



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

**TESI DI LAUREA IN INGEGNERIA
DEI PROCESSI INDUSTRIALI E DEI MATERIALI**

(Laurea triennale DM 270/04 – indirizzo Chimica)

**ANALISI DEGLI INDICATORI DI PERFORMANCE
AMBIENTALE PER L'INDUSTRIA GALVANICA**

Relatore: Prof. Antonio Scipioni

Correlatore: Ing. Filippo Zuliani

Ing. Riccardo Quaggiato

Laureanda: VALENTINA FIORENZATO

ANNO ACCADEMICO 2011 – 2012

Indice

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1 – Quadro normativo	3
1.1 CHE COS'È L'IPPC?	3
1.2 AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE (AIA)	4
1.3 QUAL È IL RUOLO DI ARPA?	4
1.4 MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI (MTD)	5
1.5 INDICATORI DI PERFORMANCE AMBIENTALE (IPA)	6
CAPITOLO 2 – Introduzione al settore galvanico	9
2.1 SETTORE GALVANICO	9
2.1.1 Preparazione delle superfici	11
2.1.2 Trattamento	13
2.1.3 Finitura	13
2.2 MTD NEI TRATTAMENTI DI SUPERFICIE DEI METALLI	14
2.3 L'INDUSTRIA GALVANICA IN ITALIA E NEL VENETO SOGGETTA A IPPC	26
CAPITOLO 3 – Analisi delle prestazioni ambientali attraverso gli IPA	31
3.1 INTRODUZIONE	31
3.2 IPA DELLE AZIENDE GALVANICHE	34
3.2.1 Tabelle degli IPA	36
3.3 CONFRONTO TRA LE PRESTAZIONI AMBIENTALI DELLE AZIENDE ATTRAVERSO L'ANALISI DEI DATI RELATIVI AGLI IPA	43
3.3.1 Consumo specifico di materie prime/additivi	43
3.3.2 Produzione specifica di rifiuti	47
3.3.3 Consumo specifico di acqua	50
3.3.4 Consumo specifico di energia/combustibile	53
3.4 AZIENDE CHE SI OCCUPANO DI ANODIZZAZIONE	59
3.4.1 Consumo specifico di materie prime/additivi	61
3.4.2 Produzione specifica di rifiuti	61
3.4.3 Consumo specifico di acqua	62
3.3.4 Consumo specifico di energia/combustibile	63
CONCLUSIONI	65
NOMENCLATURA	67
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	68

Introduzione

Il lavoro di tesi si inserisce nel contesto della nuova politica ambientale adottata dall'Unione Europea, che ha portato all'emanazione della Direttiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control; § 1.1), dei Regolamenti EMAS (Eco Management and Audit Scheme; § 1.2) ed Ecolabel, e della Raccomandazione 2001/331/CE dove sono definiti i criteri minimi per le ispezioni ambientali.

Lo scopo del seguente studio è tentare un confronto tra le prestazioni ambientali delle aziende galvaniche del Veneto soggette alla direttiva IPPC attraverso l'analisi dei dati relativi agli Indicatori di Performance/Prestazione Ambientale (IPA; § 1.5) riportati nei report annuali inviati dalle aziende ad ARPAV (Agenzia Regionale per Prevenzione e protezione Ambientale del Veneto; § 1.3). L'analisi di confronto può essere utile per collocare le attività dal punto di vista dell'efficienza ambientale; in base ai risultati della valutazione, ARPAV può successivamente programmare le attività di sorveglianza e controlli più approfonditi per le aziende che sono risultate meno efficienti in termini di performance ambientale.

Il lavoro di tesi si compone così di tre capitoli: nel primo capitolo si riporta una sintesi del quadro normativo con riferimento alla direttiva IPPC e agli strumenti ad essa collegati (AIA, MTD, IPA, BRef) per delineare il contesto di riferimento, nel secondo si descrive il settore galvanico, la distribuzione degli impianti galvanici in Italia e nel Veneto e le relative Migliori Tecnologie Disponibili (MTD; § 2.2) attraverso la presentazione di una specifica check-list di ispezione realizzata, durante il periodo di tirocinio, per supportare i tecnici di ARPAV nelle ispezioni ambientali mentre nell'ultimo capitolo si confrontano le performance delle aziende del settore considerato tramite l'analisi dei dati relativi agli IPA.

Capitolo 1

Quadro normativo

1.1 Che cos'è l'IPPC?

L'**IPPC** è l'acronimo per “Integrated Pollution Prevention and Control” ovvero **controllo e prevenzione integrata dell'inquinamento**; si tratta di una nuova strategia direttiva, comune all'Unione Europea, che mira alla riduzione integrata dell'inquinamento da parte di tutte quelle aziende ad elevato potenziale inquinante al fine di raggiungere un alto livello di salvaguardia dell'ambiente.

Tale concetto viene introdotto con la **Direttiva 96/61/CE** del 24-11-1996, abrogata e sostituita dalla Direttiva 2008/1/CE del 15-01-2008, attualmente sostituita dalla Direttiva 2010/75/UE.

La Direttiva IPPC presenta i seguenti aspetti:

-adozione di un nuovo approccio che invita alla graduale applicazione di un insieme di efficaci e convenienti misure (impiantistiche, gestionali e di controllo) per evitare, o, se non possibile, ridurre, le emissioni di inquinanti nell'aria, nell'acqua e nel suolo e la produzione di rifiuti; queste tecniche sono indicate con il nome di **BAT** che sta per ‘**Best Available Technique**’ tradotto in italiano con **MTD** che sta per ‘**Migliori Tecniche Disponibili**’ (§ 1.4);

-realizzazione di un **Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC)** da parte dell'azienda;

-coinvolgimento del pubblico e trasparenza del procedimento amministrativo;

-collaborazione tra gestore, autorità competente, autorità di controllo e associazioni di categoria con superamento del precedente modello “command and control”; le autorità di controllo sentivano infatti la necessità di superare il ruolo passivo di verifica dell'inquinamento determinato dalle attività produttive e di servizio e di entrare in dialogo con le imprese, per favorire progetti di ecogestione e programmi condivisi di miglioramento continuo delle performance ambientali.

La direttiva si riferisce alle attività produttive presenti negli allegati VIII e XII alla parte II del **D.Lgs 152/06** e s.m.i (¹).

Gli allegati presentano una lista di categorie di aziende a cui sono assegnati dei codici (ad esempio 1,2,3...); all'interno di ogni categoria sono presenti attività più specifiche individuate da un ulteriore numero (ad esempio 1.1, 2.3...).

