



VERDE VERTICALE è necessario un pensiero interdisciplinare per conciliare edificio e piante. E in assenza di norme, la pratica progettuale ...fa la parete

EDOARDO BIT



Nella pagina di sinistra dall'alto, Capella Garcia Arquitectura, parete verde a Barcellona. Tramite l'impiego di numerose specie diverse, a portamento decumbente e sistemate in vaso, è stata inverdita la facciata cieca di un isolato urbano, con tutti i benefici ambientali e microclimatici che ne derivano. Anche la contrapposizione fra vecchio e nuovo esprime bene le potenzialità formali del verde verticale. (© Edoardo Bit).

Matteo Thun, Terme di Merano, 2005: vista dall'interno. Le fronde vegetali sulla vetrata, oltre che un'importante funzione di protezione solare, hanno un'interessante resa formale. (© Edoardo Bit).

In basso, Clavel Arquitectos, ristrutturazione di un attico per un collezionista d'arte, Murcia, 2011. L'opera dimostra come i sistemi d'inverdimento possano essere proficuamente adottati anche nelle opere di riqualificazione del costruito. (© David Frutos Ruiz).

In questa pagina, la cupola che sovrasta il Padiglione dell'India al World Shanghai Expo 2010 esprime bene il punto di contatto fra la tecnica del verde pensile e quella delle pareti verdi. La sua morfologia passa da una conformazione quasi orizzontale in sommità, fino a delle superfici quasi completamente verticali ai lati. (© Giovanni Zannoni).



I sistemi finalizzati all'integrazione fra organismi edilizi e vegetali alle diverse scale del progetto d'architettura – genericamente riconosciuti con l'appellativo di verde tecnico – stanno oggi riscuotendo notevole interesse. Fra questi, quelli che riguardano la commistione su superfici edilizie verticali di apparati vegetali viventi sono i più recenti, e quindi, oltre che meno conosciuti, anche quelli che attirano la maggior attenzione di settore. Le pareti verdi rappresentano una novità per la pratica architettonica contemporanea, non solo per le proprie doti d'innovazione intrinseca ma anche in forza dell'effettivo impatto sull'aspetto dell'edificio che le ingloba.

All'attuale stato dell'arte bisogna comunque ammettere, però, che tale interesse non è supportato da un'adeguata conoscenza, da parte dei vari attori del processo edilizio, di quelle che sono le caratteristiche esecutive e comportamentali di un sistema che, proprio in forza della compresenza di apparati costruttivi e biologici, può rilevarsi sensibile e impegnativo da mantenere.

Benché alcuni archetipi di pareti verdi siano rilevabili da secoli all'interno dell'edilizia di base in regioni geografiche a clima sia freddo che mediterraneo (si pensi ai *turf building* delle popolazioni vichinghe, nel primo caso, o alle facciate edilizie e pergole rivestite di piante rampicanti dell'architettura romana e mediorientale), tale tipologia costruttiva si è molto evoluta, soprattutto in anni recenti, conseguentemente al progresso delle teorie legate allo sviluppo sostenibile. Ulteriore elemento costruttivo da cui derivano i sistemi d'inverdimento verticale più recenti è quello del verde pensile, poiché da tale tecnica discendono sia alcuni dei principali sviluppi funzionali delle pareti verdi odierne, che la conseguente modalità di concepirne la conformazione stratigrafica nello spazio dell'involucro. Il verde pensile si differenzia però da quello verticale in forza sia di motivazioni comportamentali (ad es. gestione idrologica del sistema, fruibilità per le persone ecc.) che sotto l'aspetto della definizione tecnologico-normativa. Nel mondo, la pratica delle coperture a verde è ormai consolidata, tanto che, ad esempio in Italia, è rilevabile una norma tecnica dedicata (la UNI 11235:2007, intitolata "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde"); mentre non è possibile affermare altrettanto con le pareti verdi che sono caratterizzate ancora oggi, a livello globale, da numerosissime tecniche diverse e da una totale mancanza di uniformazione procedurale o esecutiva. I sistemi per l'edilizia che contemplano la presenza di apparati vegetali si differenziano da tutti gli altri, proprio a causa di tale compartecipazione biologica. La vegetazione è un elemento naturale vivente e, in forza di tale particolarità, risulta impossibile da controllare appieno (se non altro rispetto a quelli che sono i canoni della pratica edilizia corrente). Ne deriva pertanto che attraverso l'attività progettuale si dovrà piuttosto mirare ad assecondare le esigenze della pianta, per non mettere a rischio la sussistenza dell'involucro.

MODULO PAROLE CHIAVE

VERDE TECNICO – PARETI VERDI – TURF BUILDING – MANUTENZIONE – VERDE PENSILE – UNI 11235:2007 – SISTEMA IBRIDO – GREEN FACADE – LIVING WALLS – MURI VEGETALI

Impianti, componenti, sottosistemi: elementi tecnologici a garanzia di una necessaria interazione tra organismi vegetali e involucro

Le piante sono senza ombra di dubbio la componente più importante del sistema, da cui, in ultima analisi, dipende la riuscita o il fallimento dello stesso. Ma non sono la sola, però, da cui derivano le sorti di una parete verde: vi sono infatti anche tutta una serie di apparati tecnici che servono a garantire la funzionalità dell'insieme (impianti, componenti, sottosistemi ecc.), assicurando la vita degli organismi vegetali e una loro relazione non negativa coi restanti apparati di chiusura.

