



Costruire in modo sostenibile impiegando materiali minerali da costruzione

Berna, 6 maggio 2024
Versione 1.0

Sapevate che...?

- ... i materiali minerali da costruzione sono in parte **riutilizzabili, direttamente e integralmente, come componenti?**
- ... già nella **pianificazione si stabilisce sia il quadro di riferimento per uno smantellamento delle opere edili finalizzato alla conservazione dei componenti**, sia la separabilità, il riutilizzo e la riciclabilità successive dei materiali da costruzione e dei componenti?
- ... in Svizzera i materiali minerali da costruzione vengono preparati **a livello regionale e in modo decentralizzato**, nei pressi dei cantieri, evitando così trasporti a lunga distanza che generano emissioni di gas serra?
- ... **considerando la disponibilità di materie prime e di materiali riciclati, la Svizzera potrebbe in teoria garantire un autoapprovvigionamento al 100 per cento** di materiali minerali da costruzione¹?
- ... in particolare la fabbricazione di materiali da costruzione cotti **emette enormi quantità di gas serra** che spesso, della fase di utilizzo, non possono essere compensate integralmente con risparmi energetici? Perciò i componenti fabbricati vanno utilizzati con moderazione e **possibilmente a lungo**.
- ... **il calcestruzzo con aggregati riciclati preserva le risorse naturali di sabbia e ghiaia?** L'utilizzo di aggregati riciclati corrisponde allo stato attuale della tecnica.
- ... l'intensa attività di **ricerca e sviluppo** ha ottenuto i primi successi nella **riduzione delle emissioni di gas serra da calcestruzzo e cemento?**
- ... in caso di smantellamento di opere edili, **oltre l'80 per cento dei materiali minerali da costruzione rimane all'interno del ciclo?**

¹ Esposizione «Materia Helvetica», 2022 (<https://materia-helvetica.ch/it>). Attualmente viene importato circa il 20 per cento dei materiali minerali da costruzione.

Indice

1	Premessa.....	3
2	Materiali minerali da costruzione: definizione	3
3	Legislazione	4
4	Consumo attuale e flussi dei materiali minerali da costruzione	6
5	Riciclaggio: norme da considerare e stato della tecnica	7
6	Valutazione ecologica da eseguire sui materiali minerali da costruzione	9
7	I materiali minerali da costruzione nell'economia circolare	11
8	Aspetti da considerare per l'impiego sostenibile dei materiali minerali da costruzione.....	13
9	Il calcestruzzo quale materiale da costruzione: sviluppi e innovazioni	20
10	Raccomandazioni concernenti le fasi di progettazione e costruzione.....	21
11	Ulteriori ausili per l'attuazione	24

Colofone

Redazione

Direzione René Bähler, KBOB
Autori Intep Integrale Planung GmbH

In collaborazione con

Rappresentanti di Costruozionesvizzera, Risorse Minerarie Svizzera, Ufficio federale dell'ambiente e del Gruppo specializzato Costruzioni sostenibili della KBOB

Editore

KBOB, c/o Ufficio federale delle costruzioni e della logistica,
Fellerstrasse 21, 3003 Berna
<http://www.kbob.admin.ch>

1 Premessa

Obiettivi della presente raccomandazione

- Fornire una panoramica su come costruire in modo sostenibile utilizzando materiali minerali da costruzione e applicare così un metodo di costruzione sostenibile laddove opportuno.
- Creare le basi per sfruttare in maniera appropriata le proprietà dei materiali minerali da costruzione a seconda del loro utilizzo e della loro integrazione.
- Trasmettere le conoscenze in materia di protezione del clima e delle risorse nell'ambito dell'impiego di materiali minerali da costruzione, nonché spiegare le valutazioni da fare nel perseguimento di questi due obiettivi.
- Esporre vantaggi e svantaggi dei materiali minerali da costruzione per gli utenti.
- Indicare i rimandi agli strumenti esistenti, alle tendenze in corso e alle fonti di informazione.

Destinatari della presente raccomandazione

- Organi della costruzione e degli immobili della Confederazione
- Committenti pubblici della Confederazione, dei Cantoni e dei Comuni
- Imprese parastatali

Delimitazione

- A titolo di esempio vengono illustrati tipi e applicazioni di materiali minerali da costruzione. Non essendo esaustiva, la presente raccomandazione non consente di menzionare tutti i tipi di materiali minerali da costruzione e le rispettive applicazioni.
- Essa tratta soprattutto l'applicazione dei materiali minerali da costruzione nell'edilizia, ma vengono presentati anche alcuni esempi relativi al genio civile.
- La presente raccomandazione non è una guida per i progettisti.
- Lo scopo non è approfondire il tema dell'economia circolare nel settore delle costruzioni, bensì esporre soltanto gli aspetti rilevanti correlati ai materiali minerali da costruzione affinché le persone interessate possano, idealmente, metterli poi in pratica.

2 Materiali minerali da costruzione: definizione

Di cosa si tratta

Si tratta sostanzialmente di componenti ricavati da materie prime minerali, ossia dai cosiddetti «materiali sciolti» come sabbia, ghiaia, argilla oppure limo. I materiali sciolti sono costituiti da formazioni primarie (sedimenti) o anche secondarie (prodotti di alterazione)².

Per via delle sue proprietà che differiscono molto in funzione del grado di durezza, la roccia solida può essere denominata anche morbida, semidura o dura. Le rocce morbide sono ad esempio calcari, marne, argille e gessi. Le principali pietre dure sono graniti, gneiss o basalti. Va detto che l'elenco non è esaustivo.

In particolare la pietra dura è solitamente utilizzata come pietra naturale (ad es. come pietrisco, prevalentemente nell'ingegneria civile).

Alcuni prodotti da costruzione realizzati con diversi componenti³, ad esempio il calcestruzzo, trovano applicazione in quasi tutti i tipi di opere o di attività edili. Anche con i materiali ceramici è possibile produrre importanti materiali da costruzione, utilizzabili segnatamente nell'architettura d'interni⁴.

² Occorre osservare che, sebbene l'espressione «materiale da costruzione» non sia esplicitamente disciplinata nella legislazione sui prodotti da costruzione, è utilizzata di frequente nel settore delle costruzioni in tutta la Svizzera. Pertanto, nel significato convenzionale del termine i materiali disciplinati corrispondono ai prodotti da costruzione in ambito giuridico.

³ Dalle materie prime minerali è possibile ricavare prodotti da costruzione come sabbia e ghiaia, che in seguito possono essere trasformati, ad esempio, in calcestruzzo.

⁴ Materie prime minerali: <https://www.geologieportal.ch/it/temi/materie-prime-minerali.html> / <https://www.swisstopo.admin.ch/it/materie-prime-minerali>

Materiali da costruzione in ceramica: schulungsstelle-traunstein.de (in tedesco)

Limo: <https://materialarchiv.ch/de?type=all&q=Lehm> e Ufficio federale delle strade (USTRA)

3 Legislazione

Gli atti normativi della Confederazione in materia di prodotti da costruzione sono la legge del 21 marzo 2014 sui prodotti da costruzione (LProdC; RS 933.0) e la relativa ordinanza del 27 agosto 2014 (OProdC; RS 933.01). Con questi atti normativi, il diritto dell'Unione europea in materia viene trasposto nel diritto svizzero.

La LProdC disciplina l'immissione in commercio e la messa a disposizione sul mercato dei prodotti da costruzione. Dall'immissione in commercio e dalla messa a disposizione sul mercato possono scaturire vari obblighi per gli operatori economici. Si rammenta inoltre che taluni prodotti da costruzione non sono da considerare esclusivamente come tali e che, ai fini dell'immissione e della messa a disposizione, devono eventualmente soddisfare anche altre disposizioni del settore.

È necessario fare una distinzione tra l'immissione in commercio e la messa a disposizione sul mercato, da un lato, e l'uso, l'applicazione, la messa in servizio e l'installazione di un prodotto da costruzione, dall'altro. In linea di principio, la legislazione per i prodotti da costruzione disciplina soltanto le prime due.

3.1 Legislazione vigente

Di seguito vengono precisate alcune disposizioni legali rilevanti per i lavori di costruzione e smantellamento con materiali minerali da costruzione. Tuttavia, per gli specialisti è imperativo consultare accuratamente la legislazione vigente nella trattazione del caso specifico. Il presente elenco non è esaustivo. A seconda del luogo in cui si trova il cantiere, trovano applicazioni norme cantonali o locali più severe. Il capitolo 5 «Riciclaggio: norme da considerare e stato della tecnica» si sofferma sulle norme da considerare.

L'allegato 1 all'articolo 1 numero 7 **OProdC** ([link](#)) illustra i requisiti posti ai prodotti da costruzione per quanto concerne l'uso sostenibile delle risorse naturali⁵:

«Le opere di costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile e garantisca in particolare quanto segue:

- a. il riutilizzo e la riciclabilità delle opere di costruzione, dei loro materiali e delle loro parti dopo la demolizione;*
- b. la durabilità delle opere di costruzione;*
- c. l'uso, nelle opere di costruzione, di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili».*

Se sono previsti lavori di smantellamento o se sul cantiere vi sono rifiuti da smaltire, si applica l'ordinanza del 4 dicembre 2015 sui rifiuti (**OPSR**; RS 814.600, [link](#)). Si rammenta che questa ordinanza sarà sottoposta a revisione a breve. L'articolo 12 OPSR prevede l'obbligo generale di riciclare secondo metodi conformi allo stato della tecnica. Inoltre disciplina la separazione sul cantiere dei rifiuti in base alla loro tipologia e indica dei valori limite per determinati materiali e scopi di riciclaggio. L'articolo 20 OPSR definisce requisiti specifici per il riciclaggio di rifiuti minerali provenienti dalla demolizione di opere di costruzione:

¹ *L'asfalto di demolizione con un tenore di idrocarburi aromatici policiclici (PAH) fino a 250 mg al kg, il materiale proveniente dal rifacimento delle strade, il materiale di demolizione non separato e i cocci di mattoni devono essere riciclati, nella misura più completa possibile, come materia prima per la fabbricazione di materiali da costruzione.*

² *L'asfalto di demolizione con un tenore di PAH superiore a 250 mg al kg non dev'essere sottoposto a riciclaggio.*

³ *Il calcestruzzo di demolizione dev'essere riciclato, nella misura più completa possibile, come materia prima per la fabbricazione di materiali da costruzione oppure come materiale da costruzione nelle discariche».*

I requisiti per il riciclaggio di materiale di scavo e di sgombero sono disciplinati nell'articolo 19 OPSR in combinato disposto con l'allegato 3 OPSR.