Le attività sono classificate in base alla tipologia e alla capacità produttiva definita come la potenzialità dell'impianto e non come la produzione effettiva.

1.2 Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA)

La Direttiva IPPC impone il rilascio di un' **Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA)** per tutte le attività industriali e agricole degli allegati VIII e XII alla parte II del D.Lgs 152/06 e s.m.i (¹).

L'AIA è il provvedimento con il quale si autorizzano l'esercizio di nuovi impianti, la modifica sostanziale e l'adeguamento del funzionamento di quelli esistenti.

Le principali condizioni ambientali da rispettare per ottenere l'autorizzazione sono:

- l'utilizzo di tutte le misure utili per combattere l'inquinamento e in particolare delle MTD;
- la prevenzione di fenomeni gravi di inquinamento;
- il riciclaggio o l'eliminazione dei rifiuti con le tecniche meno inquinanti;
- l'utilizzo efficace dell'energia;
- la bonifica dei siti al termine dell'attività.

La decisione relativa al rilascio di AIA impone per esempio: valori limite di emissione, misure per la gestione dei rifiuti e tutela delle matrici ambientali (acqua, aria, suolo), monitoraggio delle emissioni e scarichi, misure per ridurre al minimo l'inquinamento a lunga distanza e piani di azione in caso di circostanze eccezionali come incidenti.

In genere l'AIA dura 5 anni; la durata è maggiore nel caso ad esempio di aziende registrate **EMAS** (Eco Management and Audit Scheme) o certificate **ISO 14001**.

La registrazione EMAS (²) e la certificazione ISO 14001 sono i due principali schemi di certificazione ambientale che prevedono l'implementazione di un **sistema di gestione ambientale (SGA)** per le aziende.

1.3 Qual è il ruolo di ARPA?

La procedura autorizzativa per il rilascio dell'AIA è condotta dall'autorità competente che può essere lo Stato, la Regione o la Provincia a seconda del tipo di impianto.

L'**ARPA** fornisce supporto tecnico all'autorità competente durante l'istruttoria e il suo compito è definito dall'articolo 29-decies del D.Lgs 152/06 e s.m.i; in particolare, verifica il rispetto delle condizioni ambientali previste nell'AIA, la regolarità dei controlli a carico del gestore e il rispetto dei valori limite di emissione, l'assolvimento da parte del gestore dei propri obblighi di comunicazione in particolare verso l'autorità competente e, in caso di incidenti che provocano impatti significativi sull'ambiente, la comunicazione immediata dei risultati delle emissioni del proprio impianto.

Gli strumenti operativi principali forniti dall'autorità di controllo sono il Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC) e il report annuale.

Il **PMC**, il cui modello è stato elaborato da ARPAV sulla base di un modello delineato da ISPRA (Istituto Superiore Per la Protezione e Ricerca Ambientale, ex APAT), è un documento compilato dal gestore e parte integrante dell'AIA dove vengono descritte nella prima sezione le componenti

ambientali che entrano in gioco (consumo di materie prime, acqua, energia, combustibili; produzione di rifiuti), nella seconda sezione le modalità di controllo della gestione dell'impianto con riferimento, in particolare, alle fasi critiche del processo, a interventi di manutenzione e a emissioni diffuse e nella terza sezione gli indicatori di prestazione ambientale (IPA) per valutare le performance ambientali dell'azienda. Nel quadro sinottico del PMC sono riassunti i parametri monitorati con informazioni sulla modalità di monitoraggio (esistono diversi metodi per monitorare un parametro come misure dirette continue o discontinue e misure indirette fra cui parametri sostitutivi, bilancio di massa, fattori di emissione..), sulla frequenza di monitoraggio e sulla tipologia dei controlli effettuati da ARPAV durante le ispezioni ambientali.

Le ARPA esprimono poi il proprio parere in merito al PMC proposto dall'azienda.

In sintesi la stesura del PMC permette al gestore di definire e realizzare un opportuno sistema di autocontrollo per monitorare, con una determinata frequenza, i fattori di impatto ambientale dell'impianto durante il periodo di validità dell'AIA.

Il **report** raccoglie i dati monitorati dall'azienda durante l'anno secondo le modalità, le frequenze e i parametri previsti nel PMC; attualmente è composto da un foglio elettronico dove sono riportati i valori in tabelle e da una eventuale breve relazione dove questi sono commentati.

Il report deve essere inviato annualmente all'autorità competente, e in base a quanto definito dall'AIA, al dipartimento ARPAV provinciale di competenza (DAP) e agli enti interessati.

1.4 Migliori Tecniche Disponibili (MTD)

Di seguito viene riportata la definizione di 'MTD' presente all'articolo 2 della direttiva 2008/1/CE del 15 gennaio 2008 sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento ⁽³⁾:

12) 'MTD o BAT', la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e i relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi a evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso. Si intendono per:

a)'tecniche', sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;

b)'tecniche disponibili', le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro in questione, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli;

c)'migliori', le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso.

In sintesi:

le MTD rappresentano le tecniche più efficaci e convenienti per raggiungere un elevato livello di protezione ambientale a fronte delle emissioni e consumi nei processi; includono sia la tecnologia

usata che le modalità di progettazione, di costruzione, di manutenzione, di esercizio e di smantellamento dell'impianto.

Sono da intendersi come elementi di riferimento per valutare l'efficienza e le prestazioni di un processo o impianto esistente oppure per valutare le proposte per nuove installazioni.

L'UE ha istituito un **Ufficio per lo studio di metodologie e tecniche di Controllo Integrato della Prevenzione di Inquinamento Ambientale (EIPPCB)**.

L'Ufficio velocizza lo scambio di informazioni sulle MTD attraverso l'elaborazione di documenti di riferimento (**BRefs**) tenuti in considerazione dalle autorità competenti nell'attività autorizzativa degli impianti soggetti a IPPC.

I documenti di riferimento non fissano, come si ripete, degli standard obbligatori per legge, ma danno un'indicazione all'industria, agli organismi di controllo ed all'opinione pubblica, dei livelli di emissione e dei consumi che possono essere raggiunti adottando opportune tecniche.

I valori limite per ogni specifico caso sono definiti all'interno dell'istruttoria per il rilascio dell'AIA tenendo in considerazione gli aspetti impiantistici dello stabilimento e le caratteristiche della zona in cui è collocato.

1.5 Indicatori di Performance Ambientale (IPA)

Gli Indicatori di Performance Ambientale (**IPA**) sono delle espressioni che quantificano l'informazione relativa alla prestazione ambientale di un'attività in modo tale che il suo significato sia più comprensibile ed evidente.