La presenza della vegetazione apre quindi il campo a una serie di questioni inedite per il settore delle costruzioni, che rendono il sistema più complesso ma anche maggiormente prestante: è stato infatti largamente evidenziato dalla ricerca scientifica come la presenza fisica di apparati vegetali in appoggio a superfici edilizie, o l'interazione di queste con i comportamenti fisiologici che le piante mettono in campo per sopravvivere, possa apportare una serie di benefici sia per le chiusure edilizie stesse, che per gli ambienti aperti o confinati ad esse prospicienti.

Se le pratiche per l'integrazione fra pareti edilizie e vegetazione fanno riferimento a tecnologie e sistemi poco normalizzati e, spesso, difforni gli uni dagli altri, è stato coniato nel tempo, sia in campo internazionale che in Italia, un appellativo generico che serve a riferirsi, senza particolari distinzioni di sorta, a tutte quelle metodologie che presentino dei – anche diversificati – livelli di commistione fra frontiere edilizie e piante. In Italia questi sono indicati con la locuzione di “verde verticale”, mentre in campo internazionale si utilizza la dicitura di “green walls”.

Un qualsiasi sistema d'inverdimento si compone di alcuni sub-sistemi comuni, che ricorrono con una precisa successione nello spazio. Questi sono tre e, partendo dall'esterno di un fabbricato e procedendo verso l'interno, sono definibili come: apparato d'inverdimento, composto dalla sommatoria delle fronde vegetali e dei substrati indispensabili per la loro piantumazione e sopravvivenza;

-sottosistemi tecnologico-impiantistici, necessari alla messa in opera del pacchetto a verde ed alla funzionalità dell'involucro;

-la chiusura edilizia da vegetare, intesa come elemento fisico di delimitazione fra sistemi ambientali differenti (l'uno esterno e l'altro confinato).

GLOSSARIETTO

Piante a portamento decombente: Le piante decombenti sono quelle che rivestono una superficie verticale tramite il ricadimento delle proprie propaggini vegetali sulla superficie della stessa: ciò implica che esse siano piantumate in quota tramite l'ausilio di vasi

Fogliazione sempreverde, fogliazione decidua: A differenza dei rivestimenti, che presentando talvolta specie a fogliazione decidua sono contraddistinti da un certo livello di reversibilità vegetale, le chiusure vegetate prevedono sempre l'impiego di specie sempreverdi. Ciò perché il complesso apparato stratigrafico di chiusura non è mai stato concepito – almeno fino a oggi – come un elemento di caratterizzazione formale, ma semplicemente come un insieme funzionale necessario alla vita delle piante ed alla concretizzazione della frontiera edilizia

Fertirrigazione: tecnica agronomica che si associa alle coltivazioni fuori suolo (o “idroponiche”) in cui, assieme al normale apporto idrico destinato alle piante, vengono distribuite sostanze nutritive necessarie al loro sviluppo biologico: la miscela liquida così ottenuta è definita soluzione idrosalina.

Relazioni intraspecifiche e interspecifiche: interspecifiche avvengono fra specie diverse, mentre quelle intraspecifiche interessano le medesime specie.

Moria: a causa dell'elevato numero di vegetali per unità di superficie (il Mur Vegetal di Patrick Blanc può contenere 25-30 piante per m², mentre altri sistemi in commercio possono arrivare anche a 50-90/m²) le chiusure vegetate presentano una moria percentualmente non trascurabile; quindi anche le relative attività di pulizia del secco e rimpiazzo degli esemplari deceduti si rivelano annoverabili fra quelle ordinarie.



piante rampicanti

grigliato metallico

aria

chiusura verticale



Matteo Thun, Terme di Merano, 2005. Esempio di rivestimento vegetale: i rampicanti sono sistemati al livello del terreno e si sviluppano verticalmente grazie all'ausilio di un sottosistema metallico di supporto (visibile sulla destra dell'immagine a causa dell'ancora incompleto sviluppo della pianta). Si noti come il rivestimento sia posizionato a ridosso di superfici sia opache che trasparenti. (© Edoardo Bit).

Dettaglio tipo di un rivestimento vegetale eseguito con piante rampicanti. (© Edoardo Bit).

Green facade, living wall e muri vegetali: differiscono per caratteristiche esecutive e interazione delle componenti impiantistiche. Le tre tipologie più diffuse

Alla luce delle questioni finora introdotte è comunque possibile, all'interno del campo del verde verticale, operare una distinzione tipologica, individuando alcune categorie che si differenziano in funzione delle relative peculiarità esecutive e d'impianto. Si potranno quindi avere: rivestimenti vegetali, chiusure verticali vegetate o muri vegetali.

Il rivestimento vegetale (*green façade* nella dicitura internazionale) è la forma maggiormente storicizzata e semplice di parete verde. È rilevabile da secoli nella prassi edificatoria e, come dice lo stesso vocabolo "rivestimento", indica un qualcosa in appoggio ad un'altra, trattandosi di un apparato vegetale a ricoprimento di superfici edilizie. Questa tipologia consiste in un sistema tecnologico più o meno semplice a seconda che le piante aggrappino direttamente sulla superficie parietale (pratica largamente utilizzata in passato ma oggi quasi totalmente abbandonata) o che lo facciano con l'ausilio di specifici elementi di supporto, solitamente graticci di varia natura materica.