La legge federale del 21 giugno 2019 sugli appalti pubblici **LAPub**, RS 172.056.1; [link](#)) persegue, tra l'altro, un impiego dei fondi pubblici economico, nonché sostenibile sotto il profilo ecologico, sociale e dell'economia pubblica (cfr. art. 2 lett. a LAPub).

⁵ Osservazione: l'allegato 1 dell'OProdC non disciplina i requisiti posti alle opere, bensì quelli riguardanti i prodotti da costruzione.

La LAPub pone chiaramente l'attenzione su soluzioni di esecuzione sostenibili, motivo per cui, secondo l'articolo 41 LAPub, è l'offerta più vantaggiosa a ottenere l'aggiudicazione, ossia quella con il miglior rapporto qualità/prezzo. Le offerte sono valutate sulla base di criteri di aggiudicazione. In tale ambito assumono importanza particolare gli aspetti relativi alla qualità⁶. Ulteriori informazioni sono disponibili sul sito della Conferenza degli acquisti della Confederazione (CA; [link](#)).

3.2 Strategia della Confederazione come base di riferimento e prospettiva

Il consumo e la produzione sostenibili costituiscono un ambito tematico prioritario della Strategia per uno sviluppo sostenibile 2030. La Confederazione promuove lo sviluppo di un'economia circolare come «un approccio integrato, che tiene conto dell'intero ciclo: dall'estrazione delle materie prime alla progettazione, fabbricazione e distribuzione di un prodotto, fino alla sua fase di utilizzo – che dev'essere quanto più lunga possibile – e al riciclaggio.»⁷ Ulteriori informazioni sull'economia circolare e sulle attività a livello federale sono disponibili sul sito dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM; [link](#)).

A seguito dell'iniziativa parlamentare 20.433 Rafforzare l'economia circolare svizzera, depositata dalla Commissione dell'ambiente, della pianificazione del territorio e dell'energia del Consiglio nazionale, è stato deciso di elaborare un progetto di modifica di atto normativo (nello specifico della legge del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente [LPAmb; RS 814.01], ma anche di altre leggi), al fine di promuovere l'economia circolare lungo l'intera catena di creazione del valore. Le modifiche riguardano anche il settore delle costruzioni (ad es. l'art. 35j D-LPAmb sui requisiti posti alle costruzioni a basso consumo di risorse). La documentazione concernente l'iniziativa parlamentare summenzionata è disponibile qui: [link](#).

La Svizzera segue altresì da vicino gli sviluppi del «Green Deal europeo» e affianca la procedura di revisione del regolamento UE n. 305/2011 del 9 marzo 2011 sui prodotti da costruzione. In futuro, in base alla normativa sottoposta a revisione potrebbero essere richiesti requisiti anche per i prodotti da costruzione usati e riutilizzati.

Infine, la Svizzera collabora all'armonizzazione delle norme a livello internazionale sui prodotti da costruzione.⁸

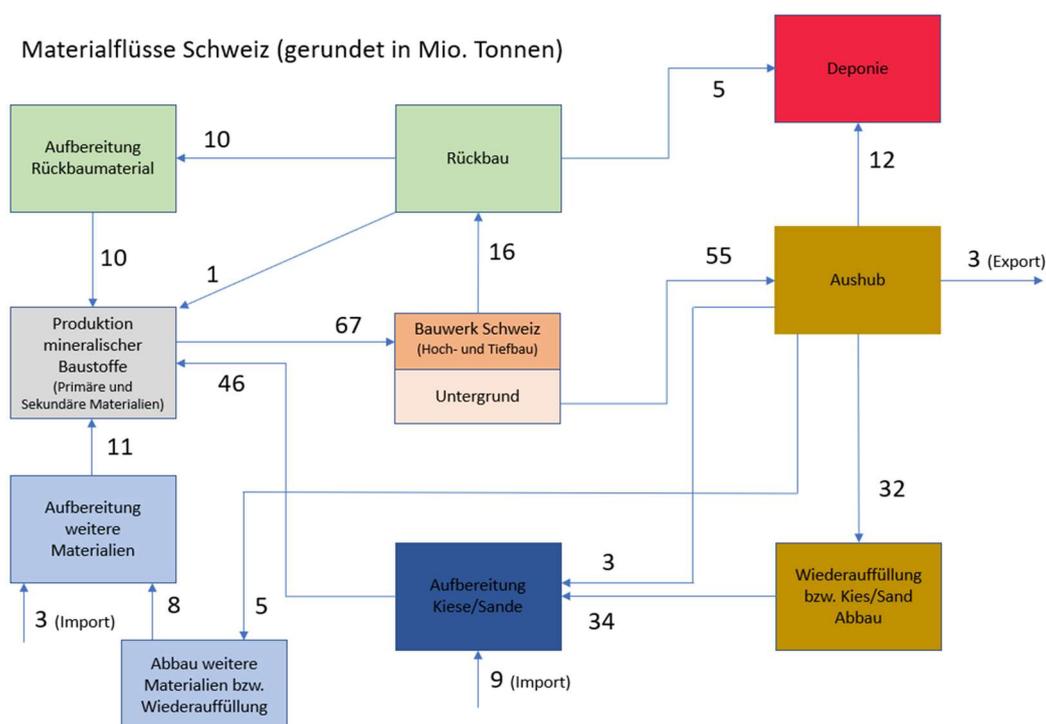
⁶ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/economia-consumo/info-specialisti/acquisti-pubblici-ecologici/quadro-legale-e-strategico.html>

⁷ UFAM, economia circolare, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/economia-consumo/info-specialisti/economia-circolare.html> (stato: luglio 2023)

⁸ UFAM, scheda informativa all'attenzione della sottocommissione sulla presa in considerazione dell'economia circolare nel quadro della legislazione sui prodotti da costruzione («Berücksichtigung der Kreislaufwirtschaft in der Bauproduktgesetzgebung: Möglichkeiten und Grenzen»), 11 marzo 2021, <https://www.parlament.ch/it/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefte-weiterfuehrende-links?AffairId=20200433>

4 Consumo attuale e flussi dei materiali minerali da costruzione

Secondo il modello KAR relativo al flusso di ghiaia, materiale di scavo e smantellamento, nel 2018 circa 68 milioni di tonnellate di materiali minerali da costruzione sono confluite nel patrimonio costruito della Svizzera («Bauwerk Schweiz»). A titolo di confronto: il consumo totale di materiale registrato in Svizzera nel 2018 ammontava a quasi 150 milioni di tonnellate (Ufficio federale di statistica [UST], consumo interno di materie prime⁹). Il diagramma sottostante mostra i flussi quantitativi dei materiali minerali da costruzione in Svizzera (rappresentazione semplificata a partire dal modello KAR).



I principali flussi dei materiali minerali da costruzione in Svizzera con le cifre del modello KAR – modellazione dei flussi di ghiaia, materiale di scavo e smantellamento del 2018¹⁰. Il diagramma ha mero carattere illustrativo. Le cifre si basano su una modellazione. Il diagramma è stato notevolmente semplificato e le cifre sono state arrotondate, motivo per cui si registrano esigue discrepanze nel bilancio di massa. Determinate riserve possono effettivamente variare (ad es. se le estrazioni sono maggiori rispetto ai riempimenti).

Rispetto all'afflusso di circa 68 milioni di tonnellate di materiali minerali da costruzione all'anno, nel 2018 il deflusso di tali materiali in seguito a smantellamenti (soprattutto calcestruzzo e materiale di demolizione non separato, materiale proveniente dal rifacimento delle strade e asfalto di demolizione) a partire dal patrimonio costruito della Svizzera ammontava a circa 16 milioni di tonnellate. Dalla differenza tra l'afflusso e il deflusso risulta un incremento annuale di circa 51 milioni di tonnellate. Inoltre, durante le attività di costruzione, dal sottosuolo sono state rimosse ogni anno circa 55 milioni di tonnellate di materiale di scavo. La maggior parte di questo materiale viene utilizzato per il riempimento dei siti di estrazione.

Delle circa 68 milioni di tonnellate di materiali minerali da costruzione affluite, il 16 per cento (11 mio. t) proveniva dal ciclo dei materiali da costruzione (quota di riciclaggio da smantellamento; tale quota non è indicata separatamente), il 18 per cento (12 mio. t) da importazioni (somma delle importazioni) e il 66 per cento (45 mio t) da estrazioni effettuate in Svizzera. La quota di materiali di smantellamento trasformati, reinseriti nel ciclo dei materiali da costruzione, era del 63 per cento (10 mio. t). Il modello KAR non comprende il riutilizzo del materiale di scavo (esclusi i riempimenti), né del materiale da costruzione, né dei componenti.

⁹ UST, indicatore ambientale – consumo di materiale: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltindikatoren/alle-indikatoren/nutzung-natuerliche-ressourcen/materialverbrauch.html>, 2023

¹⁰ Diagramma originale, breve relazione; modello KAR per la Svizzera relativo al mese di maggio 2020, anno di riferimento 2018 (fonte: Tinu Schneider Datenanalyse su incarico dell'UFAM)

5 Riciclaggio: norme da considerare e stato della tecnica

L'associazione Riciclaggio materiali costruzione Svizzera (asr) gestisce un elenco di leggi, norme, direttive, promemoria e aiuti all'esecuzione sul tema dei materiali da costruzione riciclati ([link 1](#), [link 2](#)).

