

Edilizia circolare – Guida per progettisti



Sommario

03	Introduzione	26	5 Materializzazione
		5.1	Modello dei materiali
04	1 Principi base dell'edilizia circolare	5.2	Scienza dei materiali
1.1	Economia circolare	5.3	Sistemi di informazione
1.2	Contesto	5.4	Esempio pratico Maison de l'environnement, Losanna
1.3	La strategia delle 5 R		
1.4	Esempio pratico edificio di testa padiglione 118, Winterthur	31	6 Nuove costruzioni
09	2 Strategia	6.1	Concezione dell'edificio
2.1	Ambiti conflittuali nell'edilizia circolare	6.2	Struttura portante
2.2	Effetti sulla prassi di progettazione	6.3	Costruzione
2.3	Collaborazione	6.4	Materializzazione
		6.5	Esempio pratico Haus des Holzes, Sursee
14	3 Ulteriore intervento di costruzione su edifici già esistenti		
3.1	Chiarire le esigenze	36	7 Smantellamento
3.2	Analisi delle strutture edilizie esistenti	7.1	Edifici come depositi di materiali
3.3	Valutazione della profondità dell'intervento	7.2	Riutilizzo
3.4	Esempio pratico Marktgasse Freilager, Zurigo	7.3	Recupero di materiali
		7.4	Esempio pratico Nest-Unit Urban Mining and Recycling (UMAR), Dübendorf
20	4 Riutilizzo di componenti e materiali	41	8 Condizioni generali
4.1	Domanda e offerta	8.1	Quadro giuridico
4.2	Valutazione della qualità dei componenti	8.2	Norme
4.3	Logistica	8.3	Requisiti derivanti da standard di costruzione e certificazione per gli edifici
4.4	Responsabilità e garanzia		
4.5	Esempio pratico PAV Pointe Nord, Ginevra	44	9 Ulteriori informazioni
		9.1	Altre guide
		9.2	Punti di informazione
		9.3	Formazione e specializzazione

Figura copertina:
Riutilizzo del deposito di vini a Basilea, progetto di
Esch Sintzel Architekten. (Foto: Philip Heckhausen)

Introduzione

Questa guida intende fornire istruzioni concrete e pratiche sull'edilizia circolare ai progettisti di discipline quali l'architettura, l'ingegneria strutturale, la fisica delle costruzioni e la protezione antincendio. La guida affronta le questioni e le decisioni fondamentali che i team interdisciplinari di progettazione devono considerare nell'edilizia nelle varie fasi di ideazione, studio di fattibilità, progetto preliminare e progettazione esecutiva.

L'edilizia circolare comprende molte strategie e modelli diversi strettamente correlati. La loro applicazione dipende in larga misura dall'immobile e dal progetto di costruzione. Servono comunque nuovi processi e un approccio iterativo. Attualmente si stanno raccogliendo dati empirici in progetti sempre più numerosi.

Questa guida intende presentare una panoramica delle molteplici soluzioni possibili per l'edilizia circolare, adattate alle rispettive fasi di prestazione SIA. Informazioni più dettagliate su argomenti specifici si trovano nei documenti correlati.

Determinate direzioni per l'edilizia circolare vengono stabilite in una fase iniziale del progetto. In questo momento, il compito dei progettisti è introdurre questo tema, se non è già stato fatto, e supportare e consigliare i loro committenti. Tuttavia, le decisioni strategiche importanti vengono di regola prese dai committenti. La guida [«Edilizia circolare: guida per investitori e committenti»](#) di Svizzera-Energia affronta gli aspetti che i committenti dovrebbero prendere in considerazione in queste decisioni e indica il modo migliore di procedere.

1 Principi base dell'edilizia circolare



1.1 Economia circolare

L'economia circolare è l'alternativa al modello economico lineare attuale, caratterizzato da produzione, uso e smaltimento. Il suo obiettivo è armonizzare le attività economiche con la salvaguardia delle risorse esauribili e con l'utilizzo sostenibile di quelle rinnovabili. A tale scopo edifici, strutture, materiali e prodotti vengono impiegati, riutilizzati o riciclati il più a lungo possibile. Estendendo il loro ciclo di vita, si riducono le emissioni di gas serra a monte e a valle e il notevole consumo di materie prime primarie. Inoltre, si producono meno rifiuti.

Soprattutto nel settore edile è importante passare a un sistema circolare. La costruzione e la gestione di edifici e infrastrutture sono responsabili di¹:

- circa un terzo delle emissioni di gas serra,
- oltre il 70 per cento del fabbisogno di materie prime e
- oltre l'80 per cento della produzione di rifiuti in Svizzera.

Per ridurre questi valori e raggiungere gli obiettivi climatici, gli approcci dell'economia circolare devono diventare degli standard per l'edilizia sostenibile. Ciò richiede un cambio di mentalità da parte di tutti gli attori, strategie adattate per la pianificazione edilizia e nuovi modelli per la produzione e l'uso dei prodotti da costruzione.

1.2 Contesto

Condizioni politiche generali

Con l'adesione all'accordo di Parigi sul clima, la Svizzera si è impegnata a non emettere nell'atmosfera più gas serra di quanti ne possano essere assorbiti da serbatoi naturali e tecnici, a partire dal 2050 (obiettivo emissioni nette pari a zero). La strategia climatica a lungo termine 2050 della Confederazione indica come raggiungere questo obiettivo emissioni nette pari a zero. La legge sul clima e l'innovazione (LOCl), in vigore dall'inizio del 2025, ha sancito legalmente tale obiettivo.

L'edilizia circolare è uno strumento importante per raggiungere l'obiettivo emissioni nette pari a zero. Grazie all'iniziativa parlamentare «Rafforzare l'economia circolare Svizzera», recentemente è stata rivista la legge sulla protezione dell'ambiente. Tra l'altro, questa conferisce al Consiglio federale la facoltà di stabilire requisiti per l'edilizia efficiente nell'impiego delle risorse, come il riutilizzo di componenti edilizi, l'impiego di materiali da costruzione ecologici o riciclati e lo smantellamento delle strutture. Parallelamente, con la revisione della legge sull'energia, ai Cantoni va il compito di fissare valori limite per l'energia grigia nella fase di costruzione. Nel contempo, sempre più Cantoni e città elaborano strategie per l'economia circolare.

Anche a livello europeo sono in atto numerosi sforzi per promuovere l'economia circolare: tra questi, a livello più generale, [la tassonomia dell'UE](#), a livello di attuazione, la legislazione rivista sui prodotti da costruzione nonché nuovi requisiti per l'elaborazione del rapporto sulla sostenibilità. Per informazioni dettagliate, consultare il capitolo 8 «Condizioni generali».

Oltre al riciclaggio dei rifiuti minerali, la maggior parte delle misure per l'economia circolare sono ancora su base volontaria. Tuttavia, si prevede che nei prossimi cinque-dieci anni saranno stabilite normative per l'edilizia circolare.

Strategia associazione professionale

La Società Svizzera degli Ingegneri e degli Architetti (SIA), nel suo documento di posizione «protezione del clima, adattamento climatico ed energia», pubblicato nel 2020, ha riconosciuto l'importanza dell'economia circolare per il settore della progettazione e dell'edilizia: «La SIA si impegna per un uso parsimonioso delle risorse e per lo sviluppo dell'economia circolare». A tale scopo, ha istituito il «Gruppo di lavoro economia circolare»: tale gruppo ha elaborato la scheda informativa [«Progettazione e costruzione nell'economia circolare»](#) e verifica la necessità di adeguamenti nelle norme e nei regolamenti della SIA.

¹ Questi dati provengono dalla guida [«Edilizia circolare: guida per investitori e committenti»](#), dove sono indicate anche le relative fonti.

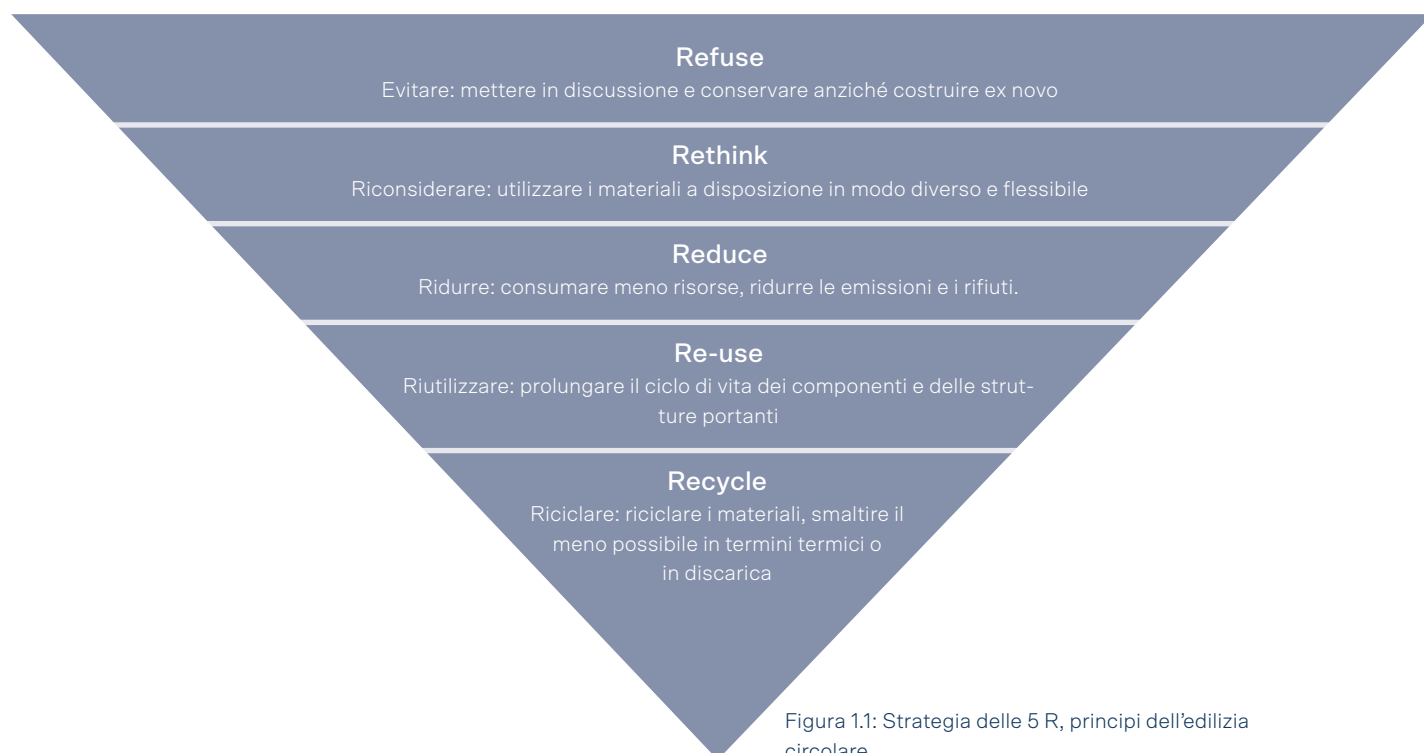


Figura 1.1: Strategia delle 5 R, principi dell'edilizia circolare.

Carta per l'edilizia circolare

Con la [«Carta per l'edilizia circolare»](#) dodici tra i maggiori committenti edili pubblici e privati della Svizzera intraprendono il percorso verso un'economia circolare. Con la sottoscrizione della Carta si impegnano congiuntamente a:

- ridurre entro il 2030 l'uso di materie prime primarie non rinnovabili al 50% della massa totale,
- registrare e ridurre in modo significativo le emissioni grigie di gas serra,
- misurare e migliorare sostanzialmente la circolarità nei progetti di rinnovamento e nelle nuove costruzioni.

1.3 La strategia delle 5 R

Un buon fondamento decisionale per l'edilizia circolare è il principio guida dell'economia circolare, cioè la strategia delle 5 R. Per una gestione sostenibile dei materiali e dei componenti edilizi, la strategia postula la seguente gerarchia:

1. Refuse/evitare
2. Rethink/riconsiderare
3. Reduce/ridurre
4. Re-use/riutilizzare
5. Recycle/riciclare

Ogni decisione nel processo di pianificazione può essere valutata in termini di sostenibilità secondo questi principi (fig. 1.1.). Al primo posto c'è il concetto di evitare (Refuse): la soluzione più ovvia con-

siste nell'utilizzare gli edifici e i loro componenti il più a lungo possibile. Ciò implica meno nuove costruzioni sostitutive, una maggiore integrazione con le strutture già esistenti (con interventi minimi) e il riutilizzo di componenti funzionanti. Per raggiungere questo obiettivo, gli edifici che non sono più in uso dovrebbero essere utilizzati in modo diverso o più flessibile (Rethink). In linea di massima occorre ottimizzare le quantità di materiali necessari (Reduce). Ciò significa, ad esempio, strutture più snelle, meno strati di componenti, planimetrie e piani interrati efficaci in termini di spazio (ancora meglio se i piani interrati vengono eliminati) o un uso più intensivo degli spazi attraverso la condivisione. Affinché i componenti e i materiali da costruzione rimangano nel ciclo il più a lungo possibile, andrebbero riutilizzati il più a lungo possibile (Re-use) e riciclati solo quando ciò non è più possibile (Recycle).

Nella scelta dei materiali per nuovi edifici o parti di edifici andrebbero impiegati materiali da costruzione a basso consumo di risorse, rigenerativi e a basse emissioni. Anche questi materiali devono essere utilizzati in modo efficiente.

Gli edifici circolari possono essere facilmente adattati col mutare delle esigenze, e quindi utilizzati a lungo. Ciò si ottiene con un modello edilizio flessibile, una buona qualità costruttiva e l'uso di materiali durevoli. Una coerente separazione dei sistemi garantisce che gli edifici siano riparabili e che i componenti e materiali si possano facilmente

1 Principi base dell'edilizia circolare

smantellare alla fine del loro ciclo di vita: ciò consente sia il riutilizzo sia il riciclo. L'utilizzo di materiali e prodotti che vengono valorizzati energeticamente o addirittura depositati in discarica dovrebbe essere evitato il più possibile.

La costruzione grezza ha un peso

Nella costruzione grezza si concentra fino al 70% della massa e quindi delle risorse di un edificio. Ciò incide anche nel bilancio dei gas serra delle singole componenti edilizie (fig. 1.2). Tale consumo di materiali si può ridurre in modo significativo adottando approcci circolari. Se la durata di vita della costruzione grezza si prolunga grazie alla conservazione o al riutilizzo, o se si impiegano componenti riutilizzabili provenienti da altri edifici, ciò influisce significativamente sul consumo di risorse e sulle emissioni grigie. Nei nuovi edifici o parti di edifici le maggiori opportunità di intervento si hanno nella progettazione e nella scelta dei materiali della costruzione grezza.



