

**Ambiente - Esecuzione**

**Protezione  
dell'ambiente  
e lavori  
anticorrosione**

**Basi per la pianificazione**



**Ufficio federale  
dell'ambiente,  
delle foreste e  
del paesaggio  
UFAPF**



**Protezione  
dell'ambiente  
e lavori  
anticorrosione**

**Basi per la pianificazione**

**Publicato a cura dell'Ufficio  
federale dell'ambiente, delle  
foreste e del paesaggio UFAFP  
Berna, 2004**

### **Valenza giuridica della presente pubblicazione**

La presente pubblicazione, promossa dall'UFAFP in veste di autorità di vigilanza, è uno strumento d'aiuto all'esecuzione destinato primariamente alle autorità esecutive. Nel testo viene data concretezza a concetti giuridici indeterminati, inclusi in leggi e ordinanze, nell'intento di uniformarne l'esecuzione pratica. I testi d'aiuto all'esecuzione, designati con il nome di direttive, istruzioni, raccomandazioni, manuali, aiuti pratici ecc., sono pubblicati dall'UFAFP nella serie «*Ambiente-Esecuzione*».

Da un lato dette pubblicazioni assicurano in larga misura l'uguaglianza giuridica e la certezza del diritto; dall'altro permettono di adottare, a seconda del caso, soluzioni flessibili e adeguate. Le autorità esecutive che si attengono alle disposizioni contenute negli strumenti d'aiuto all'esecuzione possono avere la certezza di rispettare il diritto federale. Non sono escluse soluzioni alternative, purché – in ossequio alla prassi giudiziaria – ne venga dimostrata la conformità legale.

### **Editore**

Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP)

*L'UFAFP è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC)*

### **Autori**

Peter Schürmann, PRS Consult GmbH, Freilerstr. 26, 8157 Dielsdorf

Jürg Stolz, Rüdenbüschelstr. 5, 4206 Seewen

### **Citazione**

SCHÜRMAN, P.; STOLZ, J. 2004: Protezione dell'ambiente e lavori anticorrosione - basi per la pianificazione, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, UFAFP, Ambiente-Esecuzione, 36 p.

### **Accompagnamento**

Anton Stettler, Div. Protezione dell'aria e RNI, UFAFP

Max Wyser, Div. Protezione dell'aria e RNI, UFAFP

Jakob Marti, Amt für Umweltschutz, Kt. Glarus

### **Realizzazione grafica**

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

### **Immagine di copertina**

Hansueli Trachsel, fotografo, Bremgarten BE

### **Ottenibile presso**

UFAFP

Documentazione

CH-3003 Berna

Fax: +41 (0) 31 324 02 16

E-mail: [docu@buwal.admin.ch](mailto:docu@buwal.admin.ch)

Internet: [www.buwalshop.ch](http://www.buwalshop.ch)

Numero di ordinazione: VU-5025-I

© UFAFP 2004

## Indice

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>
<b>Premessa</b>	<b>7</b>
<b>Riassunto</b>	<b>9</b>
<b>1 Considerazioni generali sulla pianificazione di misure di protezione ambientale</b>	<b>11</b>
<b>2 Procedura a passi nella pianificazione delle misure di protezione ambientale</b>	<b>13</b>
2.1 Definizione delle misure di protezione necessarie	13
2.2 Misure di protezione specifiche	15
2.2.1 Misure di base	15
2.2.2 Misure di protezione massime	15
2.2.3 Misure di protezione variabili	16
<b>3 Requisiti per gli incapsulamenti</b>	<b>21</b>
3.1 Sommario	21
3.2 Proprietà del sistema d'incapsulamento	21
<b>4 Esempi di calcolo</b>	<b>27</b>
<b>Allegato</b>	<b>31</b>
1 Misurazioni	31
<b>Indici</b>	<b>33</b>
1 Abbreviazioni	33
2 Bibliografia	35



# Abstracts

- E**
- Keywords:  
corrosion protection,  
ambient concentration  
limits, technical  
measures
- This report is a supplement to Communication no. 12 concerning the Ordinance on Air Pollution Control. The document gives basic information, examples and explanations on how to plan environmental protection measures for corrosion protection work. This is a matter of setting the necessary degree of retention for potential emissions, so that the legal requirements for ambient concentrations can be respected. The report deals with technical measures to reduce emissions for various pollutants in relation to their concentrations.
- I**
- Parole chiave:  
protezione contro la  
corrosione, immissioni,  
misure tecniche
- Il presente rapporto è un complemento alla comunicazione n. 12 concernente l'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico. Contiene informazioni basilari, esempi e spiegazioni su come procedere nella pianificazione delle misure di protezione ambientale per i lavori di protezione contro la corrosione. Si tratta essenzialmente di definire il necessario grado di ritenuta delle emissioni potenziali, in modo che siano rispettati i limiti legali delle immissioni. Il rapporto tratta le misure tecniche per la riduzione delle emissioni in funzione delle sostanze nocive e delle loro concentrazioni.
- D**
- Stichwörter:  
Korrosionsschutz-  
arbeiten,  
Immissionsbegrenzung  
en, technische  
Massnahmen
- Dieser Bericht ist eine Ergänzung zur Mitteilung Nr. 12 zur Luftreinhalte-Verordnung. Er enthält Grundlagen und Beispiele, sowie Erläuterungen zum Vorgehen bei der Planung von Umweltschutzmassnahmen für Korrosionsschutzarbeiten. Es geht darum festzulegen, welcher Grad der Rückhaltung von potentiellen Emissionen erforderlich ist, damit die gesetzlich vorgegebenen Immissionsbegrenzungen eingehalten werden können. Der Bericht behandelt die technischen Massnahmen zur Emissionsminderung in Abhängigkeit von den Schadstoffen und ihren Gehalten.
- F**
- Mots-clés :  
protection  
anticorrosion, limitation  
des immissions,  
mesures techniques
- Ce rapport est un complément aux Informations concernant l'OPair n° 12. Il comporte des données de base et des exemples, ainsi que des explications sur la marche à suivre pour la planification de mesures de protection de l'environnement liées aux travaux de protection anticorrosion. Il s'agit de fixer le taux de récupération des émissions potentielles nécessaire pour pouvoir respecter les limitations légales des immissions. Le rapport décrit les mesures techniques visant à réduire les émissions en fonction des polluants et de leurs concentrations.





# Premessa

I rivestimenti di protezione contro la corrosione di oggetti in acciaio all'aperto possono contenere importanti quantitativi di metalli pesanti tossici come il piombo, lo zinco e il cromo, ma anche sostanze organiche particolarmente pericolose per l'ambiente come i PCB o cancerogene come i PAH. In occasione del risanamento di questi oggetti esiste il rischio che importanti quantitativi di sostanze nocive siano liberati nell'aria per poi depositarsi attorno all'oggetto trattato e inquinare il suolo e le acque.

L'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA) ha considerato questa situazione, fissando i requisiti che devono essere rispettati anche per i lavori di protezione contro la corrosione all'aperto. Negli ultimi anni, le autorità e le imprese di trattamento contro la corrosione hanno già intrapreso molti sforzi per ridurre le emissioni. Singoli Cantoni, la Cercl'Air e l'UFAFP hanno conseguentemente elaborato diversi mezzi d'aiuto per l'applicazione normativa e, nella pratica, i procedimenti di asportazione e d'incapsulamento sono stati costantemente migliorati. Ciononostante l'esperienza ha mostrato che, per molti casi di risanamento, i valori limite d'emissione e d'immissione dell'OIA sono stati superati e che in particolare i suoli attorno agli oggetti trattati sono stati inquinati eccessivamente con sostanze nocive.

Il presente rapporto completa la comunicazione n. 12 sull'OIA «Protezione contro la corrosione all'aperto» e mostra come si deve procedere in pratica per far sì che attraverso la giusta scelta e ottimizzazione di misure di protezione tecniche e gestionali siano rispettati i requisiti dell'OIA come pure quelli inerenti la protezione del suolo e delle acque.

Ufficio federale dell'ambiente,  
delle foreste e del paesaggio

*Gerhard Leutert*  
*Capo della divisione Protezione dell'aria e RNI*



# Riassunto

Il presente rapporto è un complemento alla comunicazione n. 12 concernente l'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico. Contiene informazioni basilari, esempi e spiegazioni su come procedere nella pianificazione delle misure di protezione ambientale per i lavori di protezione contro la corrosione. Si tratta essenzialmente di definire il necessario grado di ritenuta delle emissioni potenziali, in modo che siano rispettati i limiti legali delle immissioni.

Il rapporto tratta le misure tecniche per la riduzione delle emissioni in funzione delle sostanze nocive e delle loro concentrazioni. Esso illustra in particolare come si può determinare in una procedura a passi la classe dell'incapsulamento in base alla quale sono da orientare le misure tecniche.