Selezione dei rifiuti edili



L'impianto di selezione dei rifiuti «EbiMIK» del gruppo Eberhard (fonte: Eberhard Recycling AG)

Per ottenere un prodotto riciclato di alta qualità, i rifiuti edili devono essere selezionati al meglio. Grazie a moderni robot selezionatori, a partire dal materiale di demolizione non separato è possibile fabbricare materie prime secondarie omogenee con proprietà uniformi¹¹.

Calcestruzzo con aggregati riciclati

In generale

L'impiego di calcestruzzo con aggregati riciclati corrisponde allo stato attuale della tecnica ed è stato disciplinato per la prima volta nel 2010 nel quaderno tecnico SIA 2030 «Calcestruzzo riciclato» (sostituito nel 2021 dal quaderno tecnico «Calcestruzzo con aggregati riciclati»). Il calcestruzzo con aggregati riciclati è composto di granulato di calcestruzzo (calcestruzzo «C» da aggregati riciclati) o di granulato misto (calcestruzzo «M» da mattoni, mattoni silico-calcarei, calcestruzzo).

I tipi di calcestruzzo con aggregati riciclati finora utilizzati risparmiano materiale (sabbia, ghiaia), ma il processo di fabbricazione del cemento necessario per ottenere il calcestruzzo causa elevate emissioni di gas serra. Sono però allo studio diversi progetti che hanno l'obiettivo di ridurre queste emissioni grazie a soluzioni innovative. Il capitolo 9 «Il calcestruzzo quale materiale da costruzione: sviluppi e innovazioni» riporta alcuni esempi innovativi frutto delle attività di ricerca e presenta nuovi prodotti.

Ambiti d'impiego dei prodotti riciclati

L'opuscolo di asr e dell'Associazione svizzera dell'industria degli inerti e del calcestruzzo (ASIC) «Materiali da costruzione riciclati di origine minerale – Raccomandazioni d'impiego per committenti, progettisti, architetti e ingegneri» (di seguito «Raccomandazioni d'impiego») illustra a questi ultimi quali materiali da costruzione riciclati di origine minerale sono consigliati per le diverse applicazioni in edilizia, nonché nel genio civile e nella costruzione di strade ([link](#))¹². Gli aggregati riciclati raccomandati nel suddetto opuscolo soddisfano le condizioni quadro legali, tecniche e normative vigenti in Svizzera.

In linea di principio, il calcestruzzo «C» da aggregati riciclati è utilizzato sia in edilizia che nel genio civile. Per contro, il calcestruzzo «M» non è adatto a qualsiasi tipo di esposizione ambientale per via delle sue proprietà

Betongranulat



Mischabbruchgranulat

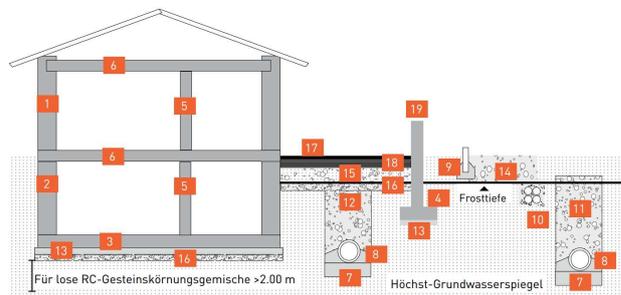
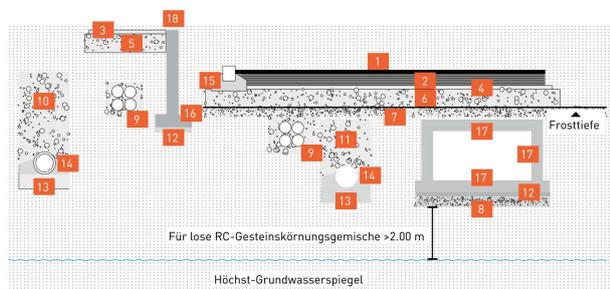


Il calcestruzzo «C» da aggregati riciclati è fabbricato a partire dal granulato di calcestruzzo, mentre il calcestruzzo «M» dal granulato misto.

¹¹ <https://eberhard.ch/ebimik>

¹² Nel mese di maggio 2024, i delegati di asr e ASIC hanno deciso la loro fusione e la fondazione della nuova associazione di categoria «Materiali di costruzione circolari Svizzera».

meno buone in termini di durabilità e resistenza al gelo. Per quanto riguarda il granulato misto, oltre alla fabbricazione di calcestruzzo si stanno studiando altri ambiti d'impiego, ad esempio nella fabbricazione di cemento o di pannelli isolanti.



Riciclaggio nel genio civile: ambiti d'impiego dei materiali da costruzione riciclati di origine minerale nel genio civile e nella costruzione di strade

Fonte: raccomandazioni d'impiego di ASIC e asr ([link](#))

Riciclaggio nell'edilizia: ambiti d'impiego dei materiali da costruzione riciclati di origine minerale nell'edilizia

Fonte: raccomandazioni d'impiego di ASIC e asr ([link](#))

Asfalto riciclato



Asfalto di demolizione ([link](#))

La quota di materiale riciclato auspicata e possibile dal punto di vista tecnico per l'asfalto ammonta al 60 per cento in massa e al 70 per cento in massa per gli strati portanti, leganti e di fondazione (cfr. norma europea SN EN 13108-1). Un ecobilancio stilato dalla Scuola universitaria professionale della Svizzera orientale conferma che il materiale riciclato in quote elevate è più ecologico della fabbricazione. Benché la fabbricazione di asfalto riciclato sul cantiere produca emissioni maggiori di sostanze nocive, gli ecobilanci complessivi parlano chiaro: il riciclaggio è di gran lunga da preferire¹³.

Si rimanda altresì alle seguenti opere di consultazione: guida di buone prassi sul riutilizzo dell'asfalto di demolizione e sull'impiego dell'asfalto a bassa temperatura («Wiederverwendung Ausbauasphalt und Einsatz Niedertemperaturasphalt – Best Practice Guideline»), committente: piattaforma Kies für Generationen, aprile 2021 ([link](#)).

¹³ «Ökobilanz der Herstellung von Asphaltbelägen, Themenheft Asphaltrecycling», metodo dei punti di impatto ambientale, agosto 2021

6 Valutazione ecologica da eseguire sui materiali minerali da costruzione

Quando si valutano, sotto il profilo ecologico, i materiali minerali da costruzione rispetto ai materiali da costruzione alternativi, occorre tenere conto di tutte le fasi del ciclo di vita di un'opera edile. L'impatto ambientale conseguente alla fabbricazione di un'opera edile può essere parzialmente compensato nella fase di utilizzo oppure ridotto, ad esempio grazie all'impiego di materie prime secondarie o di componenti riutilizzati o a un'accurata pianificazione. Il presente capitolo tratta l'impatto ambientale generato nella fase di costruzione e indica possibili modi per ridurlo. Il capitolo 8 illustra i vantaggi dei materiali minerali da costruzione per quanto concerne il risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale nella fase di utilizzo.

6.1 Impatto ambientale da considerare

L'impatto ambientale dei materiali minerali da costruzione è da ricondurre all'estrazione delle materie prime, alla fabbricazione dei materiali da costruzione (ad es. ai processi di cottura, alla loro fabbricazione con aggregati riciclati), alla lavorazione (ad es. al taglio dei blocchi di pietra), al recupero (ad es. al lavaggio della ghiaia), al trasporto e allo smaltimento in discarica.

Il seguente elenco riassume importanti aspetti ambientali di cui tenere conto nel calcolo della sostenibilità ecologica di questi materiali:

- lo sfruttamento del territorio (intromissione nello spazio vitale e rinaturalizzazione);
- il dispendio di risorse (intensità materiale dei componenti);
- il dispendio di energia per la fabbricazione, la lavorazione e il trasporto (emissioni grigie di gas serra);
- il consumo idrico;
- il riscaldamento globale (emissioni di gas serra, ad es. CO₂);
- la tossicità per gli esseri umani (emissioni nocive per le persone);
- l'ecotossicità (emissioni nocive per l'ambiente);
- altre forme di impatto ambientale, come l'acidificazione del suolo e la concimazione eccessiva;
- l'inquinamento fonico.

Esempio relativo allo sfruttamento del territorio: l'estrazione di materie prime primarie intacca direttamente il sistema ambientale. Ciò può arrecare danni o perdite ingenti¹⁴. Una ricoltivazione efficace dopo le attività di estrazione della ghiaia¹⁵ può contribuire positivamente all'incremento della biodiversità.

Esempio relativo al riscaldamento globale: il calcestruzzo o il cemento usato per la fabbricazione del primo è responsabile di circa il 5 per cento delle emissioni di CO₂ della Svizzera¹⁶. Secondo cemsuisse, l'associazione dell'industria svizzera del cemento, nel 2022 la produzione di questo materiale in Svizzera ha rilasciato nell'atmosfera circa 2,4 milioni di tonnellate di CO₂¹⁷.

6.2 Dati dell'ecobilancio e mezzi ausiliari per costruire in modo sostenibile

Per i loro manufatti, i produttori redigono dichiarazioni ambientali di prodotto («environmental product declaration», EPD)¹⁸, che allegano alle specifiche tecniche. Sul sito Internet dell'organismo di certificazione e verifica è possibile controllare la validità delle EPD. Queste ultime sono consultabili in specifiche banche dati (ad es. Environdec: [link](#), in inglese). Il capitolo 10.3 «Appalto» riporta ulteriori fonti di dati e ausili inerenti all'appalto.

Ai fini della valutazione ecologica sono determinanti sia le differenti forme di impatto ambientale di un materiale da costruzione, sia la quantità necessaria da impiegare in un edificio. La pertinente valutazione complessiva, orientata all'opera edile, ai componenti e ai materiali da costruzione impiegati nonché ai rispettivi cicli di vita, va eseguita il prima possibile nella fase di pianificazione strategica dei progetti di costruzione.