Figura 1.3: La facciata e la struttura portante dell'edificio di testa padiglione 118, di tre piani, situato nella Lagerplatz Areal a Winterthur, sono costituite in gran parte da componenti riutilizzati. (Foto: baubüro in situ/Martin Zeller)

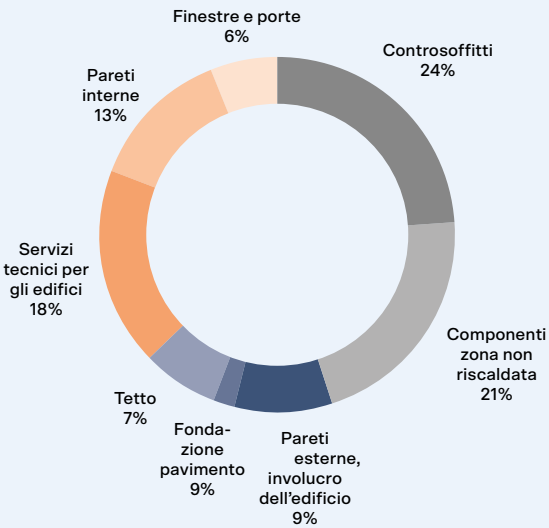


Figura 1.2: Componenti e loro contributo medio al bilancio dei gas serra per la costruzione di edifici (in kg di CO₂eq/m² SRE). In blu: componenti della struttura principale dell'edificio (costruzione grezza). Sono stati esaminati nove edifici plurifamiliari (i soffitti sono spesso calcolati con un metodo semplificato, il che causa imprecisioni). (Fonte: studio Klimapositiv Bauen)

1.4 Esempio pratico edificio di testa padiglione 118, Winterthur

Scheda	
Edificio	Edificio di testa padiglione 118, Winterthur
Uso	Locali commerciali e atelier
Anno di costruzione	2021
Committente	Stiftung Abendrot, Basilea
Architettura	baubüro in situ, Zurigo
Progettazione specializzata edilizia circolare	baubüro in situ, Zirkular GmbH

Nel 2020, il centenario padiglione industriale 118, situato nella Lagerplatz Areal a Winterthur, è stato sopraelevato. La progettazione e l'esecuzione erano basate su un tipo di costruzione circolare. Oggi l'edificio ospita otto uffici e il «Proof of Concept Lab» della Scuola universitaria professionale per le scienze applicate di Zurigo.

Oltre la metà degli elementi strutturali e dei componenti di questa sopraelevazione sono stati riutilizzati: colonne in acciaio, pannelli in legno, la torre delle scale in acciaio, le finestre e il rivestimento

della facciata in alluminio, insieme ad altri componenti rilevanti dal punto di vista della statica e dell'estetica, provengono da edifici smantellati. Dove necessario sono stati aggiunti materiali da costruzione minerali (provenienti dal riciclo) e vegetali (isolamento in balle di paglia) o intonaco in argilla.

L'indagine scientifica ha rilevato che il bilancio delle emissioni di gas serra per la costruzione è sceso a 4,1 kg di CO₂eq/m². A titolo di confronto, il valore limite di base 2 per le nuove costruzioni scolastiche Minergie-ECO è di circa 12 kg di CO₂eq/m². I materiali riutilizzati, che costituiscono oltre il 50% del volume totale, contribuiscono solo per circa l'1% alle emissioni. Questo perché, secondo il metodo impiegato nello studio, nel loro bilancio si deve considerare esclusivamente la catena di approvvigionamento a monte, comprendente lo smontaggio dell'edificio da smantellare, il trasporto, lo stoccaggio, la lavorazione e il montaggio; sono invece esclusi la produzione e lo smaltimento dei componenti e dei prodotti riutilizzati.

Quali erano gli elementi distintivi del progetto?

- La progettazione si basa sul principio «Design from Availability», cioè dà la priorità ai materiali che vengono appositamente cercati per questo progetto.
- La geometria della struttura in acciaio esistente ha determinato l'altezza degli spazi e le dimensioni della planimetria dei piani aggiuntivi.
- Data la varietà di formati dei profili dei pannelli di alluminio riutilizzati, e per evitare sprechi di materiale, l'involucro esterno è stato realizzato con una disposizione a scaglie.
- Per rispettare i requisiti di isolamento, alcune vecchie finestre industriali riutilizzate sono state assemblate formando un sistema a doppia cassa.
- Il basso coefficiente U delle finestre riutilizzate (ca. 1,4 W/m²K) è stato compensato da un buon isolamento della facciata (paglia) e del tetto e dalla forma compatta dell'edificio.

Figura 1.4: Data la varietà di formati dei profili delle lamiere in alluminio riutilizzate, e per evitare sprechi di materiale, l'involucro esterno è stato realizzato con una disposizione a scaglie. (Progetto: baubüro in situ)



Che cosa ha richiesto lavoro supplementare?

- È stato necessario sincronizzare la ricerca dei componenti con la tempistica del progetto. Durante la progettazione e la materializzazione sono state definite tolleranze temporali per la scelta dei materiali: ciò ha permesso di reagire ogni volta che venivano reperite casualmente parti riutilizzabili.
- I collegamenti costruttivi tra componenti riutilizzati e prodotti edilizi convenzionali hanno richiesto grande attenzione: è stato necessario concepirli separando in modo coerente i sistemi, con tolleranze geometriche considerate nella progettazione.

Che cosa non è riuscito?

- Per motivi di protezione antincendio è stato necessario inglobare le travi ad H in acciaio riutilizzate con una soletta in calcestruzzo gettato in opera (soletta a membrana) imbullonata.
- La mancanza di disponibilità da parte del produttore ha impedito il riutilizzo di un impianto di risalita esistente.

I componenti provengono da edifici smantellati. Dove necessario sono stati aggiunti materiali da costruzione minerali (provenienti dal riciclo) e vegetali (isolamento in balle di paglia) o intonaco in argilla.

2 Strategia



È fondamentale che i principi dell'edilizia circolare siano considerati fin dall'inizio del progetto e siano alla base di ogni fase della progettazione. Ciò include anche la definizione delle condizioni quadro e di obiettivi chiari. La soluzione ideale prevede che committenti, architetti e progettisti incorporino questi aspetti nella loro strategia aziendale o in un contratto di utilizzo.

Poiché ogni lavoro di costruzione e ogni progetto è diverso, e non esistono ancora processi standardizzati per l'edilizia circolare, per trovare soluzioni è necessario un approccio aperto e creativo. I risultati migliori si hanno quando tutti i partecipanti cominciano a collaborare fin dall'inizio. Vanno considerate diverse varianti del progetto, esaminando materiali differenti e prodotti alternativi. Questo approccio iterativo promuove le soluzioni innovative e aiuta a identificare le soluzioni migliori.

Il team di progettazione deve riuscire a bilanciare attentamente i conflitti di obiettivi tra consumo di materiali, impatti ambientali, profondità di intervento, consumo di energia e superficie nonché le esigenze degli utenti – trovando una soluzione adeguata.

I concorsi, le procedure di gara, gli studi preliminari e i capitoli d'onori sono tutti strumenti importanti per integrare in un progetto gli approcci circolari e incoraggiare in tal senso tutti i partecipanti. Ulteriori informazioni in merito si trovano nel documento [«Edilizia circolare: guida per investitori e committenti»](#).

2.1 Ambiti conflittuali nell'edilizia circolare

Creatività: L'edilizia circolare favorisce idee e design innovativi. Il processo di progettazione prende in considerazione l'edificio esistente, il suo futuro utilizzo, i requisiti legali e normativi, gli obiettivi del committente, i componenti edilizi disponibili e le esigenze dell'edilizia circolare come separabilità, flessibilità d'uso e materializzazione a basso consumo di risorse. Per trovare soluzioni estetiche che soddisfino tutti questi compiti serve un nuovo approccio creativo.

Cultura costruttiva: la conservazione della sostanza edilizia e il riutilizzo dei componenti contribuiscono a una cultura costruttiva di alto livello e dimostrano apprezzamento per l'artigianato e i prodotti edilizi di qualità elevata. Anche l'impiego di materiali e metodi costruttivi locali rafforza la qualità della cultura costruttiva.

Disponibilità dei materiali: poiché il mercato dei componenti e materiali riutilizzati è ancora limitato, trovare quelli adeguati può essere difficile. La ricerca è resa più difficile dalla documentazione insufficiente o assente sui componenti edilizi installati. Nel contempo, il riutilizzo e l'impiego di materiali locali riducono la dipendenza dalle catene di approvvigionamento globali.

Economicità: per valutare l'economicità dell'edilizia circolare va preso in considerazione l'intero ciclo di vita dell'edificio. A causa dei processi modificati, i costi di progettazione sono maggiori. Ci sono però opportunità di risparmio, ad esempio riducendo la profondità degli interventi di ristrutturazione e omettendo i piani interrati o gli strati di componenti (p.es. rivestimenti). Lo stesso vale per la materializzazione: i materiali di qualità elevata sono inizialmente più costosi, ma hanno una maggiore durata e richiedono sostituzioni e riparazioni meno frequenti. Se componenti e materiali sono riutilizzabili, vendibili o riciclabili, si riducono i costi di smaltimento dei rifiuti derivati dallo smantellamento di un edificio. Oggi il valore aggiunto dell'edilizia circolare è ancora più difficile da quantificare da una prospettiva puramente economica. Ulteriori informazioni in merito si trovano nel documento [«Edilizia circolare: guida per investitori e committenti»](#).

Progettazione complessa: i processi di progettazione elaborati e la collaborazione interdisciplinare possono accrescere i costi e i rischi; gli ordinamenti per gli onorari SIA non riflettono adeguatamente questi aspetti. Ciò richiede una direzione di progettazione e costruzione esperta e competente, che mantenga una comunicazione costante con il committente per informarlo sulla situazione. Più questo nuovo approccio si afferma e più esperienze si accumulano, minore è il costo aggiuntivo che dovrebbe essere riconosciuto e retribuito dai committenti.

Figura 2.1: Quando si utilizzano componenti o intere strutture portanti, come in questo caso per la sopraelevazione del padiglione 118 a Winterthur, è necessario dimostrare che soddisfano i requisiti dell'edificio target. (Foto: baubüro in situ/ Martin Zeller)



Contesto normativo: per quanto riguarda il riutilizzo di componenti, attualmente esistono ancora incertezze legali in materia di responsabilità e garanzia e di rimozione dei componenti (vedi capitolo 4.4 «Responsabilità e garanzia»). Anche i regolamenti edilizi o le norme possono rendere difficile l'attuazione di modelli circolari innovativi, dal momento che sono incentrati principalmente sulla costruzione con materie prime primarie. In questo ambito occorre esplorare le possibilità insieme a professionisti, autorità e committenti e cercare una soluzione pragmatica.

2.2 Effetti sulla prassi di progettazione

Processi

Il processo di progettazione degli edifici circolari si presenta più dinamico rispetto ai progetti convenzionali. In particolare, il riutilizzo di componenti richiede un approccio diverso. Il procedimento non segue le procedure consuete delineate nelle fasi SIA. Lo stesso vale per le prestazioni. La fig. 2.2 (vedi pagina seguente) illustra le questioni e le decisioni principali, oltre alle possibili modifiche nel processo di progettazione dell'edilizia circolare.

2.3 Collaborazione

L'edilizia circolare cambia il modo di collaborare all'interno del team del progetto. Il modus operandi circolare è ancora nuovo per molti partecipanti al progetto, e quindi rappresenta una sfida. Molte questioni aperte si possono risolvere solo gradualmente e solo nel team. Molti attori coinvolti hanno avuto finora scarsi contatti reciproci; per questo è fondamentale che tutti i partecipanti siano disponibili ad adottare i principi dell'edilizia circolare e ad assumere le relative responsabilità. Il compito degli architetti è coinvolgere fin dall'inizio nel processo tutti gli attori rilevanti e comunicare attivamente con i committenti, gli altri specialisti coinvolti, le imprese edili e le autorità. Esistono già i primi modelli di gestione cooperativa dei progetti per questa nuova forma di collaborazione, per esempio i contratti di alleanza o il metodo «Design Build».

Processo di progettazione per l'edilizia circolare (FASI SIAe questioni e decisioni importanti)



Figura 2.2: Processo di progettazione per l'edilizia circolare.

Nuovi ruoli

Le modifiche a processi e iter richiedono due nuovi ruoli con competenze specifiche ed esperienza nell'edilizia circolare. Tali ruoli devono essere ricoperti fin dall'inizio del progetto, anche se si tratta di specialisti esterni.

- Progettazione specializzata per l'edilizia circolare: identifica il potenziale di circolarità nell'ambito del progetto e come applicarlo. In stretta collaborazione con il committente e i progettisti, formula obiettivi di circolarità realistici per il progetto; accompagna l'intero processo di progettazione e garantisce il coinvolgimento dei progettisti nelle fasi rilevanti.
- Progettazione specializzata per il riutilizzo: già nella fase di analisi del potenziale durante la preparazione del progetto ha inizio la «caccia ai componenti», la quale identifica e cerca componenti riutilizzabili idonei. Inoltre, nella fase di appalto e nell'assegnazione coordina il deposito temporaneo dei componenti e fornisce consulenza sul riutilizzo.

Controllo dell'impatto

Durante l'intero processo di progettazione è importante verificare ripetutamente l'impatto delle singole decisioni che riguardano il progetto sull'ambiente e sulle risorse. A questo scopo, uno strumento importante è il bilancio ecologico (o eco-contabilità), che permette di

- quantificare l'impronta ecologica,
- identificare conflitti di obiettivi e
- confrontare diverse varianti.

Un altro strumento attualmente in fase di sviluppo è l'indicatore di circolarità, che valuta la riciclabilità di un edificio nel suo complesso. Ciò permette di formulare valori target e confrontare gli edifici tra loro. Per calcolare tale indicatore sono disponibili diversi metodi e strumenti. Per la Svizzera è stata elaborata la guida «Rendere la circolarità misurabile: un indicatore di circolarità svizzero». La guida tiene conto degli standard europei e delle specificità svizzere. È stata ideata su iniziativa di Madaster Svizzera in collaborazione con l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e diversi attori pubblici e privati provenienti dal settore dell'edilizia, da organizzazioni di standard e norme e da istituti di ricerca.

Strumenti e metodi digitali

La pianificazione, la costruzione, l'esercizio e lo smantellamento secondo i criteri dell'economia circolare richiedono informazioni e dati estesi, per esempio su:

- materiali utilizzati,
- dati originali del produttore,
- metodi di assemblaggio,
- possibili processi di smontaggio,
- emissioni grigie di gas serra e
- costi del ciclo di vita.

Strumenti digitali come i modelli BIM o i cataloghi digitali di componenti permettono di acquisire, gestire scambiare e analizzare queste informazioni più facilmente. Per le nuove costruzioni, per le ristrutturazioni o gli ampliamenti complessi, l'acquisizione digitale delle strutture esistenti fornisce una base dati affidabile per tutti i lavori successivi. Essa permette di localizzare i componenti riutilizzabili o di stimare le cubature.

Un software di eco-contabilità permette di effettuare già nelle prime fasi del processo di progettazione, e senza grandi sforzi, valutazioni sulle emissioni di gas serra e sul consumo di risorse di diverse varianti di progetto.

3 Ulteriore intervento di costruzione su edifici già esistenti



Costruire sull'esistente offre il massimo potenziale per la protezione del clima e delle risorse. Rinnovare un edificio già esistente causa, a seconda dell'entità dell'intervento, da quattro a cinque volte meno emissioni di gas serra rispetto alla realizzazione di una nuova costruzione equivalente. Pertanto, una nuova costruzione sostitutiva dovrebbe rappresentare una soluzione solo in casi eccezionali e ben motivati.

