



LEGAMBIENTE

La chimica nel restauro



Salvalarte

A cura di: Tiziano Granata e Federica Sacco

Hanno collaborato alla stesura del dossier: Lucia Venturi, Giorgio Zampetti

Indice

Premessa	pag. 3
1. La teoria del restauro	pag. 5
2. La chimica del restauro	pag. 7
2.1 Solventi	pag. 7
2.2 Vernici e resine	pag. 9
2.3 Biocidi	pag. 10
2.4 Pigmenti ai metalli pesanti	pag. 12
3. Il problema dello smaltimento dei rifiuti	pag. 15
La sporca decina	pag. 16
I. Acetone	
II. Diluente al nitro	
III. Ammoniaca	
IV. Trielina o tricloroetilene	
V. Adesivi a base cianoacrilato	
VI. Toluene	
VII. White Spirit	
VIII. Cloroformio	
IX. Benzalconio cloruro	
X. Permetrina	

Fonti:

Effects on Ammonium Carbonate/Acetone Solutions and Cleaning of Works of Art - L. Dei, P. Baglioni, G. Sarti, E. Ferroni *Studies in Conservation*, Vol. 41, No. 1 (1996), pp. 9-18

Chimica dell'ambiente – Stanley E. Manahan, Piccin editore

Chimica ambientale – Colin Baird, Zanichelli

Chimica e restauro. La scienza dei materiali per l'architettura – Enrico Pedemonte e Gabriella Fornari, Marsilio Editore (2003)

“Sostanze chimiche fuori controllo” - dossier Greenpeace (2004)

Cataloghi vari di prodotti per restauratori

Rischio chimico nel laboratorio e nel cantiere di restauro - Maurizio Coladonato, Istituto Centrale del Restauro

Gherardi M. et al. *Chemical exposure measurements in art restoration*. Journal of Chemical Health & Safety, November/December 2007

Siti internet:

1. www.progettorestauro.it
2. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>
3. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>
4. <http://www.indoor.apat.gov.it/>
5. www.tine.it
6. www.sebinocolori.it

Premessa

Il territorio italiano conserva su di sé le tracce di una storia millenaria, segnata da una continuità temporale e da una capillarità senza confronti. L'intero patrimonio culturale custodito nel nostro Paese è il segno indelebile della identità italiana, espressione unica d'intreccio tra *locale* e *globale*. Abbiamo centinaia di centri storici, ognuno con un'impronta originale e inconfondibile ma tutti riconducibili ad un'unica espressione di *italianità*. Il paesaggio culturale italiano è attraversato in profondità dall'incontro e dalla contaminazione di tradizioni diverse. Così, la pittura racconta dello scambio fitto e sistematico tra differenti scuole - umbra, senese, fiorentina, veneta, napoletana - la scultura mostra l'esperienza pugliese di Castel del Monte trapiantata a Pisa, Pistoia, Perugia; l'architettura spicca il volo dai castelli meridionali e dai palazzi pubblici del centro-nord verso le cupole del Brunelleschi e di Michelangelo. Quella italiana è – potremo dire - una *cultura globalizzata*, risultato di incroci innumerevoli, e i nostri beni culturali traducono fedelmente tale globalità. L'immenso patrimonio culturale italiano è costituito da un numero incalcolabile di reperti archeologici, libri antichi, di pitture tessuti, oreficerie e strutture architettoniche, che richiedono una continua opera di conservazione e restauro. Ed è proprio il tema delle attività di restauro e di conservazione dei beni culturali che in Italia evocano al tempo stesso un'eccellenza ma anche elementi di problematicità ambientale, che sono l'oggetto di questo dossier, in cui Legambiente non pretende di dare una risposta esauriente ma vuole comunque sottolineare che per la salute dell'arte e dei restauratori ci vorrebbero regole comuni che puntino da una parte sulla qualità dell'operazione di restauro e dall'altra sulla maggiore ecologicità dei prodotti. Troppo spesso infatti, per comodità e assenza di informazioni, i restauratori scelgono prodotti efficaci, a basso costo e di apparente semplicità di utilizzo, ma che hanno difetti quali la scarsa selettività nei confronti dei materiali asportati, rischi per l'integrità dell'opera e, soprattutto, il potenziale tossico per l'operatore e l'ambiente. Esistono invece dei prodotti e delle metodologie molto meno dannosi su cui Legambiente ha focalizzato la sua attenzione. Bisogna infatti perseguire un restauro che non consegni l'oggetto ad un successivo e pericoloso processo trasformativo, ma lo mantenga in una condizione di equilibrio tale da minimizzare il degrado. Un'azione restaurativa così condotta, evitando prodotti e tecnologie patologiche, salvaguarderà sia il manufatto, sia l'ambiente che lo circonda sia, non ultimo, l'operatore.

La pulitura delle superfici è l'operazione più comune ed anche la più delicata dell'intervento di restauro; quando necessario essa è preceduta da fasi di consolidamento e di protezione. Durante i diversi momenti del restauro è spesso necessario fare uso di sostanze chimiche e di prodotti che prevedono l'impiego di solventi organici, in qualità e quantità differenti in base alla superficie su cui si opera, ma comunque caratterizzati da una certa tossicità per la salute umana. L'utilizzo dei solventi organici è ad esempio pratica comune. Efficacia e rapidità di azione nonché il basso costo e l'apparente semplicità di utilizzo rappresentano, soprattutto per il restauratore privato, requisiti così inderogabili da non prendere nemmeno in considerazione metodi alternativi che invece presentano numerosi vantaggi, sia perché permettono una migliore selettività nei confronti dei materiali e quindi riducono il rischio per l'integrità dell'opera d'arte, sia perché permettono una forte riduzione dei rischi per il restauratore e per l'ambiente di lavoro. L'uso di prodotti tossici dovrebbe pertanto essere il più limitato e razionale possibile e se esistono le condizioni di compatibilità con l'opera da trattare, l'utilizzo di metodi alternativi dovrebbe senz'altro rappresentare l'alternativa da preferire.

C'è poi da considerare la difficoltà di stabilire a priori il comportamento chimico-fisico delle sostanze organiche che vengono utilizzate, che dipende dalla loro natura e dallo stato fisico in cui si trovano: fattori che ne determinano la nocività, tossicità, cancerogenicità, causticità, infiammabilità.

Tali effetti si differenziano a seconda dell'impiego di solventi organici o di soluzioni acquose acide o basiche o di polveri di natura organica naturale o sintetica o di natura inorganica utilizzate. A tutto questo bisogna aggiungere che un restauratore, come anche un bibliotecario o un archivista, il più delle volte si trova ad operare su materiale contaminato da microrganismi, come funghi microscopici e batteri, alcuni dei quali possono essere potenzialmente patogeni per l'uomo.

Non vi è dubbio che la normativa prodotta negli ultimi dieci anni abbia contribuito in positivo a modificare radicalmente l'atteggiamento nei confronti dell'ambiente di lavoro e sul modo di lavorare. Gli studi e le ricerche hanno permesso un notevole sviluppo, così come hanno permesso di mettere al bando numerosi prodotti pericolosi.

Le metodologie e le tecniche operative finalizzate alla prevenzione e al recupero dei danni causati dal biodeterioramento hanno permesso di conoscere i rischi relativi sia all'esposizione sia ai fattori di rischio biologico in cui incorrono gli operatori del settore.

Le malattie cui può andare incontro un restauratore a causa di agenti biologici possono essere varie. Esistono numerosi esempi di malattie professionali, che colpiscono i restauratori incaricati di intervenire su manufatti che semplicemente provengono da zone o da ambienti infetti, oppure che trasportano agenti non particolarmente patogeni in senso lato, ma che sono rimasti isolati per un lungo periodo, e contro i quali l'organismo umano, abituato a vivere in condizioni igienico-sanitarie diverse, fatica a reagire perché non ha mai avuto occasione di sviluppare delle specifiche difese immunitarie. A questo si aggiunge il rischio chimico, che come abbiamo visto può essere un elemento assai diffuso per chi opera nel settore. In questo contesto non meno importante risulta l'impatto ambientale derivato dall'impiego delle sostanze utilizzate, rilasciate costantemente in atmosfera, suolo, sottosuolo e acque.