Gli Indicatori di Performance Ambientale, attraverso la sintesi e la riclassificazione dei dati relativi alle matrici ambientali monitorati, forniscono un quadro immediato e rappresentativo della situazione aziendale nei confronti dell'ambiente, confrontabile sia con il contesto temporale e territoriale in cui si trova l'attività sia con gli obiettivi e i traguardi stabiliti.

La norma tecnica di riferimento per la costruzione degli Indicatori di Performance Ambientale è la **ISO 14031**, relativa alla "Valutazione della prestazione ambientale", la quale fornisce una serie di principi guida e considerazioni per la scelta, classificazione e progettazione degli indicatori.

Gli indicatori ambientali, in base a tale norma, si suddividono in:

- **EPI**: relativi alle prestazioni ambientali, a loro volta divisi in **MPI** (indicatori di prestazione della direzione o gestionali) e **OPI** (indicatori di prestazione operativa);
- **ECI**: indicatori di condizione ambientale.

Gli indicatori MPI valutano le prestazioni gestionali, ovvero l'influenza della struttura organizzativa, delle persone, della gestione delle risorse, dell'addestramento sui risultati ambientali delle attività.

Gli indicatori OPI valutano le prestazioni ambientali delle operazioni condotte come la progettazione, l'installazione, la gestione e la manutenzione delle attrezzature e degli impianti, i flussi di materie prime ed energia e le emissioni.

Gli indicatori ECI danno indicazione sulle condizioni ambientali (es. temperatura e torbidità nel corso d'acqua situato nei pressi dello scarico dei reflui dell'azienda).

Capitolo 2

Introduzione al settore galvanico

Il lavoro di tesi, come premesso, si basa sul confronto tra le prestazioni ambientali conseguite dalle aziende galvaniche del Veneto soggette alla direttiva IPPC attraverso l'analisi dei dati relativi agli IPA riportati nei report inviati annualmente ad ARPAV.

Per delineare il quadro di riferimento, si presenta in modo sintetico il processo galvanico nel paragrafo seguente.

2.1 Settore galvanico

Con **processo galvanico** ⁽⁴⁾ si intende il trattamento superficiale di oggetti mediante l'applicazione di processi chimici ed elettrochimici.

Si parla di **galvanostegia** quando l'oggetto da ricoprire è un metallo e di **galvanoplastica** quando la superficie da ricoprire è non metallica.

I prodotti trattati nel settore possono essere beni di consumo durevole, mezzi di trasporto come parti di motori a scoppio, beni di investimento come macchinari, prodotti per l'edilizia, prodotti medicinali o aerospaziali, preziosi e altro.

Il processo galvanico comprende una serie di lavorazioni condotte in vasche allineate in sequenza a temperatura ambiente o di poco superiore e a pressione atmosferica.

Le vasche sono di processo o di lavaggio (figura 2.1); ciascuna è in genere dotata di un sistema automatico di trasporto, immersione ed estrazione dei pezzi che, a seconda della loro forma e dimensione, vengono normalmente messi in movimento appesi su telai (figura 2.2 e 2.3) o dentro rotobarili, ovvero strutture cilindriche forate che ruotano all'interno delle vasche (figura 2.4).

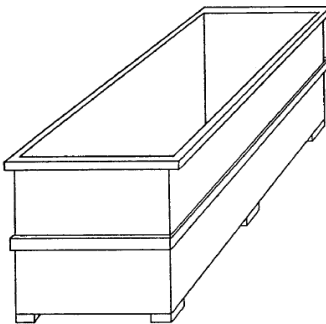


Figura 2.1. esempio di vasca usata nelle lavorazioni galvaniche; nella foto a destra si vedono una serpentina per riscaldare la soluzione di processo e le cappe di aspirazione in grado di captare tutti i fumi e preservare, in questo modo, l'ambiente di lavoro.

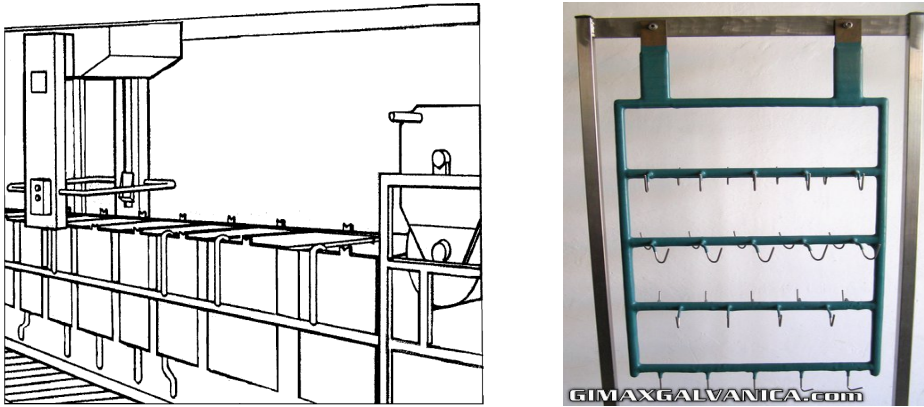


Figura 2.2. a sinistra disposizione in linea delle vasche di trattamento; a destra foto di un telaio dove vengono agganciati i pezzi da trattare.

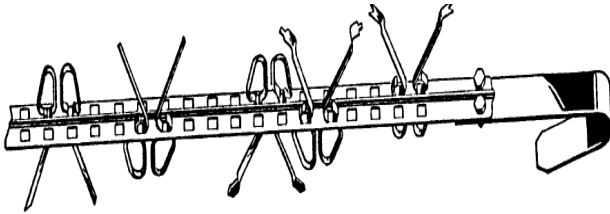


Figura 2.3. struttura di un telaio usato in un impianto galvanico.

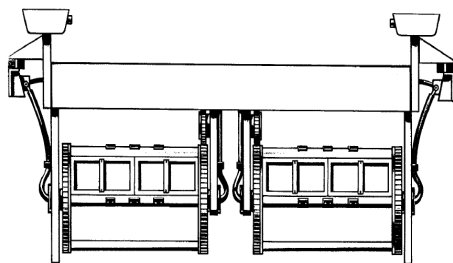


Figura 2.4. impianto con due rotogalvani sospesi a un carro-ponte; a destra foto di un rotobarile che sta per essere immerso in una vasca.