Se si vuole preservare la cultura edilizia, è fondamentale costruire nell'ambito delle strutture già esistenti. Da questo approccio sono derivate strategie collaudate e metodi consolidati per conservare gli edifici. Informazioni complete sono disponibili, ad esempio, nel volume «Rinnovamento - Costruire in modo sostenibile» della serie di pubblicazioni specialistiche di SvizzeraEnergia e dei Cantoni (CdEN).

3.1 Chiarire le esigenze

Adattamento alle strutture già esistenti

L'obiettivo della costruzione sull'esistente è migliorare e adattare un edificio già presente con un intervento strutturale minimo, affinché soddisfi le esigenze attuali. Per questo, all'inizio di un progetto, occorre valutare fino a che punto gli spazi e le dotazioni esistenti sono compatibili con l'utilizzo futuro. È opportuno definire le esigenze di utilizzo il più possibile basandosi sulle strutture già presenti anziché su concetti predefiniti. Va anche considerato se un cambiamento di utilizzo consentirebbe di preservare l'edificio.

Esaminare in modo critico le aspettative

Va anche verificato il fabbisogno specifico di superficie per l'utilizzo dei rispettivi ambienti: se è elevato, va ridotto dove è possibile e sensato (sufficienza). A tale scopo occorre coordinare l'architettura degli spazi e la disposizione operativa: quanto sono flessibili gli spazi per consentire un uso diverso, ad esempio nell'arco della giornata o nel corso della settimana? La costruzione su strutture già esistenti valuta in modo critico ogni intervento strutturale e nell'organizzazione degli spazi privilegia miglioramenti che risparmino risorse. In tale valutazione è utile coinvolgere i futuri utenti dell'edificio, se già noti.

Deviazioni dalla norma

Nella ponderazione complessiva tra rinnovo o sostituzione, tradizionalmente si dà gran peso ai potenziali miglioramenti in termini di efficienza energetica e comfort d'uso. Per la strategia di sviluppo circolare è necessaria un'ulteriore analisi della sensibilità: come influiscono i diversi standard di esecuzione e le norme di settore (rumore, clima interno) sulle spese di costruzione? In accordo con i committenti o i gruppi di utenti, se ne può trarre un profilo individuale dei requisiti.

Nei progetti pilota per la sperimentazione di modelli low-tech si procede già in modo differenziato. Spesso si osserva che i modelli di ventilazione o le costruzioni per l'isolamento acustico si realizzano con un dispendio minore se si coinvolgono in anticipo i gruppi di utenti. Se nella progettazione ci si allontana dalle norme, si deve dimostrare che le decisioni specifiche del progetto sono compatibili con gli standard di qualità stabiliti precedentemente.

3.2 Analisi delle strutture edilizie esistenti

Un'analisi completa dell'edificio già presente è fondamentale per la scelta tra le diverse opzioni di costruzione sull'esistente. È opportuno esaminare in dettaglio i seguenti aspetti:

Struttura portante e piano interrato (statica e struttura)

Il nucleo di un edificio è costituito dagli elementi portanti orizzontali e verticali. Per valutarne la funzionalità sono necessarie informazioni dettagliate sulla costruzione dei componenti portanti, sui collegamenti strutturali e sulla materializzazione. Negli edifici più vecchi, tuttavia, spesso manca la documentazione progettuale; l'analisi può inoltre essere ostacolata dalla presenza di rivestimenti superficiali. Se necessario, quindi, si dispongono analisi specifiche sulla capacità di carico statica.

In base alle informazioni ricavate, è possibile stabilire le opzioni per le costruzioni successive: è necessario un rafforzamento tecnico della struttura dell'edificio per eliminare le carenze? Oppure lo stato attuale permette una sopraelevazione?

Il mantenimento della struttura portante ha un impatto significativo sul consumo di risorse e sulle emissioni di gas serra (vedi capitolo 1, sezione «La costruzione grezza ha un peso»). Anche il riutilizzo dei piani interrati racchiude un grande potenziale ecologico. In questo caso, occorre valutare se la struttura esistente deve essere rafforzata o adattata al nuovo utilizzo.

Involucro dell'edificio (fisica delle costruzioni)

Gli elementi non portanti, come le pareti esterne, i rivestimenti della facciata, le finestre o le pareti interne, devono soddisfare diversi requisiti di fisica delle costruzioni. Tuttavia, quando si rinnova un edificio, l'isolamento termico e acustico devono essere migliorati. Poiché si tratta di sistemi con una vita utile relativamente più breve, di regola il rinnovo o il rafforzamento di questi componenti possono essere eseguiti separatamente dalla struttura portante primaria. Se devono essere sostituiti dei componenti, è preferibile che provengano da un pool di riutilizzo.

Potenziale di riutilizzo (potenziale Re-use)

Se ulteriori interventi di costruzione sull'esistente non sono realizzabili, o se alcune parti dell'edificio devono essere smantellate, l'analisi dello stato dei componenti portanti e non portanti fornisce informazioni essenziali per il possibile riutilizzo, in loco o in altri immobili (vedi sezione «Passaporto dei materiali o delle risorse» al capitolo 4.2). Ciò include anche indicazioni sulle procedure di smontaggio e reinstallazione. Inoltre, occorre raccogliere tempestivamente informazioni su come rendere disponibili sul mercato i componenti riutilizzabili, ma non più necessari in loco.

Struttura e planimetrie

Per adattare la struttura di utilizzo a nuove esigenze è possibile rimuovere o spostare le pareti divisorie non portanti. Tuttavia, negli edifici esistenti lo spazio disponibile spesso non può essere modificato a piacimento. Oltre alla struttura portante, anche le zone di accesso (scale, corridoio) o le linee montanti per gli impianti tecnici dell'edificio limitano le possibili modifiche. Durante l'analisi dello stato si dovrebbero esaminare le modifiche fattibili, ad esempio l'adattamento delle planimetrie o l'accorpamento dei balconi.

Sostanze inquinanti

Gli edifici esistenti rispecchiano le conoscenze delle tradizioni costruttive precedenti. Si deve presumere che la sostanza edilizia sia contaminata da sostanze inquinanti. Per i progetti di costruzione soggetti a obbligo di autorizzazione su edifici costruiti prima del 1990 è quindi legalmente richiesta un'analisi delle sostanze inquinanti. Gli standard di costruzione Minergie-ECO e SNBS richiedono un controllo delle sostanze inquinanti per tutti i lavori di modernizzazione, ristrutturazione e smantellamento di edifici costruiti prima del 1990.

Per il prelievo dei campioni e l'analisi si raccomanda di consultare un esperto. In caso di sospetta presenza di sostanze inquinanti, i componenti interessati devono essere risanati o smaltiti. Possono essere riutilizzati solo se si può escludere una minaccia immediata per l'uomo e l'ambiente. Per il riutilizzo esterno, i componenti edilizi contenenti sostanze inquinanti sono idonei dopo uno smontaggio e un risanamento corretti.

Un progetto sulle sostanze inquinanti e i componenti edilizi riutilizzabili è attualmente in corso su incarico dell'UFAM. Il rapporto sarà pubblicato alla fine del 2025.

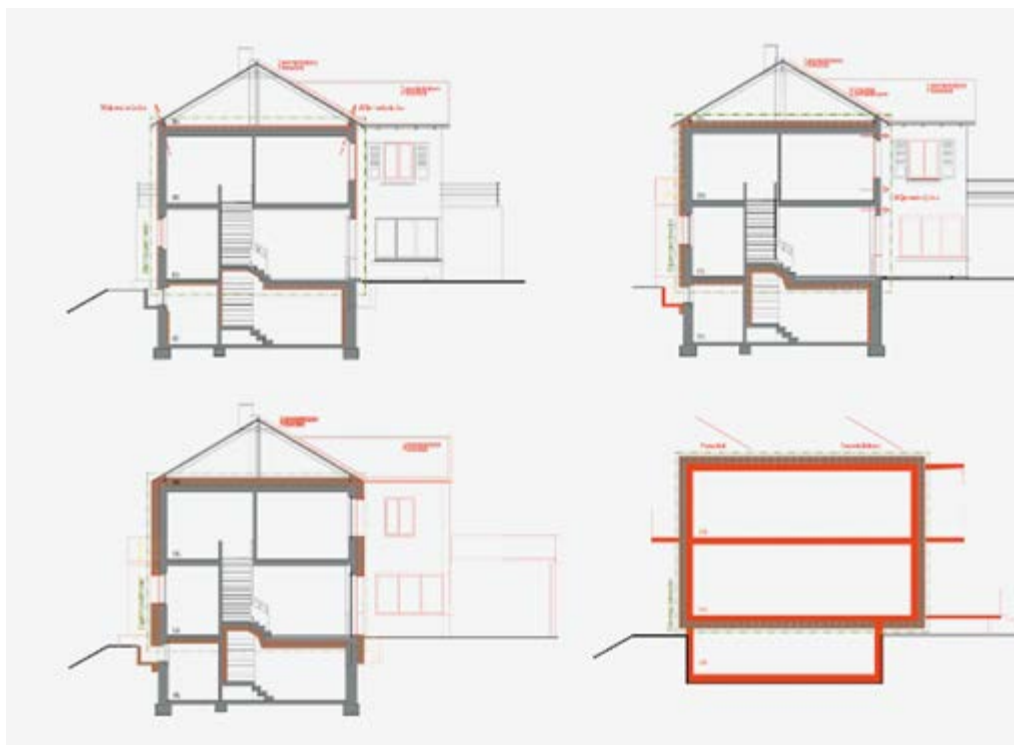


Figura 3.1: Esempio di studio per una variante. (Fonte: Pubblicazione «Rinnovamento – Costruire in modo sostenibile», Faktor Verlag)

3.3 Valutazione della profondità dell'intervento

L'analisi delle strutture esistenti e le esigenze di utilizzo sono alla base per valutare la profondità dell'intervento. A questo scopo vanno esaminate diverse varianti (vedi fig. 3.1) su come gestire la sostanza dell'edificio esistente. Le possibili opzioni sono: rinnovare, riutilizzare, ampliare o sostituire. Il processo decisionale dovrebbe rimanere il più aperto possibile, sulla base di un accordo reciproco tra committenti e progettisti.

A seconda del progetto, risultano utili analisi approfondite e studi di progettazione:

- Una procedura generale per testare il progetto, al fine di confrontare le diverse opzioni di sviluppo.
- Studi di fattibilità per valutare diverse strategie di rinnovamento degli edifici.
- Nel programma di un concorso, le strategie di conservazione e rinnovamento differenziabili per una «nuova costruzione sostitutiva» rispetto a un «riutilizzo degli edifici» devono essere accettate in modo paritario, qualora una nuova costruzione sostitutiva non possa essere esclusa a priori.

3.4 Esempio pratico Marktgasse Freilager, Zurigo

Scheda

Edificio	Freilager Albisrieden Zurigo, Marktgasse
Uso	Abitazione, uso commerciale
Anno di costruzione	Piano indicativo 2004-2010, progetto 2008-2016
Committente	Freilager AG Zurigo
Architettura	Meili & Peter Architekten AG
Progettazione specializzata edilizia circolare	nessuna

Tra il 2008 e il 2016, nell'area dell'ex punto franco a Zurigo-Albisrieden è sorto un nuovo quartiere densamente edificato che comprende circa ottocento appartamenti in affitto e 18 000 m² di spazi commerciali e uffici. Nell'area dell'ex punto franco abitano e lavorano più di 2500 persone.



Figura 3.2: Due ex magazzini sopraelevati costituiscono la Marktgasse nella Freilager Areal a Zurigo-Albisrieden. (Foto: Georg Aerni)

È stato possibile preservare parte della sostanza edilizia più vecchia: due imponenti magazzini di tre e quattro piani, lunghi 135 m, costruiti tra il 1926 e il 1927 su progetto degli architetti Pfleghardt & Haefeli. Gli interni di questi vecchi magazzini presentano profondità sorprendenti, fino a 24 m, notevoli altezze dei locali e una marcata struttura portante in calcestruzzo con pilastri a fungo disposti in una griglia di 5 × 5 m.

I due edifici storici originali in mattoni sono stati sopraelevati, aggiungendo tre piani residenziali ciascuno. Il principio statico è stato esteso verticalmente nella stessa griglia della struttura esistente, utilizzando un metodo di costruzione massiccio con pilastri e solette. Sono stati così ricavati 195 appartamenti con una varietà di 56 tipologie abitative. La sostanza già esistente è stata consolidata con un isolamento interno minerale, preservando l'aspetto originale della facciata in mattoni. La trasformazione da uso magazzino a uso residenziale è visibile all'esterno grazie ai nuovi balconi a forma di fagiolo.

Tra i due edifici si trova la Marktgasse, che grazie a ristoranti e negozi al piano terra è diventata il centro di tutta l'area. L'area dell'ex punto franco ha ottenuto la certificazione «Aree 2000 Watt»; la conservazione degli edifici esistenti ha contribuito significativamente alle basse emissioni di gas serra richieste durante la costruzione. Di conseguenza, l'edificio è stato certificato secondo lo standard Minergie-ECO.

Quali erano gli elementi distintivi del progetto?

L'analisi dello Stato e la verifica della sicurezza portante della struttura in calcestruzzo dei due edifici in mattoni hanno dimostrato che erano adatti a una sopraelevazione. Nonostante il maggior carico permanente, è bastato un rinforzo minimo delle fondamenta e non è stato necessario alcun rivestimento complesso dei pilastri.

Che cosa ha richiesto lavoro supplementare?

L'utilizzo residenziale ha richiesto nuove scale, rendendo necessari tagli nella struttura portante. Per minimizzare questo intervento, gli architetti hanno concentrato le vie di accesso in quattro vani scale che hanno anche fornito il rinforzo degli edifici.

3 Ulteriore intervento di costruzione su edifici già esistenti

Quali sono state le sfide maggiori?

La profondità di costruzione di 24 m e la griglia dei pilastri di 5 m sono inadatte all'uso residenziale. Per questo, la disposizione delle planimetrie è stata una sfida progettuale. Le pareti interne non portanti, disposte liberamente rispetto alla griglia, hanno permesso di sviluppare tipologie di planimetrie che consentono una disposizione sensata per l'edilizia residenziale, integrando al contempo negli spazi i pilastri a fungo come elemento plastico e strutturante.

