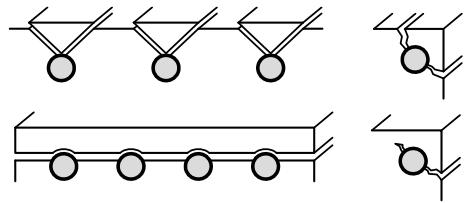
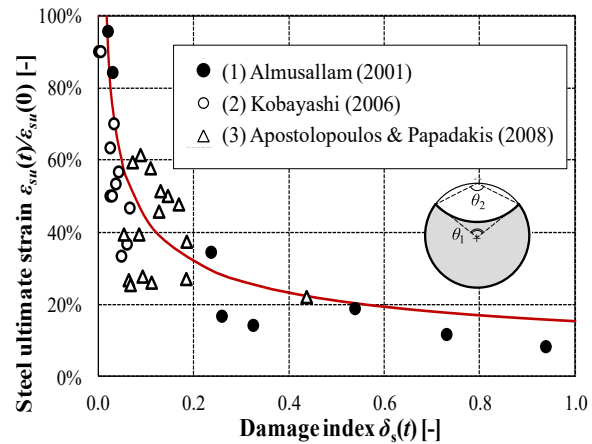
Task Group 2 Reliability-Based Performance
Indicators for Structural Systems

Edited by
Fabio Biondini · Zoubir Lounis · Michel Ghosn

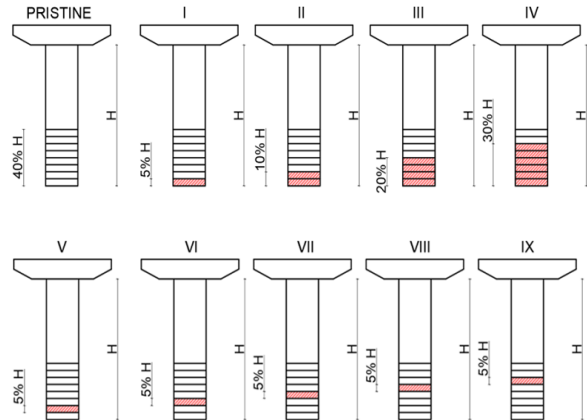
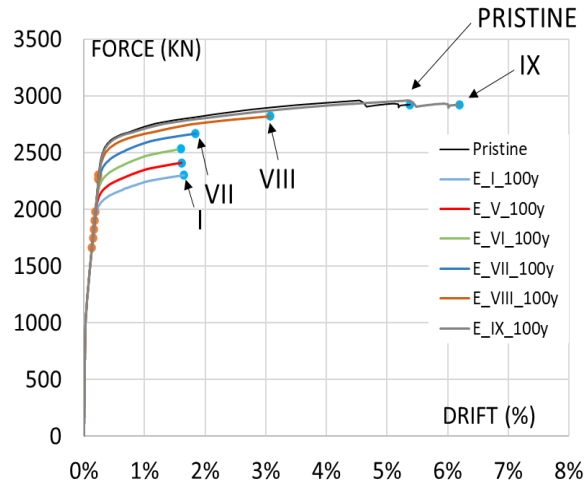
ASCE