Per tutti questi motivi è ormai da tempo condivisa l'idea di considerare obsoleti i solventi organici ed orientarsi solamente verso i metodi acquosi per compiere varie operazioni nel restauro dei beni artistici, tanto la "pulitura" quanto altri interventi più marcatamente strutturali, anche se purtroppo ancora adesso risulta indispensabile l'utilizzo dei solventi organici per certe operazioni: pensiamo ad esempio all'applicazione di strati protettivi e di vernici su interventi di restauri precedenti alla teoria di Cesari Brandi che ha introdotto il concetto della reversibilità degli interventi di restauro. I sistemi a base acquosa sono esenti dai problemi di tossicità associati a certi solventi organici, e contengono principi attivi specifici in grado di agire con maggiore selettività, perciò sono anche più rispettosi dell'integrità dell'opera.

In questo momento uno dei punti cardine su cui dovrebbe fare fede una profonda trasformazione e inversione di rotta nel mondo del restauro dovrebbe essere l'applicazione del principio di sostituzione particolarmente importante in un tipo di lavorazione non a ciclo chiuso. Principio che dovrebbe essere maggiormente applicato anche in seguito all'approvazione nel giugno 2007 del regolamento europeo sulle sostanze chimiche, il REACH, che rafforza anche il concetto dell'informazione lungo la filiera di produzione di una sostanza. prevedendo la elaborazione di un "Chemical Safety Report".

La sostituzione di sostanze pericolose per la salute dell'operatore e dell'ambiente, laddove risultasse possibile determinerebbe oltretutto una maggiore maneggevolezza nello smaltimento dei rifiuti prodotti durante le operazioni di restauro. Il corretto smaltimento di questa tipologia di rifiuti rappresenta infatti un problema di non poco conto per l'operatore e spesso avviene in maniera poco congrua, con ulteriori danni all'ambiente.

Senza dubbio gli studi e le ricerche realizzati in passato hanno portato ad eliminare dal mercato numerosi prodotti pericolosi, ma la scommessa ancora da vincere è di raggiungere livelli più elevati di tutela della salute di chi lavora in questo campo e dell'ambiente. Un impegno che investe operatori specializzati del settore che ancora oggi, nonostante la ricerca e l'innovazione a disposizione, per la mancanza di una adeguata informazione, si

trovano ad operare con mezzi e strumenti spesso obsoleti che potrebbero essere adeguatamente sostituiti da altri, più moderni e sicuramente meno pericolosi per la loro salute e per l'ambiente.

E' importante quindi operare per avere sia da parte della ricerca, sia da parte del sistema normativo che della formazione gli strumenti adeguati per dare ulteriore slancio al settore del restauro nel nostro Paese, che potrebbe aggiungere all'elevato standard di professionalità anche un maggiore livello di innovazione e di responsabilità verso l'ambiente e la salute degli operatori.

1. La teoria del restauro

Il restauro, per come lo intendiamo noi oggi, è il frutto di un lungo processo.

Si hanno notizie di interventi già in età classica, con le periodiche puliture di statue e dipinti e le tecniche per distaccare gli affreschi da supporti danneggiati; inoltre si dava un'attenzione particolare ai materiali da impiegare per l'esecuzione delle opere, prediligendo quelli più durevoli.

Fra il '500 e il '600 divenne frequente il restauro di integrazione: si provvedeva infatti a completare le numerose sculture frammentarie, rinvenute nei primi "scavi archeologici", con integrazioni **in stile** poiché non si percepiva la distanza tra la cultura classica che le aveva prodotte e quella cinquecentesca classicista, che si sentiva in continuità con essa.

Un punto di svolta è stato raggiunto nel neoclassico, con la nascita della figura del restauratore specializzato (prima erano gli stessi artisti ad intervenire); l'attenzione verso la storia ed il materiale antico delle opere da restaurare inizia allora, con **un restauro rispettoso dello stato attuale dell'opera**, con **una maggiore attenzione verso il materiale antico** e quindi una maggior propensione al non-intervento. Questo nuovo interesse derivò dal desiderio, tipico dell'età Romantica, di recuperare le origini culturali delle nazioni ravvisate, soprattutto nell'Europa del Nord, nelle vestigia di epoca medievale. Questo "recupero del passato" ha il suo più famoso sostenitore in Viollet-le-Duc, teorizzatore del **restauro stilistico**, che ammette il ripristino e le integrazioni in stile delle opere antiche in nome di una unità stilistica dell'opera da ricercare a tutti i costi. In Inghilterra invece il gusto per il pittoresco e per i ruderi porta allo sviluppo del **restauro romantico** teorizzato da J. Ruskin, il quale ritiene il consolidamento e la tutela gli unici interventi validi. Una posizione rivoluzionaria è rappresentata negli stessi anni da Camillo Boito, il quale sottolineò l'importanza documentaria delle opere e, quindi, il rispetto dello status quo e la limitazione al minimo dei rifacimenti, che devono in ogni caso essere distinguibili dalla materia antica. Dalla concezione di Boito discende il **restauro filologico** teorizzato qualche anno dopo da Beltrami. Tali concezioni rappresentano l'origine del **restauro critico**, in seguito sancito da Brandi, che vennero affermate nella **Carta del Restauro italiana del 1972**.

Cesare Brandi, per molti decenni si è dedicato ad un'ampia e sistematica trattazione del problema nella sua "Teoria del restauro" (1960) e nell'attuazione pratica di essa. Egli infatti ha definito il restauro "momento metodologico del riconoscimento dell'opera nella sua polarità storico-estetica", e tale riconoscimento non è possibile se l'opera è alterata da restauri impropri. Brandi pone inoltre il vincolo della inalienabilità dell'opera dal suo sito e, possibilmente, la conservazione del sito stesso, inteso come spazio-ambiente. Si desume quindi che un'azione di restauro condotta in modo metodologicamente corretto dovrebbe considerare l'opera come parte integrante di un sistema che non si dovrebbe disturbare o inquinare con sostanze estranee, rispettando i principi della non distruttività, della non-invasività, del minimo intervento, della reversibilità e della compatibilità chimico-fisico-meccanica. E' inoltre indispensabile tener presente che la superficie del manufatto e gli strati immediatamente adiacenti costituiscono un archivio di dati da salvaguardare, e quindi bisogna attenersi al principio che il miglior restauro sarà sempre il non restauro.

Le tendenze attuali sono caratterizzate dall'affermazione del rispetto dell'opera e del suo stato di conservazione e derivano dal mutamento della concezione **di patrimonio e di restauro**. Nel 1964 è stata istituita una commissione d'indagine per la tutela e la valorizzazione del patrimonio storico, archeologico, artistico e del paesaggio, la **Commissione Franceschini**, che tra le altre cose ha coniato il termine "**bene culturale**", sostituendo la nozione di "cose d'arte e bellezze naturali" presente nelle leggi regolatrici della materia precedenti. Questo cambiamento aprì ad un nuovo rapporto con il patrimonio culturale, caratterizzato dall'attenzione e dalla fruizione responsabile dei beni culturali e

paesaggistici. Il bene culturale venne definito **testimonianza materiale avente valore di civiltà**, superando la visione meramente estetica degli "oggetti" d'arte, considerandolo documento delle culture del passato e mettendo inoltre in luce l'aspetto funzionale del bene. Inoltre oggi avvertiamo come esigenza primaria la conservazione, che garantisce la "vita" stessa del bene, e **la tutela del contesto storico-ambientale** che ha prodotto il bene e ne ha assicurato la trasmissione fino a noi. Pertanto è evidente l'importanza di **conoscere il bene nei suoi molteplici aspetti**; attualmente infatti, si tende ad escludere il rifacimento di parti mancanti, **evitando ogni intervento che alteri in modo eccessivo l'aspetto attuale dell'opera**, e, se proprio inevitabile, ci si preoccupa di distinguerli dalle parti originali.