Il trattamento galvanico viene utilizzato principalmente per migliorare la resistenza alla corrosione e allo sfregamento, aumentare la conducibilità elettrica e termica, conferire inossidabilità ad alte temperature (si parla allora di trattamento tecnico) oppure migliorare l'aspetto estetico rendendo ad esempio la superficie più lucida e splendente (trattamento decorativo).

Un processo galvanico generico (si veda figura 2.5) comprende tre macrofasi:

- la **preparazione delle superfici** ha lo scopo di rendere possibile il trattamento vero e proprio ed è composta da operazioni che non alterano la superficie chimicamente;
- il **trattamento** è di tipo chimico o elettrochimico, modifica la superficie conferendole caratteristiche e funzionalità diverse;
- la **finitura** o il **finissaggio** comprende operazioni di pulitura e trattamenti di verniciatura e decorativi come doratura.

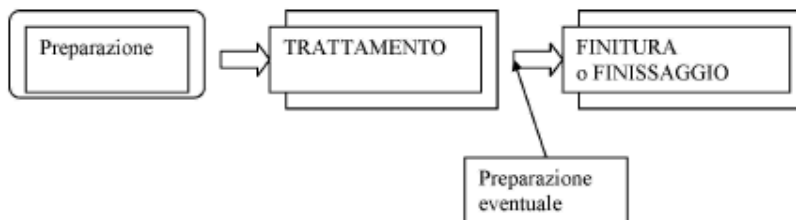


figura 2.5. schema del processo galvanico (5).

2.1.1 Preparazione delle superfici

Una preparazione accurata del pezzo è molto importante: infatti il rivestimento aderisce sull'oggetto soltanto se vengono eliminate tutte le sostanze presenti abitualmente oppure occasionalmente, come residui di grassi, oli derivanti da lavorazioni meccaniche precedenti.

La superficie da trattare deve essere particolarmente liscia, perché l'elettrodeposizione non copre i difetti, ma al contrario li sottolinea, dal momento che la densità di corrente è maggiore in prossimità delle asperità e minore in corrispondenza delle cavità, e di conseguenza varia lo spessore del metallo depositato.

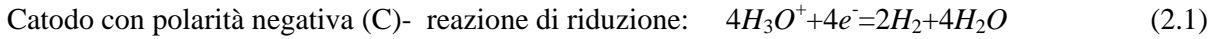
Le due operazioni principali sono la sgrassatura e il decapaggio.

La **sgrassatura** serve a rimuovere i grassi e gli oli dalla superficie dei pezzi in lavorazione.

La **sgrassatura chimica** avviene mediante sistemi a immersione o a spruzzo e l'utilizzo di solventi organici oppure di detergenti in base acquosa; quella più utilizzata è la sgrassatura in soluzione di soda: mantenere un pH basico favorisce infatti la saponificazione dei grassi.

Per abbassare la tensione superficiale della soluzione e quindi migliorare la bagnabilità della superficie si aggiungono inoltre dei tensioattivi.

La **sgrassatura elettrolitica** consiste nell'immergere il pezzo in una soluzione acquosa basica e nel collegarlo come anodo o catodo (sgrassatura anodica e catodica); si ha così l'elettrolisi dell'acqua che porta ad uno sviluppo gassoso di idrogeno e ossigeno (si veda figura 2.6):



+

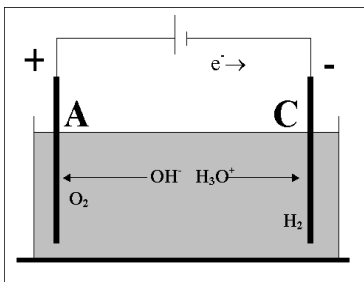
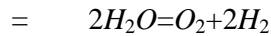
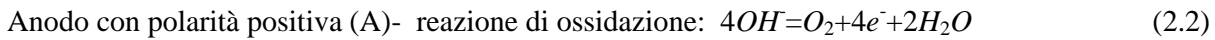


figura 2.6. principio di funzionamento di una cella elettrolitica.

Le bolle di gas costituiscono una forte agitazione che facilita il distacco dei grassi dalla superficie.

La sgrassatura catodica è più efficiente di quella anodica perché, a parità di condizioni, si sviluppa H_2 in quantità doppia rispetto a O_2 .

Il **decapaggio (neutralizzazione)** serve a rimuovere le tracce di alcalinità e l'eventuale ossidazione superficiale dovuta alla sgrassatura anodica; può essere chimico quando si immerge il pezzo in un bagno di acido, che varia a seconda della superficie trattata, oppure elettrochimico quando si fa passare corrente nel bagno acido.

Gli acidi più usati sono l'acido solforico, cloridrico e nitrico.

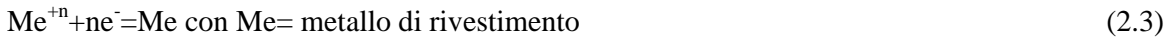
La prima fase del processo galvanico è composta in genere dalle seguenti operazioni:

- carico dei pezzi effettuato manualmente se i pezzi devono essere appesi al telaio oppure automatizzato nel caso di impianti a rotobarile e di produzioni in continuo;
- pre-sgrassatura;
- lavaggio per rimuovere i residui del bagno di pre-sgrassatura;
- decapaggio;
- lavaggio per rimuovere i residui del bagno di decapaggio;
- sgrassatura;
- lavaggio per rimuovere i residui del bagno di sgrassatura;
- neutralizzazione/attivazione.

2.1.2 *Trattamento*

L'operazione principale è quella di **elettrodeposizione** che consiste nella deposizione di uno strato di metallo nobile su una superficie di metallo meno nobile mediante il passaggio di corrente elettrica continua attraverso una soluzione acquosa contenente ioni del metallo di rivestimento.

Il pezzo da trattare funge da catodo; sulla sua superficie avviene così la reazione di riduzione del metallo di rivestimento che passa dalla forma ionica allo stato di ossidazione zero:



La seconda fase del processo è composta in genere dalle seguenti operazioni:

- bagno di elettrodeposizione;
- lavaggio chiuso (detto recupero) per recuperare i residui del bagno di deposizione;
- lavaggio per togliere i residui del bagno di recupero.