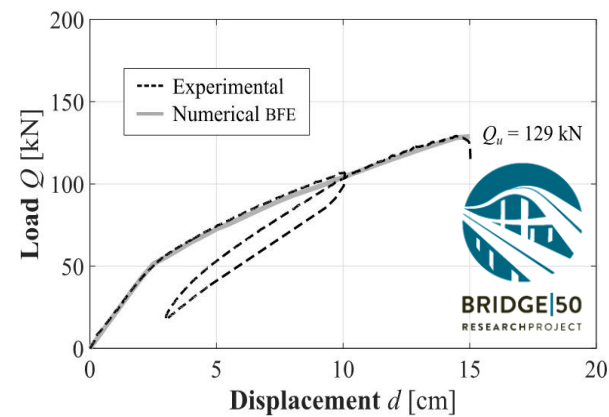
MODELLAZIONE DEL DEGRADO



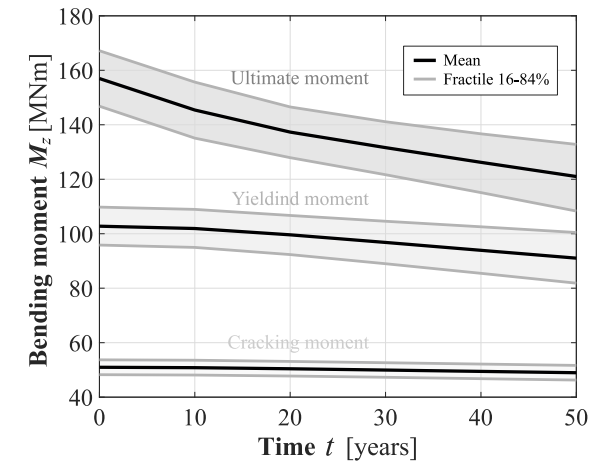
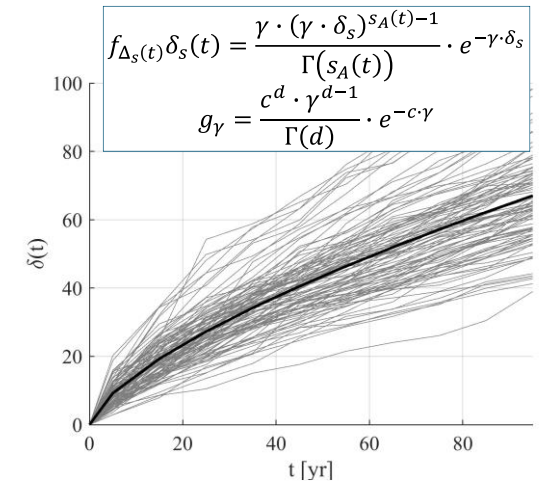
ANALISI STRUTTURALE NEL TEMPO



VALIDAZIONE SPERIMENTALE



INCERTEZZE E AFFIDABILITÀ A CICLO DI VITA



Task 3 - Progettazione e valutazione a ciclo di vita

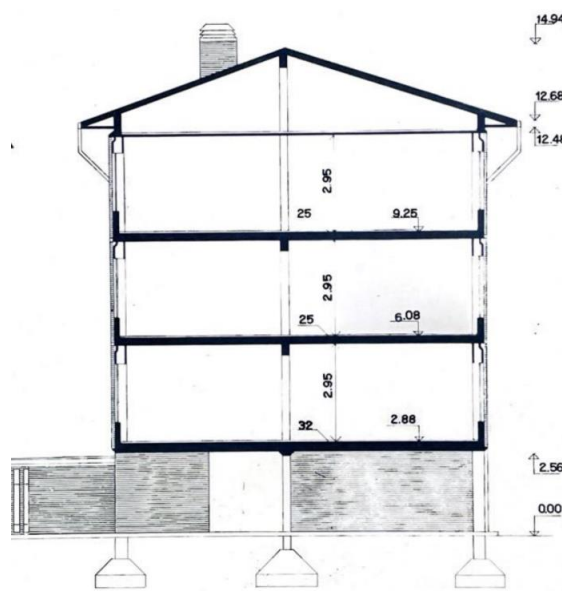
Task 3.1 - Edifici

- ☐ Concezione strutturale orientata al ciclo di vita e obiettivi prestazionali
- ☐ Framework di progettazione a ciclo di vita
- ☐ Valutazione e classificazione integrata: indicatori prestazionali e protocolli
- ☐ Resilienza e sostenibilità di *edifici a scala urbana*

Task 3.2. Ponti

- ☐ Concezione strutturale orientata al ciclo di vita e obiettivi prestazionali
- ☐ Framework di progettazione a ciclo di vita
- ☐ Valutazione e classificazione integrata: indicatori prestazionali e protocolli
- ☐ Resilienza e sostenibilità di *ponti a scala infrastrutturale*