¹⁴ swisstopo, rapporto sull'approvvigionamento della Svizzera di materie prime minerali non energetiche (rapporto concernente le materie prime minerali) («Bericht über die Versorgung der Schweiz mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen [Bericht mineralische Rohstoffe]»); rapporto del Servizio geologico nazionale 11, 2017

¹⁵ Fondazione Natura ed economia, promemoria su come favorire la presenza di api selvatiche nelle cave di ghiaia («Wildbienen fördern in Kiesgruben»), https://www.naturundwirtschaft.ch/de/assets/Dateien/Files/Publikationen/Plattform_Bienengesundheit_Merkblatt_Kiesgruben_de.pdf, 2016

¹⁶ https://www.ecobau.ch/resources/uploads/Veranstaltungen/2107_zmittagKomakt/20210617_zmittagKompakt_Faktenblatt%20Beton_Zement.pdf (stato: 2021)

¹⁷ Fonte: rapporto 2023 di cemsuisse (in tedesco e francese)

¹⁸ In futuro è lecito attendersi un'armonizzazione delle norme riguardo alla presa in considerazione della sostenibilità ecologica dei prodotti da costruzione.

L'elenco dei dati dell'ecobilancio nel settore della costruzione della KBOB ([link](#)) contiene i dati relativi all'impatto ambientale (fabbisogno energetico, emissioni di gas serra, impatto ambientale complessivo) dei principali materiali minerali da costruzione in relazione alla fabbricazione e allo smaltimento. All'interno del gruppo dei materiali minerali da costruzione sussistono enormi differenze sotto il profilo dell'impatto ambientale. L'elenco comprende sempre più materiali minerali da costruzione a basso impatto ambientale, come prodotti innovativi o varianti riciclabili (stato: 2023). Inoltre è consigliabile consultare il calcolatore dei tipi di calcestruzzo della KBOB, elaborato in collaborazione con l'Amt für Hochbauten della città di Zurigo, che permette di calcolare l'impatto ambientale di un metro cubo di qualsiasi tipo di calcestruzzo ([link](#)).

6.3 Misure da adottare per ridurre l'impatto ambientale

Di seguito sono riportati alcuni esempi di misure atte a ridurre l'impatto ambientale causato dalla fabbricazione di materiali da costruzione e componenti. Oltre ai produttori, anche i progettisti possono influire su questo aspetto. Infatti, se nella fase di pianificazione si tiene conto dell'uso rispettoso delle risorse, la fabbricazione di materiali diventa superflua. Anche nella fase di pianificazione è determinante valutare complessivamente il ciclo di vita dell'edificio e ponderare l'equilibrio tra l'uso rispettoso delle risorse durante la fabbricazione e la qualità auspicata per l'edificio durante la fase di utilizzo (ad es. riserve di carico utile per cambiamenti della destinazione d'uso).

- Paesaggio: nell'ambito dei progetti di costruzione, laddove possibile e opportuno bisogna evitare l'impermeabilizzazione del suolo. L'ASIC, le associazioni di categoria cantonali e la Confederazione hanno riassunto alcuni esempi utili di pianificazione ecologica (rispettivamente [link 1](#), [link 2](#) e [link 3](#)).
- Disingerimento di risorse: prolungare la durata di vita degli edifici, costruire edifici con un impiego minimo di risorse, riutilizzare componenti derivanti dallo smantellamento, riciclare materiali da costruzione (se, per motivi qualitativi, non è possibile riutilizzarli o utilizzarli ulteriormente), utilizzare prodotti con un apporto esiguo di materiali o derivanti da materie prime secondarie (ad es. materiali a densità ridotta, materiali da costruzione riciclati), ridurre al minimo i rifiuti di fabbricazione e di lavorazione, fabbricare prodotti complementari, prevenire la produzione di rifiuti sul cantiere, progettare prodotti da costruzione / componenti in strati idonei allo smontaggio non distruttivo (consentire il riutilizzo tramite il design per disassemblaggio [«design for disassembly»]), offrire componenti nel modello di prodotto come servizio («product-as-a-service») che includa un sistema di raccolta.
- Disingerimento di energia per la fabbricazione: prendere in considerazione nuovi processi di fabbricazione con la massima efficienza energetica possibile.
- Emissioni di gas serra: passaggio a fonti di energia rinnovabili, sebbene queste ultime non siano di per sé neutrali sotto il profilo climatico. La catena di fornitura a monte continua a generare emissioni di gas serra, che vanno parimenti evitate a lungo termine. Anche determinati processi di fabbricazione comportano l'emissione di CO₂ generato dalle materie prime (ad es. emissioni di CO₂ geogene dovute alla fabbricazione del cemento). In futuro, appositi impianti permetteranno di catturare e stoccare («carbon capture and storage») le emissioni di gas serra non altrimenti evitabili.

7 I materiali minerali da costruzione nell'economia circolare

Negli ultimi anni, l'economia circolare è considerata un approccio fondamentale nel settore delle costruzioni per ridurre l'impatto ambientale dell'industria edilizia e aumentare l'efficienza delle risorse. Il fulcro di questo approccio consiste nel chiudere il ciclo biologico e quello tecnico. Mentre il ciclo biologico è incentrato sulle risorse rinnovabili, quello tecnico tiene conto di quelle non rinnovabili. I materiali minerali da costruzione rientrano nel ciclo tecnico.

7.1 Introduzione alla tematica dell'economia circolare

Nell'ambito delle risorse tecniche o non rinnovabili, gli approcci dell'economia circolare si concentrano su tre campi principali: prevenzione, riutilizzo e riciclaggio.

Costruire secondo il modello circolare significa anzitutto costruire altrimenti o **prevenire, vale a dire evitare**; (in inglese «rethink» e «refuse»). In questo caso si intende in particolare evitare il consumo di materiali non strettamente necessari (ad es. scegliendo costruzioni con un consumo esiguo di materiali) e senza generare rifiuti. Ciò significa inoltre evitare futuri smantellamenti progettando gli edifici in maniera flessibile e consentendo in tal modo adeguamenti e cambiamenti della destinazione d'uso. Per evitare la produzione di rifiuti e ridurre il fabbisogno di nuovi materiali, gli edifici esistenti vanno smantellati soltanto se l'impatto ambientale di una nuova costruzione sostitutiva dovesse risultare inferiore rispetto a quello causato da un adeguamento e da un ulteriore utilizzo dell'edificio esistente. Al proposito occorre tenere conto dei cicli di vita di entrambe le varianti, compresi la fabbricazione e lo smaltimento dei materiali, come anche l'esercizio dell'edificio.



Secondo la gerarchia dei rifiuti (o piramide rovesciata), l'ordine di priorità dell'utilizzo delle risorse va posto dall'alto verso il basso (schema a cura di Intep Integrale Planung GmbH).

Se lo smantellamento dovesse rivelarsi inevitabile, si ricorre al **riutilizzo** (in inglese «reuse» o «re-use») dei componenti. In tal caso, lo smantellamento dei componenti deve essere esplicitamente pianificato soprattutto in anticipo e con l'obiettivo del riutilizzo. Affinché i materiali possano essere riutilizzati in futuro, nel quadro della pianificazione dell'edificio bisogna considerare la possibilità di separare i vari tipi di materiali. Se il riutilizzo non fosse tecnicamente fattibile o sensato per motivi comprovabili, va scelto il miglior processo possibile in termini di **riciclaggio** (in inglese «recycling») del materiale minerale da costruzione o dei componenti. Se neppure il riciclaggio fosse fattibile o sensato, in ultima istanza si opta per lo **smaltimento**.

7.2 Valutazione ecologica del riutilizzo dei materiali minerali da costruzione rispetto al riciclaggio

La gerarchia dei rifiuti funge in primis da guida per ridurre al minimo l'impatto ambientale. Le misure nei singoli casi devono essere adottate dopo una valutazione complessiva.

- In generale, si rammenta che ogni fase di lavorazione implica un dispendio suscettibile di generare perdite di massa e qualità. Di conseguenza, per prolungare in primo luogo la durata di vita degli edifici e in secondo luogo la durata di vita di materiali e componenti da costruzione incontaminati, occorre preferire le misure di conservazione (come il riutilizzo) al riciclaggio.
- Un'attenta manutenzione e regolari lavori di riparazione prolungano la durata di vita dei componenti all'interno di un edificio. Spesso si smantellano edifici anche se molti dei loro componenti sono ancora in buono stato (ad es. laterizi o travi d'acciaio). In simili casi, il riutilizzo dei componenti nel nuovo edificio è la soluzione ideale. Per consentire il riutilizzo dei componenti in un nuovo edificio è necessario elaborare con largo anticipo un piano di smantellamento che preservi il più possibile i componenti per poi ripartirli fra i nuovi clienti.

- Il riciclaggio è importante per la chiusura dei cicli dei materiali. I componenti contenenti sostanze nocive possono essere trattati e riciclati nel quadro di adeguati processi di riciclaggio. Le sostanze nocive devono essere rimosse e distrutte oppure smaltite secondo le norme pertinenti, mentre il materiale da costruzione può essere utilizzato come materiale secondario. Per massimizzare la quota di riciclaggio dei rifiuti edili e scongiurare una diminuzione della qualità («downcycling»), sul cantiere occorre cercare di realizzare uno smantellamento attento e una separazione coerente delle varie parti dei materiali.

Spiegazioni generali sul riutilizzo e sull'ulteriore utilizzo rispetto al riciclaggio

Riutilizzo («reuse» o «re-use»)

Nel settore della costruzione, per riutilizzo si intende il nuovo impiego di interi componenti. Il riutilizzo è una misura volta a prolungare il ciclo di vita di un prodotto. Essa permette di trarre il maggior beneficio possibile dall'impatto ambientale già in essere generato dalla fabbricazione del componente.

Prima del riutilizzo può rivelarsi necessaria una fase intermedia di rinnovo o riparazione. Nella fase di ripristino della qualità (ad es. mediante la levigatura di una superficie danneggiata), la forma originaria del prodotto da costruzione rimane invariata. In tale contesto occorre evitare trasporti a lunga distanza verso il nuovo cantiere con veicoli che impiegano combustibili fossili.

Ulteriore utilizzo

Se il **riutilizzo (impiego per il medesimo scopo)** non è più possibile, nella successiva fase dell'utilizzazione a cascata delle risorse si passa all'**ulteriore utilizzo (impiego per un altro scopo, perlopiù di qualità inferiore)**.