Il rivestimento è caratterizzato da bassa tecnologia sistemica e da un limitato livello d'integrazione fra piante e chiusura, ed è considerabile come un apparato vegetale supplementare a una parete edilizia: chiusura che potrebbe perciò sussistere anche senza la presenza delle piante. In forza di tali considerazioni è possibile asserire che esso sia assimilabile più a un componente edilizio che ad un sistema tecnologico vero e proprio, poiché seppur la flora sia certamente utile alla funzionalità della frontiera, non si rivela una discriminante fondamentale alla sua esistenza.

La bassa complessità tecnica si ripercuote nel numero di vegetali impiegabili e nei conseguenti modi d'impianto. Le specie utilizzabili sono poche e fanno riferimento a quelle rampicanti o a portamento decumbente: esse sono le uniche che grazie alla propria struttura biologica ed alle derivanti possibilità di sviluppo dimensionale riescono a garantire il ricoprimento murario senza il bisogno che le fronde vegetali siano in stretta contiguità ai propri organi radicali. Anche le modalità di messa a dimora sono relativamente semplici, essendo suddivisibili tra le specie piantate a terra e quelle in vaso.

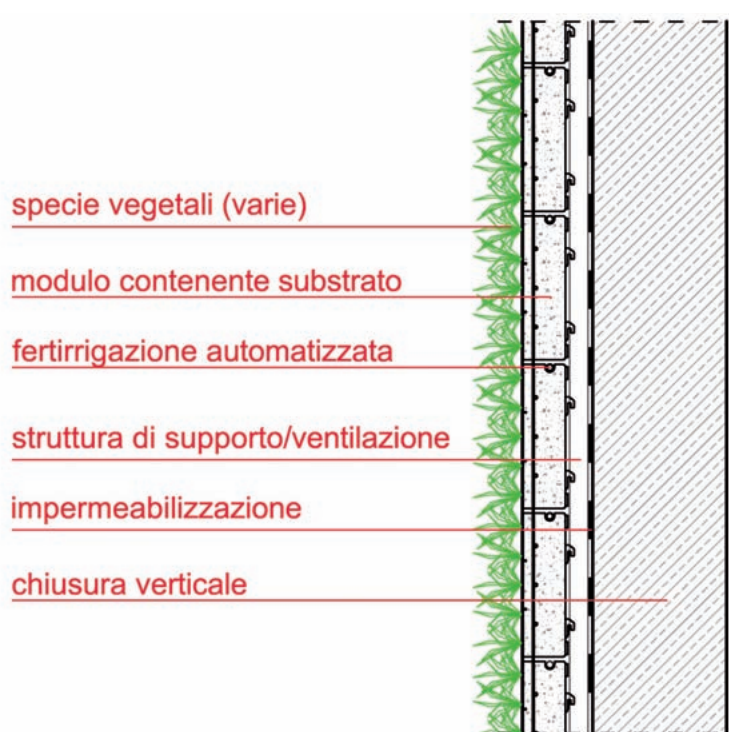
Le chiusure verticali vegetate (*living walls* in inglese) sono un prodotto contemporaneo. Seppur alcune

caratteristiche archetipiche di tali sistemi potrebbero reperirsi nei *turf building* citati in precedenza, tale tipologia è comunque da considerarsi una pratica sviluppatasi principalmente negli ultimi anni, molto evoluta dal punto di vista agro-tecnico e a tutti gli effetti considerabile una derivazione tipologica delle coperture a verde. A differenza dei rivestimenti, le chiusure vegetate sono pienamente equiparabili a un'«unità tecnologica» (UNI 8290-1:1981, 1-2): con questa tecnica vi è una spiccata commistione fra la parete e le piante, poiché queste ultime sono sistemate direttamente sulla superficie di chiusura e ogni punto della stessa corrisponde al luogo d'impianto dei vegetali. Ne consegue che l'apparato a verde sia paragonabile a uno strato vegetale uniforme che ricopre l'intera superficie edilizia, ove la flora diviene parte integrante, ed irrinunciabile, dell'involucro. Questa tipologia presenta un'elevata tecnologia intrinseca e una spiccata industrializzazione di sistema, tanto che, in alcuni casi, anche la componente vegetale viene preparata in laboratorio per giungere in cantiere ad uno stadio di sviluppo maturo (tecnica correntemente definita "pre-vegetatura"). La chiusura vegetata si presenta come un sistema raffinato dal punto di vista tecnologico e risente di questioni come razionalizzazione produttiva e cantieristica, industrializzazione sistemica e modularità. Altro fattore caratterizzante è relativo alle piante: sono in questo caso adoperabili gran parte delle specie del mondo, purché a fogliazione sempreverde. Inoltre la complessità agronomica e tecnica ne rende indispensabile l'inserimento di un impianto d'irrigazione o fertilizzante, avente la funzione di assicurare – in modo automatizzato e programmabile – il nutrimento del verde.

I muri vegetali sono una sottotipologia delle chiusure vegetate e, benché sottendano gran parte delle caratteristiche della precedente categoria, presentano alcune specificità che gli conferiscono una declinazione tecnologico-esecutiva autonoma. La principale differenza consiste nella formulazione del processo di realizzazione.

Tschumi e M+V Architects, M2 Metro Station, Losanna, 2008. Esempio di chiusura vegetata: è ben leggibile, sulla superficie della facciata, la scansione degli elementi modulari d'inverdimento. Interessante anche la continuità (solo formale e non tecnologica) fra copertura a verde e parete. (© Valeria M. Rocco).