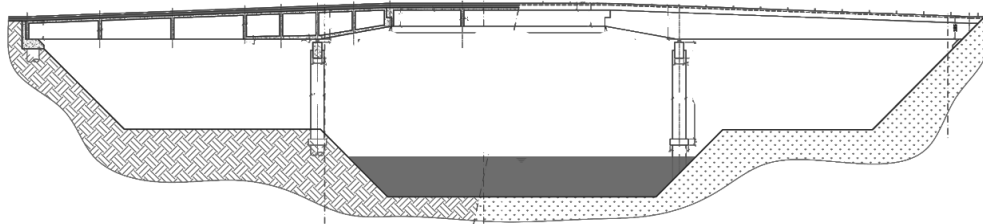
Task 3.1 - EDIFICI



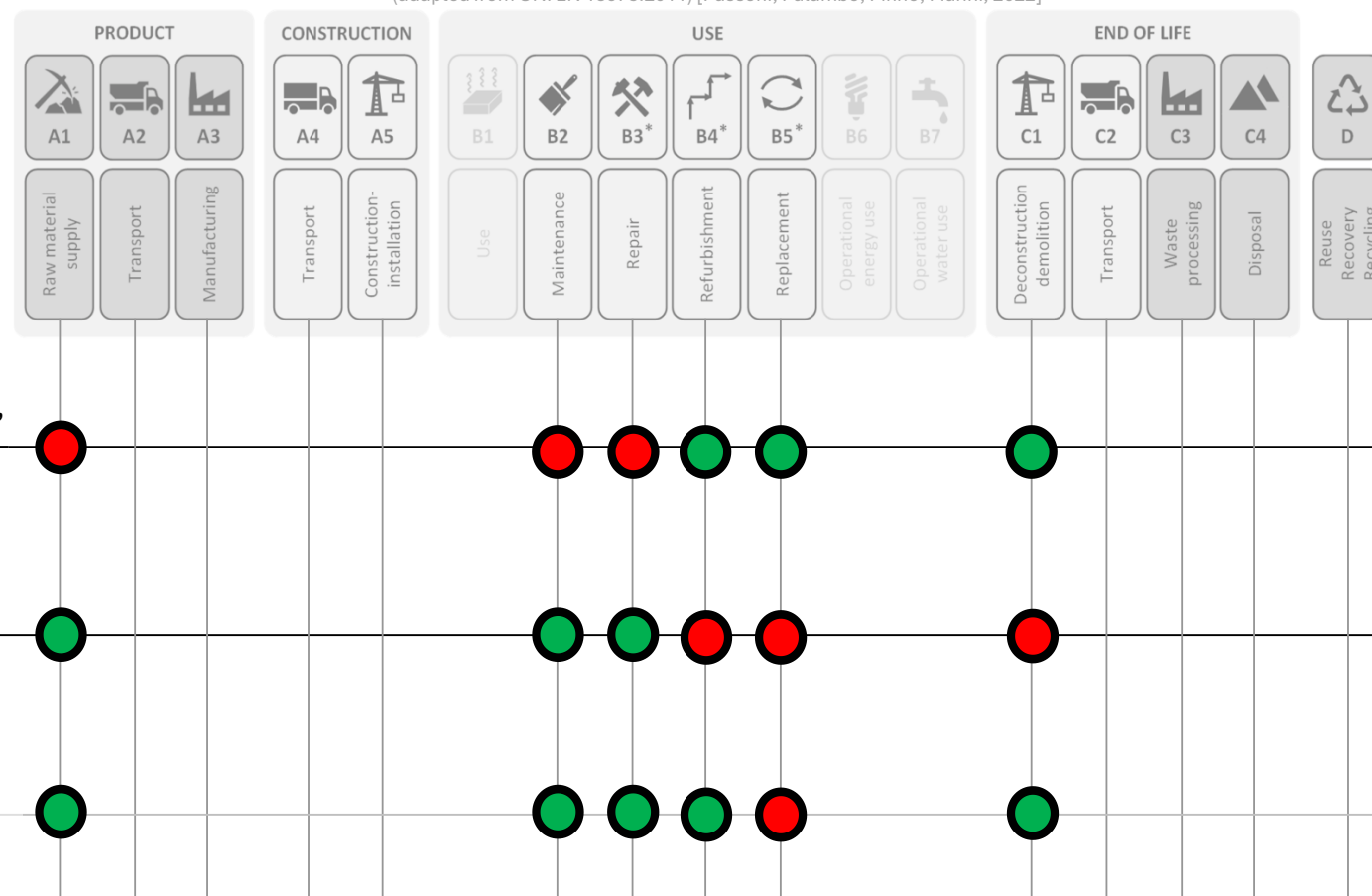
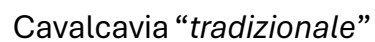
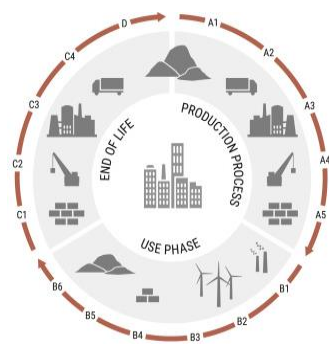
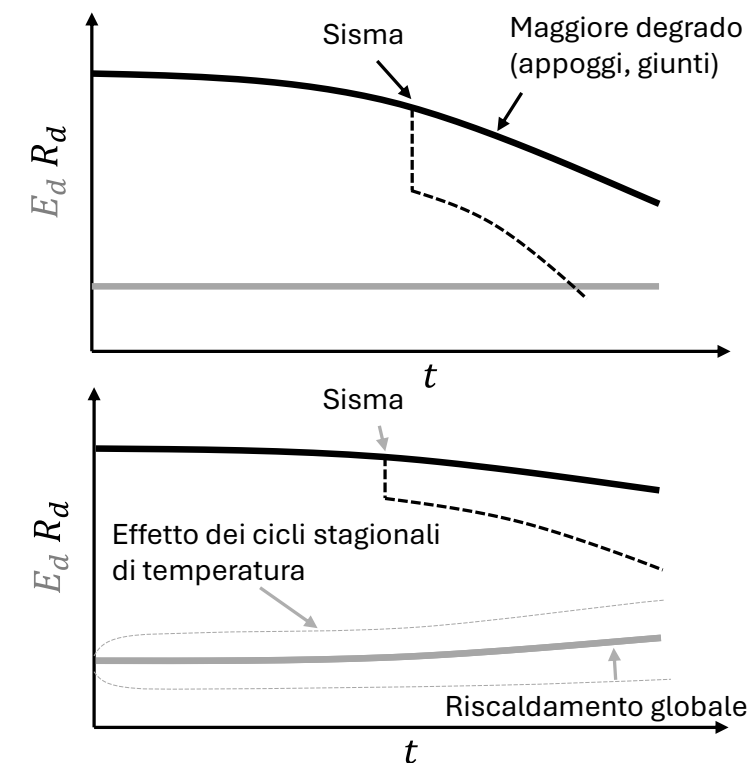
Valutazioni di sostenibilità a ciclo di vita