Riciclaggio

Diversi materiali da costruzione possono essere riciclati materialmente più volte. Durante la fase di riciclaggio, i componenti vengono tritati o fusi, in modo da poter recuperare i materiali come materie prime. In tal caso la forma originaria viene alterata. In Svizzera il riciclaggio dei materiali minerali di smantellamento (ad es. l'asfalto di demolizione, il materiale proveniente dal rifacimento delle strade, il calcestruzzo di demolizione e non separato) si è ormai affermato da anni. I materiali da costruzione riciclati (come il granulato di calcestruzzo e il granulato misto) ottenuti dalla lavorazione vengono utilizzati al posto di aggregati naturali per fabbricare calcestruzzo e calcestruzzo con aggregati riciclati.

Benché per «recupero dei materiali» si intenda comunemente «riciclaggio», spesso questo implica una diminuzione della qualità («downcycling»). A rigor di termini, nel **riciclaggio il materiale viene recuperato per il medesimo scopo** (ad es. il calcestruzzo dell'edilizia viene trasformato in calcestruzzo con aggregati riciclati da impiegare nuovamente nell'edilizia), mentre nel **downcycling il materiale viene recuperato per uno scopo di qualità inferiore** (ad es. i laterizi tritati vengono impiegati nella costruzione di strade)¹⁹.

(redazione a cura di Intep Integrale Planung GmbH)

¹⁹ Occorre osservare che il regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione in corso di revisione prevede anche definizioni legali.

8 Aspetti da considerare per l'impiego sostenibile dei materiali minerali da costruzione

Nel settore delle costruzioni vi sono numerosi esempi che illustrano come già oggi i materiali minerali da costruzione possano e debbano essere impiegati in modo sostenibile. Gli esempi presentati di seguito sono enumerati e riguardano i seguenti aspetti:

1. la durabilità, 2. la resistenza, 3. il riutilizzo, 4. la regionalità, 5. l'approccio «no tech» / «low tech», 7. l'impiego nell'edilizia e nel genio civile, 8. l'utilizzo combinato con altri materiali da costruzione, 9. il calcestruzzo con aggregati riciclati e l'asfalto riciclato, 10. il limo, 11. il suolo e il materiale di scavo.

8.1 La durabilità dei materiali minerali da costruzione

Poiché si contraddistinguono per la loro durabilità, i materiali minerali da costruzione devono essere impiegati laddove la longevità delle costruzioni è rilevante. Le possibilità d'impiego di tali materiali sono molteplici e devono soddisfare requisiti di ogni tipo. Oltre alla solidità, sono infatti richieste altre proprietà quali la durabilità (resistenza al gelo e al sale disgelante, impermeabilità, stabilità) e la sostenibilità ambientale. Tuttavia, è possibile trarre beneficio dalla durabilità soltanto se la durata di vita dei materiali da costruzione viene sfruttata appieno, ossia se le opere edili e i relativi materiali non vengono smantellati e smaltiti anzitempo.



Pantheon, Roma



Rustici, Vallemaggia

8.2 La resistenza dei materiali minerali da costruzione

Si raccomanda di impiegare materiali minerali da costruzione per la loro elevata resistenza a numerosi fattori ambientali. Di solito, le opere del genio civile (ad es. ponti, piloni, portali di gallerie, muri di sostegno) sono esposte a numerosi fattori ambientali che hanno su di esse un impatto molto forte. In tale contesto, le proprietà di durabilità del calcestruzzo quale materiale da costruzione rivestono una grande importanza. Ciò significa che i costituenti e la formulazione devono essere scelti accuratamente e mantenuti costanti. Gli impianti che producono calcestruzzo sottoposti a ispezione ([link](#)) offrono in questo senso le massime garanzie²⁰. Nella costruzione di binari, le traverse cementizie consentono di realizzare vie di comunicazione efficienti e con una lunga durata di vita. Nell'ingegneria idraulica, tutti i materiali sono esposti a sollecitazioni estreme a causa delle oscillazioni termiche e idrometriche, nonché del laceramento provocato dal flusso dell'acqua, in parte con sostanze solide. La giusta scelta delle materie prime e il rapporto di miscelazione ottimale del calcestruzzo garantiscono opere edili potenzialmente durature. Il calcestruzzo si presta inoltre a essere impiegato in combinazione con altri materiali da costruzione. Al termine del lungo periodo d'impiego, sia il calcestruzzo che l'acciaio per cemento armato sono completamente riciclabili.



Ponte Tamina (fonte: St. Galler Tagblatt)



Binari con traverse cementizie



Calcestruzzo resistente al carico costituito da granulato di scorie di forni elettrici ottenuto dal riciclaggio dell'acciaio per potenziare la produzione di energia rinnovabile tramite la forza idrica

8.3 Il riutilizzo dei componenti è di fondamentale importanza

Per risparmiare il maggior numero possibile di risorse, occorre riutilizzare i componenti. Il riutilizzo preserva le risorse naturali e conviene anche sotto il profilo ecologico, soprattutto nel caso dei prodotti con un consumo energetico e con emissioni di gas serra elevati.

Stante che il cemento è il principale responsabile delle emissioni di gas serra nell'industria svizzera²¹, si raccomanda di evitarne l'impiego. Il riutilizzo dei componenti, e quindi la rinuncia alla loro fabbricazione, consente altresì di ridurre l'impatto ambientale.

Negli ultimi anni in Svizzera sono stati attuati alcuni progetti faro che prevedevano il riutilizzo di blocchi di calcestruzzo armato per edificare, ad esempio, un ponte presso il Politecnico federale di Losanna (v. sotto, foto a sinistra). Questo modus operandi ha consentito un notevole risparmio in termini di risorse.

A Meyrin (Cantone di Ginevra) sono state riutilizzate delle lastre di calcestruzzo provenienti da diversi cantieri della città per realizzare la pavimentazione di due hangar (v. sotto, foto al centro). Le lastre assemblate hanno praticamente rimpiazzato un basamento che altrimenti avrebbe dovuto essere colato sul posto.

In particolare, la fabbricazione di mattoni o laterizi, per via del lungo processo di cottura di questi ultimi, implica un consumo energetico ed emissioni di gas serra elevati, pur trattandosi di materiali molto duraturi. Quale contributo all'impiego ecologico dei mattoni, il loro riutilizzo diretto sotto forma di componenti è pertanto ideale. In questo caso è possibile riutilizzare singoli mattoni, anche se bisogna considerare che, in funzione della malta

²⁰ Delimitazione rispetto alla certificazione: ai sensi della LProdC vengono certificati esclusivamente i prodotti standardizzati (nei sistemi 1 e 1+) e i controlli della produzione in fabbrica (nel sistema 2+).

²¹ UFAM, emissioni di gas serra dell'industria, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/clima/stato/dati/inventario-gas-serra/industria.html>

impiegata per legarli, non è facile staccarli gli uni dagli altri senza frantumarli. In alternativa si possono tagliare parti di facciate in mattoni e successivamente riassemble queste ultime in edifici di nuova costruzione. Ciò è stato fatto in un complesso residenziale a Copenaghen (v. sotto, foto a destra, [link](#)).



I ponti costituiscono la struttura portante che meglio si presta al riutilizzo di blocchi cementizi, perché questo materiale è soggetto unicamente a sforzi di compressione (fonte: zvg)



Lastre di calcestruzzo destinate al riutilizzo (fonte: © FAZ architectes)

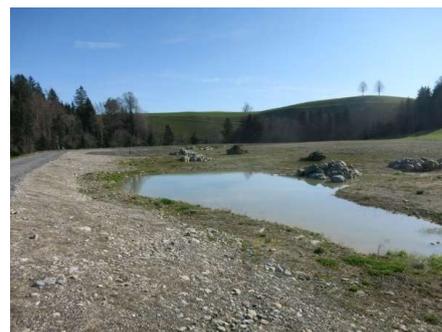


Nel complesso residenziale «Resource Rows» a Copenaghen sono state riutilizzate vecchie facciate in mattoni (foto: Nadja Lavanga)

8.4 La regionalità dei materiali minerali da costruzione rappresenta un vantaggio

Anche la regionalità dei materiali minerali da costruzione è un argomento a favore del loro impiego in edilizia. Infatti, il loro approvvigionamento richiede il trasporto soltanto su brevi distanze.

Attualmente la Svizzera ha un approvvigionamento in termini di materiali minerali da costruzione pari a circa l'80 per cento, una percentuale che potrebbe senz'altro aumentare grazie al sottosuolo ricco di rocce e al numero sufficiente di depositi²². Sarebbe opportuno perseguire questo obiettivo perché i materiali minerali da costruzione vengono lavorati a livello regionale e decentralizzato, nei pressi dei cantieri. Questo riduce al minimo l'impatto ambientale dovuto al trasporto²³. Occorre però rammentare che l'estrazione ha un impatto considerevole sul paesaggio.



Cava di ghiaia Bethlehem (foto: Quadra GmbH)

Oltre al vantaggio rappresentato dai brevi percorsi di trasporto, i siti di estrazione locali sono luoghi di primaria importanza per specie animali e vegetali rare. Già durante l'estrazione delle materie prime si formano infatti stagni privi di vegetazione, superfici abbandonate o pendii non popolati che fungono da habitat per flora e fauna.

²² L'esposizione «Materia Helvetica» si è tenuta nel 2022 a Berna (<https://materia-helvetica.ch/it>). Ad oggi, circa il 20 % dei materiali minerali da costruzione proviene dall'estero.

²³ La Svizzera è ricca di materie prime minerali, come confermato in questo articolo: FSKB-INFO-2020-DE-WEB-Artikel.pdf (in tedesco; fonte: asr).