Dettaglio tipo di una chiusura vegetata. Data la scarsa uniformazione procedurale, questa tipologia è caratterizzata da una grande varietà di tecniche diverse: è stata perciò qui selezionata un'opzione tecnologica fra le molteplici rilevabili, al solo scopo di illustrare le proprietà del sistema. Il caso raffigurato si compone di moduli scatolari contenenti un substrato di materiali inerti. (© Edoardo Bit).



GJP Arquitectos, Natura Towers, Lisbona, 2009: esempio di muro vegetale. Degna di nota la complessità dell'apparato a verde. (© Michael Hellgren, Vertical Garden Design).

Muro vegetale, dettaglio tipo. Il caso specifico si differenzia dalla precedente tipologia non soltanto per le modalità di messa in opera dell'apparato vegetale, ma anche per il materiale con cui è realizzato il substrato: trattandosi di un doppio feltro sintetico in poliammide, la modalità d'impianto è quella della coltura idroponica. (© Edoardo Bit).



Se la chiusura vegetata può essere paragonata a un qualsiasi altro sistema tecnologico di origine industriale (ad es. una facciata ventilata), il muro vegetale, pur essendo anch'esso formato da componentistiche dedotte dalla normale produzione, richiede una maggior presenza umana durante le fasi operative che conducono all'ultimazione dell'opera, soprattutto per quel che concerne la collocazione dell'apparato vegetale, che avviene manualmente. È quindi possibile affermare che il muro vegetale implichi una minor industrializzazione processuale parallelamente ad una più ampia attività progettuale e costruttiva; esattamente l'inverso di quel che accade con le chiusure vegetate, ove la forte ricerca ed implementazione di prodotto a monte, si traduce in minori controlli formali e di realizzazione cantieristica. Altra peculiarità dei muri vegetali è che sono la tipologia di verde verticale che meglio si adatta alla collocazione indoor.

| Tipologie | Descrizione | Sistema tecnologico | Rivestimento | Specie utilizzabili |
|---------------------------------------|--|--|---|--|
| Green facade (rivestimento vegetale). | Apparato vegetale riveste la superficie edilizia | Bassa tecnologia sistemica, limitato livello d'integrazione fra piante e chiusura, apparato vegetale supplementare a una parete edilizia | Piante aggrappano direttamente alla superficie parietale oppure con ausilio di specifici elementi di supporto (graticci) | Specie rampicanti o a portamento decumbente |
| Living Wall (chiusure vegetate) | Apparato vegetale equiparabile a uno strato vegetale uniforme che ricopre l'intera superficie edilizia | "Unità" tecnologica con spiccata commistione fra parete e piante, la flora è parte integrante dell'involucro | Piante sono sistemate direttamente sulla superficie di chiusura e ogni punto corrisponde al luogo d'impianto dei vegetali | Qualsiasi specie, purché a fogliazione sempreverde |



CBA Progetti, ristrutturazione di Caruzzo & Associati, Treviso, 2006. L'utilizzo di una specie decidua rende la pelle edilizia mutevole durante l'arco dell'anno. In inverno sono visibili solo il reticolo strutturale di supporto alle piante e gli esili rami delle stesse senza foglie, che non rappresentano, quindi, alcun ostacolo per l'acquisizione solare attraverso le finestre. La foto è del marzo 2010. (© Edoardo Bit).

CBA Progetti, Caruzzo & Associati: nel periodo primaverile ed estivo l'involucro si ricopre di un verde rigoglioso. La specie vegetale è una *Parthenocissus tricuspidata* (vite vergine). Foto risalente a giugno 2010. (© Edoardo Bit).

CBA Progetti, Caruzzo & Associati: dettaglio dell'involucro. Dall'immagine autunnale è visibile come le propaggini fogliari, prima di cadere a terra, assumano una colorazione rossastra. La foto è dell'ottobre 2008. (© CBA Progetti).

Multifunzione e con funzioni variabili, la scelta della tecnica ha esiti architettonici, opportunità compositive e gestionali diverse. E anche diversi approcci economici

D all'esame delle categorie enunciate appare per prima cosa evidente come l'optare per l'una o per l'altra comporti risultati architettonici divergenti. Ma le differenze sono anche di tipo funzionale, gestionale e, non ultimo, monetario.

Se un rivestimento vegetale è paragonabile a un sovra-sistema della facciata, ne deriva che esso potrà essere sia adoperato come elemento d'integrazione della stessa (per ottenere un'implementazione delle proprietà funzionali-spaziali dell'organismo edilizio), che come corpo di protezione solare per finestrature su ambienti confinati o semi-aperti. Oltre a ciò, il fatto che esso possa prevedere l'impiego di specie caducifoglie lo rende cangiante dal punto di vista cromatico: le sue fronde vegetali si dimostreranno verdi in primavera ed estate, tenderanno ad avere delle sfumature rosso-gialle in autunno, per poi perdere le foglie d'inverno.