1. Analisi comparativa di diverse tecniche di ispezione, diagnostica, manutenzione e rinforzo con approccio sistemico e impostazione a ciclo di vita
2. Analisi di sostenibilità con metriche, metodi e strumenti definiti nei Task 1 e 2
3. Analisi di impatto (economico, ambientale e sociale) a livello di aggregato e linee di indirizzo per politiche di gestione e pianificazione



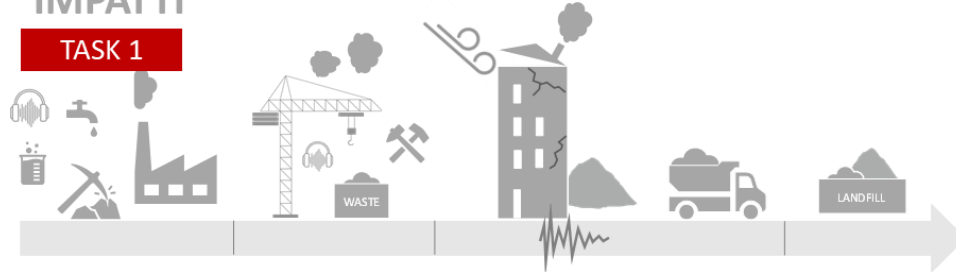


(adapted from UNI EN 15978:2011) [Passoni, Palumbo, Pinho, Marini, 2022]



ANALISI DEGLI IMPATTI

TASK 1



MAJOR DESIGN PRINCIPLES INDICATORS METRICS

ECOEFFICIENCY
SOCIAL EQUITY
COST-EFFECTIVENESS
SAFETY
ROBUSTNESS
RELIABILITY
RESILIENCE
...