L'allegato 1 tratta gli aspetti concernenti i controlli e le misurazioni. Per un'elaborazione più approfondita di singoli problemi si rimanda alle leggi determinanti, a documenti volti a facilitare l'esecuzione delle normative e a rapporti di base riportati nella bibliografia (cfr. capitolo 5).

La pianificazione delle misure per la protezione dell'ambiente avviene per passi: dapprima sono determinate le quantità di sostanze nocive (PCB, BaP, Cr, Pb e Zn) contenute nei vecchi strati coprenti degli oggetti.

In un secondo passo si valuta con uno schema la classe delle misure di protezione da considerare.

In presenza di PCB e/o concentrazioni di BaP superiori a 100 ppm, è sempre richiesto il procedimento di asportazione con il minore potenziale d'emissione come pure un incapsulamento con misure di protezione massime (classe d'incapsulamento 1, incapsulamento ermetico all'aria secondo lo stato della tecnica con sistema d'aerazione ed evacuazione dell'aria e filtro per l'aria di scarico).

Per il trattamento a getto secco di ponti alti meno di 20 m dal suolo o di piloni con un'altezza inferiore a 80 m, il cui rivestimento contiene più di 50 g di piombo per m<sup>2</sup>, è sempre necessaria una classe 1 d'incapsulamento.

Per oggetti più grandi e concentrazioni di PCB e/o di BaP inferiori a 100 ppm, devono essere determinati il procedimento di asportazione e il materiale adeguato per il trattamento a getto. In seguito, sulla scorta delle quantità di sostanze nocive presenti sull'oggetto, eventualmente anche nel materiale per il trattamento a getto, si determina dapprima quale sostanza nociva è determinante ai fini della qualità delle immissioni. Infine, con l'aiuto di un modello, si può definire per questa sostanza nociva quale combinazione tra procedimento di asportazione e incapsulamento (classe 1, 2 o 3) può entrare in linea di conto. Il rapporto fornisce le necessarie grandezze nominali per questa stima con modello e le spiega con l'aiuto di esempi nel capitolo 4.

I requisiti tecnici per le diverse classi d'incapsulamento sono indicati. Un testo separato per la messa a concorso degli incapsulamenti è pure disponibile<sup>1</sup> e sarà in futuro tenuto aggiornato in funzione dell'evoluzione dello stato della tecnica.

Su piccoli oggetti (< 50 m<sup>2</sup>) il cui vecchio rivestimento non contiene più di 100 ppm di PCB e/o BaP, si possono in parte adottare semplici misure di protezione di base.

Per agevolare la comprensione del lettore, alla fine del rapporto sono riportati in ordine alfabetico tutte le abbreviazioni e i concetti, laddove necessario con le relative unità di misura.

---

<sup>1</sup> Fonte: segretariato Cercl'Air, Amt für Umweltschutz AR, Postfach, 9102 Herisau

# 1 Considerazioni generali sulla pianificazione di misure di protezione ambientale

Il presente rapporto mostra quali misure tecniche e di protezione ambientale possono essere adottate e come si deve procedere nella pianificazione dei lavori di protezione contro la corrosione. Gli elementi trattati potranno servire da guida al pianificatore e all'imprenditore, e alle autorità competenti come strumento d'aiuto per la valutazione di progetti di lavori contro la corrosione.

I lavori di protezione contro la corrosione sono spesso necessari per mantenere il valore di costruzioni in acciaio sottoposte ad agenti meteorici, per esempio grandi oggetti come ponti, serbatoi, piloni per elettrodotti, condotte in pressione per centrali idroelettriche. Questi oggetti sono stati ricoperti prima e dopo il loro montaggio con sistemi di protezione contro la corrosione e sottoposti in seguito a diversi influssi atmosferici, elettrici e/o chimici. La decisione circa il momento ottimale per il risanamento deve essere per questo motivo deciso di volta in volta.

Se le misure di protezione ambientale non sono considerate seriamente e con competenza professionale già nella fase di pianificazione dei lavori di protezione contro la corrosione, si possono generare situazioni sgradite (superamento dei valori limite d'immissione, sospensione dei lavori, necessità di miglioramento dei dispositivi di protezione, ritardi, inquinamento di siti, risanamento di siti contaminati) accompagnate da costi supplementari elevati.

La pianificazione dei lavori di protezione contro la corrosione comprende:

- la definizione della strategia di risanamento per gli oggetti o per le parti degli oggetti da risanare (risanamento parziale o totale);
- la decisione sul procedimento di asportazione da applicare, l'incapsulamento e il futuro sistema di protezione contro la corrosione (rivestimento);
- le ulteriori misure di protezione ambientale (soprattutto per aria, suolo e acqua);
- la determinazione del decorso dei lavori tenuto conto delle condizioni atmosferiche;
- la messa a concorso.

Tutti questi aspetti non devono essere considerati e valutati isolatamente poiché sono interconnessi: solo un approccio integrato porta a una soluzione ottimale. Così ad esempio la scelta del futuro sistema di protezione contro la corrosione influenzerà il programma dei lavori, il budget, la messa a concorso dei lavori di preparazione o il procedimento operativo e le misure di protezione dell'ambiente.

Per quanto riguarda le misure di protezione ambientale da pianificare, è comunque da considerare il principio di una valutazione correlata poiché la scelta del procedimento di asportazione, il tipo e l'ubicazione dell'oggetto come pure ulteriori fattori influenzano la scelta delle misure di protezione da adottare.

Le seguenti riflessioni e proposte di misure tecniche si orientano in parte anche ai lavori eseguiti dall'americana SSPC (Steel Structure Painting Council<sup>2</sup>). La stessa ha emanato direttive dettagliate di protezione ambientale destinate ai lavori di protezione contro la corrosione.

---

<sup>2</sup> Oggi Society for Protective Coating, vedi anche [www.sspc.org](http://www.sspc.org)

## 2 Procedura a passi nella pianificazione delle misure di protezione ambientale

### 2.1 Definizione delle misure di protezione necessarie

1° passo

---

#### Determinazione dei quantitativi di sostanze nocive sull'oggetto

---

Idealmente si dovrebbe poter definire il sistema di protezione contro la corrosione esistente dallo spessore e dalla sua composizione chimica, in base alla documentazione di progetto relativa ai precedenti lavori di protezione contro la corrosione. In singoli casi si possono ottenere delle informazioni dal produttore del sistema di protezione contro la corrosione in merito alle potenziali sostanze nocive presenti nei diversi strati (Zn, Pb, Cr, PAH: in particolare BaP e/o PCB) e alle loro concentrazioni. Come sostanza di riferimento per il gruppo degli idrocarburi policiclici aromatici (PAH) è utilizzato il benzo(a)pirene (BaP). Dalla concentrazione specifica della sostanza nociva CSS, dalla consistenza degli strati CS e la superficie da trattare ST si può stimare la possibile quantità di sostanza nociva presente sull'oggetto  $QSN_{OGG}$ . Se questi dati non sono presenti od ottenibili, i quantitativi di sostanze nocive sull'oggetto devono essere determinati con delle analisi.

Con lo strumento di misurazione della Niton, un analizzatore portatile a fluorescenza Röntgen per la determinazione dei metalli pesanti, è a disposizione sul terreno un piccolo strumento per la determinazione semiquantitativa e non distruttiva dei metalli pesanti<sup>3</sup>. Con i valori delle concentrazioni di Zn, Pb e Cr si può, con un po' d'esercizio, risalire alla composizione dello strato coprente del metallo e determinare il quantitativo approssimativo delle sostanze nocive.

Come ulteriore possibilità ci si può rifare ad analisi di laboratorio. Sia il campionamento sul terreno che le analisi di laboratorio devono essere svolti secondo metodi della tecnica di misurazione riconosciuti. Per oggetti con una superficie da trattare superiore a 50 m<sup>2</sup>, rinnovati o rivestiti con un nuovo strato di protezione contro la corrosione tra il 1945 e il 1975, deve essere effettuata un'analisi dei PCB. Se è stata utilizzata una copertura a base di catrame, o bitume, si può ipotizzare che la concentrazione di BaP è superiore a 100 ppm (corrispondente a 100 mg/kg o 0.1 g/kg), salvo che il proprietario dell'oggetto sia in grado di dimostrare, mediante un'analisi, dei valori inferiori.

La quantità di sostanza nociva sull'oggetto  $QSN_{OGG}$  e la quantità di sostanza nociva per superficie SNS, grandezza in seguito spesso utilizzata, si calcolano per ogni sostanza nociva come segue:

$$SNS = CS * CSS * 10^{-3}$$

$$QSN_{OGG} = SNS * ST * 10^{-3}$$

---

<sup>3</sup> Lo strumento Niton è gestito dall'EMPA ed è a disposizione dei Cantoni.