Chiusure vegetate e muri vegetali sono invece delle tipologie che meglio si adattano all'impiego su superfici opache, quindi considerabili in tutto e per tutto delle facciate architettoniche. Differenti anche i relativi investimenti economici. Le chiusure vegetate sono più costose, sia per quel che concerne l'investimento iniziale che per le spese gestionali a livello di ciclo di vita. Questo perché i costi di una parete verde tendono ad accrescere in funzione di due variabili: la complessità tecnologica del sistema e dell'apparato vegetale – intendendo per complessità vegetale l'incidenza di variabili come: numero di specie contemporaneamente presenti, esemplari vegetali totali (quindi anche della medesima specie), relazioni inter e intraspecifiche, tipo di struttura vegetale, durata media di vita, provenienza geografica (autoctonia o alloctonia), caratterizzazione climatica, ecc. (quando si parla di verde verticale, anche a causa della già citata mancanza di uniformazione tecnica, risulta difficile quantificare dei valori al m² perché le variabili in gioco sono numerose ed hanno un'incidenza rilevante sui costi finali. A livello indicativo è comunque possibile affermare che, per quel che concerne i costi di realizzazione, l'ordine di grandezza fra rivestimenti vegetali e chiusure vegetate si aggira sull'1:3-1:4. Per la trattazione delle implicazioni gestionali del verde verticale si vedano invece i paragrafi successivi).

Si precisa altresì che nell'attività progettuale del verde verticale assume primaria importanza la selezione delle specie vegetali più idonee in funzione di quelle che sono le sollecitazioni ambientali e microclimatiche del contesto d'inserimento. Motivo per cui diviene imprescindibile una collaborazione di tipo interdisciplinare fra i progettisti edili e degli impianti con quelli del verde, sia nella fase di realizzazione dell'opera che durante quelle successive del suo mantenimento nel tempo. Per motivi di spazio, si è qui deciso di tralasciare le questioni relative alla selezione e realizzazione dell'apparato vegetale, rimandando alle sedi opportune per l'approfondimento (Bit 2012).

A livello prettamente compositivo è possibile attestare che per le chiusure vegetate l'elemento di caratterizzazione più importante è l'apparato d'inverdimento, poiché può contare su un numero pressoché illimitato di piante e su un'altissima libertà di dislocazione di queste nello spazio della facciata. Inoltre tale tipo di questione apre il campo a un'ulteriore opzione progettuale, consistente nella possibilità di realizzare inverdimenti monospecifici (caratterizzati da un'unica specie vegetale), o plurispecifici.

Invece, nel caso dei rivestimenti a verde, il fattore qualificante è certamente la conformazione del sub-sistema di supporto alla vegetazione, giocando col quale si possono ottenere numerose configurazioni spaziali e formali: passi strutturali, dimensioni in pianta e in elevazione, spessori, disegno, texture e tipo di materiale.



Le soluzioni tecniche e formali individuate
risolvono la connessione tra i due sottosistemi
diversi, quello tecnologico e quello vegetale.
Indicazioni operative

Da sinistra a destra in alto, Dettaglio di sistema commerciale per chiusure verticali vegetate. (© Edoardo Bit). Dettaglio di sistema commerciale per rivestimenti vegetali. (© Edoardo Bit). Dettaglio di sistema commerciale per rivestimenti vegetali. (© Edoardo Bit). Al centro, Dettaglio di sistema commerciale per chiusure verticali vegetate. (© Valeria M. Rocco). In basso, Dettaglio di sistema commerciale per rivestimenti vegetali. (© Edoardo Bit). Dettaglio di sistema commerciale per chiusure verticali vegetate. (© Giovanni Zannoni). Dettaglio di sistema commerciale per chiusure verticali vegetate. (© Edoardo Bit).



Il progetto del verde verticale passa attraverso la soluzione tecnica e formale risolvendo l'interfacciamento tra due sottosistemi diversi, quello tecnologico e quello vegetale

Nel momento in cui ci si appresti alla realizzazione bisognerà operare una scelta fondamentale: affidarsi all'offerta dell'industria oppure ideare un'installazione ad hoc? All'attuale stato dell'arte entrambe le soluzioni sono possibili anche se, per forza di cose, le realizzazioni in autonomia risultano più semplici con sistemi meno complessi (rivestimenti vegetali), e viceversa.

Come del resto, il fatto di optare per prodotti d'origine industriale ha delle ripercussioni dal punto di vista dell'aspetto dell'opera: le peculiarità di alcuni prodotti commerciali tendono ad uniformare e rendere "riconoscibile" il risultato architettonico finale. Per contro, però, il processo progettuale e di realizzazione si rivela tendenzialmente più agevole poiché il produttore, oltre al know-how della propria azienda e un prodotto più o meno testato sul campo, può anche mettere a disposizione del progettista i propri tecnici (agronomi, ufficio tecnico, esecutori ecc.). Come visto nei paragrafi iniziali, chiusure vegetate e muri vegetali non solo sono maggiormente complessi dal punto di vista del funzionamento, ma necessitano anche di un più alto numero di strati tecnologici.