I bagni variano a seconda del trattamento:

- nichelatura: può essere elettrochimica con bagno al fluoborato (sali di nichel, acido fluoridrico e acido bórico) o chimica con bagno a base di sali di nichel e di sodio;
- ramatura: si utilizzano bagni al solfato (solfato di rame, acido solforico), o bagni al fluoborato (acido fluoridrico, acido bórico) a base di carbonato di rame. I bagni a base di cianuri sono oggi quasi del tutto abbandonati perché sostituiti con sostanze meno tossiche;
- ottonatura: si utilizzano bagni alcalini di cianuri di rame e di zinco;
- cadmiatura: si utilizzano bagni alcalini a base di cianuro di sodio, o bagni al fluoborato;
- zincatura: con l'avvento, prima dello zinco acido e poi dei processi di zincatura alcalina senza cianuri, la diffusione dei bagni cianurati è oggi notevolmente diminuita;
- stagnatura: si utilizzano bagni acidi al solfato o al fluoborato;
- piombatura: si utilizzano bagni al fluoborato;
- argentatura e doratura: vengono diffusamente utilizzati bagni alcalini a base di cianuri, anche se esistono applicazioni del processo a base di bagni acidi senza cianuri.

2.1.3 *Finitura*

I principali trattamenti di finitura sono la cromatazione e l'ossidazione anodica.

La **cromatazione** serve ad aumentare la resistenza alla corrosione e a conferire colorazione azzurra, gialla, verde o nera alla superficie zincata.

L'**ossidazione anodica** consiste nel ricoprire l'alluminio con uno strato di suo ossido per migliorare la resistenza (approfondita nei paragrafi successivi).

La pulitura serve a rendere la superficie liscia e levigata regolarizzando le asperità del deposito; viene effettuata con spazzole rotanti, per pezzi di piccole dimensioni in recipienti rotanti con sostanze abrasive oppure se si vogliono superfici estremamente lucide si utilizza l'elettropulitura che è il processo inverso della deposizione.

Dopo i trattamenti galvanici i pezzi devono essere essiccati per evitare formazione di macchie di umidità; l'essiccazione può svolgersi in essiccatoi ad aria calda, a piastre che irradiano infrarossi o a tamburo rotante.

2.2 MTD nei trattamenti di superficie di metalli

Le aziende galvaniche che sono state prese in considerazione nel lavoro di tesi rientrano nel campo di applicazione della direttiva IPPC in quanto superano la soglia indicata nell'allegato VIII parte II del D.Lgs 152/2006 e sono dunque identificate dal **codice 2.6**.

Il codice indica: *“impianti per il trattamento di superficie di metalli e materie plastiche mediante processi elettrolitici o chimici qualora le vasche destinate al trattamento utilizzate abbiano un volume superiore a 30 m³”*⁽¹⁾.

Il calcolo del volume non deve fare riferimento al volume geometrico delle vasche ma al volume effettivamente occupato dal bagno a condizione che tale volume netto sia determinato senza ambiguità e verificato in sede di controllo (nota del ministero dell'ambiente del 22 ottobre del 2009).

Il documento di riferimento (BRef) per il settore galvanico è il **“Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics”** (Agosto 2006).

Questo è stato recepito in Italia attraverso il Decreto del MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) del 1/10/2008 **“Emanazione di linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili in materia di trattamento di superficie di metalli”**, per le attività elencate nell'allegato VIII del D.Lgs 152/06 ⁽⁵⁾.

Si riporta in tabella 2.1 una **check-list di ispezione** dove sono elencate in modo riassuntivo tutte le MTD applicate al settore galvanico in Italia per la prevenzione dell'inquinamento; la tabella è stata realizzata nel corso del tirocinio per supportare i tecnici ARPAV durante le ispezioni ambientali.

La lista di controllo segue le linee guida riportate nel BRef con alcune differenze dovute a valori limite di emissione più restrittivi definiti dal Ministero dell'ambiente (nel paragrafo 4.1.2.2 delle **“Linee Guida per le Migliori Tecniche Disponibili nei Trattamenti di superficie dei metalli”** viene ad esempio riportata una tabella con i valori limite prescritti per le acque di scarico in Italia e in altri paesi europei).

Tabella 2.1. Sono elencate in modo schematico le MTD utilizzate nel settore galvanico e descritte dettagliatamente nelle linee guida (A= applicata; NA= non applicata).

MTD per settore galvanico			
argomento	MTD:breve descrizione	note	A/NA
Tecniche di gestione			
1.Gestione ambientale	1.Utilizzo di un sistema di gestione ambientale (SGA).	-È MTD utilizzare un SGA; non è necessario certificarlo, ma appare indispensabile per l'applicazione corretta della IPPC.	
2.Benchmarking	1.Stabilire dei valori di riferimento (benchmarks), con cui confrontare le prestazioni ambientali dell'impianto, per cercare di ridurre il consumo di materie prime, acqua ed energia.		
3.Manutenzione e stoccaggio	1.Introdurre programmi di manutenzione e stoccaggio. 2.Formazione dei lavoratori e azioni preventive in caso di emergenza.		
4.Minimizzazione degli effetti della rilavorazione	1.Ridurre gli scarti di produzione.		
5.Ottimizzazione e controllo della produzione	1.Determinare i flussi di materia in ingresso e uscita da ogni fase del processo e quelli globali.	Lo scopo è individuare le fasi critiche del processo e calcolare i consumi e la produzione totale.	
Progettazione, costruzione, funzionamento delle installazioni			
6.Implementazione piani di azione	1.Introdurre misure atte a prevenire l'inquinamento come ad esempio usare serbatoi con doppio rivestimento, pavimentare le aree a rischio con materiali opportuni e predisporre ispezioni regolari e piani di emergenza in caso di incidenti.		
7.Stoccaggio delle sostanze chimiche e dei componenti	1.Stoccare separatamente: acidi e cianuri; acidi e alcali; sostanze infiammabili e agenti ossidanti; in ambienti asciutti le sostanze chimiche, che sono spontaneamente combustibili in ambienti umidi, e sempre separatamente dagli agenti ossidanti. 2.Evitare le perdite di inquinanti e la corrosione delle vasche e tubazioni.	Personale che maneggia la sostanza cianurata munito di patentino di cui a decreto regio n. 147 del 9.1.1927. Deposito separato dei Cianuri autorizzato. Tenuta del Registro di carico e scarico dei Cianuri.	
Consumo delle risorse primarie			
9.Elettricità (alto voltaggio e alta domanda di corrente)	1.Minimizzare le perdite di energia reattiva, mediante controlli annuali. 2.Usare barre di conduzione con sezione sufficiente ad evitare surriscaldamento. 3.Evitare l'alimentazione degli anodi in serie. 4.Installare moderni raddrizzatori con un miglior fattore di conversione rispetto a quelli di vecchio tipo. 5.Aumentare la conduttività delle soluzioni. 6.Rilevazione dell'energia	-Nei procedimenti elettrochimici energia elettrica usata sotto forma di corrente continua a basso voltaggio mediante raddrizzatori e trasformatori (utilizzo stimato in una percentuale tra l'80% e il 90% dell'energia elettrica totale usata in una tipica azienda galvanica). - in generale voltaggio compreso tra 2 e 8 Volt mentre densità di corrente tra 0.5 e 10 A/dm ² ; per le lavorazioni rotobarile voltaggio tra 6 e 15 Volt mentre densità di corrente tra 0.5 e 2 A/dm ² .	