8.5 L'approccio «no tech» / «low tech»: le costruzioni in calcestruzzo da materiali minerali da costruzione possono ridurre l'impiantistica



Calcestruzzo con aggregati riciclati, edificio scolastico Brühl, Gebenstorf (AG)

Esempi

Edificio scolastico Brühl, Gebenstorf (AG)

L'intero edificio scolastico è stato costruito in base all'approccio «low tech». Il calcestruzzo è utilizzato nelle finiture: la pavimentazione minerale, pigmentata e spatolata, è visibile in tutti i pavimenti e in tutte le scale. Il calcestruzzo a vista nei pavimenti e nei soffitti consente una trasmissione del calore ottimale e garantisce quindi l'isolamento termico. In estate, ad esempio, si sfruttano le temperature più fresche della notte per generare un raffrescamento, evitando così il surriscaldamento degli edifici durante il giorno. L'inerzia termica riduce le oscillazioni di temperatura negli interni degli edifici. Questo permette da un lato di alleggerire i carichi di riscaldamento e raffreddamento, dall'altro di migliorare il comfort termico.

Rinunciando agli strati aggiuntivi si ottiene un risparmio in termini di risorse, emissioni di gas serra e costi. La struttura di calcestruzzo non presenta impianti tecnici. Tutti i locali beneficiano di un'aerazione trasversale proveniente dalla facciata, senza ventilazione meccanica. Ciò consente di tenere conto dei differenti cicli di vita della struttura²⁴.

«Baukonzept 2226»

Si tratta di un progetto innovativo e sostenibile: la costruzione di un edificio dai muri massicci che consentono, grazie all'efficienza della massa termica, di ridurre la perdita di calore e, al contempo, di garantire un piacevole clima dei locali che hanno sempre temperature ottimali (dai 22 ai 26 °C). Anche le finestre, dimensionate e spostate verso l'interno dell'edificio, apportano un valido contributo in termini di ombreggiamento. In tal modo si può rinunciare agli impianti di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione, come pure alle tapparelle. L'involucro dell'edificio, spesso quasi 80 centimetri, consiste in una muratura a doppio strato che ha una duplice funzione. Lo strato esterno è composto di mattoni porizzati a foratura grossa per garantire la funzione isolante, mentre quello interno è composto di mattoni porizzati a foratura fine e ad alta densità per garantire la funzione di inerzia termica e statica. Le superfici a vista e i materiali intonacati a calce sono inoltre progettati così da compensare in maniera ottimale le oscillazioni di temperatura.

Per un siffatto progetto l'ecobilancio deve essere calcolato caso per caso, poiché le pareti spesse richiedono un dispendio maggiore in termini di risorse e di energia grigia. Al fine di ridurre al minimo l'impatto ecologico, si raccomanda di utilizzare materiali minerali riutilizzati o riciclati, come la calce ricavata da materiale secondario calcareo proveniente da cantieri di smantellamento. Nella produzione di calcina o intonaco a calce sarebbe opportuno non impiegare il cemento, in modo da non interrompere il circuito dei mattoni. A tale scopo si può impiegare una serie di additivi e leganti derivanti dal limo e dai rifiuti edili, che possono essere impiegati per pavimenti, pareti o murature in argilla. Si rammenta infine che, per esplicitare la sua efficacia, questo approccio «low tech» richiede la presenza, seppur minima, di persone nell'edificio al fine di generare il calore necessario.



«Baukonzept 2226»: edificio amministrativo, Emmen (LU)

²⁴ <https://www.baudokumentation.ch/m11/47/868547/223edc6109373eefb480f562d4051493.pdf>

8.6 I materiali minerali da costruzione possono essere impiegati nell'edilizia e nel genio civile

Si raccomanda di riutilizzare i materiali minerali da costruzione per uno scopo analogo. Al riguardo, nel promemoria concernente le nuove prospettive per i vecchi minerali («Neue Perspektiven für alte Steine» ([link](#), in tedesco e francese), l'associazione asr fornisce raccomandazioni sul possibile utilizzo dei materiali di demolizione ed elenca norme, basi legali e direttive.

8.7 I materiali minerali da costruzione sono combinabili con altri materiali da costruzione



Passaggio faunistico (fonte: espazium)

Oltre che essere resistenti anche in zone esposte, i materiali minerali da costruzione sono ottimamente combinabili con altri materiali da costruzione: un altro argomento a favore del loro impiego nel settore della costruzione.

Le costruzioni ibride che prevedono l'impiego combinato di materiali minerali da costruzione e legno soddisfano diverse esigenze. Spesso, infatti, il legno viene posato sopra una base solida o un nucleo solido di calcestruzzo. Occorre fare in modo che ogni materiale da costruzione espliciti al meglio la sua funzione e che quest'ultima non venga ridotta dall'impiego combinato (ad es. la mancata attivazione termica della massa di calcestruzzo a causa di un rivestimento in legno).

Il fabbricato in legno-calcestruzzo più alto in Svizzera, che raggiunge un'altezza di 60 metri, è stato costruito nel 2019 a Risch Rotkreuz, nel Cantone di Zugo. L'intelaiatura lignea poggia su un pianoterra in calcestruzzo e su due nuclei in calcestruzzo gettato in opera. I solai in legno-calcestruzzo costituiscono il sostegno dei piani intermedi e l'alloggiamento dell'impiantistica²⁵. Questo sistema costruttivo ibrido con climatizzazione integrata dei solai valorizza lo strato di calcestruzzo. Grazie all'impiego del legno, i solai così costruiti consentono di risparmiare emissioni grigie di gas serra e fino al 30 per cento di energia nell'esercizio grazie all'attivazione della massa di calcestruzzo²⁶.



Progetto «Suurstoffi 22», Risch Rotkreuz (ZG; fonte: studio di architettura Burkhard Meyer)

²⁵ <https://burkhardmeyer.ch/projekte/suurstoffi-22-risch-rotkreuz/>

²⁶ <https://issuu.com/lignum/docs/hbu135>

8.8 I materiali minerali da costruzione riciclati al posto di quelli ricavati da materie prime geologiche preservano le risorse

Esempio: impiego del calcestruzzo

Per la costruzione di edifici, dal 2002 la città di Zurigo impiega sistematicamente il calcestruzzo con aggregati riciclati, almeno del tipo «C» (con aggregati di granulato di calcestruzzo) e, se fattibile dal punto di vista tecnico, del tipo «M» (aggregati di granulato ricavati da demolizione non separata). Si costruiscono, ad esempio, solai di calcestruzzo a vista.



Deposito per bus, Zurigo-Hardau.
Rappresentante del committente: Amt für Hochbauten (foto: Andrea Helbling Arazebra, Zurigo)



Edificio scolastico Schauenberg, Zurigo-Affoltern.
Rappresentante del committente: Amt für Hochbauten (foto: Roland Bernath, Zurigo)



Edificio scolastico Schütze, Zurigo.
Rappresentante del committente: Amt für Hochbauten (foto: Theodor Stalder, Zurigo)



Complesso residenziale Werdwies, Zurigo-Altstetten.
Rappresentante del committente: Amt für Hochbauten (foto: Georg Aerni, Zurigo)



Complesso residenziale Kronenwiese, Zurigo.
Rappresentante del committente: Amt für Hochbauten (foto: Roman Keller, Zurigo)



Ampliamento del Kunsthau, Zurigo.
Rappresentante del committente: Amt für Hochbauten (foto: Juliet Haller, Zurigo)

Esempio: impiego dell'asfalto

In Svizzera le strade di nuova costruzione sono relativamente poche, infatti si rinnovano perlopiù quelle esistenti. Per questi lavori si ricorre regolarmente all'asfalto riciclato.

Questo materiale è stato utilizzato, ad esempio, nel risanamento del collegamento viario tra Oetwil an der Limmat e Würenlos (Cantone di Argovia) per la realizzazione di una ciclopista. Anche le città di Berna, Küsnacht, Uster e Zurigo, ad esempio, impiegano l'asfalto riciclato per l'esecuzione di lavori nelle strade di quartiere e in quelle principali.



Fonte: FFS

Le Ferrovie federali svizzere (FFS) ricorrono all'asfalto riciclato per la costruzione dei marciapiedi. La fattibilità è stata verificata e confermata nell'ambito di progetti pilota. Secondo le FFS, l'impatto ambientale si riduce di un quarto rispetto ai marciapiedi realizzati con asfalto nuovo²⁷.

²⁷ <https://company.sbb.ch/it/azienda/responsabilita-societa-ambiente/sostenibilita/tutela-dell-ambiente/economia-circolare.html>

8.9 Il limo: possibilità d'impiego raccomandate

Il limo è un particolare materiale minerale da costruzione che favorisce un piacevole clima dei locali. Purtroppo, in Svizzera il suo impiego nell'edilizia è ancora raro. Si raccomanda e si auspica caldamente un cambiamento di rotta, visto che in Svizzera le risorse di limo non mancano, anzi: la mappa a livello nazionale ([link](#)) mostra che la sua disponibilità è ampia e diffusa in tutto il Paese.

Il potenziale maggiore del limo riguarda attualmente l'impiego negli interni degli edifici. L'intonaco a base di limo ha effetti positivi sul clima dei locali ed è sostenibile sotto il profilo energetico. L'intonaco a base di limo è fonoisolante, regola naturalmente il tenore di umidità dell'aria, immagazzina calore e assorbe gli odori. È anche un materiale completamente riciclabile e ciò costituisce un grande vantaggio. Ecco alcuni esempi rappresentativi di possibili impieghi nell'edilizia:



Ricola Kräuterzentrum, Laufen (BL; fonte: Lehmfachverband Schweiz; foto: Andrea Helbling Arazebra, Zurigo)



Ospedale Triemli, Zurigo (fonte: Lehmfachverband Schweiz; foto: Ralph Freiner, Zurigo)



Edificio amministrativo, Laufen (BL; fonte: Lehmfachverband Schweiz; foto: Flubacher Nyfeler Partner Architekten AG, Basilea)

8.10 Il suolo e il materiale di scavo vanno considerati come risorse

Dato che anche il suolo è una risorsa scarsa, occorre favorire lo sviluppo centripeto degli insediamenti. Inoltre, le superfici negli edifici devono essere calcolate con moderazione, poiché le superfici sovradimensionate o inutilizzabili aumentano il consumo dei materiali e aggravano il conseguente impatto ambientale. Tuttavia, anche le esigenze sociali rivestono un ruolo importante nella pianificazione delle superfici (ad es. l'allestimento di sale comunitarie e di spazi ricreativi adiacenti).