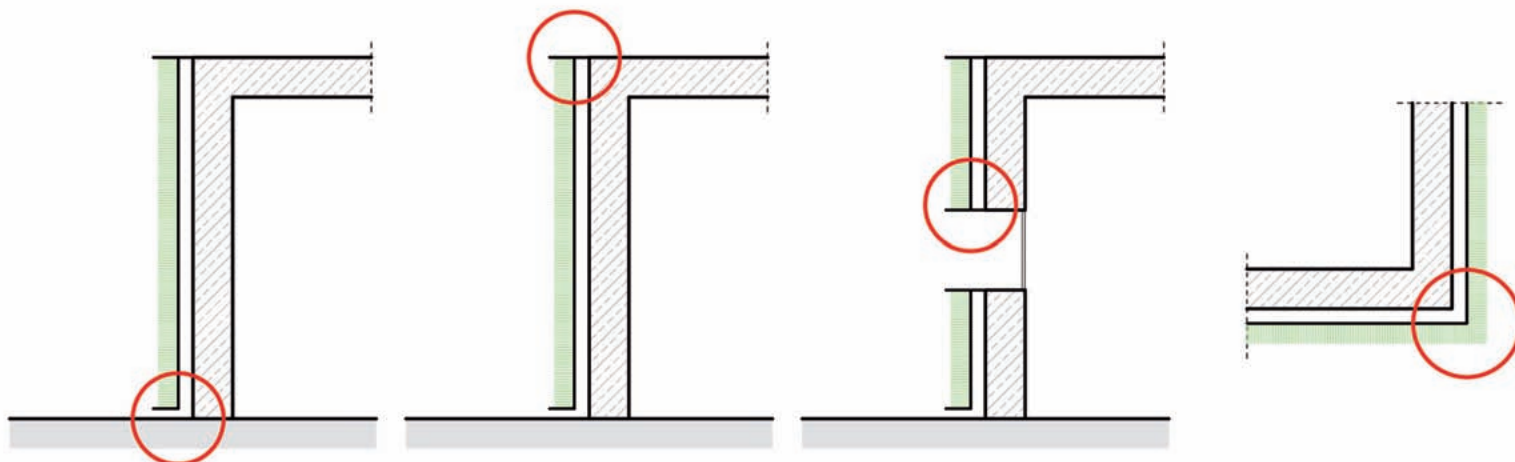
Un rivestimento a verde si compone solitamente di 4 elementi tecnici tipici, 3 fissi e 1 variabile (ossia l'impianto d'irrigazione, che potrà trovar posto alla base della parete o essere integrato al sottosistema di supporto vegetale). Essendo in tal caso le specie piantumate a terra o in vasi in quota, possono solitamente contare su un discreto quantitativo di substrato che ne garantisce un'inerzia idrica più o meno lunga; perciò, almeno in linea teorica, si potrebbe provvedere manualmente alla loro annaffiatura periodica, benché tale tipo di pratica sia comunque, oggigiorno, scarsamente utilizzata.

I sistemi d'inverdimento evoluti si compongono invece di 7 strati tecnologici, tutti fissi, che corrispondono ad altrettante funzioni (ciò non toglie che un singolo elemento stratigrafico potrebbe anche assolvere a due o più funzioni contemporaneamente: ad es. strato di tenuta e antiradice; o moduli di contenimento dei substrati ed impianto fertirrigante ecc). Gli elementi che differenziano un rivestimento da una chiusura vegetata sono 4: il substrato in integrazione alla facciata ha la funzione di dare alloggio agli apparati epigei delle piante e, talvolta, anche di fornirgli gli elementi nutritizi necessari alla vita; lo strato di tenuta serve a impedire la trasmigrazione d'acqua (liquida o sottoforma di vapor acqueo) verso gli strati interni della frontiera

Schema dei nodi caratteristici relativi alla connessione fra apparato a verde ed elementi architettonici dell'edificio.

Da sinistra verso destra sono schematizzati in sezione: attacco a terra, attacco al cielo, attacco con il serramento.

L'ultima immagine a destra rappresenta (in pianta) la connessione angolare tra due facciate a verde. (© Edoardo Bit).



Da sinistra, GJP Arquitectos, Natura Towers, Lisbona, 2009. Sono qui visibili gran parte dei nodi connettivi citati. In basso una porta e i relativi elementi d'interfaccia con l'apparato a verde; al di sopra di essa, in prossimità del parapetto, una scossalina metallica per l'attacco al cielo; in alto, al centro della foto, la connessione verticale fra il muro vegetale e le superfici vetrate. (© Michael Helligren, Vertical Garden Design).



Saia, Barbarese e Topouzanov architetti, Padiglione del Canada presso il World Shanghai Expo 2010. L'attacco a terra, consistente in una canalina destinata al raccoglimento del liquido fertilizzante non trattenuto dal sistema piante-substrato, è stato risolto mediante una duplice conformazione: in alcuni punti tocca terra, mentre in altri si eleva dal suolo per consentire il sottopasso delle persone. (© Giovanni Zannoni).



VenhoevenCS, Sportplaza Mercator, Amsterdam, 2006. La casistica di forometrie dimostra come possa essere gestita la loro connessione col verde. Nel caso specifico ci si è affidati ad imbotti, davanzali, architravi e grondaie in acciaio zincato. (© Giovanni Avosani).