Dall'importanza attribuita alla tutela del contesto storico-ambientale del bene deriva uno studio approfondito del **materiale** costituente il bene e dei **fattori di degrado** che possono interessarlo. Il degrado è un processo naturale che deriva dal progressivo adattamento dei materiali alle condizioni ambientali; lo studio di tali dinamiche, studiando dei materiali costitutivi del manufatto, le relative proprietà chimico-fisiche e le trasformazioni che può subire, è fondamentale per la programmazione di qualsiasi intervento sia di conservazione sia di restauro. L'azione di restauro, se non è guidata da uno studio preliminare di questo tipo, può riattivare il suddetto processo e quindi causare danni ancora più rilevanti di un non-intervento.

Nonostante il crescente interesse per i lavori di restauro e la conservazione dei beni culturali, non esiste una regola unitaria a cui rivolgersi; esistono delle grandi correnti di pensiero, tante diverse concezioni e modelli d'intervento, spesso contrastanti tra loro.

2. La chimica nel restauro

L'uso di prodotti chimici nel restauro comporta una potenziale esposizione dell'operatore a sostanze chimiche pericolose. Il livello di esposizione dipende fortemente sia dall'oggetto in fase di restauro che dalla misura in cui esso si è deteriorato. Inoltre spesso l'opera d'arte non può essere trasferita in un laboratorio attrezzato ed è necessario lavorare in loco, senza che vi sia la possibilità dell'uso di un adeguato sistema di ventilazione. Infine durante il lavoro di restauro non sempre vengono adottati tutti i dovuti dispositivi di protezione, apparecchiature che potrebbero ridurre l'esposizione.

Le operazioni più frequenti nei lavori di restauro di un manufatto sono la **pulitura**, il **consolidamento** e la **protezione**.

- La **pulitura** è un'operazione molto delicata ed irreversibile atta a rimuovere dalla superficie le sostanze estranee (inquinanti, incrostazioni, sporco, sostanze organiche, ecc.) generatrici di degrado per il manufatto. Può essere eseguita con mezzi meccanici o chimici
- Il **trattamento consolidante** permette di migliorare le caratteristiche di coesione e di adesione del materiale degradato, aumentando la resistenza meccanica. I consolidanti possono essere classificati in tre gruppi: consolidanti organici, inorganici e a base di silicio.
- I **trattamenti protettivi** costituiscono una barriera nei confronti degli agenti atmosferici consentendo di rallentare i processi di deterioramento. Vengono realizzati impregnando il manufatto o ricoprendolo di un rivestimento superficiale.

Le operazioni di consolidamento, pulizia e protezione dei beni culturali richiedono l'impiego di prodotti chimici specifici con notevoli ed inevitabili impatti sull'ambiente e la salute degli stessi operatori. Solventi, saponi, vernici, smalti, resine, enzimi, biocidi, consolidanti, adesivi, stucchi e additivi, protettivi e composti sequestranti sono alcuni dei prodotti che i restauratori usano (ed abusano) per la conservazione e il restauro dei beni culturali.

Gran parte di essi sono a base di Composti Organici Volatili (COV), Policlorobifenili (PCB), metalli pesanti, composti organoclorurati e aromatici sostanze altamente inquinanti per l'ambiente e la salute degli operatori stessi che li adoperano, il più delle volte, senza le opportune precauzioni.

2.1 Solventi

Il lavoro di restauro spesso comporta l'uso di solventi o miscele di solventi chimici utilizzati prevalentemente nella **pulitura delle superfici**, una delle operazioni più frequenti alla quale sono chiamati ad operare i restauratori. Per tale operazione può essere impiegata una vasta gamma di tecniche di restauro: metodi meccanici (bisturi, spatole, raschietti, microsabbature), fisici (laser, ultrasuoni) o chimici (solventi e saponi). È un'operazione delicata e irreversibile atta a rimuovere da una determinata superficie sostanze estranee, macchie di sostanze organiche (olii, cere e grassi), di ruggine, presenza di sali, incrostazioni calcaree o vernici patogene e quindi generatrici di degrado. Si tratta di interventi che nella maggior parte dei casi, vengono realizzati con l'uso di **solventi organici**, liquidi capaci di sciogliere sostanze solide, liquide o gassose.

Una classificazione, in base alla regola "*similia similibus solvuntur*" (simile scioglie simile), divide i solventi in due categorie sulla base della loro polarità (cioè la presenza o meno di cariche elettriche sulla molecola): solventi polari (acqua, metanolo, etanolo, acetone, metiletilchetone, ecc.); solventi non polari (benzene, etere di petrolio, etere etilico, trementine, ecc.).

I solventi sono inoltre utilizzati oltre che allo stato puro anche come componenti (in particolare come diluenti) in centinaia di altri prodotti: soluzioni di consolidanti, protettivi, resine, biocidi, vernici, sverniciatori, ecc.

Efficacia e rapidità di azione, basso costo e apparente semplicità di utilizzo rappresentano, soprattutto per il restauratore, requisiti fondamentali che non prevedono alternative e, per questi aspetti favorevoli, in molti casi si trascurano quelli negativi: oltre alla scarsa selettività nei confronti dei materiali che vengono asportati e rischi per l'integrità strutturale dell'opera, decisamente importante è la potenziale tossicità per l'operatore e l'ambiente. Tra le categorie di solventi impiegati nella conservazione dei beni culturali ci sono i composti organoclorurati e i composti aromatici.

I composti organoclorurati, costituiti da molecole idrocarburiche con atomi di cloro, vengono utilizzati per rimuovere oli, grassi o resine, residui o sporco dalle superfici nel campo della conservazione e il restauro. Inoltre per la loro spiccata capacità di sciogliersi nei grassi e nei tessuti adiposi e quindi di entrare facilmente nei cicli biologici e per l'azione tossica esercitata, sono stati impiegati dall'industria anche per creare i principi attivi dei pesticidi. Il cloruro di metilene, il cloroformio o triclorometano e il tricloro etilene comunemente conosciuta come trielina sono alcuni dei solventi organoclorurati più diffusi appartenenti alla categoria dei COV. Ad esempio la **trielina** è un liquido oleoso incolore che ha un vasto impiego come solvente di sostanze organiche insolubili e una volta liberata in aria, mediante evaporazione, contribuisce al fenomeno dello smog fotochimico. Questi composti, definiti POP (**Persistent Organic Pollutant**), hanno un elevato impatto sugli ecosistemi, essendo contraddistinti da una bassa biodegradabilità e quindi un'elevata persistenza nell'ambiente. Proprio per il loro essere degradati dai processi naturali molto lentamente, entrano nella catena alimentare, si accumulano (bioaccumulano), e persistono nei tessuti adiposi degli animali e dell'uomo.

I composti aromatici, sono l'altra serie di composti che costituiscono i solventi maggiormente utilizzati per il restauro. Il più conosciuto, soprattutto per i suoi effetti cancerogeni, è il **benzene**, abbondantemente utilizzato in passato allo stato puro come solvente. Un altro solvente aromatico, impiegato ad esempio come diluente per alcune resine è il **toluene**, anch'esso tossico anche se molto meno rispetto al benzene. Si tratta in tutti i casi di sostanze tossiche ed altamente inquinanti una volta rilasciati nell'aria mediante evaporazione o riversati nel suolo o nelle acque.

Proprio in risposta ai gravi problemi connessi all'uso di certi solventi organici, negli ultimi anni è aumentato l'interesse per metodi alternativi, soprattutto in paesi più attenti, rispetto all'Italia, a queste problematiche. Molta attenzione si è focalizzata sull'uso di sistemi a base acquosa, esenti dai problemi di tossicità associati a certi solventi organici, e contenenti principi attivi specifici in grado di agire con maggiore selettività, perciò più rispettosi dell'integrità dell'opera.

