

permetta l'eventuale aggiunta di prodotti detergenti all'acqua, di un **flussimetro** per controllare la quantità di acqua erogata nell'unità di tempo e di una **pompa** che assicuri agli **ugelli** un'alimentazione omogenea. Per assicurare i tempi prestabiliti all'intervento di pulitura, è, inoltre, utile dotare l'impianto di un **progammatore** per l'avviamento e l'arresto automatico della pompa. Ogni ugello deve, invece, essere dotato di filtro, di valvola per l'arresto del flusso dell'acqua, di manometro per la regolazione della pressione del getto d'acqua e di pinza per poter essere correttamente posizionato rispetto alla superficie da pulire.

Cautele e limiti

■ **Condizioni ambientali.** La *pulitura con acqua nebulizzata* oppure atomizzata va effettuata solo in condizioni di **temperatura superiori a 17°C** per favorire l'evaporazione dell'acqua diminuendo la possibilità di penetrazione di eccessive quantità di acqua nel manufatto ed evitare gli effetti del gelo all'interno dei materiali. Tale tecnica di intervento è, in genere, eseguita nella stagione calda.

■ **Compatibilità.** La *pulitura con acqua nebulizzata* va evitata su **pietre calcaree particolarmente tenere** o a grana molto fine, dove sussistano problemi di solubilità del carbonato di calcio che costituisce la pietra, su **pietre delicate e decoese**, su pietre con componenti **argillosi** che a contatto con l'acqua aumentano di volume e, infine, su pietre particolarmente **porose**. In generale la *pulitura con acqua atomizzata* è maggiormente **indicata** nei casi di materiali carbonatici particolarmente delicati e porosi o interessati da un fenomeno di disgregazione. Entrambi i sistemi di pulitura vanno comunque **evitati su materiale cementizio** o a base di cemento per scongiurare il pericolo della migrazione dei sali e della formazione di efflorescenze in grado di minare l'integrità del materiale stesso. Deve inoltre essere attentamente valutata l'opportunità di utilizzare tale sistema di pulitura in casi di superfici intonacate o di paramenti lapidei che presentino,

■ Materiali e strumenti

Operazione	Materiali e strumenti
Rimozione meccanica dei depositi incoerenti	Spazzole morbide (setola o nylon), o flussi d'aria di debole potenza
Sigillatura di fessure e giunti	Malta
Protezione delle superfici limitrofe all'area d'intervento	Fogli di polietilene o altro materiale impermeabile
Pulitura	Acqua deionizzata, eventuali detergenti, impianto di nebulizzazione o di atomizzazione
Pulitura manuale di completamento	Spazzole o pennelli morbidi
Risciacquo finale	Acqua deionizzata, spruzzatore a mano o impianto di nebulizzazione

GLOSSARIO

Acqua atomizzata

Si tratta di acqua ridotta in finissime goccioline da appositi apparecchi atomizzatori. L'atomizzazione è assicurata all'interno di camere di miscelazione in cui avviene l'unione tra l'aria e l'acqua provenienti dai rispettivi sistemi di alimentazione. Gli ugelli atomizzatori permettono di effettuare fino a 180 cicli di apertura/chiusura al minuto con un consumo di acqua pari a circa 1 litro all'ora per ogni ugello.

Acqua deionizzata

È acqua molto pura che ha subito un processo di deionizzazione in grado di eliminare, con un particolare filtraggio in resine a scambio ionico, i sali in essa disciolti elettricamente caricati (ioni). La deionizzazione rimuove solfato di calcio, bicarbonato di calcio, magnesio e cloro spesso contenuti nella normale acqua di rete ma non riesce a eliminare i prodotti organici, i virus e/o i batteri, se non in minima parte a causa del loro «intrappolamento» accidentale nella resina. L'acqua deionizzata ha una elevata azione solvente ed è meno aggressiva nei confronti dei materiali contenenti carbonato di calcio.