STRUMENTI PER
PROGETTO, VERIFICA,
GESTIONE E
CONTROLLO

TASK 1

- PRINCIPI E CRITERI PER IL PROGETTO E PER LA VERIFICA DELLA SOSTENIBILITÀ E DELLE PRESTAZIONI STRUTTURALI
- INDICATORI, ANCHE INTEGRATI, E METRICHE PER LA QUANTIFICAZIONE E LA COMUNICAZIONE DI SOSTENIBILITÀ E PRESTAZIONI STRUTTURALI SU CICLO VITA

TASK 2

- CRITERI, METODI E STRUMENTI PER LA MODELLAZIONE, LA VALUTAZIONE, E LA PROGETTAZIONE A CICLO VITA

TASK 3

- STRUMENTI PER VALUTAZIONE/PROGETTO/CONTROLLO E GESTIONE DALLA SINGOLA OPERA ALLA Scala URBANA E INFRASTRUTTURALE



INGEGNERI
STRUTTURISTI

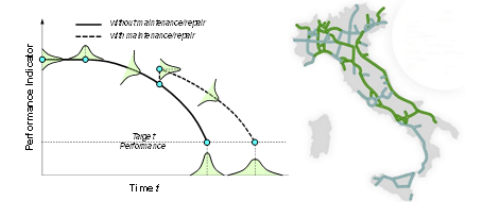
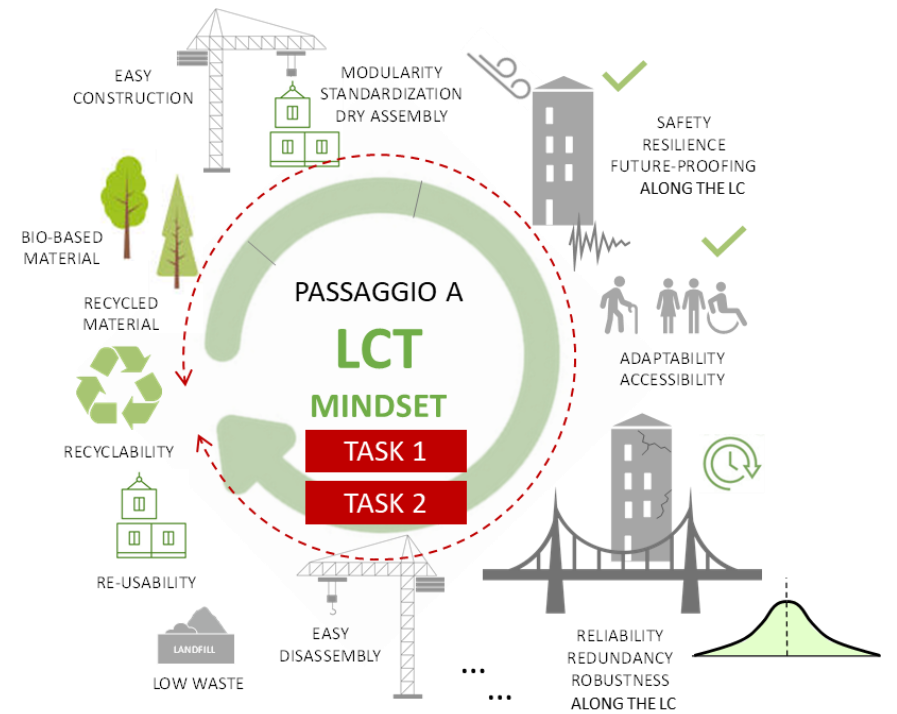


BEST PRACTICE

TASK 3



WP13 GRAPHICAL ABSTRACT



AMBIENTE COSTRUITO SOSTENIBILE





SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



POLITECNICO
MILANO 1863



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BERGAMO**



**UNIVERSITÀ
DI CAMERINO**



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA**



**Università degli Studi
della Basilicata**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II**



**UNIVERSITÀ
DI PAVIA**



**Università
degli Studi
di Cagliari**



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



IUSS

Scuola Universitaria Superiore Pavia



TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA



**Università degli Studi
Mediterranea
di Reggio Calabria**

Biondini F., Marini A., Pinho R., Garavaglia E., Cardone D., Iervolino I., Chioccarelli E., Sassu M., Franchin P., Acanfora M., Aedo S., Aiello M.A., Aita C., Anghileri M., Aydin F., Belletti B., Bernardi P., Bernardini C., Bianchessi M., Blasi G., Bracchi S., Bruschi E., Buttazoni M., Calò M., Calò S., Cardani G., Caruso M., Casprini C., Choobdarian R., D'Iorio A., Dall'Asta A., D'Angela D., D'Angola A., Del Vecchio C., Di Carlo F., Di Ludovico M., Di Salvatore C., Ferretti D., Furinghetti M., Giresini L., Graziotti F., Gunduz G., Ibarra E., Ielpo P., Iervolino I., Jafari L., Kallioras S., Labo S., Laguardia R., Lanzo A., Lavorato D., Leone M., Magliulo G., Manfredi V., Marchi A., Masi A., Meda A., Mele E., Menna C., Metelli G., Micelli F., Michelini E., Micozzi F., Moliterno C., Monteiro R., Mucedero G., Nava G., Ning X., Parvanhero P., Passoni C., Pavese A., Penna A., Perrone D., Perrone G., Pettorruso C., Picciano V., Pinho R., Plizzari G., Possidente V., Prota A., Puppio M.L., Quaglini V., Reale S., Reggia A., Rinaldi Z., Romanzzi V., Rossi D., Rota M., Salvatori C., Santarsiero G., Santini S., Scattaerreggia N., Scozzese F., Sebastiani C., Sirico A., TuoZZo F., Ventura G., Wang Z., Xie S., Yoshii C., Yukselen B., Zoccolini L., Zona A.