Tipologia e impiego di alcuni solventi nel restauro

SOLVENTE	IMPIEGO
alcol isopropilico denaturato	solvente
acetone	Diluente e solvente
diluente nitro	Miscela di vari solventi per vernici nitro e sintetiche
etanolo	Diluente
ragia minerale o white spirit	Miscela di idrocarburi con circa il 19% di aromatici – solubilizza resine
xilolo	diluente
toluolo	diluente
Cloroformio o triclorometano	Solvente per oli, resine e grassi
ammoniaca	Azione pulente
Acetato di ammile	solvente

Acetato di butile	Solvente
Acetato di etile	Solvente
Acqua regia	solvente
Butanolo o acido butilico	Solvente per grassi, oli, gomme, cere
Alcool iso-butilico	Solvente e pulente
Alcool iso-propilico	Di scioglimento della gomma lacca
Dimetil formaldeide	Solvente per polimeri: vinilici, poliuretani, resine epossidiche, poliammide, ecc.
Toluene o metil benzolo	Solvente per etilcellulosa, gomma e mastice
Trielina o tricloro etilene	Solvente per oli, grassi, cere, bitumi. Sgrassaggio di tessuti e pelli. Ha effetto insetticida
trementina	Prodotto naturale ricavato dalla distillazione della trementina. Il componente principale è il pinene. Solvente per pitture, vernici e colori
Triammonio citrato	Soluzione emulsionante per rimuovere sporchi organici ed inorganici dalle superfici dipinte ad olio o verniciate
xilene	Solvente per etilcellulosa, gomma, olio di lino.
Ammonio Carbonato	Utilizzato per la Pulitura di dipinti in soluzione satura. Si applica con pennello mediante carta giapponese.

2.2 Vernici e resine

Le vernici, per definizione, sono delle miscele liquide di consistenza variabile che distese su di una superficie, per azione dell'ossigeno atmosferico o per evaporazione del solvente, lasciano aderente alla superficie una pellicola sottile con determinate caratteristiche (decorative o protettive). Il loro impiego nel restauro riguarda ad esempio la protezione dei dipinti contro la polvere grassa, il fumo, le scalfitture e le aggressioni atmosferiche.

Generalmente una vernice è costituita da componenti con precise funzioni:

$$\text{VERNICE} = \text{SOLVENTE} + \text{PIGMENTO} + \text{RESINA} + \text{ADDITIVO}$$

Solvente: serve a dissolvere temporaneamente la resina permettendo una distribuzione uniforme su una superficie del pigmento e della resina stessa. La scelta del solvente dipende soprattutto dalla capacità di sciogliere la resina.

Pigmento: è un solido finemente disperso nella matrice della vernice. I pigmenti possono essere neri, bianchi o colorati. Questi possono essere di origine organica o inorganica.

Resine: essiccando originano il film sottile che ingloba pigmenti o additivi. Esistono varie tipologie di resine: alchidiliche, acriliche, viniliche, uretaniche, siliconiche, amminiche, ecc.

Additivi o plastificanti: permettono di conferire al prodotto caratteristiche particolari.

La maggior parte delle vernici convenzionali e dei prodotti di rifinitura è una fonte di emissione di composti organici volatili (COV), tra cui formaldeide, benzene, toluene, ecc., che possono essere presenti con la funzione di diluenti, solventi ecc. o per aumentare le caratteristiche del prodotto. **Basti pensare che da ogni tonnellata di pitture e vernici evaporano circa 400 kg di solventi tossici per l'uomo e dannosi per l'ambiente.** Oltre ai COV, le vernici possono contenere e rilasciare altre sostanze odorose ed eco-tossiche, come i pesticidi e i metalli pesanti (piombo, cadmio, cromo, mercurio, arsenico e titanio) che hanno un grave impatto ambientale per la loro elevata capacità di persistere nell'ambiente e quindi di bioaccumularsi.

Le **resine** sono polimeri sintetici di natura organica applicati in soluzione con solventi e viscosità elevata. A seconda della composizione chimica esistono sul mercato varie tipologie di resine: acrilati, resine fluorurate, resine epossidiche, siliconiche, ecc. Una caratteristica di

questi consolidanti è l'invecchiamento. Sono infatti sensibili alla luce, alla temperatura e all'ossigeno dell'aria. Le resine vengono adoperate sempre più frequentemente negli interventi di consolidamento dei materiali lapidei e dei manufatti storici. Il trattamento di consolidamento dei materiali lapidei, friabili e degradati, è finalizzato a migliorare le caratteristiche di coesione del materiale in modo da migliorare la resistenza meccanica, diminuire la porosità dei materiali e la resistenza di questi ai processi di degradazione. Se il consolidante ha anche un potere idrorepellente si garantisce anche l'effetto protettivo dall'aggressione degli agenti atmosferici.

I **consolidanti** vengono applicati a pennello, a spruzzo, per iniezione o meglio ancora mediante assorbimento capillare. Quest'ultimo si realizza ricorrendo a delle paste solide che imbevute di resina in soluzione con il solvente si applicano alla superficie da consolidare per il tempo necessario affinché la soluzione penetri nei pori del materiale. Lasciando evaporare il solvente il polimero solidifica e aderisce al materiale. L'impatto ambientale di questi materiali è legato soprattutto all'emissione in atmosfera di solventi e allo smaltimento dei residui e dei contenitori delle resine.

Le vernici e le resine sono un'altra fonte importante di inquinamento, soprattutto per la presenza di sostanze chimiche che evaporano facilmente all'aria, e per questo esistono delle alternative meno impattanti di cui di seguito si riportano solo alcuni esempi.

Attualmente sono disponibili vernici e prodotti di rifinitura di alta qualità, bassa tossicità e bassa emissione di COV, con un'ampia varietà di costi e prestazioni. Tali prodotti possono dunque ridurre i livelli di inquinamento dell'aria ed i rischi per la salute sia degli operai che degli occupanti. Le vernici ad acqua e al lattice, per esempio, contengono tra il 5 e il 15% di COV; in aggiunta, le vernici al lattice sono a basso contenuto di pesticidi (in particolare fungicidi e battericidi), spesso aggiunti invece in quelle ad acqua per prevenire la muffa. Le vernici a basso contenuto di solventi organici garantiscono una maggiore sicurezza rispetto alle vernici a base di solventi, per la minore tossicità ed infiammabilità. Sono generalmente più sicure da maneggiare e possono essere lavabili con acqua, riducendo i rischi per la salute e minimizzando la pericolosità dell'eventuale rifiuto. Sono disponibili, inoltre, vernici naturali che non contengono derivati petrolchimici ma possono contenere COV naturali, comunque con una loro tossicità, quali l'L-limonene, la trementina, la resina del pino.

Esistono anche i consolidanti inorganici, meno inquinanti per l'ambiente e più durevoli nel tempo rispetto alle resine, in quanto vengono veicolati nei materiali in soluzioni acquose. I consolidanti inorganici maggiormente utilizzati sono la calce e il bicarbonato di calcio, l'idrossido di bario e i consolidanti a base di silicio organico ed inorganico.

2.3 Biocidi

Il biodeterioramento, è l'attacco che subiscono i beni culturali da parte di organismi animali e vegetali (batteri, funghi, muschi, licheni, piante, parassiti, ecc) che attecchendo sul manufatto accelerano o innescano processi di deterioramento. Tra le cause di degrado dei beni culturali abbiamo anche le erbe infestanti e le piante superiori (erba, arbusti, specie legnose, ecc.). La vegetazione si sviluppa sui monumenti storici, nelle aree archeologiche e in particolare sui materiali lapidei. Gli apparati radicali delle piante sviluppandosi ed ingrossandosi penetrano nella struttura causando fratture, collassamenti e distacco di materiali. La presenza di vegetazione comporta anche variazione dei parametri microclimatici: aumento di umidità relativa e di stagnazione dell'acqua, riduzione del soleggiamento. Tutti fattori che avviano altre cause di degrado (crescita di alghe e muschi, ecc).