edilizia; l'elemento antiradice impedisce che i corpi epigei delle piante – organi che possono essere anche molto robusti ed esercitare sollecitazioni disgregatrici – possano danneggiare altre porzioni della chiusura; l'impianto idrico – che nel caso di coltivazioni fuori suolo sarà anche fertilizzante – serve a fornire alle piante l'apporto idrico/nutritivo necessario al loro sviluppo. Ognuno dei componenti fin qui declinati, allo stato dell'arte attuale può presentarsi con conformazioni tecnologiche o materiche anche molto diverse, a causa della frammentazione del mercato. Dopo aver definito le caratteristiche morfologiche e tecniche dell'inverdimento sarà necessario comprendere in che modo esso si relazioni al resto dell'involucro, risolvendo i nodi caratteristici che permettono d'interfaciare due sottosistemi diversi, l'uno tecnologico e l'altro vegetale. Tali nodi sono 4 – attacco a terra, attacco al cielo, connessione con chiusure trasparenti o serramenti, e connessione angolare o complanare fra pareti verdi o con peculiarità materiche diverse – ma avranno caratteristiche e funzioni differenti a seconda che si operi con un rivestimento o con sistemi maggiormente evoluti. Nel caso dei rivestimenti bisognerà far sì che le propaggini vegetali non generino contatti indesiderati con altre porzioni della struttura, danneggiandola o sporcandola. I punti più sensibili sono l'attacco a terra e la connessione con i serramenti. Soprattutto in quest'ultimo caso bisogna operare affinché le fronde della pianta non entrino in contatto con le porzioni apribili di finestre e porte, pregiudicandone la funzionalità: potrebbe quindi rivelarsi necessario liberare all'occorrenza, tramite potature o simili, gli infissi dalle fronde della pianta. In alternativa si potranno realizzare appositi elementi tecnici al fine di separare il verde dalle prospicienti frontiere edilizie: imbotti, scossaline ecc. Quando si operi con chiusure vegetate e muri vegetali la questione a cui porre principale attenzione è la massa liquida che pervade costantemente l'insieme piante-substrato, e che potrebbe quindi recare contatti indesiderati con le stratificazioni tecnologiche confinanti. I relativi elementi d'interfaccia dovranno pertanto assolvere contemporaneamente a due funzioni: da una parte configurarsi come dei corpi di separazione fra l'apparato vegetale e quelli tecnologico-impiantistici, e dall'altra quella di contenere, per poi evacuare, il liquido non trattenuto dal sistema. Tali elementi si presentano solitamente sotto forma di grondaie, scossaline, davanzali e architravi.

Manutenzione e gestione sono nodi centrali di progetto, che comprendono il verde superficiale, i substrati, i sottosistemi di mediazione tra pianta e parete e gli impianti per la nutrizione

L'utilizzazione di un sistema d'inverdimento richiede un'attenzione gestionale costante. Attività che si rivela superiore dei normali materiali per l'edilizia e che sarà quindi impegnativa sia sotto l'aspetto prettamente esecutivo (ossia nel numero e nella tipologia delle operazioni richieste), che dal punto di vista energetico e monetario: all'aumentare del quantitativo di lavorazioni accresce anche l'energia necessaria per attuarle, nonché i relativi costi economici.

La gestione di una chiusura a verde è un'attività di tipo tripartito che interesserà l'apparato vegetale superficiale (eventualmente comprensivo dei relativi substrati di coltivo), i sottosistemi tecnologici di mediazione fra piante e parete, e quelli impiantistico-nutritivi per il mantenimento in vita dei vegetali; operazioni che avranno frequenze medie-annue diverse a seconda che il sistema esaminato sia un rivestimento vegetale o una chiusura vegetata.

| | Chiusure verticali vegetate | Rivestimenti vegetali |
|---------------|-----------------------------|-----------------------|
| | sottosistema di riferimento | frequenza media annua |
| vegetale | 2-...n | 1-2 |
| tecnologico | 0-1 | 0-1 |
| impiantistico | 1-2...n | 0-1 |

Tabella riassuntiva delle frequenze medie annuali per le operazioni manutentive ordinarie: i valori riportati andranno comunque considerati indicativi soprattutto per quel che concerne l'apparato a verde, poiché la sua gestione è caratterizzata da una spiccata variabilità in funzione del numero e del tipo di specie presenti. (© Edoardo Bit)



Parete verde presso il World Shanghai Expo 2010. Esempio di moria localizzata: la parziale scomparsa della piantumazione monospecifica lascia intravedere lo strato di coltivo composto da contenitori giustapposti sia orizzontalmente che in verticale. Interessante da notare, nella parte sottostante ai vari moduli, il sistema di recupero e smaltimento liquidi che culmina (sulla sinistra della foto, in basso) in un semplice pluviale metallico, non certo esemplare dal punto di vista della risoluzione del dettaglio. Vista la non totale scomparsa della vegetazione, si presume che il decesso delle piante sia stato causato da avarie nel sistema di nutrimento. (© Giovanni Zannoni)

Le attività gestionali sono ulteriormente suddivisibili dipendentemente dal tipo d'interventi che si rendono obbligatori. Se questi siano necessari in modo sistematico e ripetitivo durante la *service life* della parete potranno essere declinati come manutenzioni ordinarie; si tratterà invece di manutenzioni straordinarie quando derivanti da eventi che si manifestano solo con cadenze più rade o conseguentemente ad accadimenti non facilmente prevedibili.

L'apparato vegetale è quello più impegnativo e il suo mantenimento si rivelerà maggiormente oneroso all'aumentare della varietà vegetale. Le contestuali operazioni ordinarie vanno dal semplice controllo dello stato delle piante a tutte quelle attività finalizzate a garantirne uno sviluppo vegetativo adeguato: irrigazione, nutrimento, potature (più o meno frequenti a seconda della specie), indirizzamento delle direttrici di sviluppo delle fronde (solo nel caso di rivestimenti a verde), controllo degli strati di coltivo; mentre quelle straordinarie concernono cure fitosanitarie, azioni destinate a debellare eventuali attacchi parassitari vegetali o animali, sostituzione di esemplari morti ecc.