Resine a scambio ionico

Sono resine in grado di «catturare» sostanze dissolte nell'acqua elettricamente caricate (ionizzate). Esistono resine solo a scambio cationico, che sostituiscono H+ agli ioni Ca, Mg, Na (sistema acido), resine solo a scambio anionico, che sostituiscono i gruppi ossidrilici OH- ai gruppi SO₄, Cl, HSiO₃, HCO₃ (sistema basico), o resine a letto misto in cui avvengono scambi sia cationici sia anionici. Per il processo di deionizzazione le resine sono contenute in colonne che l'acqua è obbligata ad attraversare prima di giungere a destinazione, per esempio a un impianto di nebulizzazione o di atomizzazione.

nella parte interna della superficie muraria, decorazioni dipinte o a stucco, poiché il rischio di **infiltrazioni** entro lo spessore murario è alto anche se si adottano tutte le cautele del caso.

■ **Accorgimenti.** La pulitura deve iniziare dalla parte alta del manufatto e proseguire verso il basso in modo da permettere all'acqua che scorre verso il basso di ammorbidire i depositi presenti nelle parti inferiori del fronte.

-  Pulitura con impacchi
-  Pulitura con tamponi
-  Pulitura meccanica
-  Pulitura con irraggiamento laser

4 Conservazione

Pulitura con acqua nebulizzata con acqua atomizzata

Settori operativi
Interventi di pulitura di superfici interessate da depositi superficiali, come fase preliminare o conclusiva rispetto ad altri metodi di pulitura.



(foto di Axel Nielsen)

Confronto prima e dopo l'intervento di pulitura con acqua nebulizzata.

La *pulitura con acqua nebulizzata* oppure atomizzata consiste in un **blando lavaggio** finalizzato a rimuovere depositi superficiali, poco coerenti o coerenti che possono essere più o meno aderenti alla superficie da pulire.

■ **La tecnica di pulitura con acqua nebulizzata.** Implica l'impiego di uno o più ugelli orientabili, fissi o rotanti, montati all'estremità di tubi di plastica collegati a un impianto generale di distribuzione, in grado di nebulizzare l'acqua e inviare una **pioggia nebbiosa (aerosol)** costituita da goccioline finissime, il cui diametro è compreso tra 80 e 120 µm, sulla superficie da pulire. Lo spruzzo nebulizzato non raggiunge direttamente la superficie ma è puntato verso l'alto in modo che l'acqua possa scorrere per ruscellamento sulla superficie stessa.

L'azione esercitata dall'acqua è principalmente di tipo chimico ma ha anche una componente di **tipo fisico**. L'**azione chimica** è legata alla capacità solvente dell'acqua nei confronti di molti sali (solfati e nitrati) nonché alla capacità solvente dell'acido carbonico, che si forma tra l'anidride carbonica, contenuta naturalmente nell'aria e l'acqua, nei confronti di materiali di natura carbonatica (concrezioni, croste). L'**azione fisica** è, invece, legata allo scorrimento delle goccioline d'acqua sulla superficie, per caduta dall'alto verso il basso. Da ciò si intuisce che l'azione di rimozione è **molto efficace** se i depositi sono costituiti in tutto o in parte da materiali solubili in acqua o in acido carbonico, mentre è **poco efficace** nel caso di depositi legati da sostanze grasse o oleose insolubili in acqua. L'azione solvente, e di conseguenza l'efficacia dell'effetto di pulitura, è esaltata dalla capacità dell'acqua di penetrare all'interno degli strati di deposito poiché dipende dall'estensione della superficie di contatto tra le minute particelle d'acqua e il materiale depositato.

■ **La tecnica di pulitura con acqua atomizzata.** Permette di ottenere un aerosol di goccioline ancora **più fini** e quindi di avere una **superficie di contatto**, tra acqua e depositi, maggiore. Questo aumenta l'azione chimica solvente e riduce l'azione fisica meccanica,

Rita Vecchiadini,
Facoltà di
Architettura di
Genova, Dsa
Dipartimento di
Scienze per
l'Architettura

contraendo drasticamente i tempi e la quantità di acqua impiegati e, conseguentemente, i rischi di impregnazione e infiltrazioni all'interno del materiale. L'azione solvente delle microgocce viene migliorata con l'uso di acqua deionizzata.