Per controllare o eliminare questi fenomeni i restauratori possono intervenire con metodi meccanici (scalpelli, spatole, bisturi), metodi fisici (raggi UV) e metodi chimici. Di questi

ultimi i restauratori fanno un ampio uso e sono basati sull'impiego di pesticidi e/o disinfettanti, gli stessi adoperati in agricoltura o nella sanità. I trattamenti possono essere eseguiti a spruzzo, a pennello, ad impacco, ad iniezione o mediante fumigazione, cioè il principio attivo viene fatto penetrare mediante insufflazione di gas. I biocidi possono anche essere aggiunti alle vernici o alle resine o veicolati nei materiali da trattare mediante l'utilizzo di solventi.

Vari biocidi, attualmente in commercio come prodotti per il restauratore, sono a base di organoclorurati (paraclorometacresolo, 3-metil-4-clorofenolo, permetrina, ecc.) e vengono adoperati in quanto la difficoltà a degradarsi nell'ambiente nel campo della conservazione dei beni culturali diventa un pregio permettendo di mantenere più a lungo nel tempo l'effetto biocida sul manufatto trattato. Il problema dell'elevata persistenza nell'ambiente è stato risolto dall'industria chimica con l'introduzione dei pesticidi **organofosforati**, una classe di composti, caratterizzati dalla presenza di un atomo di fosforo, con una persistenza di breve durata, cioè si degradano in pochi giorni. Tuttavia rispetto agli organoclorurati presentano una tossicità acuta maggiore per l'uomo e i mammiferi.

Tra gli **erbicidi**, sostanze chimiche che distruggono le piante, quello maggiormente utilizzato e presente in commercio è il *Glisofato acido* impiegato per il diserbo di aree archeologiche.

I **pesticidi** agiscono uccidendo l'organismo indesiderato o controllando la proliferazione. Tutti i pesticidi chimici agiscono bloccando un processo metabolico vitale dell'organismo bersaglio e ne esistono vari tipi in base all'organismo da colpire, come indicato nella tabella seguente:

I pesticidi e i loro bersagli	
Tipo di pesticida	Organismo bersaglio
Acaricida	Acari
Alghicida	Alghe
Avicida	Uccelli
battericida	Batteri
Disinfettante	Microrganismi
Fungicida	Funghi
Erbicida	Piante
Insetticida	Insetti
Larvicida	Larve degli insetti
Molluschicida	Lumache
Nematocida	Nematodi
Piscicida	Pesci
Rodenticida	Roditori

Negli anni '40 e '50 le industrie chimiche hanno prodotto grandi quantità di pesticidi nella maggior parte con principi attivi a base di composti **organoclorurati** che come abbiamo visto per i solventi hanno la caratteristica essere persistenti e di bioaccumularsi: famoso è il caso del DDT (*para – diclorodifeniltricloroetano*).

I pesticidi attualmente sul mercato includono una grande varietà di sostanze, che differiscono oltre che per il principio attivo, per tipo d'azione, per assorbimento nell'organismo, per meccanismo di trasformazione biologica e per modo di rilascio. Per questo motivo gli effetti sanitari sono molto diversi. Possono includere mal di testa, vertigini, contrazioni ai muscoli, debolezza, formicolio, nausea, irritazione agli occhi, al

naso e alla gola; esposizioni croniche possono causare danni al sistema nervoso centrale, al fegato e ai reni. Determinati pesticidi sono stati classificati come probabili o possibili cancerogeni. Altrettanto gravi sono i danni per l'ambiente. L'utilizzo degli erbicidi per diserbare le aree archeologiche, spesso senza rispettare il dosaggio indicato, può determinare anche la contaminazione del suolo e delle falde acquifere mediante infiltrazione nel terreno.

Gli antiparassitari possono essere semplici sostanze inorganiche come zolfo, cloro, arsina, arsenicato di rame, bromuro di potassio la maggior parte dei quali per la loro elevata tossicità per l'uomo e l'ambiente, sono stati sostituiti dagli organici. I composti organici possono invece essere organometallici che contengono metalli pesanti o COV, come il tetracloruro di carbonio, il bromuro di metile, il naftalene, o composti organici semivolatili (SCOV) come pentaclorofenolo, diazinone, o, infine composti organici non volatili (NCOV).

Come fumigante, soprattutto per prevenire i danni a esemplari conservati nei musei, è stato utilizzato in passato anche l'acido cianidrico che ha un'azione estremamente letale per l'uomo.

SOSTANZA	IMPIEGO
Paraclorometacresolo	batteri, lieviti e funghi
3-metil-4-clorofenolo	batteri, lieviti e funghi
	funghi, batteri, alghe
Permetrina	antitarlo, insetticida
Glisofatoacido (da sale isopropilamminico)	erbicida
2-idrossimetilamino etanolo	antitarlo
2-idrossibifenilsodio sale tetraidrato	batteri, licheni, e funghi in dipinti
2,3,5,6-tetracloro-4 (metil sulfonil) piridina	Biocida: Alghe verdi e brune, licheni, muffe, microfunghi etc. Si solubilizza in solventi
BENZALCONIO CLORURO Tecnico, 50% Alchil - dimetilbenzilammonio cloruro	Fungicida e alghicida. Viene impiegato per la disinfezione e pulizia di superfici in vetro, ceramica, marmo, metalli, gomme naturali sintetiche, fibre tessili, carta usa diluito in acqua allo 0,5-2%
Timolo	È preservante di origine naturale idoneo alla difesa contro attacchi biologici di materiali organici In teche e vetrine
gliyfosate	Diserbante per aree archeologiche
Acido formico 85%	Riducente antisettico antifermentativo
Fenolo	Antibatterico e fungicida solubile in acqua. Viene utilizzato come additivo nel restauro dei dipinti
Ammonio quaternario e tributilstagnonaftenato	Alghicida – lichenicida solubile in acqua e solventi

2.4 Pigmenti ai metalli pesanti

Oltre ai solventi e gli altri Composti Organici Volatili, le vernici possono contenere anche altre sostanze altamente inquinanti per l'ambiente e tossiche per l'uomo: i pigmenti.

I pigmenti sono sostanze che impartiscono una colorazione al supporto nel quale sono incorporate. Quelli inorganici sono maggiormente utilizzati per i bassi costi di produzione nonostante il loro impiego crei problemi di carattere sanitario ed ecologico.

Nella composizione delle vernici ancora oggi possiamo trovare la presenza di metalli pesanti, estremamente pericolosi per la salute e per l'ambiente, come il cadmio, il cromo, il mercurio, l'arsenico e il titanio. Ovviamente va tenuto presente che una sostanza ha una carica di pericolosità che varia a seconda delle tecniche d'uso utilizzate, e a seconda della percentuale in cui esse sono presenti nel prodotto finito.

I metalli pesanti sono sostanze che immesse nell'ambiente causano l'inquinamento delle acque e del suolo con effetti tossici, a volte anche cancerogeni, per l'uomo e gli altri organismi. La loro tossicità dipende prevalentemente dal fatto che non sono biodegradabili, dalla biodisponibilità e dall'elevata capacità di bioaccumularsi, risalendo così nella catena alimentare.

L'utilizzo di tali pigmenti è stato pagato a caro prezzo da numerosi artisti del passato. Per 150 anni i pittori hanno usato nelle loro tele i pigmenti di solfuro di cadmio per ottenere il giallo brillante e hanno rifiutato di abbandonare il loro impiego, opponendosi a qualsiasi proibizione, dato che fino ad oggi non è stato possibile ottenere con altri mezzi lo stesso effetto. Van Gogh infatti non avrebbe potuto dipingere le sue tele della serie dei "Girasoli" senza i vari gialli di cadmio, tanto che alcuni hanno ipotizzato che i problemi mentali del pittore siano stati causati da avvelenamento da cadmio. Altra vittima fu Francisco Goya (1746-1828), affetto da un'encefalopatia dovuta ad intossicazione da piombo (elemento allora presente nei pigmenti di vari colori), che gli provocò sordità e alterazione della personalità.