Dove:

SNS	quantità di sostanza nociva per superficie	[g/m <sup>2</sup> ]
CS	consistenza dello strato	[g/m <sup>2</sup> ]
CSS	concentrazione della sostanza nociva nel materiale di rivestimento	[g/kg]
QSN <sub>ogg</sub>	quantità della sostanza nociva sull'oggetto	[kg]
ST	superficie da trattare	[m <sup>2</sup> ]

2° passo

### Schema di valutazione per le misure di protezione

Chiarite la composizione chimica e le quantità di sostanze nocive secondo il 1° passo, si possono pianificare le misure di protezione (fig. 1).

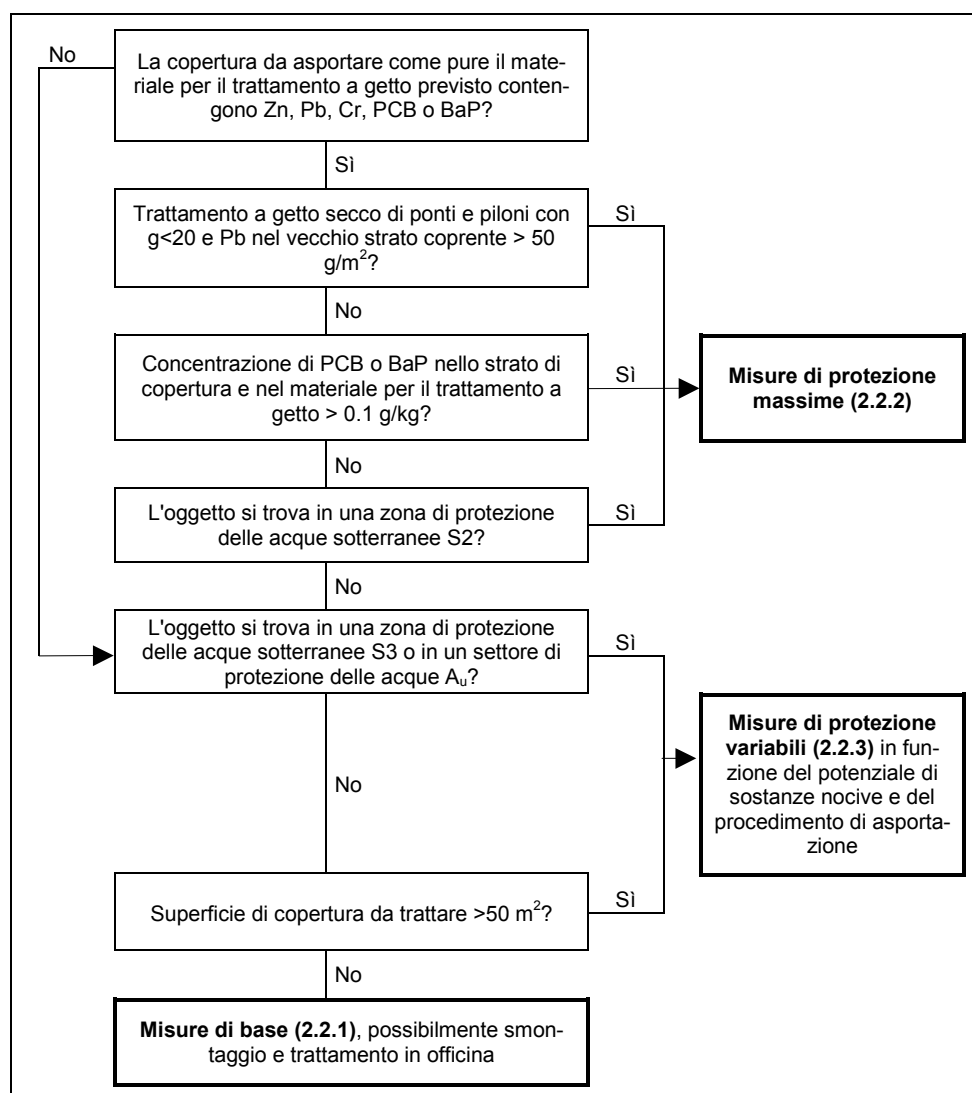


Figura 1: Schema di valutazione per la pianificazione di misure di protezione



## **2.2 Misure di protezione specifiche**

### **2.2.1 Misure di base**

Quando possibile, l'oggetto da trattare dovrebbe essere smontato e portato in un'officina per il trattamento contro la corrosione oppure lavorato in un'azienda dotata di impianti di sabbiatura. In questi posti i provvedimenti di protezione ambientale sono più semplici da realizzare che all'aperto.

Per i piccoli lavori sono applicati processi di lavorazione differenti che esigono l'adozione di misure di protezione specifiche. Le misure di protezione che per esperienza sono normalmente utilizzate in occasione dei lavori su grandi oggetti, non possono sempre essere riprese su piccoli oggetti. Nell'ambito della responsabilità diretta valgono le esigenze poste dall'OIAI anche per il trattamento di superfici inferiori ai 50 m<sup>2</sup>.

Le seguenti misure di base sono da applicare per trattamenti di superfici inferiori ai 50 m<sup>2</sup> in presenza di Zn, Pb, Cr o su oggetti contenenti PCB o BaP a concentrazioni inferiori a 100 ppm:

- se è non è possibile evitare la lavorazione sul posto, i piccoli lavori devono essere almeno eseguiti con una copertura del suolo per la trattenuta delle sostanze e degli scarti che si liberano. Per l'asportazione meccanica o per il ritocco del vecchio rivestimento devono essere scelti dei procedimenti che producono il meno possibile polveri o vapori, come ad esempio la smerigliatura a umido, la raschiatura o l'impiego di pistole a spillo. Devono essere impiegati apparecchi che aspirano e raccolgono direttamente le polveri;
- sono eventualmente idonei anche il decapaggio o il trattamento con liscive. In questo modo oggetti dalle forme complesse possono essere trattati senza produzione di polvere. Anche questo metodo nasconde dei pericoli d'inquinamento dell'ambiente ed esige perciò una procedura accurata. Deve essere scelto un prodotto contenente possibilmente poche sostanze inquinanti l'ambiente, in particolare nessun solvente clorurato. Acque di lavaggio e residui solidi sono da raccogliere e smaltire secondo le regole riconosciute.

### **2.2.2 Misure di protezione massime**

Se nella vecchia copertura dell'oggetto ci sono PCB e/o BaP a concentrazioni superiori ai 100 ppm, devono essere adottate misure di protezione massime. Questo significa che tra i metodi tecnici di asportazione possibili si deve sempre scegliere quello dal potenziale d'emissione minore abbinato a un sistema d'incapsulamento della classe 1 (per i dettagli si rimanda al capitolo 4).

Se si puliscono con procedimento a getto secco ponti alti meno di 20 m dal suolo o piloni alti meno di 80 m il cui rivestimento contiene più di 50 g di piombo per m<sup>2</sup>, o se l'oggetto si trova in una zona di protezione S2, è pure necessario un incapsulamento della classe 1.

### 2.2.3 Misure di protezione variabili

3° passo

#### **Determinazione del procedimento di asportazione e del materiale per il trattamento a getto**

Se in base allo schema di valutazione della figura 1 possono essere prese in considerazione misure di protezione variabili, si deve determinare per primo il procedimento di asportazione e il materiale per il trattamento a getto in modo da poter stimare il carico ambientale di sostanze nocive frammisto al materiale per il trattamento a getto.

La scelta del procedimento di asportazione ha un grande influsso sulle emissioni e di conseguenza sulle immissioni potenziali. È quindi un elemento molto importante di riduzione delle emissioni come mostra la tabella che segue:

Tabella 1 Grado d'emissione del procedimento di asportazione GE

<b>Procedimento di asportazione</b>	<b>Grado d'emissione GE</b>
Trattamento a getto secco	0.50
Trattamento a getto umido	0.40
Trattamento con acqua in pressione	0.40
Trattamento a getto su superfici piatte con testa aspirante	0.05
Attrezzi manuali	0.20
Macchine a conduzione manuale	0.50
Macchine a conduzione manuale con aspirazione e separazione della polvere	0.05

I gradi d'emissione GE indicati sono valori empirici ottenuti dalla pratica. I valori indicano che parte della vecchia copertura si libera in aria in funzione dei diversi procedimenti di asportazione.