Il materiale di scavo va altresì menzionato in relazione al suolo: a seconda della sua qualità, esso si presta a molteplici impieghi, ad esempio nell'ambito di modificazioni del terreno autorizzate. Al riguardo si rimanda all'aiuto all'esecuzione dell'OPSR, modulo campionamento di rifiuti solidi, pubblicato dall'UFAM ([link](#)).

9 Il calcestruzzo quale materiale da costruzione: sviluppi e innovazioni

Sono allo studio diverse formulazioni innovative per la produzione di calcestruzzo ecologico. Di seguito alcuni esempi rappresentativi.

Le potenzialità del calcestruzzo ecologico

Il Laboratorio federale di prova dei materiali e di ricerca (Empa) sta effettuando ricerche su tipi alternativi di cemento e calcestruzzo per fare in modo che nella loro produzione vengano emessi meno gas serra nocivi o meno anidride carbonica. Secondo i ricercatori dell'Empa, il cemento a base di calcio solfoalluminato (CSA) riduce le emissioni di gas serra del cemento pressoché del 30 per cento. Il cemento CSA presenta due vantaggi principali: richiede una minore quantità di calcare nella miscela di materie prime e ha una temperatura di cottura più bassa. Il tipo di additivi presenti nel cemento potrebbe addirittura essere modificato in modo da rendere del tutto superfluo il processo di cottura²⁸.

Un altro metodo per produrre cemento a basse emissioni di carbonio consiste nel sostituire il clinker a elevate emissioni di CO₂ con una miscela di argilla bianca (caolino), gesso, scorie d'altoforno e sodio metasilicato. La procedura è rilevante per il calcestruzzo impiegato nell'ingegneria (autocompattante, per fondamenti speciali, massetti) e nelle costruzioni prefabbricate²⁹. Evitando il processo di cottura, il bilancio di CO₂ degli edifici può essere ridotto del 70 per cento sul lungo termine³⁰. Questo tipo di cemento privo di clinker è stato utilizzato, ad esempio, per costruire le fondamenta, le pavimentazioni e le pareti di un complesso residenziale formato da case unifamiliari nel comune di Onex (Cantone di Ginevra).

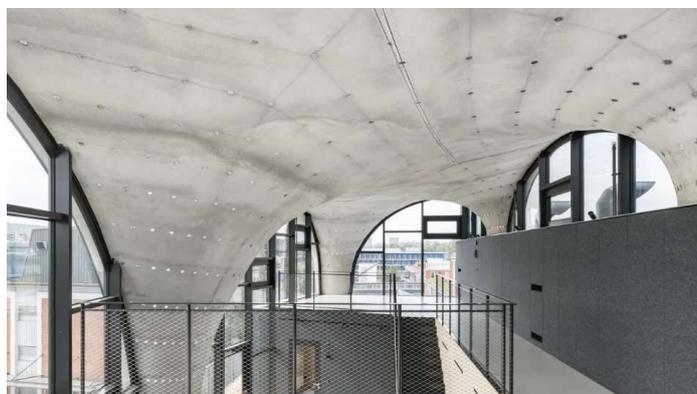
In sede di valutazione complessiva di questi nuovi tipi di cemento, tuttavia, oltre al bilancio di emissioni di CO₂ durante la produzione bisogna tenere conto della provenienza e della disponibilità delle materie prime, come pure delle informazioni disponibili riguardo alle possibilità tecniche d'impiego.

L'anidride carbonica viene legata in modo permanente al calcestruzzo attraverso la carbonatazione

Il calcestruzzo con aggregati riciclati consente lo stoccaggio a lungo termine di CO₂ grazie a un legame chimico. In una speciale procedura, il calcestruzzo con aggregati riciclati viene messo a contatto con la CO₂. Ciò genera una carbonatazione superficiale della matrice di cemento, cosicché la CO₂, in forma cristallizzata, viene legata in modo permanente. Il calcestruzzo con aggregati riciclati trattato con questa procedura viene aggiunto a quello allo stato fresco come sostituto della ghiaia³¹. Le procedure attualmente impiegate dalle diverse aziende presentano differenti livelli di efficienza della carbonatazione, talvolta con percentuali esigue.

Il calcestruzzo con aggregati riciclati ha proprietà di statica identiche a quelle del calcestruzzo primario, dunque può essere impiegato per molti componenti (pareti esterne e interne, pavimentazioni ecc.).

Design suggestivo e impiego ridotto di materiali



La piattaforma per l'innovazione «next evolution in sustainable building technologies, NEST» dell'Empa utilizza la tecnologia di stampa 3D per realizzare un solaio ultraleggero. La costruzione leggera del solaio nell'unità HiLo è caratterizzata da una struttura a nervature bombate e resistente alla pressione, che richiede il 50 per cento in

Solaio autoportante caratterizzato da elevate prestazioni e basse emissioni («high performance, low emissions», HiLo), realizzato dal gruppo di ricercatori «Block Research Group» del Politecnico federale di Zurigo

²⁸ <https://www.empa.ch/web/s604/a-recipe-for-eco-concrete>

²⁹ <https://www.ciments-hoffmann.fr/dossier-ciment-decarbone/>

³⁰ <https://www.batimag.ch/monde-de-la-construction/le-ciment-francais-sans-carbone-se-menage-une-place-en-suisse-romande-3682>

³¹ <https://www.kibeco.ch/de/produkte/kibeco-beton>

meno in termini di materiali rispetto a un tradizionale solaio di calcestruzzo³². Questo design a filigrana riduce in modo considerevole le emissioni grigie di CO₂ per metro quadrato di superficie utile. Gli elementi del soffitto, che come additivo contengono calcestruzzo da aggregati riciclati proveniente da progetti di smantellamento, favoriscono inoltre l'installazione di impianti a basso consumo energetico. La fabbricazione digitalizzata dei componenti permette un impiego dei materiali più flessibile, modellato sulla struttura portante. Lo spessore del solaio di calcestruzzo varia in funzione dei requisiti inerenti alla statica. Inoltre, l'esecuzione è di qualità costantemente elevata e si possono realizzare forme geometriche molto raffinate. Ne risultano nuove possibilità d'impiego in termini di design, statica e funzionalità³³.

10 Raccomandazioni concernenti le fasi di progettazione e costruzione

10.1 Osservazioni di carattere generale

Per l'edilizia sostenibile con materiali minerali da costruzione è necessario formulare criteri di sostenibilità chiari già nella fase di pianificazione strategica. In particolare va esaminata la possibilità di conservare per quanto possibile gli edifici esistenti, anziché costruirne di nuovi. In una dimensione ecologica, ciò si rifà al principio della riduzione. Una domanda fondamentale che potrebbe sorgere in tale contesto è la seguente: come si fa a costruire utilizzando meno risorse possibili e nel rispetto dei principi dell'economia circolare? Si tratta di una questione che, ovviamente, deve essere esaminata in un'ottica concreta.

Anche negli appalti si trovano spunti importanti per promuovere la sostenibilità. Criteri sufficientemente esigenti, che ammettono nondimeno proposte innovative, aiutano a trovare i partner ideali per la realizzazione.

Il riutilizzo dei componenti è uno degli strumenti principali per prolungare il ciclo di vita e ridurre le emissioni di CO₂ nei lavori di costruzione e nel consumo delle risorse. Nel caso di progetti improntati sull'approccio del riutilizzo che prevedono l'impiego di componenti usati, occorre osservare che tali progetti non possono essere elaborati secondo le tradizionali fasi della SIA. Infatti alcune fasi arrivano prima, altre invece si sovrappongono. In particolare, i costi per l'acquisto dei componenti vengono anticipati, visto che questi devono essere già noti nell'elaborazione del progetto di massima.

Le spiegazioni riportate di seguito si riferiscono principalmente all'impiego di prodotti riciclati (ad es. calcestruzzo con aggregati riciclati). Per saperne di più sull'edilizia circolare e rispettosa del principio del riutilizzo si raccomanda di consultare opere di letteratura specialistica. Il capitolo 11 «Ulteriori ausili per l'attuazione» ne riporta un elenco rappresentativo con le rispettive fonti.

10.2 Pianificazione strategica, studi preliminari e progettazione

Idealmente, gli obiettivi e le condizioni quadro per la costruzione sostenibile con materiali minerali sono già definiti nella fase di pianificazione strategica. Il committente stabilisce le caratteristiche richieste di un'opera edile, gli obiettivi riguardanti la sostenibilità e la scelta dei materiali da costruzione. Partendo da questa base, il team di progetto è tenuto, in accordo con i produttori e il committente, a preparare soluzioni adeguate. Gli edifici costruiti con materiali minerali presentano un'ottima capacità portante, sono robusti e resistenti al fuoco. Con la giusta pianificazione, nei lavori di smantellamento i materiali minerali da costruzione possono essere riutilizzati o perlomeno riciclati sotto forma di interi componenti.

Esempio: calcestruzzo con aggregati riciclati

Già nelle fasi 1 e 2 (pianificazione strategica e studi preliminari), il committente definisce con il team di progetto gli obiettivi in materia di sostenibilità nell'accordo di utilizzo. Sulla base di questi obiettivi e dei prodotti disponibili con determinate proprietà, si valuta se l'impiego del calcestruzzo con aggregati riciclati sia opportuno o no.

Per verificare la disponibilità di questo tipo di calcestruzzo, nella regione vengono effettuati accertamenti preliminari. L'attuazione deve avvenire in modo adeguato alla specifica fase. Nella fase 3 (progettazione), quando si configurano le proprietà di statica dei componenti si definisce quali componenti costruttivi possono essere realizzati in calcestruzzo con aggregati riciclati e quali in calcestruzzo primario. In questa fase, l'ingegnere civile può elaborare la definizione con l'ausilio dello strumento di supporto «Prova di calcestruzzo riciclato e dei tipi di cemento (XLSX)» del complemento Minergie ECO ([link](#)).