PIGMENTO	COMPOSIZIONE E UTILIZZO
Arancio di cadmio	Pigmento di origine inorganica. Può essere utilizzato con qualunque tecnica, affresco, tempera, olio ed encausto. Formula chimica: CdS (solfuro di cadmio) Tossico
Arancio di cromo	Pigmento di origine inorganica. E' una composizione di bicromato di piombo e molibdato di piombo, viene ottenuta dai sali di piombo (giallo di cromo) trattati con cromato di sodio o di potassio in ambiente alcalino. Annerisce all'aria e a contatto con i solfuri. Si può utilizzare con l'affresco, la tempera e l'olio. Formula chimica: PbCr ₂ O ₇ - PbMoO ₄ Velenoso
Arancio di mobildenò	Pigmento di origine inorganica. Si tratta di un composto di cromato di piombo, solfato di piombo e molibdato di piombo. Viene impiegato oltre che nella tempera e nell'olio anche per gli inchiostri e le vernici. Formula chimica: 7PbCrO ₄ * 2PbSO ₄ * PbMoO Velenoso
Arancio di piombo	Pigmento inorganico conosciuto già al tempo degli Egizi, dei Greci e dei romani. E' un ossido di piombo. Annerisce a contatto con i solfuri. Formula chimica: PbO Velenoso
Arancio di zolfo	Si tratta di un pigmento di origine inorganica e sintetica, si ottiene dalla fusione dell'anidride arseniosa con zolfo dal quale risulta trisolfuro di arsenico. Formula chimica: As ₂ S ₃ Velenoso
Bianco di piombo	E' un pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica, è un carbonato basico di piombo, conosciuto fino dal IV secolo a.C., fu utilizzato dai greci e dai romani e dal rinascimento ad oggi. Trova ottimo impiego nella tecnica ad olio, anche per la sua qualità di rapida essiccazione, può essere utilizzato pure nella tempera e nell'encausto mentre è sconsigliato nell'affresco. Formula chimica: 2 Pb CO ₃ . Pb (OH) Tossico
Bianco misto	E' un pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica, si tratta di ossido di zinco e carbonato basico di piombo. Sconsigliato per l'affresco Formula chimica: ZnO + 2PbCO ₃ * Pb(OH) ² Velenoso
Blu cerulio	Questo pigmento fu inventato nella metà dell'ottocento ; è una composizione di ossido di cobalto e ossido di stagno più stannato di cobalto con miscelazione di silice e solfato di calcio. Può essere impiegato nell'affresco, tempera ed olio. Formula chimica: CoO * nSnO ₂ + CoSn (OH) ⁶ Tossico
Blu di cobalto	Inventato verso la fine del 1700 e gli inizi del 1800, questo pigmento di origine inorganica e sintetica è una miscela di alluminato di cobalto. Formula chimica: CoAl ₂ O Tossico
Bruno di Firenze	Si tratta di Cianuri di rame, pigmento dall'aspetto trasparente che viene impiegato esclusivamente nella tecnica ad olio. Formula chimica: Cu(CN) ² Velenoso
Bruno di manganese	Il biossido di manganese e perossido di manganese viene ottenuta mediante la precipitazione da una soluzione di solfato di manganese con soda caustica Formula chimica: MnO ₂ e Mn ₂ O ₇ Tossico
Bruno di prussia	Questo pigmento, ferro cianuro ferrico è stato inventato all'inizio del settecento. Formula chimica: Fe ₄ (Fe (CN) ₆) ³ Velenoso

PIGMENTO	COMPOSIZIONE E UTILIZZO
Cinabro di miniera	<p>E' un pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica, di colore rosso vivo che si trova in Europa nei giacimenti del Monte Amiata in Toscana, in Istria e in Spagna. Si tratta di solfuro di mercurio che si può preparare anche artificialmente. Il cinabro artificiale viene prodotto mescolando 5 parti di mercurio, 1 parte di zolfo.</p> <p>Formula chimica: HgS</p> <p>Velenoso</p>
Giallo di cadmio	<p>E' un pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica. Fu inventato all'inizio del 1800, è un solfuro di cadmio più ossido di zinco.</p> <p>Formula chimica: CdS + ZnO</p> <p>Tossico</p>
Giallo di cromo	<p>E' un pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica, la sua fabbricazione consiste nella combinazione del cromato di sodio o di potassio con l'ossido di piombo da cui si ottiene cromato neutro di piombo. Fu inventato alla fine del 1700 venne utilizzato dal 1800 in poi.</p> <p>Formula chimica: PbCrO₄ - PbO 69 %, CrO₃ 31%</p> <p>Velenoso</p>
Giallo di piombo stagno	<p>E' un pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica. È un composto di stannato di piombo o silico stannato di piombo. La sua scoperta si colloca nel tardo medioevo. E' utilizzabile nella tecnica ad affresco ed a olio. Sconsigliato per encausto e tempera.</p> <p>Formula chimica: Pb₂SnO₄ o PbSn₂ SiO₇</p> <p>Velenoso</p>
Rosso di cadmio	<p>Questo pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica fu inventato nell'ottocento, è un solfuro di cadmio che si può ottenere con vari metodi. Ha una tonalità che può variare dall'arancio chiaro fino al porpora. Si impiega nella tempera e nell'olio.</p> <p>Formula chimica: CdS</p> <p>Tossico</p>
Rosso di cromo	<p>Questo pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica fu inventato nel 1820. E' un cromato basico di piombo. Non si utilizza con nessuna tecnica pittorica e non è reperibile in commercio.</p> <p>Formula chimica: Pb₂(OH)²CrO₄</p> <p>Velenoso</p>
Verde cobalto	<p>E' un pigmento di origine inorganica, minerale e sintetica che fu inventato alla fine del settecento, è un composto di ossido di cobalto e ossido di zinco. Può essere impiegato con tutte le tecniche, affresco, tempera, encausto ed olio.</p> <p>Formula Chimica: CoO * nZnO</p> <p>Velenoso</p>
Violetto cobalto	<p>Questo pigmento di origine inorganica e sintetica fu inventato nella seconda metà del 1800, è un fosforo cobaltoso basico quello scuro, mentre è un arseniato di cobalto quello chiaro. Si può impiegare nell'affresco, nella tempera, nell'encausto e nell'olio.</p> <p>Formula Chimica: Co₃(AsO₄)² * 8H₂O</p> <p>Velenoso</p>

3. Il problema dello smaltimento dei rifiuti

In sintesi l'inquinamento originato dall'impiego di prodotti che contengono sostanze chimiche pericolose per l'ambiente dipende dal rilascio nell'atmosfera, nel suolo e nelle acque di composti organici volatili (solventi e pesticidi) e di metalli pesanti (vernici) che contaminano le matrici naturali. Ma un altro aspetto importante che concorre all'inquinamento prodotto dalle attività di conservazione dei beni culturali è lo smaltimento dei rifiuti prodotti.

Un rilevante contributo al rischio ambientale proviene infatti dalle modalità più o meno lecite con cui vengono smaltiti i residui delle sostanze impiegate, i contenitori all'interno dei quali si trovavano e il materiale eventualmente impregnato o contaminato da tali sostanze. Diversi interventi di conservazione prevedono ad esempio l'applicazione di impacchi di argille, cellulosa, ecc. impregnata di solventi, biocidi, EDTA o materiali consolidanti che una volta asportate dal manufatto vengono smaltiti come semplici rifiuti urbani. L'irregolarità vale anche per lo smaltimento dei contenitori di queste sostanze che in base alla normativa vigente, essendo impregnati di sostanze tossiche ed inquinanti, dovrebbero essere trattati come rifiuti speciali e smaltiti con particolari accorgimenti. Il destino è sempre lo stesso la discarica di rifiuti urbani nel migliore dei casi.

Stessa situazione si verifica durante il lavaggio di superfici lapidee e non, con solventi e tensioattivi le cui acque di lavaggio, non raccolte, si disperdono nel terreno o negli scarichi fognari. I danni ambientali in questo caso sono difficilmente quantificabili.

Un'altra prassi molto diffusa, soprattutto nelle operazioni di restauro e ripristino di un manufatto architettonico, è rappresentata dalla demolizione di opere murarie che producono calcinacci. Si tratta di materiale classificato come rifiuto speciale e identificabile con il codice CER 17 01 07 (Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche) o 17 01 06* se contiene materiale pericoloso come l'eternit.