Per ogni sostanza nociva si deve inoltre determinare la quantità  $QSN_{MTG}$  presente nel materiale per il trattamento a getto previsto.

$$QSN_{MTG} = CoSN_{MTG} * ST * CSN_{MTG} * 10^{-3}$$

Dove:

$QSN_{MTG}$	Quantità di sostanza nociva nel materiale per il trattamento a getto	[kg]
$CoSN_{MTG}$	Consumo specifico di materiale per il trattamento a getto	[kg/m <sup>2</sup> ]
$CSN_{MTG}$	Concentrazione di sostanza nociva nel materiale per il trattamento a getto	[g/kg]

Il quantitativo totale per ogni inquinante è dato così da:

$$Q_{TOT} = QSN_{OGG} + QSN_{MTG}$$

$Q_{TOT}$       quantità totale di sostanza nociva      [kg]

Nel caso dei materiali per il trattamento a getto occorre considerare ancora che il carico di polvere dovuto ad essi può essere un ulteriore criterio per la determinazione della classe del sistema d'incapsulamento. Per questa determinazione si considera la polvere totale come una sostanza nociva. La quantità di materiale per il trattamento a getto che si disperde nell'ambiente sotto forma di polvere dipende dal procedimento di asportazione e dal tipo di materiale per il trattamento a getto impiegato. Per esempio, se vengono impiegate scorie da altiforni, si deve ipotizzare che il 50 per cento del materiale impiegato si disperde come polvere, la maggior parte come polvere fine. Una parte di queste polveri è composta da sostanze nocive.

4° passo

### Determinazione della sostanza nociva rilevante

La rilevanza di una sostanza nociva dipende dalla quantità totale di sostanza nociva  $Q_{TOT}$  (in kg) determinata con il 3° passo della procedura come pure del rispettivo valore limite d'immissione (VLI). Per paragonare tra di loro le sostanze nocive, i VLI sono normalizzati rispetto al piombo ( $VLI_{Pb}$ ). Le quantità di sostanza nociva ponderate all'immissione QIP sono calcolate secondo la seguente formula:

$$QIP = Q_{TOT} * VLI_{Pb} / VLI$$

QIP    Quantità di sostanza nociva ponderata all'immissione    [kg]

Tabella 2      Valori limite d'immissione (VLI)

Sostanza nociva	VLI in $\mu\text{g}/\text{m}^2 * \text{giorno}$	VLI in $\text{mg}/\text{m}^2 * \text{anno}$	$VLI_{Pb}/VLI$
<i>Polvere totale</i>	200'000	73'000	0.0005
Zinco	400	146	0.25
Piombo	100	36.5	1
Cromo <sup>1)</sup>	50	18.25	2

<sup>1)</sup> Valore orientativo

La sostanza nociva rilevante è quella con il valore QIP maggiore. QIP è calcolato con il metodo sopra indicato.

### Esempio: ponte in acciaio in ambiente urbano

Vecchio strato di copertura con una superficie da trattare  $ST = 1000 \text{ m}^2$ , consistenza dello strato  $CS = 600 \text{ g/m}^2$  e le seguenti concentrazioni di sostanze nocive (per cento in massa):

Zinco ca. 10 %  $\Rightarrow \text{SNS}_{\text{Zn}} = 60 \text{ g/m}^2$   
Piombo ca. 1 %  $\Rightarrow \text{SNS}_{\text{Pb}} = 6 \text{ g/m}^2$   
Cromo ca. 8 %  $\Rightarrow \text{SNS}_{\text{Cr}} = 48 \text{ g/m}^2$

Il consumo specifico del materiale per il trattamento a getto (scorie da altiforni) è  $\text{CoS}_{\text{MTG}} = 40 \text{ kg/m}^2$ .

Le relative concentrazioni di sostanze nocive (per cento in peso) presenti nel materiale per il trattamento a getto sono  $\text{CSN}_{\text{MTG}} = 0.3\%$  zinco,  $0.1\%$  piombo,  $0\%$  cromo.

Si ottengono i seguenti valori:

	$\text{QSN}_{\text{OGG}} = \text{CSS} * \text{ST}$ [kg]	$\text{QSN}_{\text{MTG}} = \text{CSM} * \text{ST}$ [kg]	$\text{Q}_{\text{TOT}} = \text{QSN}_{\text{OGG}} + \text{QSN}_{\text{MTG}}$ [kg]	VLI [ $\mu\text{g}/\text{m}^2 * \text{d}$ ]	QIP [kg]
<i>Polvere totale</i>	600	40'000	40'600	200'000	20
Zinco	60	120	180	400	45
Piombo	6	40	46	100	46
Cromo	48		48	50 <sup>4</sup>	<b>96</b>

Il cromo è la sostanza nociva determinante poiché è caratterizzata dal valore QIP maggiore.

5° passo

### Determinazione della classe d'incapsulamento

Se la polvere totale, Zn, Pb o Cr è la sostanza nociva rilevante e la superficie da trattare è superiore a  $50 \text{ m}^2$ , si può stimare mediante il semplice modello seguente che combinazioni tra procedimento di asportazione e classe d'incapsulamento sono di regola sufficienti per proteggere l'ambiente circostante l'oggetto da carichi inquinanti eccessivi.

### Modello per la definizione del grado di ritenuta necessario del sistema d'incapsulamento

Per la caratterizzazione dell'oggetto sono necessari i seguenti dati:

Superficie da trattare                      ST    [in  $\text{m}^2$ ]  
Superficie di base dell'oggetto            SBO   [in  $\text{m}^2$ ]  
Fattore geometrico                            g      vedi tabella 3

<sup>4</sup> Valore orientativo

Tabella 3 Fattore geometrico g

Oggetto	Fattore geometrico g
Ponte basso	5
Ponte di altezza H [m] da terra	H
Serbatoio verticale	8
Condotta in pressione	3
Piloni di altezza H [m]	¼H

Il fattore geometrico g serve nel caso di oggetti standard per stimare grossolanamente quanto grande è l'area di suolo interessata dalle emissioni polverose (superficie d'immissione SI) rapportata alla superficie di base dell'oggetto SBO.

$$g = SI / SBO \rightarrow SI = SBO * g$$

Nel caso di oggetti speciali questo fattore deve essere stimato di volta in volta. Per ponti alti il fattore geometrico è dato dalla luce tra il fondovalle e lo spigolo inferiore dell'incapsulamento.

Con questi dati si possono calcolare le seguenti grandezze per la sostanza nociva rilevante:

Potenziale d'emissione PE	$PE = Q_{TOT} * GE$	[kg]
Superficie d'immissione SI	$SI = SBO * g$	[m <sup>2</sup> ]
Potenziale d'immissione PI	$PI = PE/SI = Q_{TOT} / (SBO * g) * GE * 10^6$	[mg/m <sup>2</sup> ]

Per la determinazione dell'immissione ancora permessa, si prendono in considerazione i VLI (basati su 1 anno) e il carico d'immissione già presente CIP (anch'esso basato su 1 anno). L'immissione ancora permessa IP è la differenza tra i valori dei due parametri sopra citati, cioè

$$IP = VLI - CIP \quad [mg/m^2 * anno]$$

Per l'immissione già presente CIP possono essere presi in considerazione i valori d'immissione misurati nelle vicinanze dell'oggetto prima dell'inizio dei lavori di protezione contro la corrosione o quelli di un luogo simile (p. es. valori della rete di misurazione NABEL o cantonale). Se non è a disposizione nessun dato di misurazione, per il valore CIP va impiegato il 50 per cento del VLI o del valore orientativo.

Dato però che le operazioni di asporto durano di regola meno di un anno, si deve ritenere che durante i giorni restanti dell'anno non si potranno più produrre immissi-

sioni con sostanze nocive come quelle che si liberano in occasione dei lavori di asportazione dei vecchi strati di copertura. Ciò significa che le immissioni generate dal procedimento di asportazione non devono superare quelle massime permesse IP.

A questo punto si può paragonare il potenziale d'immissione PI con le immissioni permesse IP. Il rapporto di questi due valori mostra di quale fattore devono essere ridotte le immissioni delle operazioni di asporto in modo che le immissioni permesse non siano superate. Poiché in ogni caso il potenziale d'immissione è di molto maggiore delle immissioni permesse, le emissioni devono essere ridotte con misure tecniche (incapsulamento) in modo tale che le immissioni reali siano inferiori a quelle massime permesse.

Con i valori sopra calcolati si determina il grado di ritenuta minimo GR del sistema d'incapsulamento con la seguente formula:

$$\text{Grado di ritenuta } GR \geq 1 - IP/PI$$

Grado di ritenuta necessario e classe del sistema d'incapsulamento:

A seconda del valore calcolato, per garantire il grado di ritenuta minimo si stabilisce la classe del sistema d'incapsulamento necessario:

<b>Grado di ritenuta</b>	<b>Sistema d'incapsulamento</b>
>0.99	Classe 1
0.98 – 0.99	Classe 2
<0.98	Classe 3.

Esempi di queste stime sono riportati al capitolo 4.

# 3 Requisiti per gli incapsulamenti

Per gli incapsulamenti si distinguono due tipi di requisiti: quelli abbinati a procedimenti di asportazione a secco e a umido con materiale per il trattamento a getto o quelli abbinati a procedimenti bagnati che non impiegano materiale per il trattamento a getto.