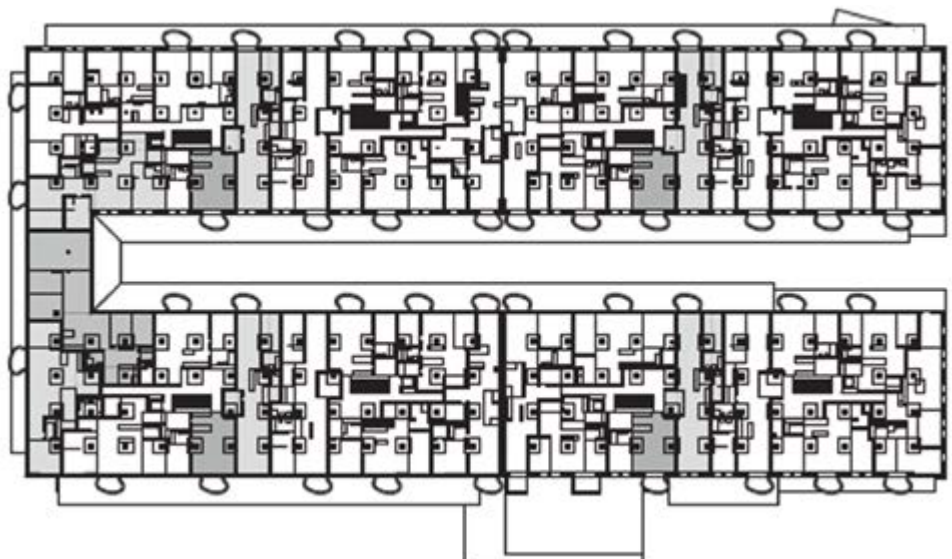


Figura 3.3: I caratteristici pilastri a fungo sono stati integrati negli spazi. (Foto: Georg Aerni)



Figura 3.5: Per creare nuovi vani scale sono stati necessari tagli nella struttura portante. (Foto: Studio Gataric Fotografie)

Figura 3.4: Planimetrie 1° piano. (Progetto: Meili & Peter Architekten AG)



4 Riutilizzo di componenti e materiali



Il settore edile genera molti rifiuti. Troppi componenti, materiali da costruzione e terra di scavo finiscono nello smaltimento (fig. 4.1). Se i componenti e i materiali recuperati vengono invece riutilizzati nello stesso edificio o riciclati altrove, si riduce la necessità di risorse primarie. Il riutilizzo e riciclo dei componenti è anche una strategia promettente per ridurre le emissioni indirette di gas serra durante la costruzione di un edificio. Il presupposto di ciò è uno smantellamento selettivo (vedi capitolo 7 «Smantellamento»).

Processo di progettazione modificato

L'edilizia circolare inizia con un processo di progettazione che definisce il riutilizzo e il riciclo di componenti e materiali da costruzione, a seconda del progetto, da parte integrante a elemento centrale per il design e la costruzione («Design from Availability»). I componenti e materiali da costruzione riutilizzabili e riciclabili si possono incorporare sistematicamente nel processo di progettazione, tenendone conto soprattutto nelle fasi di prestazione, cioè la pianificazione, la materializzazione e l'assegnazione/l'approvvigionamento. Le valutazioni del ciclo di vita specifiche per ogni fase permettono di verificare l'efficacia dell'iniziativa.

4.1 Domanda e offerta

Quali componenti sono disponibili?

Inizialmente, la questione centrale è sempre la disponibilità: quali materiali e componenti riutilizzabili sono disponibili, e in che qualità? Da quali fonti si possono ottenere?

I concorsi di architettura che prevedono il riutilizzo di componenti e prodotti edili, spesso includono un catalogo di componenti disponibili. Generalmente, l'ente responsabile del progetto possiede già questo pool di materiali.

In alternativa, il team di progettazione può provvedere a una ricerca autonoma di componenti e prodotti edili riutilizzabili. Tra le fonti potenziali figurano borse dell'usato o edifici esistenti destinati allo smantellamento. Aziende specializzate o la progettazione specializzata per l'edilizia circolare/il riutilizzo organizzano tale ricerca di componenti, esplorando il mercato dello smantellamento per reperire componenti e materiali riutilizzabili.

Rifiuti edili in Svizzera (in tonnellate)

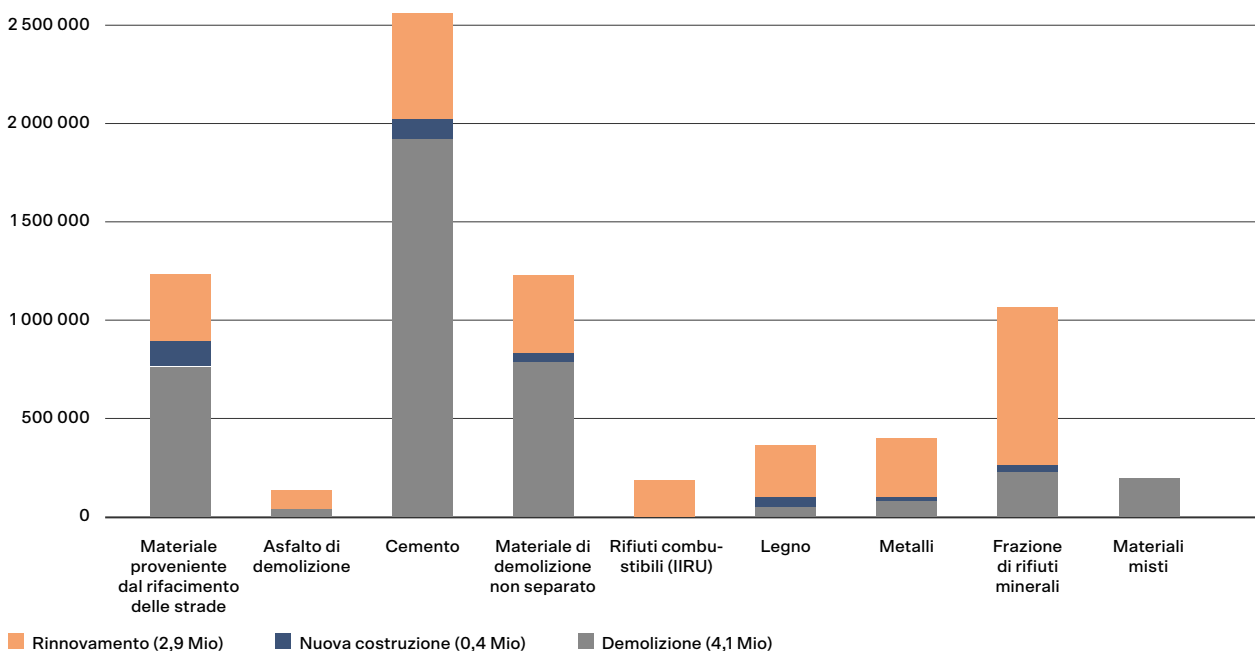


Figura 4.1: In Svizzera, più della metà dei rifiuti edili deriva da demolizioni. (Fonte: Rifiuti edili in Svizzera – Edilizia, 2015, UFAM)



Figura 4.2: Per la Kultur- und Gewerbehaus Elys a Basilea sono state riutilizzate 200 finestre che differiscono notevolmente per colore, forma e materiale. (Foto: baubüro in situ/Martin Zeller)

Flessibilità nella progettazione

Rispetto a un iter convenzionale, la progettazione con componenti e materiali da costruzione riutilizzabili richiede maggiore flessibilità nel processo decisionale. Poiché la ricerca dei componenti avviene parallelamente alla fase di progettazione, le decisioni relative ai componenti e ai materiali devono essere prese fase per fase. I progetti pilota dimostrano che costruire con componenti riutilizzabili rappresenta un compito di design creativo e autonomo. Ovunque sia possibile reperire componenti dello stesso tipo, ma di natura eterogenea (colore, superficie), permette di integrare con flessibilità tale varietà nel design dell'edificio.

Requisiti per lo smontaggio e il reimpiego

L'edilizia circolare presuppone che, alla fine del loro ciclo di vita, i componenti, i materiali e i prodotti da costruzione siano facilmente smontabili e possano essere reimpiegati con altrettanta semplicità in un altro edificio per il ciclo di utilizzo successivo. Se possono essere impiegati integralmente e con gli stessi scopi, nel momento del riutilizzo lo sforzo costruttivo è limitato.

Lo smontaggio dei componenti riutilizzabili deve essere organizzato attentamente e orientato alle specifiche esigenze del reimpiego. Durante quest'ultimo, è fondamentale garantire che anche qui sia possibile un facile smantellamento successivo. Inoltre, i componenti riutilizzati devono essere registrati nel passaporto delle risorse dell'edificio.

Tuttavia, va tenuto presente che i requisiti di qualità per le nuove costruzioni o le ristrutturazioni edilizie si riferiscono a singoli componenti; pertanto, è necessario verificare in anticipo se i componenti e i materiali da costruzione riutilizzabili devono essere adeguati in termini di sicurezza, isolamento acustico o termico, o se si possono trovare soluzioni nel sistema dell'edificio (p.es. certificazione energetica del sistema).

4.2 Valutazione della qualità dei componenti

Stato tecnico e potenziale di riutilizzo

La riutilizzabilità di un componente dipende anche dal suo stato tecnico; è quindi essenziale, durante la fase di preparazione del progetto, raccogliere e documentare informazioni sulla qualità. Tale documentazione comprende due aspetti: da un lato, l'analisi delle proprietà specifiche del materiale e dell'uso, dall'altro la valutazione del potenziale di riutilizzo. In tutta Europa sono attualmente in corso diverse iniziative per registrare sistematicamente i prodotti da costruzione in vista del loro utilizzo, a livello governativo, normativo e aziendale.

Passaporto dei materiali o delle risorse

I passaporti dei materiali o delle risorse per gli edifici che rendono ampiamente disponibili le informazioni sulla reperibilità sono ancora in fase di sviluppo. Un tale passaporto dei materiali o delle risorse specifica le proprietà chimiche, tecniche ed

ecologiche del materiale installato in origine e completa tali informazioni con i dati del produttore e la storia di utilizzo del componente. Altrettanto importanti sono le verifiche aggiornate dei materiali e un codice digitale per identificare il sito di installazione. Per semplificare la gestione dei dati si sviluppano sistemi informativi che possono essere integrati nel Building Information Modelling (BIM).

La documentazione delle risorse relativa all'edificio serve a più scopi: contiene le informazioni essenziali per garantire il riutilizzo e il riciclo a livello di progetto e fornisce basi di pianificazione fondamentali per valutare immediatamente i potenziali di riutilizzo dei materiali impiegati. Inoltre, serve a sensibilizzare a un livello più generale, per esempio perché permette alla proprietà di riconoscere il valore delle risorse immagazzinate. Un ulteriore vantaggio è dato dalla manutenzione dei componenti dell'edificio durante la fase di utilizzo.

Il Regolamento europeo modificato sui prodotti da costruzione richiede l'introduzione di passaporti digitali dei prodotti (vedi capitolo 8.1 «Quadro giuridico»). Si prevede che questo requisito sarà adottato nella legislazione svizzera.

4.3 Logistica

Organizzazione e progettazione specializzata

La gestione di un progetto di riutilizzo prevede i seguenti processi: identificazione, valutazione, documentazione, smontaggio, logistica e reinstallazione dei componenti. All'occorrenza, il team di progettazione specializzata coinvolge una consulenza mirata sull'edilizia circolare/il riutilizzo. Tra le prestazioni retribuite dal compenso di incarico figurano il modello di riutilizzo, la ricerca dei componenti, l'organizzazione degli spazi di movimentazione e stoccaggio, le istruzioni tecniche per lo smontaggio, la reinstallazione e la manutenzione dei componenti dell'edificio durante la fase di utilizzo. L'approvvigionamento, lo stoccaggio e la preparazione dei componenti nonché il compenso della direzione lavori rientrano invece nei costi di costruzione.

Documentazione e gestione dati

Prima dell'approvvigionamento dei materiali si stabilisce quali di essi sono richiesti e da dove possono provenire. La documentazione dell'inventario disponibile è una base di lavoro fondamentale per

l'intera progettazione: per ciascun componente costruttivo, essa riporta le quantità richieste e le caratteristiche di qualità.

Stoccaggio e tempistica

L'approvvigionamento dei materiali va preparato anche sul piano logistico. Come mostra il mercato dei componenti, ancora giovane, ci si deve attendere costi aggiuntivi e tempi più lunghi: sono infatti necessari spazi di raccolta e stoccaggio per i materiali di smantellamento disponibili, che saranno utilizzati per la reinstallazione soltanto in un secondo momento. Anche la loro preparazione e messa a disposizione per l'installazione richiedono spazio.

4.4 Responsabilità e garanzia

Regolamenti edilizi

Per quanto riguarda i requisiti specifici dei componenti (p.es. sicurezza), i regolamenti edilizi cantonali si riferiscono generalmente agli standard tecnici SIA. Per i componenti riutilizzabili si deve verificare se dopo la scadenza del primo periodo di utilizzo sono conformi allo stato attuale della tecnica. I permessi di costruzione per progetti di riutilizzo sono generalmente consentiti, soprattutto quando le autorità sfruttano il margine di discrezionalità o possono effettuare una valutazione degli interessi specifica per il progetto, al fine di concedere permessi eccezionali.

Responsabilità

Secondo i chiarimenti in materia di diritto edilizio della Scuola universitaria professionale per le scienze applicate di Zurigo (ZHAW), il rischio di responsabilità nell'edilizia circolare non va sostanzialmente valutato in modo diverso rispetto a quello dell'edilizia convenzionale. Si applicano pertanto i consueti termini per un ricorso in garanzia (due anni) e per la prescrizione dei difetti occulti (cinque anni). Si noti che le aziende che smontano o forniscono componenti ed eseguono la reinstallazione non si assumono alcuna responsabilità riguardo all'assenza di difetti nei componenti impiegati. È però possibile provvedere a ridurre i rischi di difetti, per esempio predisponendo una selezione accurata e obblighi specifici di verifica o ulteriori lavori di ispezione e manutenzione.

Cambiamento di proprietà

La Legge sui prodotti da costruzione (LProdC) disciplina la prima immissione sul mercato; tale legge finora non si applica a un'installazione ripetuta o al riutilizzo. Tuttavia, si può dedurre indirettamente che la proprietà dell'opera (cioè l'immobile) è responsabile dell'uso sicuro del prodotto (riutilizzato). Se la proprietà possiede già i componenti, per esempio perché vengono riutilizzati nello stesso edificio o in un altro immobile del proprio portafoglio immobiliare, non sussistono ulteriori aspetti legali.

La perizia della ZHAW, tuttavia, raccomanda di documentare ulteriormente gli aspetti rilevanti per la sicurezza di un componente riutilizzabile (resistenza allo scivolamento, rottura del vetro, protezione anticaduta).

Informazioni dettagliate sono disponibili nei documenti del progetto Innosuisse [«Riutilizzo di componenti: quadro giuridico»](#).

4.5 Esempio pratico PAV Pointe Nord, Ginevra

Scheda

Edificio	PAV Pointe Nord
Uso	Amministrazione
Anno di costruzione	2020-2023
Committente	Cassa pensioni del Cantone di Ginevra (CPEG)
Architettura	F. Baud & T. Früh Atelier d'Architecture SA
Progettazione specializzata edilizia circolare	F. Baud & T. Früh Atelier d'Architecture SA

La città di Ginevra, al confine meridionale con i Comuni di Lancy e Carouge, presenta diverse ex aree industriali ben collegate. A nord di quest'area, denominata «Praille Acacias Vernets» (PAV), nel 2017 la Cassa pensioni del Cantone di Ginevra ha acquistato la parcella «Pointe Nord», il cui simbolo è una torre di 16 piani un tempo utilizzata dal produttore



Figura 4.3: La torre di 16 piani, un tempo utilizzata dal produttore di profumi Firmenich, ha beneficiato di un rinnovamento estetico attraverso l'installazione di moduli fotovoltaici colorati sulle facciate e ora genera energia solare rinnovabile. (Foto: Eric Rossier)

di profumi Firmenich. Tra il 2020 e 2023 l'area è stata trasformata, insieme a tre edifici adiacenti, in un centro amministrativo per vari servizi del Cantone di Ginevra. L'attenzione era concentrata sull'edilizia circolare: è stata infatti riutilizzata o riciclata una parte il più grande possibile delle strutture e dei componenti.