Nella maggior parte dei casi questo materiale di risulta viene smaltito in maniera irregolare mediante abbandono o nella migliore delle ipotesi avviato a discarica. Un'utile alternativa sarebbe il riutilizzo di questi calcinacci nei nuovi intonaci al posto delle malte confezionate, che oltretutto sono anche molto costose.

LA SPORCA DECINA

le dieci sostanze più utilizzate nel restauro

1. Acetone	
Cosa è	L'acetone è un composto chimico organico (chetone) che fa parte dei composti organici volatili. È un liquido incolore, infiammabile, con odore caratteristico e gradevole di frutta matura. La sua temperatura di ebollizione è di 56.2°C. Evapora facilmente a temperatura ambiente e si discioglie in acqua.
Utilizzo	L'acetone è utilizzato soprattutto come solvente per solubilizzare altre sostanze. Nel restauro viene impiegato come solvente per vernici, resine o per le operazioni di pulizia e rimozione di vernici, sporco, ecc. il suo costo medio al litro è di 3,50 euro/litro.
Impatto ambientale	il 97% dell'acetone rilasciato durante il suo utilizzo va a finire nell'atmosfera dove viene degradato in pochi giorni ad opera di reazioni fitochimiche. Una volta immesso in atmosfera, veicolato dalla pioggia, può arrivare all'acqua e al suolo. Se invece viene immesso nel suolo o nelle acque per evaporazione si trasferisce nell'atmosfera. Fa parte dei composti che causano l'inquinamento dell'ambiente "indoor" cioè gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali. Il tempo di degradazione dell'acetone una volta immesso nell'ambiente è abbastanza rapido.
Tossicologia	se si viene esposti all'acetone, questo finisce nel sangue e da qui trasportato a tutti gli organi del corpo. L'esposizione per breve tempo può causare irritazione a naso, bocca e polmoni, può provocare nausea, vomito, stato confusionale, ecc. Il contatto con la pelle può procurare irritazione e il danneggiamento della pelle. Gli attuali studi non possono affermare che l'esposizione a lungo termine all'acetone possa causare tumori e gli studi sui lavoratori esposti ad esso non evidenziano un rischio significativo per il rischio di cancro. Il limite di esposizione sul luogo di lavoro stabilito dal Occupational Safety and Health Administration (OSHA) è di 1000 ppm (parti per milione) per 8 ore di lavoro al giorno, 40 ore alla settimana.

2. Diluente nitro	
Cosa è	Il diluente nitro antinebbia è un diluente per vernici costituito da una miscela di solventi nelle seguenti percentuali: Toluene dal 50 al 55% 2-Butossietanolo dal 2 al 3% 2-Propanolo dal 5 al 7% Acetone dal 20 al 23 % Acetato di Isobutile dal 15 al 19 % È un prodotto facilmente infiammabile, si trova allo stato liquido, incolore e solubile al 30% in acqua mentre è completamente solubile in chetoni, alcoli idrocarburici aromatici.
Utilizzo	è impiegato come diluente per vernici e resine.
Impatto ambientale	classificato come pericoloso per l'ambiente
Tossicologia	il prodotto è nocivo se inalato e può provocare irritazioni alle mucose e

	alle vie respiratorie. Per esposizione ripetuta e contatto con la pelle esercita un'azione sgrassante determinando secchezza della pelle e screpolature. Il toluene contenuto possiede un'azione tossica sul sistema nervoso centrale e periferico con encefalopatie e polinevriti. Per l'EPA gli studi attuali non permettono di classificarlo come cancerogeno.
--	---

3. Ammoniaca	
Cosa è	L'ammoniaca è un composto inorganico dell'azoto, il suo stato fisico è un gas incolore con odore caratteristico e penetrante percepibile anche in piccole quantità. L'ammoniaca si può trovare allo stato liquido in quanto viene disciolta in acqua e si comporta come una base debole. Una volta esposta all'aria, l'ammoniaca evapora rapidamente ritrasformandosi in gas. Infatti la sua temperatura di ebollizione è di 38°C per soluzione al 25%.
Utilizzo	L'ammoniaca viene comunemente utilizzata in vari prodotti per la pulizia, in soluzione di acqua al 10%, in quanto ha un elevato potere pulente e disinfettante. In quanto base è utile per togliere grasso e sporco, particolarmente dal vetro e dalla porcellana, macchie di sangue, e alcuni tipi di ossidazione sull'argento. Gli usi dell'ammoniaca sono innumerevoli ed è una sostanza estremamente importante in campo industriale. Viene impiegata come base per fertilizzanti agricoli, come componente per vernici, per la produzione di materie plastiche e polimeri, come solvente e nell'industria cartaria come sbiancante. Nel campo del restauro viene impiegata ammoniaca pura al 33% per pulire i materiali lapidei e solitamente viene usata in abbinamento all'acqua ossigenata 130 volumi per sbiancare il legno. Il suo costo medio di mercato è di 1,70 euro/litro.
Impatto ambientale	L'ammoniaca una volta immessa nell'ambiente può inquinare aria, acqua e suolo ma non rimane molto tempo nell'ambiente in quanto viene rapidamente assorbita dalle piante e dai batteri in quanto è una fonte nutriente di azoto. La sostanza è classificata come molto tossica per gli organismi acquatici.
Tossicologia	L'ammoniaca è molto irritante, ed emette vapori forti e sgradevoli. Se respirata, l'ammoniaca provoca dapprima irritazione e tosse: se la concentrazione del gas è molto alta o se viene respirato a lungo, emorragia polmonare. In caso di contatto con gli occhi può provocare cecità permanente. Se viene a contatto con la pelle provoca ustioni e necrosi dei tessuti. Non è cancerogena né mutagena. L'esposizione può avvenire in particolare durante il suo utilizzo nei prodotti di pulizia. Il limite di esposizione lavorativo stabilito dal Occupational Safety and Health Administration (OSHA) è di 25 ppm (parti per milione) per 8 ore di lavoro al giorno.

4. Trielina o tricloro etilene	
Cosa è	Il tricloroetilene è un composto organoclorurato che a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore non infiammabile con un caratteristico odore dolciastro. Il suo nome scientifico è 1,1,2-tricloroetene ma in commercio è meglio nota come trielina. Il composto è insolubile in acqua ed ha una temperatura di ebollizione pari a 86,9°C.
Utilizzo	Il tricloroetilene è un ottimo solvente per molti composti organici. Al picco della sua produzione, negli anni '20, il suo impiego principale era l'estrazione di oli vegetali da piante quali la soia, il cocco e la palma.

	Tra gli altri usi nell'industria alimentare si annoveravano la decaffeinazione del caffè e l'estrazione di essenze. Ha trovato uso anche come solvente per il lavaggio a secco, fino a quando non è stato soppiantato negli anni '50 dal tetracloroetilene. Per via della sua tossicità e sospetta cancerogenicità, non è più impiegato nell'industria alimentare e farmaceutica dagli anni '70 praticamente in tutto il mondo. Nel campo del restauro viene impiegato come solvente per rimuovere residui di colle o macchie di grasso, cera, ecc.
Impatto ambientale	Il tricloroetilene una volta immesso nell'ambiente tende a persistere per diverso tempo. Nel suolo tende ad evaporare lentamente e può rimanerci per molto tempo. Il tempo di degradazione nell'ambiente è di settimane. Essendo un composto organoclorurato tende quindi ad avere un'elevata persistenza nell'ambiente.
Tossicologia	Il tricloroetilene è un organoclorurato considerato dal International Agency for Research on Cancer (IARC) come un probabile cancerogeno per l'uomo. Respirare piccole quantità di trielina può causare mal di testa, irritazione, mancanza di coordinazione e difficoltà di concentrazione. Grosse quantità di tricloroetilene possono invece portare alla perdita di coscienza, alterare le funzioni del cuore e perfino portare alla morte. L'esposizione per lungo periodo può invece danneggiare il fegato, i reni e il sistema nervoso, mentre il contatto con la pelle per breve tempo può causare chiazze cutanee. Il limite di esposizione lavorativo stabilito dal Occupational Safety and Health Administration (OSHA) è di 100 ppm (parti per milione) per 8 ore di lavoro al giorno, 40 ore alla settimana.