## 3.1 Sommario

Gli elenchi seguenti riportano quali proprietà del sistema d'incapsulamento secondo il catalogo del paragrafo 3.2 – contrassegnate da una lettera e una cifra – sono richieste per le singole classi d'incapsulamento. A questo scopo è introdotta una suddivisione per procedimenti a secco e a umido nei criteri A fino a J e per i procedimenti bagnati nei criteri A fino a I e K.

Tabella 4 Catalogo dei requisiti per le classi del sistema d'incapsulamento 1, 2 e 3

<b>Procedimenti con materiale per il trattamento a getto ( secco e umido)</b>			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3
A Costruzione dell'incapsulamen	A1/A2	A1/A2	A1/A2
B Materiale per l'incapsulamento / ermeticità	B1	B1	B2
C Costruzione portante	C1	C2	C3
D Punti di collegamento	D1	D1	D2
E Accessi	E1	E2	E3
F Costruzione delle prese d'aria	F1	F1	F2
G Flusso d'aria addotta	G1/G2	G1/G2	G2
H Controllo di depressione	H1/H2	H2	H2
I Flusso d'aria nel sistema d'incapsulamento	I1	I2	I2
J Depolverazione	J1	J2	J2
<b>Procedimenti bagnati senza materiale per il trattamento a getto</b>			
A Costruzione dell'incapsulamento	A1/A2	A1/A2	A1/A2
B Materiale per l'incapsulamento / ermeticità	B3	B3	B3
C Costruzione portante	C1	C2	C3
D Punti di collegamento	D1	D1	D2
E Accessi	E3	E3	E3
F Costruzione delle prese d'aria	F2	F2	F2
G Flusso d'aria addotta	G2	G2	G2
H Controllo di depressione	H2	H3	H3
I Flusso d'aria nel sistema d'incapsulamento	I2	I2	I2
K Trattamento dell'acqua	K1	K1	K1

## 3.2 Proprietà del sistema d'incapsulamento

Le proprietà del sistema d'incapsulamento, riportate nel dettaglio qui di seguito, mostrano esemplarmente come devono essere concepiti gli incapsulamenti delle classi 1, 2 o 3. Misure tecnicamente equivalenti sono pure possibili se può essere dimostrato che con queste non si deve temere un inquinamento ambientale più accentuato.

**A Costruzione dell'incapsulamento**

**A1 – rigida**

Un incapsulamento rigido è composto da elementi di costruzione rigidi tra loro legati (pareti, tramezzi, pavimento, tetto), anche in forma di unità modulari composti da pannelli truciolari o di fibre a incastro, legno, alluminio, materiali sintetici o materiali solidi simili.

**A2 – flessibile**

Un incapsulamento flessibile è composto da teli, teloni, tessuti, fogli di plastica o materiali simili.

**B Materiale dell'incapsulamento/ermeticità**

**B1 – materiale impermeabile**

Sono materiali impermeabili alla polvere e/o al vento; tra questi sono annoverati in modo particolare:

- teli: tessuti lavorati o stratificati senza buchi o aperture;
- fogli: fogli a uno o due strati, plastica per costruzione a parete spessa. Per alcune applicazioni può essere necessario l'impiego di fogli rinforzati o armati;
- tavole: tavole truciolari o di fibre, tavole di legno, materiale plastico, alluminio, altri metalli, fibrocemento o materiali rigidi simili;
- combinazione di questi materiali.

**B2 – materiale permeabile all'aria**

Materiali tessuti o ai quali è stata data una forma con lo scopo di lasciar passare l'aria, ma comunque di trattenere determinate particelle (filtro per polvere grossolana).

Osservazione: i carichi dovuti al vento, da considerare per i materiali permeabili all'aria, come ad esempio per i teli tesi, sono identici a quelli definiti per i materiali impermeabili all'aria.

**B3 – materiale impermeabile all'acqua**

Materiale d'incapsulamento che non lascia passare l'acqua, anche quando questa continua a formarsi a ridosso.

Attenzione: aperture nei materiali riducono il rendimento della ritenuta dell'incapsulamento.

**C Costruzione portante**

**C1 – intelaiature rigide**

Queste costruzioni non permettono alcun movimento del materiale che di per sé costituisce il sistema d'incapsulamento. Sono composte da stanghe per il ponteggio o componenti simili sulle quali sono fissati i materiali che costituiscono il sistema d'incapsulamento.

**C2 – intelaiature flessibili**

Queste costruzioni permettono movimenti minimi e sono composte da cavi, catene o componenti simili sulle quali sono fissati i materiali che costituiscono il sistema d'incapsulamento.



### **C3 – costruzioni portanti minime**

Queste costruzioni comprendono pochi o nessun elemento separato, ad eccezione di cavi o catene, necessari per fissare i materiali del sistema d'incapsulamento all'oggetto e al suolo.

## **D Collegamenti**

### **D1 – punti di collegamento che permettono una completa tenuta stagna**

Tutti i punti di collegamento tra i materiali che compongono il sistema d'incapsulamento, la costruzione portante e l'oggetto, come pure il suolo o i pavimenti intermedi sono resi a tenuta stagna. La tenuta stagna considera la sovrapposizione delle componenti se sono impiegati materiali flessibili, la cucitura o la puntatura, l'avvolgimento a nastro, l'impiego di nastro autoadesivo o altre tecniche per la resa a tenuta stagna. I materiali a tenuta stagna devono essere resistenti alle sostanze chimiche e all'acqua.

### **D2 – punti di collegamento che permettono una parziale tenuta stagna**

I materiali che costituiscono il sistema d'incapsulamento sono congiunti senza tenere conto della tenuta stagna. Si consiglia di sovrapporre i punti di collegamento, ma una tenuta stagna completa non è necessaria.

## **E Accessi**

### **E1 – accesso attraverso chiuse per l'aria con porte che possono essere nuovamente rese a tenuta stagna**

Questo sistema d'accesso comprende porte d'accesso che possono sempre essere richiuse a tenuta stagna. Chiuse per l'aria sono inoltre impiegate per ridurre il ricambio d'aria o la fuoriuscita dell'aria di scarico attraverso gli accessi.

### **E2 – accesso attraverso porte che possono essere nuovamente rese a tenuta stagna**

Impiego di accessi che possono essere nuovamente resi completamente a tenuta stagna.

### **E3 – accesso attraverso battenti di porta sovrapposti o collegamenti aperti**

Impiego di più battenti di porta sovrapposti o accessi costruiti specificatamente per ridurre la dispersione di polvere attraverso gli accessi.

Scarti del materiale per il trattamento a getto devono essere trattati all'interno dell'incapsulamento in modo che il loro trasporto attraverso le chiuse possa avvenire in condizioni non polverose.

### **Aerazione ed evacuazione dell'aria**

Gli aspetti che devono essere considerati per la scelta dei sistemi di aerazione e di evacuazione dell'aria sono menzionati qui di seguito (misure da F a I). Di importanza per il dimensionamento e la pianificazione di un sistema di aerazione e di evacuazione dell'aria è la regolazione delle pressioni statiche con i flussi di aerazione. Grazie a questa misura sia le parti dell'incapsulamento, sia l'incapsulamento intero non potranno essere schiacciati in caso di una depressione eccessiva.

Attenzione: la scelta di un sistema di aerazione e di evacuazione dell'aria idoneo serve per la riduzione delle emissioni dell'aria di scarico, non è però necessariamente sufficiente per garantire le esigenze in materia di protezione degli addetti ai

lavori. Per garantire anche questa condizione, nella valutazione del sistema di aerazione e di evacuazione dell'aria devono essere considerate anche le esigenze della SUVA.

**F Costruzione degli apporti d'aria**

**F1 – apporto d'aria regolato (prese d'aspirazione)**

Montaggio di lamiera di deviazione o di sbarramento, serrande d'aria (a persiana), guarnizioni a cerniera, filtri come pure tiraggi sulle prese d'aria, al fine di evitare la fuoriuscita indesiderata di materiale per il trattamento a getto o di materiale per il trattamento a getto di scarto. L'apporto può essere realizzato con o senza ventilatori.

**F2 – apporto d'aria a sistema aperto**

Prese d'aria senza canali, serrande o lamiera direzionali.

**G Apporto d'aria**

**G1 – apporto d'aria controllato**

Gli apporti d'aria sono controllati e adeguati costantemente alle esigenze poste dai lavori di asportazione. Questo può essere realizzato con l'impiego di ventilatori che permettono il potenziamento mirato del flusso d'aria sul posto di lavoro. In presenza di una contemporanea evacuazione dell'aria che produce una depressione nel sistema incapsulato, si deve regolare correttamente la corrente addotta in funzione della capacità di evacuazione dell'aria di scarico per tutto il settore operativo.

**G2 – apporto d'aria non controllato in modo particolare**

L'apporto d'aria entra in maniera distribuita nel sistema incapsulato attraverso più aperture.