Il team di F. Baud & T. Früh Atelier d'Architecture SA (BFSA) ha pertanto condotto un'indagine preliminare per identificare i materiali utilizzabili. È stato possibile riutilizzare gran parte degli allestimenti interni; tavoli, lampade, poltrone e apparecchi da cucina ben conservati sono stati procurati a privati tramite un partner locale. Anche componenti pregiati come i rivestimenti in pietra delle vecchie facciate o gli ingranaggi del vecchio ascensore a



Figura 4.4: Da un vecchio rivestimento di facciata è stata ricavata una pavimentazione in terrazzo alla veneziana per gli spazi interni rinnovati. (Foto: Marcel Kohler/Eric Rossier)

paternoster hanno trovato una nuova destinazione d'uso come parti di mobili da esterno. Conformemente al bilancio di CO₂ del progetto, il riutilizzo in loco e la cessione di componenti hanno permesso di risparmiare circa 177 t di CO₂, pari all'8% delle emissioni totali.

Le misure di riutilizzo sono state completate da miglioramenti energetici e dall'installazione di moduli fotovoltaici colorati sulla facciata della torre, per produrre e utilizzare energia solare in loco. A partire dal 2025, la rete energetica «GéniLac» provvederà al riscaldamento e al raffreddamento dell'aria.

Quali erano gli elementi distintivi del progetto?

- La collaborazione con partner locali, che hanno provveduto allo smontaggio di elementi riutilizzabili e alla loro successiva vendita a privati nel cantiere.
- L'allestimento sul terreno di un'area di stoccaggio nella quale è stato possibile depositare temporaneamente i materiali destinati al riutilizzo.
- Principio di progettazione «Design from Availability»: lavorare con i materiali disponibili. Per esempio, l'asfalto riciclato è stato impiegato per i gradini esterni; un rivestimento di facciata, non smontabile senza danni, è stato trasformato in pavimentazione in terrazzo alla veneziana (down-cycling).

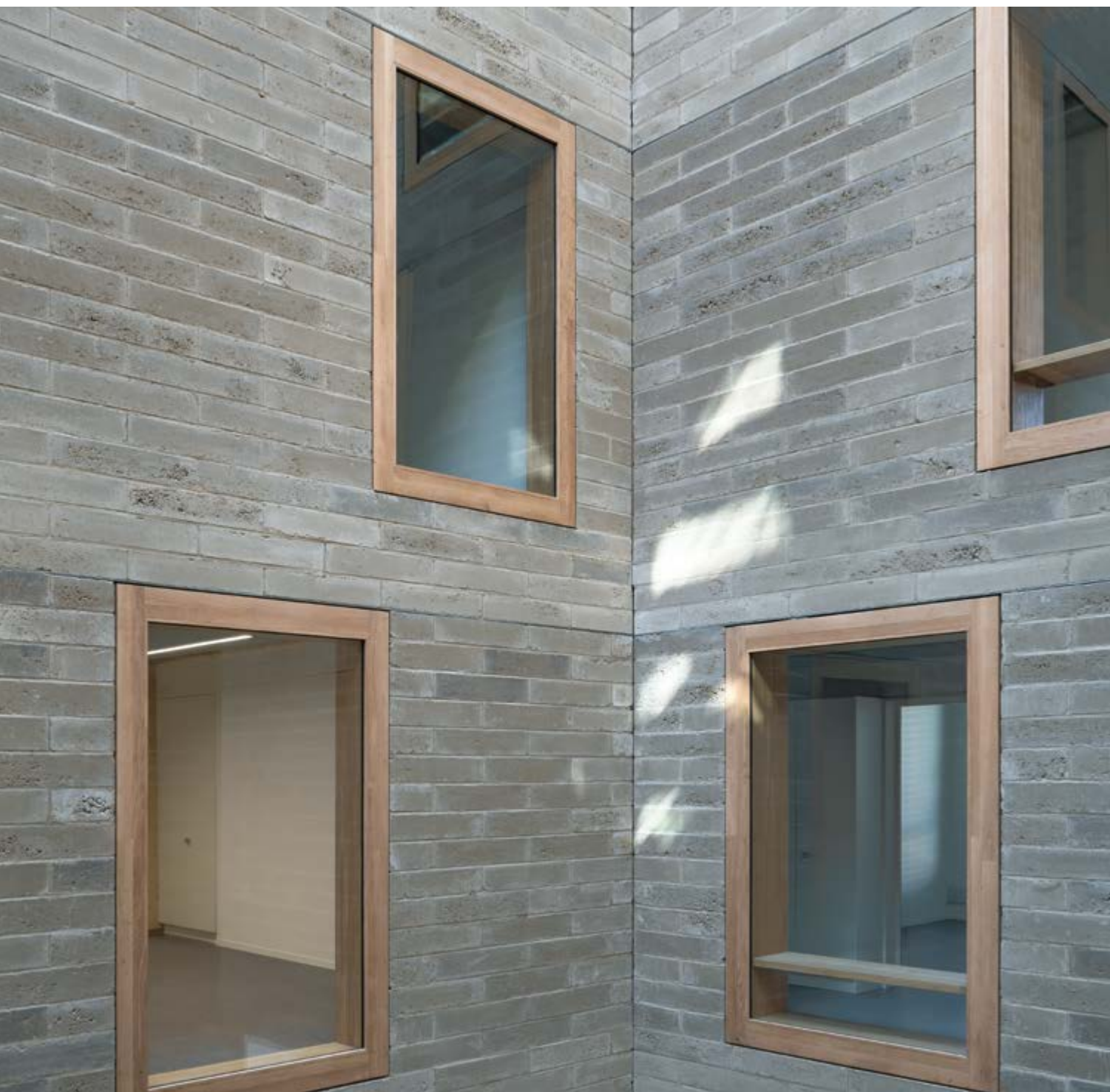
Che cosa ha richiesto lavoro supplementare?

- La gestione delle garanzie è stata difficile: non tutte le aziende coinvolte erano disposte a fornirle per i prodotti riutilizzati. Per ovviare a ciò, il team BFSa ha organizzato tavole rotonde con le persone coinvolte e ha proposto test in loco. Inoltre, è stato assicurato un sufficiente stock di prodotti di riserva per eventuali danneggiamenti gravi.
- La pianificazione e l'approvvigionamento dei materiali hanno richiesto un investimento notevole di tempo. Hanno comportato degli ostacoli le normative antincendio e di isolamento acustico o la perdita di conoscenze per determinate tecniche, per esempio, l'impresa di muratura non produceva pavimentazione in terrazzo alla veneziana da trent'anni.

Che cosa non è riuscito?

Non è stato possibile riutilizzare le porte tagliafuoco poiché secondo le autorità competenti non era consentita alcuna modifica, nemmeno la sostituzione della serratura. Inoltre, era prevista la frantumazione del vecchio rivestimento di facciata con un frantumatore in un cantiere vicino; l'ufficio competente ha negato la frantumazione adducendo come motivazione il divieto di trasporto di rifiuti da un cantiere all'altro. Invece del riciclo sul posto, è stato necessario trasportare il materiale con un camion, lavorarlo a 20 km di distanza presso la sede dell'impresa incaricata e, quindi, riportarlo indietro.

5 Materializzazione



5.1 Modello dei materiali

L'edilizia circolare mira a preservare il più possibile le risorse esauribili e a ridurre in generale il fabbisogno di materiali per nuovi edifici. La progettazione deve quindi garantire costruzioni efficienti. Per la materializzazione stessa vanno scelti materiali e prodotti edili differenti, riciclabili e privi di sostanze nocive. I materiali edili riutilizzabili e quelli con un'alta percentuale di riciclo sono da preferire a quelli derivati dalla produzione primaria. I materiali a base biologica sono generalmente più riciclabili rispetto ai materiali da costruzione minerali; i componenti realizzati con un unico materiale si riutilizzano o riciclano con maggiore qualità rispetto ai materiali compositi.

Oltre ai requisiti funzionali, la scelta dei materiali deve quindi tenere conto dei seguenti criteri:

- durabilità,
- percentuale di riciclo, riciclabilità futura ed efficienza di riciclo,
- origine e catena di approvvigionamento,
- impatto sulla qualità dell'aria interna e sulla salute (assenza di sostanze nocive e a rischio),
- impronta di gas serra specifica del prodotto e impatto sul bilancio complessivo dell'edificio,
- pianificazione dei collegamenti e dei punti di fissaggio per migliorare la possibilità di smantellamento.

Inoltre, andrebbe creata una documentazione delle risorse specifica per l'edificio (vedi sezione «Passaggio dei materiali o delle risorse» al capitolo 4.2).

Disponibilità, logistica e percorsi di trasporto

Le piattaforme commerciali regionali e le borse dell'usato per il riutilizzo di componenti sono in fase di sviluppo. In Svizzera, diversi fornitori stanno ampliando i loro servizi, da semplici ricerche online a offerte di consulenza per architetti e ingegneri civili.

Catene di approvvigionamento brevi e valore aggiunto regionale nella produzione e nel riciclo corrispondono agli obiettivi dell'economia circolare. Anche l'approvvigionamento di materiali da costruzione riciclabili deve orientarsi in questa direzione. Minore è l'impronta di gas serra per la

preparazione o produzione di componenti riutilizzabili o materiali da costruzione riciclati, più importanti diventano il luogo di origine e la distanza di trasporto.

Per i materiali da costruzione riutilizzabili, smontati e reinstallati senza modifiche, oltre la metà delle emissioni indirette di gas serra sono dovute al trasporto. Per questo, le consegne devono essere più brevi possibile e valutate tramite un'eco-contabilità. In generale, il riutilizzo implica una catena di approvvigionamento locale che copre distanze molto più brevi rispetto ai materiali da costruzione tradizionali.

La disponibilità di cemento riciclato è un altro caso particolare: rispetto al normale cemento gettato in opera, un approvvigionamento ecologico è sensato anche con costi aggiuntivi di trasporto, di solito con distanze fino a 30 km in più.

5.2 Scienza dei materiali

Materiali e prodotti da costruzione minerali

Nell'acquisto di materiali da costruzione minerali va richiesta la massima percentuale di materiale riciclato. La produzione di cemento, acciaio, alluminio, vetro e prodotti plastici da risorse secondarie, ricavate dallo smantellamento di edifici o da scarti di fabbricazione interni, resta ad alta intensità energetica: l'impronta di gas serra di questi materiali è notevole, indipendentemente dalle percentuali di riciclo specifiche per ciascun prodotto. È possibile ridurla utilizzando fonti di energia rinnovabile nel processo di rigenerazione. Per alcuni materiali il processo di riciclo comporta inoltre un downcycling.

Per motivi ecologici, i materiali utilizzati nella costruzione, come il cemento, i mattoni e l'acciaio, anche in forma riciclata, vanno utilizzati solo dove garantiscono una lunga durata dell'edificio. Per determinati tipi di edifici, la costruzione in legno o la tecnica costruttiva del *Pisé* sono alternative valide per le strutture portanti e gli involucri. Per le pareti divisorie interne è possibile impiegare mattoni in terra cruda.

Prodotti con emissioni ridotte

Per i componenti dei materiali da costruzione minerali, quali cemento o argilla (mattoni, tegole), si sviluppano nuovi processi volti a ridurre l'impronta di gas serra dei prodotti commerciali. I tipi di cemento disponibili sul mercato e ottimizzati sotto il profilo climatico contengono in genere meno clinker e sono miscelati con ghiaia secondaria carbonatica. Tuttavia, la dichiarazione non è ancora standardizzata (vedi capitolo 5.3 «Sistemi di informazione»).

Materiali da costruzione a base biologica

I componenti e materiali da costruzione a base di legno, argilla, paglia, canapa o cellulosa provengono da materie prime rinnovabili e biodegradabili. Per produrli e smaltirli è generalmente possibile avvalersi di processi naturali. I materiali da costruzione a base biologica sono spesso sottoprodotti dell'agricoltura o di altri settori economici. In tal caso, devono soddisfare le seguenti condizioni: non devono essere addizionati di sostanze estranee e devono provenire da fonti rigenerative basate su una gestione sostenibile delle risorse naturali (foreste, piante coltivate). Le informazioni sull'origine si trovano nei certificati di prodotto o possono essere richieste ai produttori.

Materiali da costruzione compositi

I materiali da costruzione compositi, i sistemi di componenti legati chimicamente, o i materiali a base di legno sono spesso incollati, il che rende difficile o impossibile un riciclo monomateriale al termine della fase di utilizzo. Nella costruzione in legno bisogna quindi valutare attentamente, tramite un'eco-contabilità, per quali strutture utilizzare legno massiccio o legno laminato. Allo stesso modo è opportuno limitare l'uso di rivestimenti protettivi per gli elementi costruttivi in legno.

5.3 Sistemi di informazione

Bilancio dei gas serra

Le analisi ecologiche del ciclo di vita dei materiali da costruzione offrono basi importanti sia per le decisioni costruttive, sia per la valutazione dei prodotti. Gli standard di calcolo stabiliti nel settore della progettazione nazionale (SIA 2032) e le basi dati omogenee (dati dell'ecobilancio KBOB) assicurano un confronto dei materiali a parità di funzione

e durata di utilizzo. Questo sistema di bilancio tiene conto in modo prospettivo anche dello smantellamento e delle diverse percentuali di riciclaggio.

È importante notare che il riciclo dei materiali da costruzione non migliora necessariamente il bilancio indiretto dei gas serra; tuttavia, sostituire materie prime primarie con prodotti riciclati esercita altri impatti positivi sugli ecosistemi (acque superficiali, biodiversità ecc.). In questo contesto, il metodo sopra citato fornisce solide basi decisionali. All'occorrenza, le catene di produzione e fornitura di diversi materiali da costruzione praticamente nuovi possono essere valutate anche con punti di impatto ambientale.

Standard di dichiarazione

La dichiarazione delle emissioni di gas serra specifiche dei prodotti non è ancora regolamentata a livello statale. Alcune informazioni attuali si possono consultare nella lista «Dati di ecobilancio nel settore edile» di KBOB/Ecobau/IPB; le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto, in inglese Environmental Product Declaration (EPD) informano in parte sui valori di emissione di gas serra specifici dei prodotti. I dati di ecobilancio KBOB servono come base riconosciuta per ecobilanci standardizzati, richiesti per le certificazioni degli edifici Minergie, Minergie-ECO e SNBS, oppure applicati per il calcolo dei valori target della norma SIA 390/1 La via climatica. Finora, nei Paesi dell'UE si sono applicati requisiti diversi per le EPD; pertanto, attualmente manca la comparabilità. Nei prossimi anni, l'UE lavorerà a una standardizzazione. Finora, inoltre, i dati delle EPD non sono compatibili con i dati di ecobilancio KBOB. La Svizzera adotterà il regolamento UE rivisto sui prodotti da costruzione. Occorrerà garantire la compatibilità degli approcci e la comparabilità tra gli ecobilanci dei prodotti. È importante che i dati di base siano uniformi, che si consideri l'intero ciclo di vita e si calcolino gli indicatori ambientali rilevanti. L'associazione Ecobau valuta i prodotti ECO con indicazioni forfetarie sulla qualità ecologica.