Referente DPC: Adriano De Sortis

Referenti di Task:

Task 13.1.1	Rui Pinho , <i>Università di Pavia</i>
Task 13.1.2	Elsa Garavaglia , <i>Politecnico di Milano</i>
Task 13.2.1	Donatello Cardone , <i>Università della Basilicata</i>
Task 13.2.2	Eugenio Chioccarelli , <i>Università di Napoli Federico II</i>
	Iunio Iervolino , <i>Università di Napoli Federico II</i>
Task 13.3.1	Mauro Sassu , <i>Università di Cagliari</i>
Task 13.3.2	Paolo Franchin , <i>Sapienza Università di Roma</i>

RIUNIONI

23/05/2024	WP13 Plenaria (Kick-off) <i>Politecnico di Milano</i>
01/07/2024	Task 2 <i>Centro Congressi MICO, Milano</i>
16/10/2024	Task 2 <i>Università di Napoli Federico II</i>
07/11/2024	Task 1 <i>Politecnico di Milano</i>
28/11/2024	DPC <i>Online</i>
10/01/2025	Task 2 <i>Sapienza Università di Roma</i>
14/01/2025	Task 3.1 <i>Online</i>
24/01/2025	WP13 Plenaria <i>Sapienza Università di Roma</i>
07/02/2025	Task 3 <i>Sapienza Università di Roma</i>
29/04/2025	Task 3.2 <i>Online</i>
08/05/2025	Referenti di Task <i>Online</i>
23-24/06/2025	Task 2 <i>Università di Napoli Federico II</i>
26/06/2025	Task 1 <i>Università di Bergamo</i>
29/09/2025	Referenti di Task <i>Online</i>
10/11/2025	Task 2 + 3 <i>Sapienza Università di Roma</i>
13/11/2025	Task 1 <i>Sapienza Università di Roma</i>
19/01/2026	WP13 Plenaria <i>Dip. della Protezione Civile, Roma</i>



**POLITECNICO
MILANO 1863**



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BERGAMO**



DPC-ReLuis 2024-2026

WP13

**CICLO DI VITA E SOSTENIBILITÀ DI
COSTRUZIONI E INFRASTRUTTURE**

Riunione di Avvio Progetto

23 maggio 2024

Aula Grandori
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Politecnico di Milano

Edificio 4 – Campus Leonardo
Piazza Leonardo da Vinci, 32



2ª Riunione Plenaria

24 gennaio 2025

Aula Magna
Facoltà di Architettura Valle Giulia
Sapienza Università di Roma

via Antonio Gramsci, 53
Roma





~ 1000 Members | 66 Countries
ialcce.org

LCM 2024
WORKSHOP
— iaLcCe —



October 6-8, 2024 | Fortress Island
Ijmuiden, The Netherlands

Special Session “Sustainability”
Life-Cycle of Structures and Infrastructures:
ReLUIS-DPC WP13 Collaborative Research Project



LCM 2026 | Dubai, UAE
IALCCE 2027 | Tokyo, Japan



IALCCE 2025
NINTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON LIFE-CYCLE CIVIL ENGINEERING



15-19 JULY 2025 MELBOURNE CONVENTION & EXHIBITION CENTRE

WP13 Mini-Symposium (3 Sessions)
Life-Cycle and Sustainability of Structures
and Infrastructure Systems
***** ~ 20 Papers presented *****

Convegno ReLUIs

Progetto DPC_ReLUIs 2024-2026
Il anno

Napoli, 13-14 ottobre 2025

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

3^a Riunione Plenaria WP13 | Roma, 19 gennaio 2026