**H Controllo della depressione nel sistema incapsulato**

**H1 – prova con uno strumento di misurazione e registrazione**

Deve essere mantenuta una depressione media in tutto il sistema incapsulato di almeno 1 mm di colonna d'acqua o 0.1 mbar rispetto alla pressione ambientale esistente durante i lavori di trattamento delle superfici o di pulizia. Per la prova della depressione sono da impiegare manometri adeguati o tubi a U (strumenti per la misurazione della pressione).

**H2 – prova visiva**

La depressione è indicata dal gonfiamento concavo del materiale flessibile del sistema d'incapsulamento alle pareti, al suolo o ai pavimenti intermedi (tenuto conto di eventuali effetti di vento). Per l'osservazione delle correnti d'aria si possono impiegare fumo o altri elementi visibili all'interno o all'esterno del sistema d'incapsulamento.

**H3 – nessuna misura:** non è necessaria una depressione.

- I Flusso d'aria nel sistema incapsulato**
- I flussi d'aria all'interno del sistema incapsulato devono essere impiegati e ottimizzati per differenti applicazioni:
- per ridurre il carico di polvere sugli addetti ai lavori;
  - per migliorare la visibilità;
  - per evacuare polveri o vapori;
  - per evitare emissioni in atmosfera di sostanze nocive.

#### **I1 – corrente d'aria minima**

Per generare una corrente d'aria all'interno del sistema incapsulato è necessario l'impiego di ventilatori. I requisiti tecnici d'aerazione possono essere p. es. specificati come segue:

- ottenimento di una velocità minima dell'aria mediante un'aerazione trasversale o verticale;
- ottenimento di un numero di ricambi d'aria minimo.

La scelta delle specifiche relative alla corrente d'aria dovrebbe basarsi su un'analisi delle particolari condizioni progettuali, come ad esempio la pressione del getto impiegato, il numero e la dimensione degli ugelli per il getto, la specie, la misura e la fragilità del materiale per il trattamento a getto, lo spessore e l'età dello strato di copertura, la tipologia e la dimensione dell'oggetto, la configurazione del sistema d'incapsulamento.

#### **I2 – corrente d'aria non definita**

In questo caso non è richiesta una corrente d'aria definita nel sistema incapsulato. Si devono adottare ad ogni modo le possibili misure tecniche in occasione dell'asportazione degli strati coprenti, per ridurre il carico di sostanze nocive nell'aria respirata dagli addetti ai lavori.

### **J Depolverazione**

#### **J1 – filtrazione dell'aria secondo lo stato della tecnica**

Nell'aria depolverata il residuo di polvere non deve superare  $1 \text{ mg/m}^3$ . Il materiale filtrante impiegato deve essere certificato BIA<sup>5</sup> e corrispondere almeno alla categoria C. Chi esercisce l'impianto è tenuto a una regolare manutenzione per garantire una gestione ottimale del sistema. La manipolazione del materiale per il trattamento a getto e della polvere filtrata (p. es. travasi) deve essere eseguita in un sistema o spazio chiuso.

#### **J2 –filtrazione dell'aria a requisito ridotto**

La polvere contenuta nei gas di scarico non deve superare  $5 \text{ mg/m}^3$ .

### **K Trattamento delle acque**

#### **K1 – necessità di un trattamento delle acque**

Le acque di scarico che si formano in occasione della pulizia devono essere possibilmente messe in ricircolo e alla fine dei lavori smaltite come rifiuto speciale.

---

<sup>5</sup> BIA: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, Sankt Augustin, [www.hvbg.de/bia](http://www.hvbg.de/bia)



## 4 Esempi di calcolo

Esempio 1

### Ponte in acciaio con un fondo di minio al piombo Sabbiatura in sistema aperto

Superficie da trattare ST	1500 m <sup>2</sup>
Superficie di base dell'oggetto SBO	750 m <sup>2</sup>
Altezza H	16 m
Quantità di sostanza nociva per superficie SNS	200 g Pb/m <sup>2</sup>
Grado d'emissione del procedimento di asportazione GE (trattamento a getto secco)	0.50
Fattore geometrico g (= H)	16
Valore limite d'immissione VLI	36.5 mg/m <sup>2</sup> *anno
Immissione già presente CIP (misurazione NABEL per condizioni urbane)	7.3 mg/m <sup>2</sup> *anno
<b>Parametri determinanti per la valutazione:</b>	
Quantità specifica di sostanze nocive per superficie SNS > 50 g Pb per m <sup>2</sup> ,	
fattore geometrico g < 20,	
procedimento a getto secco	

Dallo schema di valutazione (fig. 1) si evince che è necessario un sistema d'incapsulamento della classe 1 (misura di protezione massima).

Esempio 2

### Ponti in acciaio con fondo in polvere di zinco Trattamento con acqua in pressione senza materiale per il trattamento a getto

Superficie da trattare ST	200 m <sup>2</sup>
Superficie di base dell'oggetto SBO	100 m <sup>2</sup>
Altezza H	8 m
Quantità di sostanze nocive per superficie SNS	120 g Zn/m <sup>2</sup>
Grado d'emissione del procedimento di asportazione GE (getto d'acqua in pressione)	0.4
Fattore geometrico g	8
Valore limite d'immissione VLI	146 mg/m <sup>2</sup> *anno
Immissione già presente CIP	26 mg/ m <sup>2</sup> *anno
<b>Da ciò deriva:</b>	
Quantità di sostanze nocive da asportare $Q_{TOT} = ST * SNS$ (= 200 m <sup>2</sup> * 120 g/m <sup>2</sup> )	24 kg Zn
Potenziale d'emissione PE = $Q_{TOT} * SNS$ (= 24 kg * 0.4)	9.6 kg Zn
Superficie d'immissione SI = SBO * g (= 100 m <sup>2</sup> * 8)	800 m <sup>2</sup>
Potenziale d'immissione PI = PE / SI (= 2.4 kg / 800 m <sup>2</sup> )	12 g/m <sup>2</sup> = 12'000 mg/m <sup>2</sup> *anno
Immissioni permesse IP = VLI – CIP (= 146 mg/m <sup>2</sup> *anno – 26 mg/ m <sup>2</sup> *anno)	120 mg/m <sup>2</sup> *anno
Grado di ritenuta dell'incapsulamento GR = 1 – IP/PI (= 1 – 120 mg/m <sup>2</sup> *anno /12'000 mg/m <sup>2</sup> *anno)	<b>0.99 = 99%</b>

Ne risulta un grado di ritenuta di 0.99. In questo caso è sufficiente un incapsulamento della classe 2.

**Tetto di un serbatoio con un fondo di minio al piombo (250 g/m<sup>2</sup>), verniciatura esente da PCB**

**Il materiale per il trattamento a getto contiene l'1% di Zn, il consumo di materiale per il trattamento a getto è 30 kg/m<sup>2</sup>**

**Il carico d'immissione già presente per il piombo è: 7.0 mg/m<sup>2</sup>\*anno**

Dapprima occorre determinare quale tra le tre seguenti sostanze nocive è quella rilevante per le immissioni:

- piombo del trattamento di fondo (vecchio rivestimento);
- zinco del materiale per il trattamento a getto; o
- polvere generata dal materiale per il trattamento a getto (e del rivestimento asportato).

	QSN <sub>OGG</sub> = SNS * ST [kg]	QSN <sub>MTG</sub> = CoS <sub>MTG</sub> * ST [kg]	Q <sub>TOT</sub> = QSN <sub>OGG</sub> + QSN <sub>MTG</sub> [kg]	VLI [mg/m <sup>2</sup> *anno]	CIP [mg/m <sup>2</sup> *anno]	QIP [kg]
<i>Polvere totale</i>	100	12'000	12'100	73'000	29'000	6
Zinco		240	240	146	22	60
Piombo	200		200	36.5	7.0	<b>200</b>

La sostanza nociva rilevante per le immissioni è in questo esempio il piombo contenuto nel vecchio strato di copertura. I calcoli che seguono si basano su questa sostanza nociva.

Dapprima il calcolo viene effettuato per la sabbiatura in sistema aperto e in seguito per il trattamento a getto con testa aspirante.