MTD per settore galvanico			
argomento	MTD:breve descrizione	note	A/NA
Tecniche di gestione			
	impiegata nei processi elettrolitici.	Esistono delle eccezioni come per esempio per la cromatura a spessore o cromo duro dove il voltaggio varia tra 5 e 8 Volt e la densità di corrente tra 30 e 250 A/dm ² .	
10.Energia termica	1.Usare acqua calda ad alta pressione, acqua calda non pressurizzata, fluidi termici come olii, resistenze elettriche ad immersione 2.Prevenire gli incendi monitorando la vasca in caso di uso di resistenze elettriche ad immersione o metodi di riscaldamento diretti applicati alla vasca.	- Tmax intorno a 80°C e raggiunta nella fase di presgrassatura a base acquosa; al di là di questa fase particolare temperature comprese tra 30°C e 65°C, mentre frequenti sono le soluzioni a Tambiente o che non hanno bisogno di riscaldamento supplementare.	
11.Riduzione delle perdite di calore	1.Ridurre le perdite di calore facendo attenzione ad estrarre l'aria dove serve. 2.Migliorare la composizione delle soluzioni di processo e il range di temperatura di lavoro. 3.Monitorare la temperatura di processo e controllare che sia all'interno dei range designati. 4.Usare le vasche con doppio rivestimento o coibentate. 5.Non usare l'agitazione dell'aria in soluzioni di processo calde dove l'evaporazione causa l'incremento della domanda di energia.	In ambito comunitario: 6.Isolamento delle superfici delle vasche a più alta temperatura mediante l'utilizzo di isolanti flottanti a forma di sfere o esagoni (da evitare dove i pezzi sui telai sono piccoli e leggeri e possono venire sganciati dagli elementi isolanti, dove i pezzi sono troppo larghi e possono far uscire dalla vasca gli elementi flottanti, negli impianti rotobarile e dove gli elementi isolanti possono interferire con il trattamento).	
12.Raffreddamento	1.Prevenire il sovra raffreddamento ottimizzando la composizione della soluzione di processo e il range di temperatura a cui lavorare. 2.Monitorare la temperatura di processo e controllare che sia all'interno dei range designati.		
Recupero dei materiali e gestione degli scarti			
13.Prevenzione e riduzione	1.Ridurre e gestire il trascinamento di materiale (drag out). 2.Aumentare il recupero di materiale. 3.Monitorare le concentrazioni di sostanze e migliorare le soluzioni di processo (con analisi statistica e dove possibile dosaggio automatico).	Il recupero dei metalli dai fanghi è molto importante. Questi possono essere recuperati fuori produzione ma con limitazioni dovute alle variazioni del valore di mercato degli stessi e dalla presenza di impianti di trattamento fanghi. In Italia non sono presenti.	
14.Riutilizzo	I metalli, recuperati in condizioni ottimali, possono essere riutilizzati all'interno del ciclo produttivo o in altri settori per la produzione di leghe.	Vedi tabella 2.2 in appendice dove sono riportati i livelli indicativi di efficienza nell'utilizzo dei metalli.	
15.Recupero delle soluzioni	1.Cercare di chiudere il ciclo(closing the loop) dei materiali in caso della cromatura esavalente a spessore e della		

MTD per settore galvanico			
argomento	MTD:breve descrizione	note	A/NA
Tecniche di gestione			
	cadmiatura.		
16.Resa dei diversi elettrodi	1.Cercare di controllare l'aumento di concentrazione mediante dissoluzione esterna del metallo, con l'elettrodeposizione utilizzando anodo inerte 2. o mediante sostituzione di alcuni anodi solubili con anodi a membrana (delicati e non consigliati in aziende di trattamento terziarie).	1. per processi di dissoluzione dello zinco alcalino senza cianuro. 3.si possono usare anodi insolubili dove la tecnica è sperimentata.	
Emissioni in aria			
17.Emissioni in aria	Non sono normalmente rilevanti le emissioni aeriformi.	Si vedano le tabelle in appendice per verificare quando è necessaria l'estrazione delle emissioni per rispettare le esigenze ambientali e quelle di salubrit� del luogo di lavoro.	
Rumore			
18.Rumore	1.Individuare le principali fonti di rumore e i potenziali soggetti sensibili. 2.Ridurre il rumore mediante semplici operazioni come chiusura di porte e portoni, uso di silenziatori per grandi ventilatori e di schermature acustiche per macchinari molto rumorosi.		
Agitazione delle soluzioni di processo			
19.Agitazione delle soluzioni di processo per assicurare il ricambio della soluzione all'interfaccia	1.Agitazione meccanica dei pezzi da trattare (impianti a telaio) o agitazione mediante turbolenza idraulica. 2.Usare sistemi di agitazione ad aria a bassa pressione. 3.Non usare agitazione attraverso aria ad alta pressione per il grande consumo di energia.	L'agitazione ad aria a bassa pressione � da evitarsi per: soluzioni molto calde, soluzioni con cianuro perch� aumenta la formazione di carbonato e soluzioni contenenti sostanze volatili per le quali l'insufflazione pu� provocare una perdita delle stesse nelle emissioni in aria.	
Minimizzazione dell'acqua e del materiale di scarto			
20.Minimizzazione dell'acqua di processo	1.Monitorare gli utilizzi dell'acqua e delle materie prime e registrare le informazioni regolarmente. 2.Trattare, usare e riciclare l'acqua. 3.Evitare la necessit� di lavaggio tra fasi vicine compatibili.	(*) A causa dei limiti imposti in Italia nelle acque di scarico alla concentrazione di boro, fluoruri, solfati, cloruri e tensioattivi, non � sempre possibile ridurre, oltre un certo valore, il consumo di acqua a causa dell'arricchimento ad ogni riciclo di parametri non depurabili.	
21.Riduzione della viscosit�	1.Ridurre la concentrazione delle sostanze chimiche o usare i processi a bassa concentrazione. 2.Aggiungere tensioattivi. 3.Assicurarsi che il processo chimico non superi i valori ottimali. 4.Migliorare la temperatura a seconda del tipo di processo e della conduttivit� richiesta.		
22.Riduzione del drag	1.Utilizzare una vasca eco-rinse,		