³² <https://www.holcim.ch/de/nachhaltiger-holcim-beton-fuer-innovatives-leichtbau-forschungsprojekt-der-eth-zuerich>

³³ <https://www.swissbau.ch/de/aktuell/blog/neue-nest-unit-step2-3d-druck-und-gebaeudehuelle-im-fokus>

Raccomandazioni per committenti, capiprogetto e progettisti (l'elenco non è ordinato secondo criteri di priorità o efficacia)

- Prima di decidere la demolizione di un edificio, esaminate forme di utilizzo alternative al fine di preservare quello esistente.
- Contribuite alla gestione sostenibile delle risorse edilizie preferendo il riutilizzo dei componenti ai prodotti riciclati.
- Concordate il riutilizzo o l'utilizzo ulteriore di componenti, di gruppi di componenti o di calcestruzzo con aggregati riciclati già nelle fasi della pianificazione strategica e degli studi preliminari.
- Utilizzate il calcestruzzo con aggregati riciclati soltanto per i settori d'impiego indicati (cfr. le rispettive raccomandazioni d'impiego [\[link\]](#) e il quaderno tecnico SIA 2030)
- Ai sensi del diritto in materia di appalti pubblici entrato in vigore nel 2021, non ottiene l'aggiudicazione l'offerta più conveniente, bensì quella più vantaggiosa in materia di sostenibilità ([link](#) dell'UFAM e [link](#) della KBOB).
- Nella scelta dei materiali e dei prodotti da costruzione nonché delle soluzioni costruttive, pianificate per tempo lo smontaggio non distruttivo dei componenti e dei prodotti da costruzione, al fine di consentire l'economia circolare nei successivi lavori di riparazione e smantellamento.
- Prendete in considerazione i costi del ciclo di vita dei materiali e dei prodotti da costruzione impiegati per l'edificio in questione e, se possibile, i costi dell'impatto ambientale dei materiali minerali da costruzione (cfr. scheda informativa «Nuova cultura dell'aggiudicazione: qualità, sostenibilità e innovazione quali aspetti fondamentali del nuovo diritto in materia di appalti pubblici», [link](#)).

10.3 Appalto

Una nuova cultura dell'aggiudicazione

La legge sugli appalti pubblici (LAPub) e la relativa ordinanza (OAPub), entrambe rivedute, sono entrate in vigore il **1° gennaio 2021**. L'obiettivo era introdurre un cambiamento nella cultura dell'aggiudicazione in Svizzera. I servizi di aggiudicazione pubblici sono invitati a considerare, nella loro documentazione dei bandi, i criteri di aggiudicazione inerenti alla qualità e alla sostenibilità. Non è più soltanto l'offerta più conveniente a ottenere l'aggiudicazione, bensì quella più vantaggiosa. Ulteriori informazioni al riguardo sono disponibili nella scheda informativa «Nuova cultura dell'aggiudicazione: qualità, sostenibilità e innovazione quali aspetti fondamentali del nuovo diritto in materia di appalti pubblici» ([link](#)).

Esempio: calcestruzzo con aggregati riciclati

Nella fase 4 (appalto), il calcestruzzo con aggregati riciclati viene ordinato in base alle proprietà per gli impieghi adatti e offerto come posizione principale nei casi in cui il calcestruzzo e gli aggregati riciclati siano disponibili a una distanza ragionevole, ad esempio nel raggio di 25 chilometri dal cantiere (cfr. lo strumento di supporto «Verifica sulla disponibilità di calcestruzzo riciclato» del complemento Minergie ECO). Per consentire il confronto dei prezzi, i calcestruzzi primari corrispondenti vengono inseriti nelle posizioni «R».

Nello strumento ecoDevis, i tipi di calcestruzzo «C» da aggregati riciclati più comuni sono designati quali materiali interessanti sotto il profilo ecologico. In commercio si trovano ormai in quasi tutte le classi di resistenza. Il calcestruzzo riciclato «M» è realizzabile a determinate condizioni. Il modulo di elasticità deve essere stabilito come proprietà aggiuntiva, oltre ai requisiti di base che il calcestruzzo deve soddisfare conformemente alla pertinente norma europea SN EN 206-1.

Definizione delle specifiche tecniche

I criteri di sostenibilità dovrebbero essere parte integrante delle specifiche tecniche richieste. Le emissioni grigie di gas serra e quelle di CO₂ possono essere ridotte, ad esempio, scegliendo tipi di cemento contenenti un tenore esiguo di clinker di cemento Portland. Nel complemento Minergie ECO figurano il criterio M4.010 e le misure per i tipi di cemento impiegati per calcestruzzi normali. Questi criteri fungono da ausilio per la progettazione secondo principi ecologici e per l'appalto.

Definizione dei criteri di aggiudicazione

I criteri di aggiudicazione di carattere ambientale e le specifiche tecniche possono completarsi a vicenda. Per confrontare le diverse offerte, progettisti e committenti possono avvalersi di un calcolatore online per valutare i

differenti tipi di calcestruzzo in ottica ecologica. È possibile calcolare l'effetto del tenore di materiali riciclati e della scelta del cemento sulla valutazione del bilancio ecologico del calcestruzzo ([link](#)). Al contempo è necessario includere in ogni caso le proprietà tecniche richieste.

In merito agli additivi per la malta e il calcestruzzo, il requisito concernente gli standard ecologici può essere formulato conformemente alle raccomandazioni dell'Associazione svizzera dei fabbricanti di additivi per il calcestruzzo («Dachverband Schweizerischer Hersteller von Betonzusatzmitteln», FSHBZ). Essa stabilisce criteri ecologici allo scopo di ridurre gli effetti degli additivi su persone e ambiente. Nel riciclaggio del calcestruzzo di demolizione per la fabbricazione di nuovo calcestruzzo si aggiungono spesso additivi. Se questo processo viene ripetuto più volte, il tenore di additivi aumenta.

A novembre 2023 la KBOB ha pubblicato la raccomandazione «Appalti sostenibili nel settore della costruzione», che illustra in modo pratico le basi per l'integrazione della sostenibilità quale criterio di aggiudicazione nelle commesse edili ([link](#)). La pertinente raccomandazione per la parte Infrastrutture è stata pubblicata nel 2021 ([link](#)).

10.4 Realizzazione

In questa fase, il contributo più significativo in termini di sostenibilità è l'attuazione del progetto con la rispettiva attestazione delle prove. Sul cantiere devono essere presenti specialisti incaricati di monitorare l'esecuzione e garantire il controllo della qualità nonché di verificare, in particolare, i requisiti di sostenibilità. Durante l'esecuzione occorre controllare la qualità dei materiali minerali utilizzati e i quantitativi sulla scorta dei bollettini di consegna. Si raccomanda di informare per tempo i responsabili presso le imprese incaricate, di raccogliere i bollettini di consegna e di verificare se i quantitativi indicati sono corretti. Nel caso del calcestruzzo, è possibile chiedere al cantiere di fornire un elenco di tutte le consegne effettuate per tipo di calcestruzzo³⁴.

L'impiego del calcestruzzo con aggregati riciclati può essere ulteriormente ottimizzato estraendo i materiali minerali necessari direttamente da cantieri di smantellamento situati nelle vicinanze e producendo il calcestruzzo con aggregati riciclati in loco per evitare trasporti su lunga distanza³⁵.

³⁴ Cfr. complemento Minergie ECO

³⁵ <https://www.ftige.ch/la-maitrise-de-leconomie-circulaire-sera-un-vrai-avantage/>

11 Ulteriori ausili per l'attuazione

Strumenti, ausili per la valutazione e certificazioni per gli edifici

- Dati dell'ecobilancio nel settore della costruzione della KBOB ([link](#))
- Complemento Minergie ECO ([link](#))
- ecoDevis: descrizione delle prestazioni ecologiche secondo il Catalogo delle posizioni normalizzate ([link](#))
- ecoProdukte: prodotti certificati e valutati sotto il profilo ecologico ([link](#))
- Costruzione di edifici SNBS ([link](#))
 - 332 Materiali da costruzione ecologici
- Infrastruttura SNBS ([link](#))
 - W 1.2.2 | Facile conservazione e smantellamento
 - W 2.2.1 | Materie prime disponibili a livello regionale
 - U 1.4.1 | Rifiuti non inquinati
 - U 1.5.1 | Efficienza delle risorse
 - U 1.5.3 | Possibilità di smantellamento
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen / Schweizer Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft ([link 1](#) / [link 2](#))
 - ENV 1.2 Rischi per l'ambiente locale («Risiken für die lokale Umwelt»)
 - ENV 1.3 Estrazione responsabile delle risorse («Verantwortungsbewusste Ressourcengewinnung»)
 - TEC 1.6 Idoneità a smantellamento e riciclaggio («Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit»)

Riutilizzo

- Piattaforma dell'associazione di tutti gli attori del riutilizzo Cirkla ([link](#))
- Promemoria «Wiederverwendung von Bauteilen», Zirkular GmbH e ZHAW ([link](#))
- Libro: «Bauteile wiederverwenden. Ein Kompendium zum zirkulären Bauen», Institut Konstruktives Entwerfen der ZHAW 2021 ([link](#))
- Studio: «Wiederverwendung Bauen», SALZA e Matériuum su incarico dell'UFAM 2020 ([link](#))
- Standard, metodi e strumenti sull'edilizia circolare: panoramica di Intep ([link](#))

Materiali minerali da costruzione riciclati

- Quaderno tecnico SIA 2030 «Calcestruzzo con aggregati riciclati» 2021 ([link allo shop](#))
- Raccomandazioni d'impiego per committenti, progettisti, architetti e ingegneri, ASIC e asr ([link](#))
- Norma europea SN EN 15804 Sostenibilità delle costruzioni - Dichiarazioni ambientali di prodotto - Regole quadro di sviluppo per categoria di prodotto («Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte»)
- Calcolatore del tipo di calcestruzzo per progettisti (in tedesco; [link](#))

Impiego di asfalto di demolizione e di asfalto a bassa temperatura

- Guida di buone prassi «Wiederverwendung Ausbauasphalt und Einsatz Niedertemperaturasphalt», ASIC e asr (disponibile anche in francese) ([link](#))