Per la sabbiatura in sistema aperto si ottengono i seguenti valori:

Superficie da trattare ST	800 m <sup>2</sup>
Superficie di base dell'oggetto SBO	800 m <sup>2</sup>
Quantità di sostanza nociva per superficie SNS	250 g Pb/m <sup>2</sup>
Grado d'emissione del procedimento di asportazione GE	0.50
Fattore geometrico g	8
Valore limite d'immissione VLI	36.5 mg/m <sup>2</sup> *anno
Carico inquinante già presente CIP secondo misurazione delle immissioni	7.0 mg/m <sup>2</sup> *anno
<b>Da ciò deriva:</b>	
Quantità d'inquinante da asportare Q <sub>TOT</sub> = ST * SNS (= 800 m <sup>2</sup> * 250 g/m <sup>2</sup> )	200 kg Pb
Potenziale d'emissione PE = Q <sub>TOT</sub> * GE (= 200 kg * 0.5)	100 kg Pb
Superficie d'immissione SI = SBO * g (= 800 m <sup>2</sup> * 8)	6400m <sup>2</sup>
Potenziale d'immissione IP = PE / SI (= 100 kg / 6400 m <sup>2</sup> )	15.6 g/ m <sup>2</sup> *anno = 15'600 mg/m <sup>2</sup> *anno
Immissioni permesse IP = VLI – CIP (= 36.5 mg/m <sup>2</sup> *anno – 7.0 mg/m <sup>2</sup> *anno)	<b>29.5 mg/m<sup>2</sup>*anno</b>
Grado di ritenuta dell'incapsulamento GR = 1 – IP/PI (= 1 – 29.5 mg/m <sup>2</sup> / 15'600 mg/m <sup>2</sup> *anno)	<b>0.998</b> <b>= 99.8 %</b>

Ne risulta la necessità di un grado di ritenuta superiore a 0.99. Questo può essere ottenuto solo con un incapsulamento della classe 1.

Se invece di una sabbiatura a sistema aperto si dovesse scegliere un procedimento che prevede l'uso di una testa aspirante, si ottengono i seguenti risultati:

Quantità d'inquinante da asportare $Q_{TOT}$ = $ST * SNS (=800 \text{ m}^2 * 250 \text{ g/m}^2)$	200 kg Pb
Potenziale d'emissione PE = $Q_{TOT} * GE (= 200 \text{ kg} * 0.05)$	10 kg Pb
Superficie d'immissione SI = $SBO * g (= 800 \text{ m}^2 * 8)$	6400m <sup>2</sup>
Potenziale d'immissione PI = $PE / SI (= 10 \text{ kg} / 6400 \text{ m}^2)$	1.56 g/ m <sup>2</sup> *anno = 1560 mg/m <sup>2</sup> *anno
Immissioni permesse IP = $VLI - CIP (= 36.5 \text{ mg/m}^2*\text{anno} - 7.0 \text{ mg/m}^2*\text{anno})$	<b>29.5 mg/m<sup>2</sup>*anno</b>
Grado di ritenuta dell'incapsulamento GR = $1 - IP/PI (= 1 - 29.5 \text{ mg/m}^2*\text{anno} / 1560 \text{ mg/m}^2*\text{anno})$	<b>0.981</b> <b>= 98.1 %</b>

Ne risulta la necessità di un grado di ritenuta tra 0.98 e 0.99. Questo può essere ottenuto con un sistema d'incapsulamento di classe 2.

**Con i presupposti dell'esempio riportato nel capoverso 2.2.3****Ponte in acciaio in ambiente urbano****(10m dal suolo, superficie di base dell'oggetto 400 m<sup>2</sup>)**

Vecchio strato coprente con una superficie da trattare  $ST = 1000 \text{ m}^2$ , consistenza dello strato  $CS = 600 \text{ g/m}^2$  e le relative concentrazioni di sostanza nociva (per cento in peso):

Zinco	ca.	10 %	$\Rightarrow \text{SNS}_{\text{Zn}} = 60 \text{ g/m}^2$
Piombo	ca.	1 %	$\Rightarrow \text{SNS}_{\text{Pb}} = 6 \text{ g/m}^2$
Cromo	ca.	8 %	$\Rightarrow \text{SNS}_{\text{Cr}} = 48 \text{ g/m}^2$

Consumo specifico del materiale per il trattamento a getto (scorie da altiforni)  $\text{CoS}_{\text{MTG}} = 40 \text{ kg/m}^2$ , con una concentrazione di sostanza nociva (per cento in peso)  $\text{CSN}_{\text{MTG}} = 0.3\%$  zinco,  $0.1\%$  piombo,  $0\%$  cromo.

Si evince che il cromo è la sostanza nociva rilevante.

Ammesso che si debba sabbiare, valgono i seguenti calcoli.

Superficie da trattare ST	1000 m <sup>2</sup>
Superficie di base dell'oggetto SBO	400 m <sup>2</sup>
Quantità di sostanze nocive per superficie SNS	48 g Cr/m <sup>2</sup>
Valore limite d'immissione VLI	18.25 mg/m <sup>2</sup> *anno
Carico inquinante già esistente CIP, determinato con una misurazione delle immissioni	1.82 mg/m <sup>2</sup> *anno
Fattore geometrico g	10
Quantità totale di sostanze nocive Q <sub>TOT</sub> = ST * SNS (= 1000 m <sup>2</sup> * 48 g/m <sup>2</sup> )	48 kg Cr
Potenziale d'emissione PE = Q <sub>TOT</sub> * GE (48 kg * 0.5)	24 kg Cr
Superficie d'immissione SI = SBO * g (= 400 m <sup>2</sup> * 10)	4000 m <sup>2</sup>
Potenziale d'immissione PI = PE / SI (= 24 kg / 4000 m <sup>2</sup> )	6 g/m <sup>2</sup> = 6000 mg/m <sup>2</sup> *anno
Immissioni permesse IP = VLI - CIP (= 18.25 mg/m <sup>2</sup> *anno - 1.82 mg/m <sup>2</sup> *anno)	<b>16.43 mg/m<sup>2</sup>*anno</b>
Grado di ritenuta dell'incapsulamento GR = 1 - IP / PI (= 1 - 16.43 mg/m <sup>2</sup> *anno / 6000 mg/m <sup>2</sup> *anno)	<b>0.9973</b> <b>= 99.7%</b>

Ne deriva un grado di ritenuta necessario superiore a 0.99. Questo può essere ottenuto solo con un incapsulamento della classe 1.



# Allegato

## 1 Misurazioni

### Collaudo del cantiere edile

Il collaudo del cantiere edile si concentra sui seguenti punti:

- costruzione del sistema d'incapsulamento e degli eventuali settori operativi;
- procedimento per la preparazione della superficie: attrezzi, sostanze ausiliarie (materiale per il trattamento a getto), quantità d'aria addotta;
- depurazione dell'aria di scarico: ventilatori, quantità dell'aria di scarico, filtri, emissioni residue, scarti da filtrazione;
- fonti diffuse d'emissioni di polvere (depressione nel sistema incapsulato);
- rifiuti speciali: manipolazione, deposito intermedio, smaltimento;
- nuovo strato di copertura: sostanze per il rivestimento, metodi applicativi → cfr. [6].

### Controlli del cantiere edile

I controlli dei cantieri edili da parte delle autorità o degli incaricati si concentrano sui seguenti punti:

- stato del sistema incapsulato (depressione, punti di perdita, emissioni diffuse di polvere);
- funzione del sistema di trattamento dell'aria di scarico;
- deposito intermedio e travaso di materiale per il trattamento a getto, scarti del trattamento a getto e polvere di filtrazione;
- spostamento degli incapsulamenti;
- demolizione dell'incapsulamento e del ponteggio come pure lavori di riordino → cfr. [6, 8 (p. 25)];
- rumore (→ cfr. Direttiva sul rumore dei cantieri [4]).

### Misurazione delle emissioni

Le misurazioni delle emissioni devono essere effettuate secondo le raccomandazioni dell'UFAFP [1] → cfr. p. es. [8 (pp. 27-28, A 5.1)].

### Misurazione delle immissioni

Per la misurazione delle deposizioni di polvere e di metalli pesanti nella zona d'immissione circostante interessata dai lavori di protezione contro la corrosione, si è dimostrato valido il metodo Bergerhoff (secondo norma VDI 2219, foglio 2 [7]). Il procedimento dovrebbe essere assicurato contro manipolazioni errate mediante l'uso di sostanze traccianti adeguate.

→ cfr. p. es. [8 (pp. 29-36, A 5.2)]

### **Sorveglianza delle deposizioni sul suolo**

Prima dell'inizio e della fine dei lavori di risanamento si definiscono esattamente i luoghi dove saranno eseguiti dei campionamenti di suolo  
→ cfr. [2, 3, 5].

Le prove sono analizzate tenendo conto dei parametri indicatori rilevanti (vecchio rivestimento). A complemento della metodica standard è opportuno prelevare dei campioni a una profondità di 0-5 cm → cfr. p.e. [8 (pp. 40-45, A 5.3)].

### **Rifiuti**

Il deposito intermedio e la manipolazione dei rifiuti (speciali) devono essere periodicamente verificati.

### **Bilancio dei flussi di massa per le sostanze rilevanti**

I bilanci dei flussi di massa per le sostanze rilevanti permettono di quantificare l'efficacia delle misure di protezione, di riconoscere i punti deboli e di ottimizzare i procedimenti → cfr. p. es. [8 (pp. 49-50)].