MTD per settore galvanico			
argomento	MTD:breve descrizione	note	A/NA
Tecniche di gestione			
in	nel caso di nuove linee o "estensioni" delle linee 2.Non usare vasche eco-rinse se causano problemi al trattamento successivo.		
23.Riduzione del drag out	1.Usare tecniche per ridurre il trascinamento di materiale dove possibile. 2.Uso di sostanze chimiche compatibili al riutilizzo dell'acqua da un lavaggio all'altro 3.Estrazione lenta del pezzo o del rotobarile. 4.Utilizzare un tempo di drenaggio sufficiente. 5.Ridurre la concentrazione della soluzione di processo dove possibile e conveniente.		
24.Lavaggio	1.Lavaggi multipli per ridurre il consumo di acqua. 2.Contenere gli sversamenti. 3.Tecniche per recuperare materiali di processo facendo rientrare l'acqua dei primi risciacqui nelle soluzioni di processo senza portare ad aumenti indesiderati della concentrazione che compromettano la qualità della produzione.	-(*) si veda sopra -il valore di riferimento per l'uso di acqua negli stadi di risciacquo ottimizzati mediante una combinazione di MTD va da 3 a 20 l/m ² di superficie immersa per stadio (per fase di lavaggio si intende l'insieme dei lavaggi dopo una fase di preparazione, trattamento o finitura);il range varia a seconda della forma e dimensioni del pezzo, della rugosità della superficie da trattare, del trattamento eseguito prima del lavaggio.. Le tecniche spray sono quelle maggiormente usate. Per i circuiti stampati il range è circa 20-25 l/m ² o maggiore a causa dell'alta qualità del prodotto richiesta.	
Mantenimento delle soluzioni di processo			
25.Mantenimento delle soluzioni di processo	1.Aumentare la vita utile dei bagni di processo con riguardo alla qualità del prodotto. 2.Determinare i parametri critici di controllo. 3.Mantenere i parametri entro limiti accettabili utilizzando le tecniche di rimozione dei contaminanti.	3.ad esempio elettrolisi selettiva, membrane, resine a scambio ionico.	
Emissioni: acque di scarico			
26.Minimizzazione dei flussi e dei materiali da trattare	1.Minimizzare l'uso dell'acqua. 2.Eliminare o minimizzare l'uso e lo spreco di materiali, soprattutto delle sostanze principali del processo. 3.Sostituire se possibile e conveniente o controllare l'utilizzo di sostanze pericolose.		
27.Prove, identificazione e separazione dei flussi problematici	1.Verificare l'impatto delle nuove sostanze chimiche, prima del loro utilizzo nel processo, sui preesistenti sistemi di trattamento degli scarichi. 2. Se questi test evidenziano dei problemi, rifiutare le soluzioni	3.come: olii e grassi, cianuri,nitriti, cromati (CrVI), agenti complessanti, cadmio.	

MTD per settore galvanico			
argomento	MTD:breve descrizione	note	A/NA
Tecniche di gestione			
	con i nuovi prodotti chimici o cambiare sistema di trattamento delle acque. 3. Identificare, separare e trattare i flussi che possono rivelarsi problematici se combinati con altri flussi.		
28.Scarico delle acque reflue	1.Per un'installazione specifica i livelli di concentrazione devono essere considerati assieme ai carichi emessi.	-(*) si veda sopra	
Tecniche per specifiche tipologie di impianto			
30.Impianti a telaio	1.Preparare i telai in modo da ridurre le perdite di pezzi e aumentare la conduzione della corrente.		
31.Riduzione del drag-out in impianti a telaio	1.Migliorare il posizionamento dei pezzi per ridurre il fenomeno di scodellamento. 2.Aumentare il tempo di sgocciolamento. 3.Ispezione e manutenzione regolare dei telai verificando che non vi siano fessure e che il loro rivestimento conservi le proprietà idrofobiche. 4.Accordo con il cliente per produrre pezzi disegnati in modo da non intrappolare le soluzioni di processo e/o prevedere fori di scolo. 5. Sistemi di ritorno in vasca delle soluzioni scolate. 6.Lavaggio a spruzzo, a nebbia o ad aria in modo da trattenere l'eccesso di soluzione nella vasca di provenienza.	6.L'inserimento dei lavaggi a spruzzo negli impianti esistenti può non essere fattibile. Bisogna tenere conto che un utilizzo eccessivo dello spray può causare aerosol di sostanze chimiche e un'asciugatura troppo rapida e non uniforme può macchiare le superfici; questo può essere evitato usando spray in ambienti chiusi e spray a bassa pressione.	
32.Riduzione del drag-out in impianti a rotobarile	1.Costruire il rotobarile in plastica idrofobica liscia, ispezionarlo regolarmente controllando le aree abrasi, danneggiate o i rigonfiamenti che possono trattenere le soluzioni 2.Assicurarsi che i fori di drenaggio abbiano una sufficiente sezione in rapporto allo spessore della piastra per ridurre gli effetti di capillarità. 3. Massimizzare la presenza di fori nel rotobarile, compatibilmente con la resistenza meccanica richiesta e con i pezzi da trattare. 4. Sostituire i fori con le mesh-plugs. 5.Estrarre lentamente il rotobarile. 6.Ruotare a intermittenza il rotobarile se i risultati dimostrano maggiore efficienza. 7.Prevedere canali di scolo che riportano le soluzioni	4.Ciò è sconsigliato per pezzi pesanti e laddove i costi e le operazioni di manutenzione possano essere controproducenti. 7.Senza portare ad aumenti indesiderati della concentrazione che compromettano la qualità della produzione. 8.Questa tecnica si applica per i cesti di verniciatura e nelle operazioni di centrifugazione.	