BIM e altri strumenti di implementazione digitale

L'edilizia circolare rende più complesso il compito di progettazione, poiché è necessario registrare, raccogliere e scambiare dati aggiuntivi (materiali, ecobilanci). Per semplificare i flussi di informazioni e ricavarne basi decisionali adeguate sono utili strumenti di pianificazione, vivamente consigliati

nelle nuove costruzioni. Le rappresentazioni digitali degli edifici create con il Building Information Modelling (BIM) sono utilizzabili anche per la gestione dei dati nell'edilizia circolare. Per esempio, sono già disponibili le prime versioni applicative di Green-BIM, contenenti le norme pertinenti e banche dati complete sui materiali.

5.4 Esempio pratico Maison de l'environnement, Losanna

Scheda

Edificio	Maison de l'environnement, Losanna
Uso	Amministrazione
Anno di costruzione	2017-2021
Committente	Canton Vaud
Architettura	Ferrari Architectes Lausanne SA in collaborazione con JPF Entreprise Générale SA
Progettazione specializzata edilizia circolare	–

Tra il 2017 e il 2021, nel nord-est di Losanna si è realizzato un moderno edificio per uffici destinato al Dipartimento Tutela Ambientale del Canton Vaud. La «Maison de l'environnement» è infatti concepita anche come una casa passiva con lo scopo di rispecchiare l'impegno degli utenti per la tutela dell'ambiente.

Il nucleo dell'edificio è costituito da due cortili interni verdi che favoriscono l'incontro e lo scambio tra le persone e contribuiscono a regolare il clima interno: le aperture di ventilazione ai lati e sul tetto degli atrii creano un effetto camino e favoriscono l'aerazione naturale. Inoltre, i cortili forniscono luce diurna agli spazi adiacenti, creando un'atmosfera gradevole.

La struttura portante dei piani superiori e le facciate sono in legno. Per compensare la scarsa capacità di accumulo termico dell'edificio, le sue pareti interne sono state realizzate in Pisé. Questo materiale offre un'elevata massa inerziale che migliora il comfort termico e regola l'umidità dell'aria. Per il piano interrato è stato utilizzato cemento riciclato.

Figura 5.1: La «Maison de l'environnement» è la nuova sede del Dipartimento Tutela Ambientale del Canton Vaud. (Foto: Duccio Malagamba)



Le pareti divisorie in cartongesso sono fatte in modo che la struttura dell'edificio si adatti a mutate esigenze. Questa flessibilità allunga la durata dell'edificio. Inoltre, la costruzione modulare in legno permette di riutilizzare i componenti alla fine del ciclo di vita. Queste misure hanno permesso di ridurre l'energia grigia dell'edificio all'80% del valore limite richiesto da Minergie-ECO (vedi grafico a barre). Le emissioni di gas serra per la costruzione ammontano a 10,53 kg CO₂eq/m².

Quali erano gli elementi distintivi del progetto?

- Gli utenti avevano la competenza per partecipare attivamente a diversi aspetti dello sviluppo del progetto, come la progettazione degli spazi interni, l'utilizzo dell'acqua o la realizzazione dei tetti verdi.
- Ove possibile, sono stati impiegati materiali locali. Il committente ha commissionato uno studio sulla tracciabilità, dal quale è emerso che il 97% del legno e il 100% del cemento provenivano dalla Svizzera. Gran parte del legno autoctono è stata prelevata da foreste gestite in modo sostenibile nel Canton Vaud.

Energia grigia

Valore del progetto: 620 000 MJ/anno, valore limite 775 000 MJ/anno

Energia non rinnovabile in MJ/anno

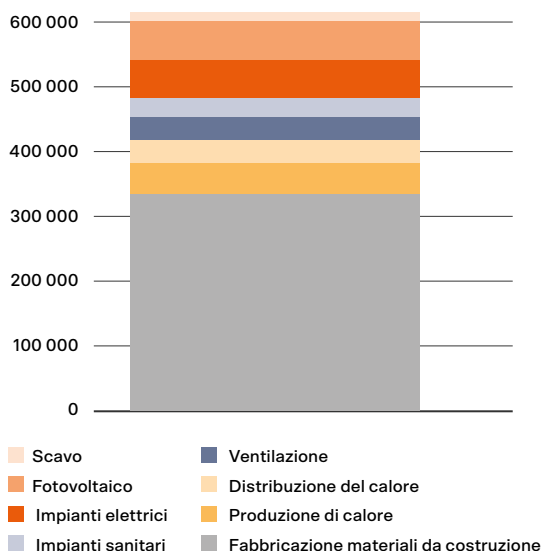


Figura 5.3: Calcoli per l'energia grigia.
(Fonte: Weinmann-Energies SA)

Che cosa ha richiesto lavoro supplementare?

È stato necessario convincere il committente riguardo all'uso dell'argilla per le pareti interne. Delle visite a edifici già realizzati hanno aiutato a chiarire i dubbi.

Che cosa non è riuscito?

Inizialmente, per la produzione dei mattoni di argilla si prevedeva di utilizzare la terra di scavo sul posto. Purtroppo, durante la fase di scavo gli eventi atmosferici avversi hanno impedito questa soluzione: per essere utilizzata, la terra avrebbe richiesto diverse settimane di essiccazione artificiale. Pertanto, è stata utilizzata terra proveniente da altri siti, entro un raggio massimo di 30 km.



Figura 5.2: Uno dei due atri, che non solo porta molta luce naturale nell'edificio, ma, grazie all'effetto camino e ai mattoni di argilla incorporati, influenza positivamente anche il clima interno. (Foto: Duccio Malagamba)

6 Nuove costruzioni



Le nuove costruzioni offrono un'opportunità ideale per applicare in modo esaustivo le strategie di progettazione e costruzione circolare e per creare una documentazione delle risorse specifica per l'edificio.

6.1 Concezione dell'edificio

Nella concezione di un edificio, vanno considerati i seguenti aspetti già nella fase di progettazione:

- **Longevità:** i requisiti tecnici per la durata dei sistemi e impianti di un edificio sono standardizzati e, di conseguenza, definiti come minimi per ogni compito di progettazione. È altrettanto importante valutare precocemente altri fattori che influenzano il ciclo di vita dell'edificio, per esempio i cambiamenti di utilizzo futuri o la necessità di adattamento ai cambiamenti climatici. Per questo è consigliabile condurre, in una fase iniziale della progettazione, scenari di utilizzo alternativi o analisi della sensibilità, per verificare la capacità di adattamento e la versatilità di un edificio.
- **Resilienza:** un tipo di architettura che si avvale di modelli progettuali sempre attuali, conferma il valore duraturo di un edificio e accresce il consenso pubblico. Nel contempo, tale architettura deve essere progettata, in combinazione con la tecnologia, per un funzionamento resiliente. Alla luce delle prevedibili ripercussioni dei cambiamenti climatici, gli edifici devono poter essere adattati a scenari climatici come le ondate di calore, senza sconti al comfort.
- **Flessibilità d'uso:** la disposizione spaziale deve consentire molteplici usi delle superfici. Per mezzo di misure strutturali, spaziali e organizzative devono essere possibili finalità diverse, sia nel tempo, sia per quanto riguarda singole unità spaziali. Anche modelli di planimetria adeguati, che prevedano unità spaziali aperte, per esempio per il co-working o la coabitazione, contribuiscono al risparmio di spazio.
- **Separazione dei sistemi:** per facilitare cambiamenti di utilizzo, manutenzioni e smantellamenti futuri, la separazione dei diversi sistemi e strati dell'edificio è essenziale. Per questo scopo, componenti con funzioni e durata diversi devono essere costruttivamente separati e collegati in modo smontabile. Ciò garantisce che la suddivisione degli spazi possa essere modificata facilmente, o che i componenti possano essere rimossi e riutilizzati in modo più semplice (fig. 6.1).

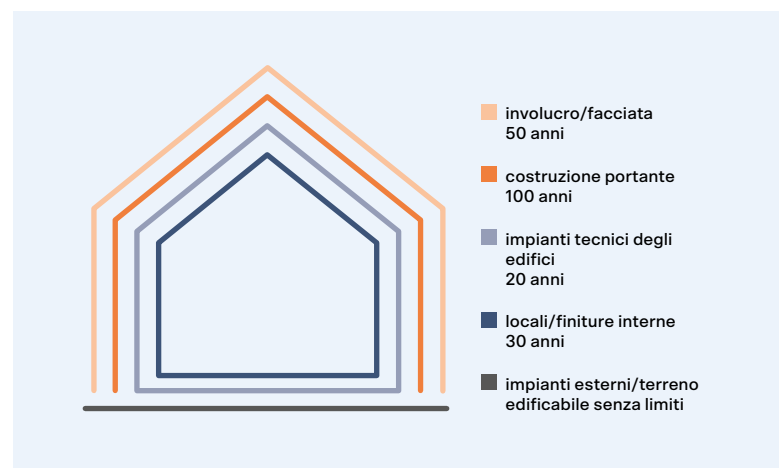


Figura 6.1: Cicli di cambiamento specifici per strato (secondo la DGNB, in base al modello degli «shearing layers» di Stewart Brand).

- **Concetto di smantellamento:** sebbene i nuovi edifici siano progettati per una lunga durata, idealmente per tre o quattro generazioni o più, lo smantellamento futuro va preparato come misura cautelare. Ciò vale ancor di più per i componenti con un ciclo di vita più breve (p.es. facciate, finiture interne, impianti tecnici). A tale scopo va elaborato un modello di riutilizzo e smontaggio da affidare ai responsabili operativi al momento della consegna delle chiavi.

6.2 Struttura portante

Dimensionamento adattabile

Attualmente la struttura portante è già concepita come nucleo dell'edificio di lunga durata. Nell'edilizia circolare, la necessità di ottimizzazione riguarda la semplificazione della configurazione strutturale. Trasmissioni di carico verticali lineari riducono il bisogno di materiali rispetto a uno scheletro edilizio complesso con elementi sporgenti.

Il dimensionamento della struttura portante può accrescere notevolmente la flessibilità d'uso dell'edificio. Le campate e le altezze dei piani vanno progettate in modo adatto a un uso flessibile degli spazi e delle planimetrie. Tuttavia, è importante notare che una struttura portante flessibile non sempre è ideale in termini di efficienza dei materiali; gli effetti sulla gestione sostenibile delle risorse si hanno quindi solo a lungo termine.

6.3 Costruzione

Componenti separabili

La costruzione di un edificio è costituita da diversi sistemi – struttura portante, involucro, finiture interne – e impianti collegati tra loro in vari modi. Nei nuovi edifici è quindi necessario pianificare in anticipo le possibilità di semplificare la manutenzione durante la fase di utilizzo o lo smontaggio alla fine della vita utile. I requisiti per la progettazione di nuovi edifici aumentano in quanto va considerata fin dall'inizio la possibilità di smontare e smantellare materiale per materiale i componenti costruttivi.

Collegamenti reversibili

I collegamenti reversibili di componenti, che generalmente vengono eseguiti in modo meccanico, sono il presupposto ideale per il «Design for Disassembly». Una regola efficace per la connessione prevede di «avvitare o inserire anziché incollare.» I collegamenti che si possono smantellare facilmente migliorano la circolarità di una costruzione modulare o di un'esecuzione con alto livello di prefabbricazione. È inoltre importante che i punti di collegamento rimangano facilmente accessibili. Riguardo

Figura 6.3: Collegamenti reversibili nella «Casa del legno». (Fonte: PIRMIN JUNG Schweiz AG)

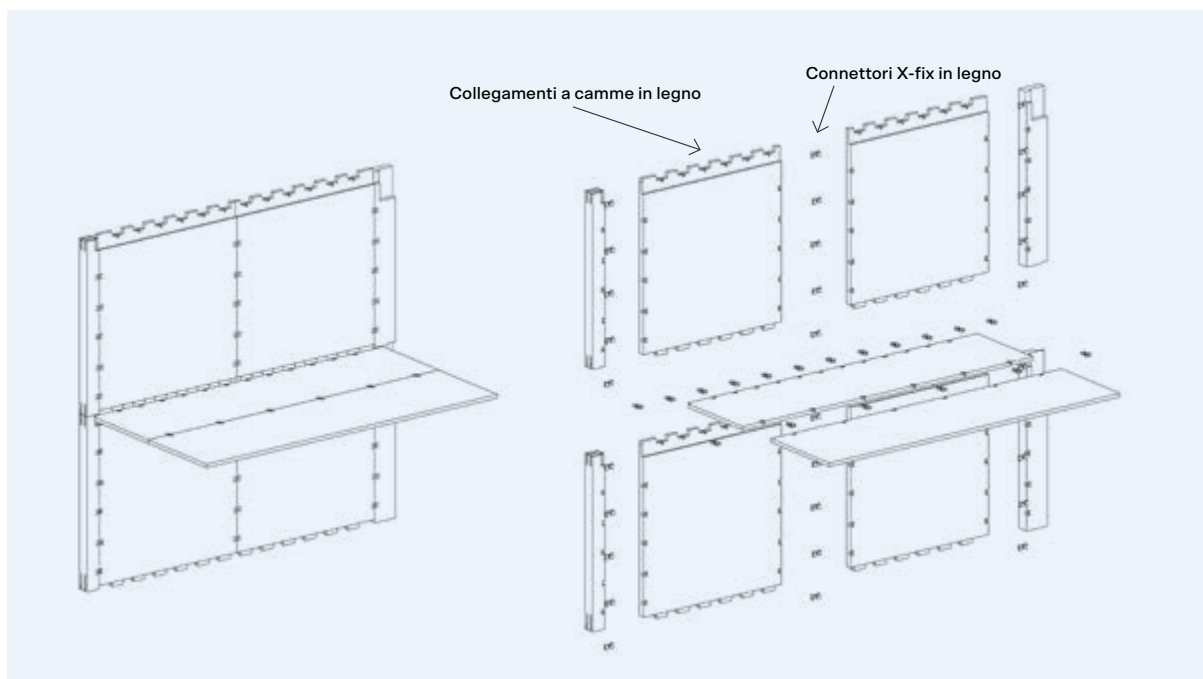


Figura 6.2: Struttura del pavimento nei piani uffici della «Casa del legno». I tubi del sistema di riscaldamento e raffreddamento non sono inglobati ma possono essere facilmente scollegati. (Fonte: PIRMIN JUNG Schweiz AG)

ai servizi tecnici per gli edifici, va quindi tenuto presente che l'integrazione completa di canali e tubazioni nella struttura grezza impedisce la successiva separazione dei diversi materiali da costruzione e va il più possibile evitata.

Protezione duratura

A livello costruttivo è necessario prevedere misure per proteggere i componenti esposti in modo da garantire la longevità dei materiali con il minor sforzo possibile. Un esempio è la protezione dalle intemperie per le facciate esterne: le misure edilizie sono qui preferibili al trattamento con agenti chimici protettivi.

6.4 Materializzazione

Scarso fabbisogno di risorse

Nelle nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni, la materializzazione è un passaggio importante per chiudere il ciclo edilizio. L'attenzione si concentra sui materiali da costruzione con una bassa impronta di gas serra, privilegiando componenti riutilizzati e materiali a base biologica. Se i requisiti statici richiedono l'uso di materiali minerali, vanno impiegati prodotti o materiali da costruzione durevoli e che risparmino il più possibile le risorse (vedi capitolo 5 «Materializzazione»).