# Indici

## 1 Abbreviazioni

AfU	Amt für Umweltschutz	
BaP	Benzo(a)pirene	
Cercl'Air	Società svizzera degli igienisti dell'aria, <a href="http://www.cerclair.ch">www.cerclair.ch</a>	
CIP	Carico d'inquinante già presente	$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{giorno}$ (o $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{anno}$ )
CoS <sub>MTG</sub>	Consumo specifico del materiale per il trattamento a getto	$\text{kg}/\text{m}^2$
Cr	Cromo	
CS	Consistenza dello strato di copertura	$\text{g}/\text{m}^2$
CSN <sub>MTG</sub>	Concentrazione di sostanza nociva nel materiale per il trattamento a getto	$\text{g}/\text{kg}$
CSS	Concentrazione specifica della sostanza nociva nel materiale di rivestimento	$\text{g}/\text{kg}$
FaBo	Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich, <a href="http://www.fabo.zh.ch">www.fabo.zh.ch</a>	
g	Fattore geometrico	-
GE	Grado d'emissione	% o valore assoluto
GR	Grado di ritenuta	-
IP	Immissioni permesse	$\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{anno}$
LPac	Legge sulla protezione delle acque	
LPamb	Legge sulla protezione dell'ambiente	
LV	Legge sui veleni	
OEIA	Ordinanza concernente l'esame dell'impatto sull'ambiente	
OIAt	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico	
OIF	Ordinanza contro l'inquinamento fonico	
Oliq	Ordinanza contro l'inquinamento delle acque con liquidi nocivi	
OPac	Ordinanza sulla protezione delle acque	
Ositi	Ordinanza sul risanamento dei siti inquinati	
Osost	Ordinanza sulle sostanze pericolose per l'ambiente	
O suolo	Ordinanza contro il deterioramento del suolo	
OTR	Ordinanza tecnica sui rifiuti	
OTRS	Ordinanza sul traffico dei rifiuti speciali	
PAH	Idrocarburi policiclici aromatici	
Pb	Piombo	
PCB	Bifenili policlorurati	
PCDD	Dibenzodiossine policlorurate	
PCDF	Dibenzofurani policlorurati	
PE	Potenziale d'emissione	$\text{kg}$
PI	Potenziale d'immissione	$\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{anno}$
PM10	Particelle con un diametro aerodinamico $\leq 10 \mu\text{m}$	
ppm	parti per milione (p. es. $\text{mg}/\text{kg}$ )	
Q <sub>TOT</sub>	Quantità di sostanza nociva totale	$\text{kg}$
QIP	Quantità di sostanza nociva ponderata all'immissione	$\text{kg}$
QSN <sub>MTG</sub>	Quantità di sostanza nociva nel materiale per il trattamento a getto	$\text{kg}$
QSN <sub>OGG</sub>	Quantità di sostanza nociva sull'oggetto	$\text{kg}$
SBO	Superficie di base dell'oggetto	$\text{m}^2$
SI	Superficie d'immissione	$\text{m}^2$
SNS	Quantità di sostanza nociva per superficie	$\text{g}/\text{m}^2$

SSPC	Society for Protective Coating, <a href="http://www.sspc.org">www.sspc.org</a>	
ST	Superficie da trattare	m <sup>2</sup>
SUVA	Istituto federale svizzero d'assicurazione contro gli infortuni, <a href="http://www.suva.ch">www.suva.ch</a>	
UFAFP	Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, <a href="http://www.ambiente-svizzera.ch">www.ambiente-svizzera.ch</a>	
VLI	Valore limite d'immissione	µg/m <sup>2</sup> *giorno (o mg/m <sup>2</sup> *anno)
Zn	Zinco	

## 2 Bibliografia

- [1] BUWAL (2001); Empfehlungen über die Emissionsmessungen von Luftfremdstoffen bei stationären Anlagen (Emissions-Messempfehlung)
- [2] BUWAL (1987); Wegleitung für die Probenahme u. Analyse v. Schadstoffen im Boden
- [3] FAC Liebefeld (1983); Methoden für Bodenuntersuchungen, Schriftenreihe Nr. 5
- [4] UFAFP (2000); Direttiva sul rumore dei cantieri; direttive e raccomandazioni di Cercl'Air, dei Cantoni e della SUVA
- [5] KIGA ZH (1994), AGW ZH: Konzept für den Behörden-Vollzug bei der Oberflächenbehandlung (Korrosionsschutz) an Objekten im Freien
- [6] KIGA ZH (1994): Massnahmen und Messungen während der Sanierungsarbeiten – Kontrolle der Baustelle
- [7] *VDI 2219*, Blatt 2: Bergerhoff-Verfahren
- [8] TBA ZH / Carbotech AG (1995); Korrosionsschutzarbeiten an der Schönenwerdbrücke (Dietikon ZH)

## Legislazione ambientale

### Leggi e ordinanze della Confederazione

- Legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) (RS 814.01)
- Ordinanza del 19 ottobre 1988 concernente l'esame dell'impatto sull'ambiente (OEIA) (RS 814.011)
- Ordinanza del 9 giugno 1986 sulle sostanze pericolose per l'ambiente (Osost) (RS 814.013)
- Ordinanza del 12 novembre 1986 sul traffico dei rifiuti speciali (OTRS) (RS 814.610)
- Ordinanza tecnica del 10 dicembre 1990 sui rifiuti (OTR) (RS 814.600)
- Ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (O suolo) (RS 814.12)
- Ordinanza del 16 dicembre 1985 contro l'inquinamento atmosferico (OIA) (RS 814.318.142.1)
- Ordinanza del 15 dicembre 1986 contro l'inquinamento fonico (OIF) (RS 814.41)
- Ordinanza del 26 agosto 1998 sul risanamento dei siti inquinati (Ositi) (RS 814.680)
- Legge federale del 24 gennaio 1991 sulla protezione delle acque (LPAc) (RS 814.20)
- Ordinanza del 28 ottobre 1998 sulla protezione delle acque (OPAc) (RS 814.201)
- Ordinanza del 1° luglio 1998 contro l'inquinamento delle acque con liquidi nocivi (Oliq) (RS 814.202)
- Legge federale del 21 marzo 1969 sul commercio dei veleni (RS 814.80)
- Ordinanza del 19 settembre 1983 sui veleni (RS 814.801)
- Ordinanza del 23 dicembre 1971 sul divieto di sostanze tossiche (RS 814.839)

## **Accordi, direttive, comunicazioni e raccomandazioni della Confederazione**

- UFAFP (1996); Comunicazione concernente l'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA) n. 9: Trattamento superficiale di oggetti all'aperto, invio della dichiarazione delle emissioni
- UFAFP (1998); Comunicazione concernente l'OIA, n. 10: Cantieri edili
- BUWAL (1994); Richtlinie für die Entsorgung von Strahlschutt vom Dezember 1994, inkl. Nachtrag «PCB» vom April 1995
- BUWAL (1995); Empfehlungen und Grundlagen für Malerarbeiten
- Convenzione di Basilea sul controllo dei movimenti oltre frontiera di rifiuti pericolosi e sulla loro eliminazione; (1989)
- Cercl'Air (1996); Raccomandazione Cercl'Air n. 14: Protezione delle superfici degli oggetti all'aperto
- KIGA ZH, AGW ZH, AfU GL, AfU GR (1993): Umweltschutzmassnahmen bei der Oberflächenbehandlung (Korrosionsschutz) an Objekten im Freien
- SUVA (2000): Unfallverhütung und Berufskrankheitenprophylaxe bei Korrosionsschutzarbeiten im Freien

## **Norme**

- SN 555 001: B3 Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen; Korrosionsschutz durch Beschichtungen und Überzüge; Schweiz. Zentralstelle für Stahlbau, Zürich, 1990

## **Rapporti di base**

- AfU GL, AfU GR, KIGA ZH / Carbotech AG (1994): Sanierung korrosionsgeschützter Stahlobjekte im Freien: Umweltbelastungen und Minderungsmassnahmen
- BUWAL (2001); PCB-Emissionen beim Korrosionsschutz; Praxishilfe, Vollzug Umwelt VU-5018
- BUWAL (1997); Cadmium in Zink, Resultate einer schweizerischen Marktüberwachung, Umweltmaterialien Nr. 68
- FaBo ZH / Carbotech AG (1994); Schwermetallbelastung der Böden in der Umgebung korrosionsgeschützter Stahlobjekte (im Kanton Zürich)
- AfU GL (1990); Die Konzentration von Schwermetallen in der Nähe von Hochspannungsmasten
- AfU GL (1992); Korrosionsschutz an einer Brücke; Konflikte mit Bodenschutz, Luftreinhaltung und Abfallwirtschaft
- AfU GL (1993); Lärmmessungen – Sandstrahlarbeiten Ziegelbrücke
- AfU GL (1995); Korrosionsschutz bei Brücken -zwei Fallbeispiele aus Ziegelbrücke 1993
- AfU GL (1994); Handentrostung eines Hochspannungsmastes, Bericht über die Umweltauswirkungen