Campi di applicazione e finalità

Il sistema può essere utilizzato per pulire manufatti **litici** (pietre) o **litoidi** (ceramici, malte), preferibilmente in **esterno**, dove è più facile la raccolta e il deflusso delle acque, ma anche in **interno** ed è particolarmente indicato per pietre **compatte** e **poco porose** (marmi, pietra d'Istria, granito...). La *pulitura con acqua nebulizzata oppure atomizzata* favorisce l'asportazione di sali solubili, di depositi superficiali poco coerenti o costituiti da leganti solubili in acqua. Nel caso di depositi particolarmente coerenti o di superfici orizzontali (sottosquadri) difficili da raggiungere con il getto, tale sistema di pulitura può rivelarsi non adeguato a rimuovere tutti i depositi. È per questo motivo che la *pulitura con acqua nebulizzata oppure atomizzata* è spesso **seguita da altri metodi di pulitura** (microsabbatura di precisione, impacchi con argille adsorbenti, impacchi ad azione biologica o solvente e/o complessante) impiegati allo scopo di rifinire l'intervento. In alcuni casi è, invece, la *pulitura con acqua nebulizzata oppure atomizzata* segue, per rifinirli, **interventi di pulitura eseguiti con altri metodi**: per esempio, dopo impacchi di materiale adsorbente, per rimuovere i residui degli impacchi e degli agenti chimici eventualmente utilizzati. In generale il sistema di pulitura deve essere **preliminarmente testato** sulla superficie da pulire (soprattutto per calibrarne i tempi) in modo da evitare che, insieme ai depositi antiestetici e dannosi, siano rimosse dalla superficie eventuali

pellicole, patine o scialbature. In casi complessi in cui sia coinvolto un materiale poroso, in fase di disgregazione o con tracce di finiture superficiali particolarmente labili, è meglio scegliere il sistema di *pulitura con acqua atomizzata* poiché permette un migliore controllo dell'intervento e la gradualità dell'azione.

Tecnica di esecuzione

In sintesi, la pulitura con acqua nebulizzata oppure atomizzata prevede le seguenti fasi e modalità operative:

1. Rimozione meccanica dei depositi incoerenti.

È opportuno, ove possibile senza danneggiare la superficie del manufatto, eliminare prima dell'intervento di pulitura, il particolato atmosferico e i depositi incoerenti, utilizzando semplici spazzole morbide (setola o nylon), o flussi d'aria di debole potenza (se ciò non è possibile, poiché la superficie da pulire è troppo disgregata e non fornisce sufficienti garanzie di resistenza, si passa alla fase 2 e, solo dopo questa si può procedere con la fase 1).

2. Preconsolidamento. Nel caso di materiali in fase di disgregazione, polverizzazione o scagliati deve essere evitata la preliminare rimozione meccanica dei depositi incoerenti (fase 1) e deve, invece, essere a questa anteposto un intervento di preconsolidamento.

3. Rimozioni. Può inoltre rivelarsi necessaria la rimozione di eventuali stuccature, sigillature o integrazioni eseguite con materiale cementizio per evitare la formazione di soluzioni saline e, conseguentemente, la cristallizzazione dei sali nei pori del materiale.

4. Sigillatura di fessure e giunti. La pulitura deve essere preceduta dall'accurata sigillatura di

fessure, giunti e in generale di tutte le vie di possibile penetrazione dell'acqua, al fine di impedire l'impregnazione delle parti più profonde del materiale;

5. Protezione delle superfici limitrofe all'area d'intervento. Prima di iniziare la nebulizzazione o l'atomizzazione occorre ancora proteggere (con fogli di polietilene o altro materiale impermeabile facilmente removibile a fine lavoro) le superfici limitrofe all'area d'intervento con particolare attenzione alle aree sottostanti la zona da pulire.

6. Allestimento di un sistema di smaltimento delle acque reflue. Sarà inoltre necessario l'allestimento di un sistema di smaltimento delle acque reflue che le convogli, se possibile, nella rete fognaria urbana o, in alternativa, in cisterne appositamente adibite (tale scelta sarà invece obbligatoria nel caso di superfici particolarmente ricche di prodotti inquinanti).

7. Installazione di impianto deionizzatore. Se si sceglie di utilizzare (come preferibile) acqua deionizzata occorre installare un impianto deionizzatore (costituito da colonne di resine a scambio ionico) a monte del nebulizzatore o atomizzatore.

8. Installazione dell'impianto di nebulizzazione o di atomizzazione. Va dimensionato in base all'estensione della superficie da pulire e, può, perciò, essere composto da un solo ugello o da più ugelli in batteria. La dislocazione degli ugelli deve essere definita in modo da consentire all'aerosol di agire in tutte le zone, anche in quelle più riparate.