Riciclo monomateriale

Un impiego monomateriale è importante, indipendentemente dal materiale stesso. Se le superfici non vengono trattate, possono essere riciclate più facilmente. Nei bandi di gara per prodotti edili, si deve tener conto delle normative per il ritiro del materiale di smantellamento. Un numero crescente di produttori sta già organizzando propri sistemi di raccolta e riciclo (vedi capitolo 7 «Smantellamento»).

6.5 Esempio pratico Haus des Holzes, Sursee

Scheda

Edificio	Casa del legno, Sursee
Uso	Amministrazione e uffici, attività commerciali e appartamenti
Anno di costruzione	Completamento: 2022
Committente	Pirmin Jung Immobilien AG, Sursee
Architettura	Marc Syfrig Architekten ETH SIA BSA, Lucerna
Progettazione specializzata edilizia circolare	Pirmin Jung Schweiz AG, Sursee



Figura 6.4: La «Casa del legno» è costruita quasi esclusivamente con legno locale. (Foto: Marcoleu GmbH)



Figura 6.5: Per garantire la separabilità dei componenti, i progettisti di costruzioni in legno puntano su collegamenti a incastro e a vite. (Foto: Tschopp Holzbau AG)

Dall'autunno del 2022 a Sursee si trova l'edificio di sei piani «Casa del legno». Nuova sede dell'azienda Pirmin Jung Schweiz AG, l'edificio ospita uffici, attività commerciali e appartamenti. È certificato secondo gli standard Edilizia Sostenibile Svizzera (SNBS) Platino e Minergie-P-ECO e insignito del marchio Legno Svizzero.

Con la nuova costruzione, i committenti volevano realizzare un progetto esemplare per la progettazione e la costruzione digitale, bioclimatica e circolare. L'edificio, realizzato con sistema costruttivo in legno, integra le più recenti tecniche per un'elevata efficienza energetica e delle risorse ed è stato progettato con il metodo BIM. Quasi tutti gli elementi costruttivi, compreso il vano scale, il vano ascensore e in parte i sottofondi, sono realizzati in legno autoctono. Le pareti sono concepite come telai in legno rivestiti su entrambi i lati e isolati e, dove necessario, rinforzati con elementi in legno lamellare incrociato. I solai degli uffici sono realizzati a costoloni, quelli degli appartamenti a tavolato. L'isolamento è in lana minerale.

Tutti i componenti sono stati realizzati con collegamenti avvitati o a incastro anziché con chiodi, graffe o colla, in modo da poter essere facilmente separati in seguito. Attraverso dei mockup è stato

possibile verificare in modo realistico questo «Design for Disassembly». Una coerente separazione dei sistemi consente inoltre l'uso flessibile dell'edificio e una lunga durata nonché una corretta separazione dei materiali durante la demolizione.

L'impronta di CO₂ della nuova costruzione è di circa 2200 t, circa 1000 t in meno rispetto a un edificio realizzato in muratura. Nei circa 1600 m³ di legno utilizzati sono inoltre immagazzinate ben 1600 t di carbonio. Le emissioni di gas serra nella fase di costruzione ammontano a 11,11 kg di CO₂eq/m².

Quali erano gli elementi distintivi del progetto?

- L'attenzione era rivolta alla progettazione e costruzione digitale secondo il metodo BIM, nonché alla sostenibilità complessiva nei settori della società, dell'economia e della protezione del clima.
- La scelta dei partner di progetto non è stata fatta partendo da considerazioni economiche, ma considerando l'aspetto del contributo che potevano dare al successo del progetto, in particolare, nel promuovere la progettazione e costruzione digitale nel loro specifico campo di competenza durante i lavori per la Casa del legno.
- La progettazione basata su modello ha permesso di misurare e controllare costantemente i materiali utilizzati e i processi. Questa trasparenza ha portato un valore aggiunto per la comunicazione.

Quali sono state le sfide maggiori?

Il lavoro con un modello digitale e la separazione coerente dei sistemi hanno richiesto la rivisitazione di molti processi. Tuttavia, poiché era possibile contare su un team interdisciplinare interno all'azienda, è stato possibile trovare rapidamente nuove soluzioni.

Secondo il team di progetto non esistono ostacoli insormontabili: l'edilizia circolare è realizzabile se si adotta un approccio aperto e si coinvolgono tempestivamente i relativi esperti.

Che cosa ha richiesto lavoro supplementare?

L'implementazione dei nuovi processi e la progettazione digitale hanno comportato costi aggiuntivi. Tuttavia, tutti i partecipanti al progetto erano consapevoli di percorrere nuove strade e hanno accettato i maggiori costi correlati.

7 Smantellamento



7.1 Edifici come depositi di materiali

L'economia circolare considera gli edifici come magazzini temporanei di materiali. Idealmente, il materiale utilizzato per la loro costruzione viene prelevato dalla natura per un determinato periodo e, alla fine della vita utile dell'edificio, reintrodotta nel ciclo dei materiali, per un ulteriore utilizzo in una costruzione o per essere restituito alla natura. Se il materiale deve essere riutilizzato, la qualità dovrebbe rimanere il più possibile inalterata. Gli edifici attuali non sono ancora costruiti in modo tale e i loro componenti non sono sufficientemente documentati da poter essere facilmente smontati nelle loro singole parti o componenti. Per lo più, alla fine del loro utilizzo vengono demoliti e non possono essere reintrodotti nel ciclo naturale, o solo con difficoltà.

Smantellamento selettivo

Nello smantellamento selettivo i componenti di un edificio vengono separati in modo tale che le loro proprietà e funzioni siano conservate il più possibile. L'obiettivo è ottenere una percentuale elevata di componenti riutilizzabili; come seconda priorità segue il riciclo di alta qualità dei detriti non tossici. Meno materiale possibile dovrebbe essere recuperato termicamente o smaltito in discarica. Ciò significa che l'edificio deve essere smontato strato per strato, il che richiede una pianificazione accurata e un'esecuzione esperta dello smantellamento. Informazioni dettagliate ed esempi di applicazione si trovano nell'opuscolo [«Smantellamento selettivo – Costruzione smantellabile»](#), elaborato su incarico dell'Ufficio federale dell'ambiente.

Analisi delle sostanze inquinanti

Negli edifici più vecchi si devono prevedere sostanze nocive. Per questo motivo, per i progetti di costruzione soggetti a permesso è legalmente prescritta un'analisi delle sostanze nocive per gli edifici già esistenti, costruiti prima del 1990. Se sono presenti sostanze inquinanti o se si accumulano più di 200 m³ di rifiuti edili (incluso il materiale di scavo), è necessario un piano di smaltimento. I componenti o i materiali contenenti sostanze inquinanti devono essere rimossi prima dello smantellamento effettivo e smaltiti separatamente dagli altri rifiuti.

Gli standard edilizi Minergie-ECO e SNBS richiedono, per tutti i lavori di modernizzazione, rinnovamento e smantellamento di edifici costruiti prima del 1990, un [controllo delle sostanze inquinanti](#).

Inventari di materiali e componenti

Un elemento importante dello smantellamento selettivo, oltre all'analisi delle sostanze inquinanti, è un'indagine sui componenti e sui materiali da rimuovere. Attualmente non esiste ancora una procedura standardizzata per questo, per esempio sotto forma di passaporti di materiali o componenti. Un primo approccio è fornito dalla norma [SPEC DIN 91484](#) «Procedura per la registrazione dei prodotti da costruzione come base per le valutazioni del potenziale di riutilizzo prima dei lavori di demolizione e ristrutturazione». Può essere utilizzata come guida per la creazione dei cosiddetti Pre Demolition Audits, ovvero inventari di risorse o componenti di edifici già esistenti.

Un semplice strumento per stimare quanto dei materiali da costruzione e dei componenti è adatto al riutilizzo e, come seconda priorità, al riciclaggio, è [l'Analisi del potenziale «edilizia circolare»](#) di Eco-bau, che offre modelli per la registrazione di componenti e prodotti da costruzione. La relativa guida spiega la procedura.

Sulla base degli inventari registrati è possibile creare modelli per il riutilizzo e il riciclaggio. Di regola il riutilizzo è preferibile al riciclaggio ad alta intensità energetica, come previsto anche dalla norma SIA 430 «Prevenzione e smaltimento dei rifiuti edili» a partire dalla sua revisione nel 2023. Ciò vale sia per i progetti di smantellamento completi, sia per i rinnovamenti o le riparazioni.

7.2 Riutilizzo

Il concetto di riutilizzo stabilisce:

- quali componenti e materiali sono adatti al riutilizzo,
- come vengono smontati,
- dove vengono immagazzinati e
- attraverso quali canali vengono ulteriormente distribuiti.

Regola inoltre le responsabilità dei diversi soggetti coinvolti e la ripartizione dei costi.

Vanno chiariti in anticipo il momento esatto dello smontaggio, il suo processo, il trasporto e lo stoccaggio dei componenti. I componenti devono essere contrassegnati individualmente e protetti dai danneggiamenti. A seconda del loro stato, vengono puliti, trattati o riparati sul posto. Lavorazioni più complesse avvengono generalmente al di fuori del sito di smantellamento, presso aziende specializzate adatte allo scopo. Tutti i componenti vengono documentati con relativo passaporto.

È importante calcolare abbastanza tempo per l'inventario, l'intermediazione e lo smontaggio dei componenti, e che sia presente nel sito di smantellamento un punto di raccolta.

Informazioni dettagliate sulla procedura si trovano nel foglio informativo [«Riutilizzo di componenti»](#).

7.3 Recupero di materiali

Per ottenere materiali da costruzione riciclati di qualità elevata, i rifiuti devono essere separati in bacini specifici per materiale già durante lo smantellamento. Se nel cantiere manca lo spazio per la separazione specifica per materiale, i rifiuti possono anche essere separati in un impianto adatto nella struttura di riciclaggio. Tuttavia, ciò porta di solito a frazioni meno utilizzabili rispetto alla separazione durante lo smantellamento.

Scopo dell'edilizia circolare è trasformare la maggior parte possibile del materiale di smantellamento non riutilizzabile in materie prime secondarie. Per raggiungere questo obiettivo, i committenti possono richiedere nella gara d'appalto per lo smantellamento un tasso di riciclaggio elevato. Ciò non riguarda solo le frazioni di rifiuti usuali come metalli o materiali da costruzione minerali; oggi ci sono sempre più sistemi di ritiro di produttori per materiali da costruzione, per esempio pavimentazioni o membrane per copertura in PVC, lastre di cartongesso e gesso pieno, o materiali isolanti. Ulteriori informazioni al riguardo sono disponibili per esempio nei fogli informativi ecoBKP di Ecobau. Alla voce [«112 Demolizioni / smantellamento / smaltimento»](#) sono elencati percorsi di smaltimento per i singoli materiali da costruzione. I modelli per la gara d'appalto si trovano nell'[«ecoDevis 117: Demolizioni e smontaggi»](#).



Figura 7.3: Pilastri, travi ed elementi del solaio dell'ex parcheggio Lysbühl a Basilea vengono smantellati elemento per elemento e saranno successivamente riutilizzati in due nuovi edifici. (Immagine: Muriel Mangold)

Percentuali di riciclaggio di diversi materiali da costruzione

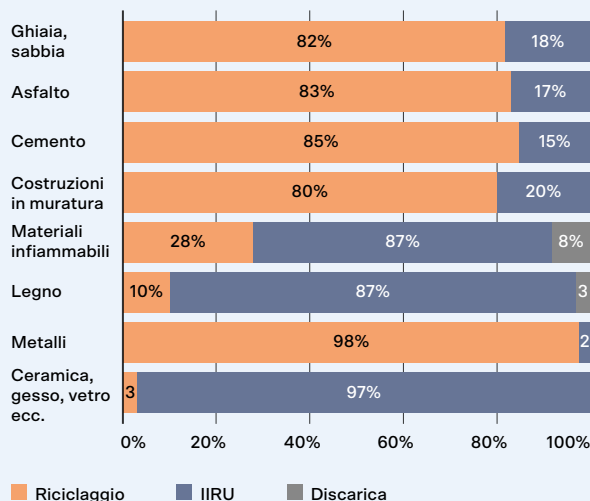


Figura 7.1: Oggi in Svizzera i materiali da costruzione minerali vengono già in gran parte riciclati; per i materiali combustibili, il legno, la ceramica, il gesso e il vetro, invece, esiste ancora un grande potenziale di riciclaggio. (Grafico: Empa, 2016)

Figura 7.4: L'Unit «UMAR» è situata sulla piattaforma centrale. Sono ben visibili le lastre di rame riutilizzate sotto e sopra le finestre: le diverse tonalità di colore sono dovute all'ossidazione. (Foto: Zooey Braun, Stoccarda)



7.4 Esempio pratico Nest-Unit Urban Mining and Recycling (UMAR), Dübendorf

Scheda

Edificio	Urban Mining & Recycling (UMAR), Dübendorf
Uso	abitazione
Anno di costruzione	2018
Committente	Empa (piattaforma NEST)
Architettura	Werner Sobek, Dirk E. Hebel e Felix Heisel
Progettazione specializzata edilizia circolare	Werner Sobek, Dirk E. Hebel e Felix Heisel

Da alcuni anni, l'Empa gestisce a Dübendorf la piattaforma di ricerca «NEST», volta a testare nella pratica approcci innovativi per il settore dell'edilizia. Uno dei progetti è l'unità abitativa «Urban Mining & Recycling» (UMAR), creata con l'idea che tutte le risorse impiegate potessero essere completamente riutilizzate, riciclate o compostate. L'obiettivo era creare un edificio completamente circolare con una superficie di quasi 130 m² che servisse da alloggio per due studenti alla volta per diversi anni.

La struttura portante e parte della facciata dell'UMAR sono in legno non trattato, in modo da rimanere compostabile. Il legno è protetto dove serve da misure costruttive come piastre di rame montate provenienti da un albergo in Austria. I cambiamenti di colore dovuti all'ossidazione trasformano le piastre in elemento di design. I moduli in legno non sono stati incollati, ma giuntati e avvitati. Grazie a queste tecniche di connessione, il materiale rimane separabile in base al tipo.

Le pareti interne sono realizzate con pannelli a secco in argilla e fibre di canapa, mentre la parete divisoria del soggiorno è costituita da un pannello ricavato da cartoni per bevande tritati e compressi. I piani cucina e le cabine doccia sono realizzati in vetro riciclato; per il rivestimento idrorepellente della parete è stato utilizzato polietilene riciclato da tappi e lastre da taglio. Per l'isolamento si utilizza tessuto di cotone sminuzzato proveniente da jeans dismessi.

Secondo i calcoli del team di progetto, l'UMAR raggiunge una circolarità del 96% – un valore che non è stato raggiunto per nessuna nuova costruzione a livello mondiale. I costi al momento della costruzione erano del 12-15% in più rispetto a una costruzione convenzionale; questa differenza potrebbe essere oggi già compensata a causa dell'aumento dei prezzi delle materie prime e dei materiali. Inoltre, il progetto non era esplicitamente finalizzato alla parità di costi, ma alla massima circolarità.

Quali erano gli elementi distintivi del progetto?

Per poter prelevare materiale per nuovi edifici durante lo smantellamento ed evitare rifiuti, le risorse utilizzate devono essere separabili per tipo. Ad esempio, i vetri delle finestre sono dotati di una guarnizione a secco invece che di silicone e i tubi di installazione per le condutture dell'acqua sono avvitati invece che saldati.