Le attenzioni da dedicare ai vari sottosistemi tecnologico-impiantistici risulteranno fondamentali poiché un malfunzionamento del sistema o un'interruzione anche solo temporanea del suo nutrimento potrebbero avere ripercussioni gravi per le piante. Le ordinarie manutenzioni degli apparati tecnologici consistono nel monitoraggio della loro stabilità formale, dello stato delle stratigrafie interne e delle reciproche

| | Manutenzione ordinaria | Manutenzione straordinaria | Variabili d'incidenza sulla frequenza delle operazioni |
|-------------------------|--|----------------------------|--|
| Sistema vegetale | irrigazione e/o fertirrigazione | | <ul style="list-style-type: none"> specie vegetale utilizzata stagionalità (nei periodi caldi la necessità idrica della pianta aumenta) contesto climatico (regione climatica, esposizione solare e microclima) |
| | <ul style="list-style-type: none"> potatura controllo dello strato vegetale controllo del substrato | | <p>SPECIE IMPIEGATA:</p> <ul style="list-style-type: none"> velocità di crescita caratteristiche specifiche del vegetale struttura vegetale (arbustiva, erbacea, tappezzante ecc.) indice di copertura fogliare rapporto legno/vegetazione eventuale produzione di fiori o frutti sostituzione di piante morte tipologia di substrato <p>CARATTERISTICHE EDILIZIE:</p> <ul style="list-style-type: none"> presenza o meno di serramenti configurazione formale delle facciate presenza o meno di canali di gronda, sistemi a circuito chiuso ecc. eventuali cedimenti (puntuali o generalizzati) dello strato di coltivo necessità specifiche |
| | | concimazione e ammendanti | <ul style="list-style-type: none"> tipo d'impianto caratteristiche dei substrati specie vegetale (alcune specie sono più delicate o richiedono maggiori cure) |
| | | trattamenti fitosanitari | <ul style="list-style-type: none"> parassiti animali parassiti vegetali (specie infestanti autoctone o alloctone) |

Schema riassuntivo delle operazioni gestionali richieste dall'installazione di una chiusura vegetata, e variabili ad esse associate: prima parte della tabella, relativa al solo apparato vegetale. Si precisa che si è scelto in questo caso di rappresentare una chiusura verticale vegetata a solo titolo esemplificativo: nel caso in cui si analizzasse un rivestimento vegetale la presente tabella e quella successiva risulterebbero leggermente diverse. (© Edoardo Bit)

relazioni fra i vari elementi tecnici e materici, il controllo degli apparati connettivi o d’interfaccia e quello della stabilità chimico-fisica dei materiali; pervenendo puntualmente, nel caso di anomalie, alla correzione delle problematicità. Anche per l’impianto irriguo/nutritivo si opererà mediante un esame dei componenti, andando a correggere i malfunzionamenti. Per di più, nel caso di fertirrigazioni si renderà obbligatoria la ricarica periodica del banco dosatore. Alla luce delle considerazioni di quest’ultimo paragrafo si evince sia l’importanza del piano

| | Manutenzione ordinaria | Manutenzione straordinaria | Variabili d’incidenza sulla frequenza delle operazioni |
|----------------------------------|---|---|---|
| Sistema di supporto | monitoraggio: <ul style="list-style-type: none">• stabilità formale• stato delle stratificazioni e delle relazioni interstiziali• connessioni e interfacce• stabilità chimica e fisica dei materiali | | <ul style="list-style-type: none">• caratteristiche dei materiali del sottosistema• esposizione meteorica (sole, vento, pioggia, neve, umidità, inquinamento atmosferico ecc.) |
| | | conservazione, correzione o recupero delle anomalie riscontrate | entità specifica (differente da caso a caso) delle patologie |
| Impianto irriguo o fertirrigante | monitoraggio: <ul style="list-style-type: none">• del sistema e di tutti i suoi componenti• nei casi di fertirrigazione si renderà necessaria la ricarica periodica del banco dosatore | | <ul style="list-style-type: none">• tipologia di sistema• dimensioni e conformazione geometrica della parete• dimensioni dell’impianto• condizioni particolari |
| | | conservazione, correzione o recupero delle anomalie riscontrate | entità specifica (differente da caso a caso) delle patologie |

Schema riassuntivo delle operazioni gestionali richieste dall’installazione di una chiusura vegetata, e variabili ad esse associate: seconda e terza parte della tabella, relative rispettivamente al sottosistema tecnologico di supporto e all’impianto d’irrigazione. (© Edoardo Bit)

di manutenzione che della comprensione a priori, fin dalle fasi progettuali, delle necessità gestionali potenzialmente richieste dalla parete nel tempo: pena il decadimento parziale o totale del sistema. Altro aspetto fondamentale riguarda l’estensione dell’involucro: in linea tendenziale, all’aumentare dell’altezza dell’installazione accrescono percentualmente anche i costi di mantenimento ad essa relativi.

Le questioni trattate nel presente contributo sintetizzano alcuni risultati di una ricerca estesamente pubblicata in: BIT, Edoardo, 2012. Il Nuovo Verde Verticale – Tecnologie, Progetti, Linee guida. Torino: Wolters Kluwer Italia.



Herzog & de Meuron, Caixa Forum, Madrid, 2007. È visibile il ponteggio elevatore non permanente destinato alla gestione della chiusura: tale struttura viene montata e smontata all’occorrenza, quindi anche più volte in un anno. (© Valeria M. Rocco)