9. Prove preliminari. La distanza tra ugello nebulizzatore o atomizzatore e superficie (fino a 2 m), la pressione del getto (comunque sempre minore di 4 atm) e i tempi di applicazione (da

poche ore a 10-15 ore nel caso di nebulizzazione e fino a 48-50 ore nel caso di atomizzazione) variano in funzione della consistenza dei depositi, oltre che della natura e delle condizioni di conservazione del materiale. Sia la distanza sia la pressione sia i tempi devono perciò essere determinati in seguito a specifiche prove effettuate in loco prima dell'inizio dei lavori.

10. Pulitura manuale di completamento. Qualora l'intervento di *pulitura con acqua nebulizzata oppure atomizzata* non sia stato del tutto efficace e abbia lasciato sulla superficie, soprattutto in corrispondenza delle zone più difficili da raggiungere o di quelle con i depositi più coerenti, residui di depositi, comunque ammorbiditi dall'azione dell'acqua, è possibile completare l'operazione con una blanda pulitura manuale eseguita con spazzole o pennelli morbidi.

11. Risciacquo. L'intervento deve essere comunque sempre completato da un risciacquo della superficie con acqua deionizzata per agevolare la rimozione di prodotti della dissoluzione dei depositi o degli eventuali prodotti detergenti aggiunti all'acqua per aumentare la bagnabilità delle superfici e favorire il potere pulente (da utilizzarsi solo nel caso di superfici compatte e in buono stato di conservazione).

Materiali, strumenti e requisiti generali
L'acqua di nebulizzazione deve essere sufficientemente **dolce, pura** e a **temperatura ambiente**. Nel caso in cui l'acqua di rete sia troppo dura, occorrerà utilizzare acqua deionizzata.

■ **L'impianto.** Ogni impianto deve essere dotato di un **serbatoio** atto a ricevere l'acqua dalla rete idrica o dall'impianto di deionizzazione e che



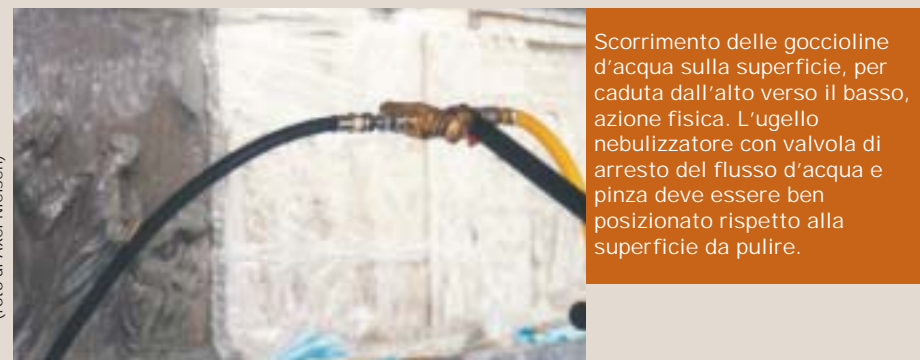
(foto di Axel Nielsen)

Protezione delle superfici limitrofe all'area d'intervento con fogli di polietilene e altro materiale impermeabile e rimozione di particolato atmosferico e depositi incoerenti.



(foto di Axel Nielsen)

Pioggia nebbiosa (aerosol) costituita da goccioline finissime sul manufatto decorato.



(foto di Axel Nielsen)

Scorrimento delle goccioline d'acqua sulla superficie, per caduta dall'alto verso il basso, azione fisica. L'ugello nebulizzatore con valvola di arresto del flusso d'acqua e pinza deve essere ben posizionato rispetto alla superficie da pulire.



(foto di TecnoRestauro - Canibus)

Ugelli in batteria per consentire all'aerosol di agire su un'ampia superficie.



(foto di TecnoRestauro - Canibus)

Risciacquo delle superfici, preliminarmente pulite con acqua nebulizzata, con acqua deionizzata per agevolare la rimozione di prodotti della dissoluzione dei depositi.



(foto di TecnoRestauro - Canibus)

Superficie marmorea dopo la pulitura con acqua nebulizzata, si notano ancora dei depositi, concentrati nelle zone più protette, che dovranno essere rimossi con altri metodi di pulitura.