Altra caratteristica esemplare è la prefabbricazione dei singoli moduli in fabbrica, che permette di installare l'intera unità edilizia in cantiere in soli tre giorni. Questo tempo di realizzazione estremamente breve illustra il potenziale della costruzione industriale.

Creando l'UMAR i responsabili volevano dimostrare che l'edilizia circolare non è fantascienza ma può essere realizzata già oggi. Il progetto dimostra inoltre che molte misure possono essere implementate senza costi aggiuntivi. L'Empa stima che oggi sia già possibile raggiungere una circolarità del 50% a costi neutri.

I materiali e i prodotti utilizzati sono presentati nell'area d'ingresso dell'UMAR in una biblioteca dei materiali che include ad esempio schede tecniche con informazioni sul produttore e specifiche importanti. [Versione online della biblioteca dei materiali](#)

Che cosa ha richiesto lavoro supplementare?

C'è voluto molto lavoro di ricerca per trovare i materiali adatti. Anche i metodi costruttivi innovativi, come la sigillatura delle finestre con una guarnizione a secco, hanno richiesto più sforzo di progettazione rispetto alle soluzioni convenzionali. Ma



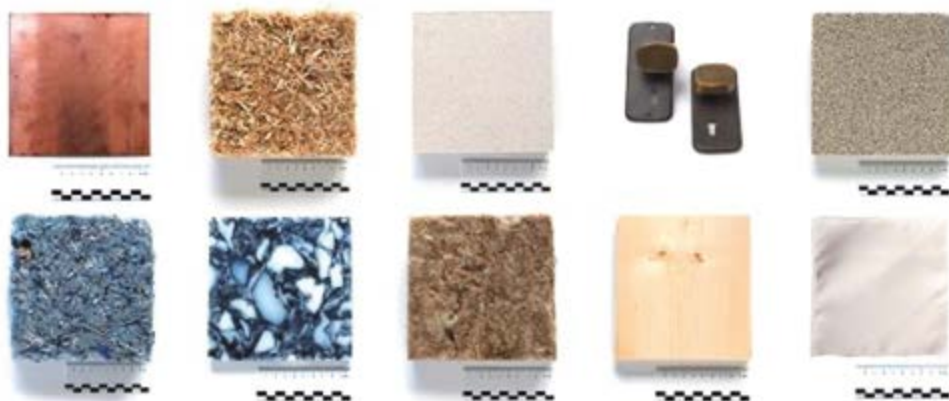
Figura 7.5: L'elemento divisorio mobile è costituito da mattoni riciclati, infilati senza malta in una griglia metallica. (Foto: Zooey Braun, Stoccarda)

con ogni progetto aumenta il know-how e diminuisce lo sforzo per il prossimo edificio circolare perché ci si può basare su ciò che è già stato testato.

Che cosa non è riuscito?

I responsabili sono riusciti a realizzare tutto ciò che si erano prefissati. La qualità abitativa è convincente, gli studenti hanno finora espresso solo feedback positivi. Non sono circolari soltanto gli elettrodomestici (contabilizzati nel bilancio dell'edificio) e l'isolamento delle tubazioni: per quest'ultimo, non è stata reperita sul mercato un'alternativa all'attuale metodo di incollaggio dell'isolamento minerale con un foglio di alluminio (soluzione che purtroppo non è riciclabile).

Figura 7.6: I materiali e i prodotti utilizzati sono presentati nell'area d'ingresso dell'UMAR in una biblioteca dei materiali (Foto: René Müller)



8 Condizioni generali



In base alla legge sulla protezione dell'ambiente i rifiuti, se possibile, devono essere evitati o riciclati e smaltiti nel modo più ecologico possibile. Nell'ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti (OPSR) ciò viene concretizzato per diversi tipi di rifiuti. L'ordinanza prescrive tra l'altro il riciclaggio dei rifiuti minerali derivanti dalla demolizione di opere edili. A parte ciò, la maggior parte delle misure per promuovere l'economia circolare e l'edilizia circolare sono ancora su base volontaria, ma sono in corso sviluppi normativi sia in Svizzera sia a livello europeo.

8.1 Quadro giuridico

Legge sulla protezione dell'ambiente

Nel marzo 2024 il Parlamento ha adottato diverse modifiche al quadro normativo basate sull'iniziativa parlamentare «Rafforzare l'economia circolare svizzera». La revisione della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb), della legge sull'energia (LEne) e della legge federale sugli appalti pubblici (LAPub) riguarda i settori più diversi. La LPAmb riveduta, posta in vigore all'inizio del 2025, prevede tra l'altro che il Consiglio federale possa emanare prescrizioni per un'edilizia rispettosa delle risorse, per esempio norme sul riutilizzo di componenti, sull'uso di materiali da costruzione ecologici o riciclati e sulla possibilità di smantellamento delle opere edili. La Confederazione ha anche l'incarico di assumere un ruolo esemplare per le proprie opere edili. Una gerarchia di valorizzazione specifica inoltre che il riutilizzo e il riciclaggio materiale dei rifiuti sono prioritari rispetto al recupero energetico. L'attuazione della revisione legislativa a livello di ordinanza avverrà in modo graduale nei prossimi anni.

Legge sull'energia: valori limite per l'energia grigia

La legge federale sull'energia (LEne) riveduta, in vigore dall'inizio del 2025, impone ai Cantoni di stabilire valori limite per l'energia grigia nella costruzione di nuovi edifici e nelle ristrutturazioni significative di edifici già esistenti. Ciò mira a promuovere la domanda di materiali da costruzione a bassa energia grigia e a sostenere un metodo di costruzione a basso consumo di risorse.

La revisione del Modello di prescrizioni energetiche dei Cantoni (MoPEC) riprende questa disposizione della legge sull'energia. Il MoPEC di base contiene valori limite per l'energia grigia, ovvero per le emissioni di gas serra legate alla costruzione. Se la Conferenza dei direttori cantonali dell'energia (CdEN) approverà questa proposta, spetterà ai Cantoni l'attuazione dei valori limite attraverso le legislazioni cantonali.

Legislazione sui prodotti da costruzione

La revisione dell'ordinanza sui prodotti da costruzione (Construction Products Regulation, CPR) approvata nel novembre 2024 aggiorna le normative UE esistenti in questo settore e consente di adattare la standardizzazione ai nuovi sviluppi tecnici. I passaporti digitali dei prodotti informeranno meglio i consumatori e faciliteranno le decisioni ecologiche. La nuova ordinanza ha anche lo scopo di facilitare l'adozione di nuove norme e di autorizzare la Commissione Europea a stabilire specifiche comuni in determinate condizioni.

La legislazione svizzera sui prodotti da costruzione, come il CPR, si applica ed è strettamente correlata all'immissione sul mercato dei materiali da costruzione. L'Accordo bilaterale con l'UE sul reciproco riconoscimento in materia di valutazione della conformità (Mutual Recognition Agreement, MRA) consente alla Svizzera l'accesso senza ostacoli al mercato unico europeo nel settore dei prodotti da costruzione. Per continuare a garantire l'equivalenza con il CPR la legislazione svizzera sui prodotti da costruzione sarà riveduta.

La legge sulla protezione dell'ambiente riveduta conferisce al Consiglio federale la competenza di stabilire requisiti per la costruzione di opere edili, e non solo per l'immissione sul mercato dei prodotti da costruzione. I possibili requisiti non influiscono quindi sull'equivalenza della legislazione svizzera sui prodotti da costruzione con il CPR dell'UE.

8.2 Norme

Norma SIA 390/1 «La via climatica – Bilancio dei gas serra per il ciclo di vita degli edifici»

Questa norma quantifica le emissioni di gas serra degli edifici lungo il loro intero ciclo di vita e stabilisce valori limite e obiettivi per la costruzione e il funzionamento di un edificio, in relazione al suo uso. La norma sostituisce il foglio informativo SIA 2040 «La via SIA verso l'efficienza energetica» ed è in vigore dal febbraio 2025.

Norma SIA 430:2023 «Prevenzione e smaltimento di rifiuti edili»

La norma descrive le misure necessarie nelle diverse fasi SIA per garantire una gestione sostenibile dei materiali da costruzione.

Foglio informativo SIA 2032:2020 «Energia grigia – Bilancio ecologico per la costruzione di edifici»

Il foglio informativo fornisce la base per il metodo di valutazione e calcolo di un ecobilancio degli edifici idoneo alla pianificazione.

Norme ISO

La famiglia di norme ISO 59000, pubblicata dall'Organizzazione internazionale per la normazione (ISO) mira ad accelerare la transizione verso l'economia circolare. Queste norme comprendono per la prima volta [definizioni e regole internazionali per l'economia circolare](#).

8.3 Requisiti derivanti da standard di costruzione e certificazioni per gli edifici

Molte certificazioni degli edifici coprono requisiti specifici dell'economia circolare e forniscono ai progettisti indicazioni importanti su come progettare e pianificare un edificio circolare. Oltre alle certificazioni svizzere elencate di seguito, anche gli standard internazionali DGNB, BREEAM e LEED stabiliscono requisiti sulla circolarità degli edifici.

Minergie

Dal 2023 tutti gli standard Minergie fissano valori limite specifici per le emissioni grigie di gas serra per le nuove costruzioni di tutte le categorie di edifici. Il calcolo delle emissioni è metodologicamente identico rispetto a Minergie-ECO e, in futuro, al MoPEC. A differenza del complemento ECO, i valori limite sono definiti in modo meno severo per favorire

un'ampia applicazione e adattarsi a tutti i siti. I valori limite tipici per un edificio plurifamiliare sono 13 kg di CO₂eq/m², con la possibilità di includere le emissioni degli impianti fotovoltaici e delle sonde geotermiche. I valori limite saranno progressivamente inaspriti nell'ambito di uno schema di riduzione.

Minergie-ECO

Il complemento ECO aggiunge agli standard di costruzione Minergie una costruzione circolare e rispettosa del clima, promuovendo un clima interno salubre; richiede un bilancio dell'energia grigia e delle emissioni di gas serra durante la costruzione e stabilisce due valori limite: il valore limite 1, tipicamente di circa 10,5 CO₂eq /m² e il valore limite 2, leggermente superiore, tipicamente di quasi 13 CO₂eq /m². Sono inclusi il calcolo e la valutazione del valore residuo ecologico di un edificio in caso di eventuale smantellamento. Alcune proprietà dei materiali, come l'impiego di risorse locali o prodotti certificati ECO, si verificano separatamente nel catalogo dei requisiti. Lo standard include anche requisiti per la flessibilità d'uso, il riutilizzo, la protezione del clima, l'economia circolare o la possibilità di smantellamento e il riciclaggio. Lo standard viene costantemente sviluppato e offre a progettisti e committenti spazio per stabilire priorità individuali.

Standard Edificio Sostenibile Svizzera

Lo Standard Edificio Sostenibile Svizzera (SNBS-Edificio) tratta l'economia circolare come tema trasversale, disciplinato da diversi criteri. Ciò ha già inizio nelle prime fasi del progetto con criteri come «Obiettivi e capitolato d'onori» (111) e «Urbanistica e architettura» (112). Il criterio 213 «Riutilizzo e separazione dei sistemi» valuta la possibilità di smantellamento non distruttivo (Design for Disassembly), l'accessibilità della tecnologia edilizia, il riutilizzo degli elementi costruttivi e la creazione di una documentazione dei materiali. Poiché tiene conto dell'energia grigia e delle emissioni di gas serra durante la costruzione, SNBS generalmente premia la circolarità. Ad esempio, il criterio «Emissioni di gas serra costruzione» (311) prevede una detrazione di punti nella valutazione, se un edificio già esistente viene demolito prima di raggiungere i 60 anni di vita utile. Altri criteri che favoriscono almeno indirettamente i progetti circolari sono «Costi del ciclo di vita» (211), «Flessibilità e variabilità d'uso» (223), «Materiali da costruzione ecologici» (332) e «Acqua» (342). Gran parte di questi criteri corrispondono ai criteri ECO.

9 Ulteriori informazioni

Ulteriori approfondimenti, siti Internet e strumenti di pianificazione si trovano su enbau.ch/zirkulaeres-bauen.

9.1 Altre guide

«Edilizia circolare: guida per investitori e committenti» di SvizzeraEnergia

Riutilizzo di componenti: [quadro giuridico](#). ZHAW, Zirkular GmbH, 2024

[Carta per l'edilizia circolare](#)

[Guida «Rendere la circolarità misurabile»](#). Verein C33

9.2 Punti di informazione

Associazione Ecobau

Associazione degli uffici edilizi federali, cantionali e comunali con lo scopo di affermare in Svizzera come standard l'edilizia salutare, ecologica e sostenibile. ecobau.ch

Associazione Cirkla

Associazione di attori nel campo del riutilizzo (Re-use). cirkla.ch

Associazione C33 –centro di coordinamento svizzero per l'edilizia circolare

Punto di informazione neutrale per l'economia circolare nel settore edile svizzero. circularconstructioncatalyst.ch

Associazione Circular Economy Switzerland

Piattaforma di coordinamento e scambio per l'economia circolare. circular-economy-switzerland.ch

9.3 Formazione e specializzazione

CAS edilizia circolare

La specializzazione professionale è condotta da EN Bau in collaborazione con ETH Zurigo, SIA inForm e Zirkular GmbH. enbau.ch/zirkulaeres-bauen

Corso «Progettazione e realizzazione circolari»

corso di una giornata offerto da Ecobau e SIA inForm: ecobau-zirkulaeres-entwerfen.events.sia.ch

Edilizia circolare nella formazione professionale

Diversi corsi sull'edilizia circolare per apprendisti e insegnanti nel settore pianificazione territoriale ed edilizia: future-perfect.ch/zirkulaeres-bauen

Fonti delle immagini:

Esch Sintzel Architekten, foto: Philip Heckhausen (pagina 1)
baubüro in situ, foto: Martin Zeller (pagine 4, 7, 11, 22)
baubüro in situ, progetto facciata (pagina 8)
Zirkular GmbH (pagina 9)
Rita Palanikumar, 13Photo (pagina 14)
Erneuerung – nachhaltiges Weiterbauen, Faktor Verlag (pagina 17)
Georg Aerni (pagina 18 e 19 a sinistra)
Progetto: Meili & Peter Architekten AG (pagina 19 in basso)
Studio Gataric Fotografie (pagina 19 a destra)
Stellwerkost, Matthias Niedermann (pagina 20)
Eric Rossier (pagina 24 e 25 a destra)
Marcel Kohler (pagina 25 a sinistra)
Duccio Malagamba (pagina 26, 29 e 30)
TUM.wood (pagina 31)
PIRMIN JUNG Schweiz AG (tutte e tre le immagini a pagina 33)
Marcolem GmbH (pagina 34)
Tschopp Holzbau AG (pagina 35)
UMAR (pagina 36)
Muriel Mangold (pagina 38)
Zooey Braun, Stoccarda (pagina 39 e 40 in alto)
René Müller (pagina 40 in basso)
Zirkular, Pascal Hentschel (pagina 41)

SvizzeraEnergia
Ufficio federale dell'energia UFE
Pulverstrasse 13
CH-3063 Ittigen
Indirizzo postale: CH-3003 Berna

Infoline 0848 444 444
infoline.svizzeraenergia.ch

svizzeraenergia.ch
svizzeraenergia@ufe.admin.ch
ch.linkedin.com/company/svizzeraenergia