5. Adesivi a base di cianoacrilato

Cosa è	Rientrano sotto il nome generico di cianoacrilati gli esteri dell'acido cianoacrilico. Sono adesivi molto potenti e devono il loro potere adesivo al fatto che per esposizione all'aria umida - ed ancor più ad ioni ossidrilici - polimerizza formando lunghe catene. L'odore di aceto che si avverte durante l'asciugatura è dovuto alle molecole di acido acetico liberate durante la polimerizzazione.
Utilizzo	Vengono utilizzati nel campo del restauro per l'incollaggio di ceramiche, metalli, legno, ecc.
Impatto ambientale	Non può essere fornita alcuna indicazione circa la velocità con cui si raggiunge una contaminazione dannosa nell'aria per evaporazione della sostanza a 20°C.
Tossicologia	La sostanza irrita gravemente gli occhi, le mucose e la cute.

6. Toluene

Cosa è	Il Toluene o Metilbenzene è un idrocarburo aromatico la cui molecola si può derivare da quella del benzene per sostituzione di un atomo di idrogeno con un gruppo metilico, usato come antidetonante per benzine, come solvente di lacche e di resine e come materia di partenza per molti prodotti di sintesi. È altamente infiammabile, insolubile in acqua, solubile in solventi organici.
Utilizzo	È un buon solvente per vernici. Viene utilizzato come diluente delle resine impiegate nelle operazioni di consolidamento (es. il PARALOID B72).
Impatto ambientale	È un composto molto volatile pertanto persiste poco tempo nel suolo e nelle acque. È tossico per la vita acquatica.

Tossicologia	Idrocarburo aromatico assorbito prevalentemente per via inalatoria.. Il contatto cutaneo diretto e ripetuto provoca dermatite. I suoi vapori sono tossici anche se meno del benzene. È una sostanza irritante per gli occhi e il tratto respiratorio, classificata come moderatamente tossica per inalazione e digestione. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. Se il liquido viene ingerito, l'aspirazione nei polmoni può portare a polmonite chimica. L'esposizione ad elevate concentrazioni può portare a aritmia cardiaca e stato di incoscienza. Non è classificabile come cancerogeno per l'uomo. TLV: 50 ppm
--------------	--

7. WHITE SPIRIT o regia minerale 19% di aromatici

Cosa è	White spirit e regia minerale è una miscela di solventi idrocarburici alifatici e ciclici con una percentuale massima del 25% di composti idrocarburici aromatici. È un liquido di colore chiaro, trasparente, non viscoso con un odore caratteristico.
Utilizzo	viene utilizzato come solvente di estrazione, come diluente nelle pitture e nei trattamenti di conservazione del legno. Nel restauro viene impiegato come solvente per vernici, resine, cere, ecc.
Impatto ambientale	essendo una miscela altamente volatile i composti che evaporano tendono a subire un processo di degradazione fotochimica nell'atmosfera. Ha una moderata tossicità per gli organismi acquatici sia per la sua volatilità che la bassa biodisponibilità.
Tossicologia	I problemi tossicologici sono legati soprattutto al contenuto di composti aromatici. L'esposizione per l'uomo è legata all'inalazione dei vapori. Una volta inalato gli idrocarburi aromatici e alifatici si distribuiscono nel sangue, nei vari tessuti e nel grasso. Il suo tempo di dimezzamento dei tessuti è di circa 46-48 ore. L'esposizione può causare irritazioni della pelle, delle mucose e delle vie respiratorie. Diversi studi, sui pittori che utilizzano come solvente principale la regia minerale, hanno dimostrato un incremento del rischio di cancro ai polmoni. L'esposizione ad alte concentrazioni di white spirit in ambienti chiusi può causare perdita di coscienza ed effetti narcotici. Se la presenza di benzene è > 0.1% rende la miscela cancerogena.

8. Cloroformio

Cosa è	Il suo nome chimico è triclorometano, un organoclorurato. È un liquido incolore che in passato veniva utilizzato come anestetico. Tende ad evaporare facilmente
Utilizzo	Viene utilizzato come solvente nel campo del restauro
Impatto ambientale	Immerso nell'ambiente e in particolare nelle acque sotterranee può permanere per molto tempo. Nell'aria può produrre sostanze come l'acido cloridrico.
Tossicologia	Il cloroformio è considerato un composto che può causare il cancro.

9. Benzalconio cloruro o Alchil-dimetilbenzilammonio cloruro

Cosa è	è un pesticida, composto chimico dell'ammonio quaternario di colore trasparente o tendente al giallino, dall'odore aromatico e solubile in acqua, alcool e acetone.
Utilizzo	Generalmente si trova in commercio in soluzione al 50%. È un

	tensioattivo dotato di proprietà disinfettanti e detergenti. Viene impiegato in soluzioni acquose concentrate per la disinfezione della cute integra, per mantenere sterili strumenti chirurgici, materiali di gomma, ambienti asettici; in soluzione diluita per il lavaggio e la disinfezione di ferite superficiali, per irrigazioni vaginali, sciacqui del cavo orale e instillazioni oculari. È anche utile per la cura di alcune micosi cutanee. Viene addizionato a molti colliri come conservante. Nel campo del restauro viene impiegato come fungicida e battericida nelle pulizie di dipinti, materiali lapidei, ecc.
Impatto ambientale	Non è facilmente degradabile. Immesso nell'ambiente uccide i microrganismi acquatici
Tossicologia	la sostanza a contatto con gli occhi e la pelle provoca ustione chimica. Se ingerito causa grave irritazione con sanguinamento del tratto gastrointestinale.

10. Permetrina	
Cosa è	Pesticida. Il nome chimico è 3-fenossibenzil-(1RS)-cis,trans-3-(2,2-diclorovinile)-2,2 dimetilciclopropanocarbossilato. È una sostanza attiva antiparassitaria utilizzata per i presidi medico-chirurgici e come insetticida. Appartiene alla famiglia dei piretroidi ed agisce come neurotossina, danneggia la membrana cellulare dei neuroni rallentando l'accesso degli ioni di sodio. E' scarsamente solubile in acqua mentre è solubilissima nei solventi organici
Utilizzo	In agricoltura è utilizzata principalmente per disinfestare le colture di cotone, grano, mais ed alfalfa, mentre negli allevamenti trova utilizzo nell'uccidere i parassiti dei polli. Il suo utilizzo è controverso dal momento che, essendo un veleno ad ampio spettro, uccide indiscriminatamente le varie specie di insetti comprese quelle non dannose come le api e piccoli mammiferi come i topi. Si utilizza per tenere sotto controllo scarafaggi e termiti sia in ambito domestico che industriale. Con DECISIONE DELLA COMMISSIONE del 27 dicembre 2000 è stato deciso la non iscrizione del permetrin nell'allegato I della direttiva 91/414/CEE e la revoca delle autorizzazioni di prodotti fitosanitari contenenti detta sostanza attiva (2000/817/CE).
Impatto ambientale	Ha una buona persistenza nell'ambiente, è insolubile in acqua quindi può contaminare facilmente l'ambiente.
Tossicologia	La tossicità dei piretroidi non è di facile valutazione per la mancanza di riferimenti oggettivi sull'uomo (la sperimentazione avviene sempre e solo su animali) e per la disomogeneità tra i test di laboratorio, fatti su vertebrati, e il normale utilizzo in vivo come insetticida, che viene fatto su invertebrati. Questi composti possono essere assorbiti per via inalatoria cutanea o digestiva ma generalmente meno del 5% della dose viene assorbita per via percutanea. Il rischio tossicologico della permetrina è legato soprattutto ad irritazione cutanea e delle mucose (occhi e prime vie aeree), per manipolazione della sostanza in presenza di radiazioni solari.

Legambiente ONLUS
Via Salaria 403
Tel 06 86268367 – fax 06 86218474
arte@legambiente.eu
<http://www.legambiente.eu>