MTD per settore galvanico			
argomento	MTD:breve descrizione	note	A/NA
Tecniche di gestione			
	in vasca. 8.Inclinare il rotobarile quando possibile.		
33.Riduzione del drag-out in linee manuali	1.Sostenere il rotobarile o i telai in scaffalature per assicurare il corretto drenaggio ed incrementare l'efficienza del risciacquo spray. 2.Incrementare il livello di recupero del materiale trascinato usando opportune tecniche.		
Sostituzione e/o controllo di sostanze pericolose			
34.Sostituzione dell'EDTA	1.Evitare l'uso di EDTA e di altri agenti chelanti mediante utilizzo di sostituti. 2.Assicurarsi che non vi sia EDTA nelle acque di scarico. 3.Nel campo dei circuiti stampati utilizzare metodi alternativi come il ricoprimento diretto.	1.come quelli a base di gluconato o usando metodi alternativi.	
35.Sostituzione del PFOS	1.Controllare l'aggiunta di materiali contenenti PFOS misurando la tensione superficiale. 2.Minimizzare l'emissione dei fumi usando, ove necessari, sezioni isolanti flottanti. 3.Cercare di chiudere il ciclo.	1.Il loro utilizzo è minimale e connesso alla sicurezza sul luogo di lavoro. 2.L'uso di elementi flottanti sferoidali o di altre forme è limitato dalla forma dei pezzi che vengono immersi ed estratti dalla soluzione e dalla frequenza di immersione/estrazione. Si possono causare dispersioni nell'ambiente di lavoro degli elementi flottanti contaminati. 3. La chiusura del ciclo va affrontata per singola fase produttiva, il concetto non è espresso in termini di ciclo chiuso ma di un ciclo che tende a chiudersi al massimo consentito dalla tecnologia. Questo avviene di rado in quanto sostanze che vengono sottratte all'acqua di lavaggio non sono di norma riutilizzabili nella fase di provenienza e danno luogo ad eluati concentrati di difficile smaltimento. Vanno inoltre considerati gli impegni di energia e di materiali che divengono spesso controproducenti a livello ambientale rispetto al risultato ottenibile.	
36.Sostituzione del Cadmio	1.Cadmatura in ciclo chiuso.	Data la pericolosità del Cadmio e il limite applicato agli scarichi in Italia è consigliabile la chiusura del ciclo per il Cadmio al di là delle considerazioni di economicità su cui si fonda l'applicazione delle MTD. L'utilizzo della cadmiatura è limitato a richieste su specifiche militari ed aeronautiche.	
37.Sostituzione del cromo esavalente	1.Sostituire, ove possibile, o ridurre, le concentrazioni di impiego del cromo esavalente.		
38.Sostituzione del cianuro di zinco	1.Sostituire, ove possibile, la soluzione di cianuro di zinco con zinco acido o zinco alcalino.		
39.Sostituzione del cianuro di rame	1.Sostituire, ove possibile, il cianuro di rame con acido o pirofosfato di rame.		

MTD per settore galvanico			
argomento	MTD:breve descrizione	note	A/NA
Tecniche di gestione			
Sostituzione di determinate sostanze nelle lavorazioni			
40.Cromatura esavalente a spessore o cromatura dura	1.Riduzione delle emissioni aeriformi 2.Operare con soluzioni di cromo esavalente in base a tecniche che portino alla ritenzione del CrVI nella soluzione di processo.	1.tramite: copertura della soluzione durante le fasi di deposizione o nei periodi non operativi; utilizzo dell'estrazione dell'aria con condensazione delle nebbie nell'evaporatore per il recupero dei materiali; confinamento delle linee/vasche di trattamento, nei nuovi impianti e dove i pezzi da lavorare sono sufficientemente uniformi (dimensionalmente).	
41.Cromatura decorativa	1.Sostituzione dei rivestimenti a base di cromo esavalente con altri a base di cromo trivalente in almeno una linea produttiva se vi sono più linee produttive. 2.Verificare l'applicabilità di rivestimenti alternativi al cromo esavalente 3.Usare tecniche di cromatura a freddo, riducendo la concentrazione della soluzione cromica, ove possibile.	1.Le sostituzioni si possono effettuare con: 1.a cromo trivalente ai cloruri 1.b cromo trivalente ai solfati.	
42.Finitura al cromato di fosforo	1.Sostituire il cromo esavalente ad esempio con sistemi a base di zirconio e silani.		
Sostituzione e scelta della sgrassatura			
44.Sostituzione e scelta della sgrassatura	1.Coordinarsi con il cliente o operatore del processo precedente per ridurre il grasso o l'olio sul pezzo e/o selezionare olii/grassi o altre sostanze che consentano l'utilizzo di tecniche sgrassanti più eco compatibili. 2.Utilizzare la pulitura a mano per pezzi di alto pregio e/o altissima qualità.		
45.Sgrassatura con cianuro	1.Da rimpiazzare con altre tecniche.		
46.Sgrassatura con solventi	1. Può essere rimpiazzata con altre tecniche (sgrassature con acqua).	1.Ci possono essere delle motivazioni particolari a livello di installazione per cui usare la sgrassatura a solventi: - dove un sistema a base acquosa può danneggiare la superficie da trattare; - dove si necessita di una particolare qualità.	
47.Sgrassatura con acqua	1.Ridurre l'uso di elementi chimici e di energia nella fase.	1.usando sistemi a lunga vita con rigenerazione delle soluzioni e/o mantenimento in continuo (durante la produzione) oppure a impianto fermo (ad esempio nella manutenzione settimanale).	
48.Sgrassatura ad alta performance	1.Usare tecniche specialistiche come la pulitura con ghiaccio secco o la sgrassatura a ultrasuoni.	1.usate dove sono necessari elevati requisiti di pulitura; per la pulitura a ghiaccio secco tenere conto della problematica legata al rumore.	
Manutenzione delle soluzioni di sgrassaggio			
49.Manutenzione delle soluzioni di sgrassaggio	1.Usare tecniche che estendono la vita delle soluzioni di sgrassaggio alcaline.	1.come filtrazione, separazione meccanica, separazione per gravità, rottura dell'emulsione per addizione chimica, separazione statica, rigenerazione di sgrassatura biologiche,	

MTD per settore galvanico			
argomento	MTD:breve descrizione	note	A/NA
Tecniche di gestione			
Decapaggio e altre soluzioni con acidi forti - tecniche per estendere la vita delle soluzioni e recupero			
50.Decapaggio e altre soluzioni con acidi forti - tecniche per estendere la vita delle soluzioni e recupero	1.Estendere la vita dell'acido. 2.Utilizzare l'elettrolisi selettiva per rimuovere gli inquinanti metallici e ossidare alcuni composti organici per il decapaggio elettrolitico.	centrifugazione, filtrazione a membrana.	
Recupero delle soluzioni di cromo esavalente			
51.Recupero delle soluzioni di cromo esavalente	1.Recuperare il cromo esavalente nelle soluzioni concentrate e costose mediante scambio ionico e tecniche a membrana.	1.Utilizzo ove conveniente di concentratori o evaporatori prima del passaggio alle resine.	
Lavorazioni in continuo			
52.Lavorazioni in continuo	1.Controllo in tempo reale della produzione per l'ottimizzazione costante del processo 2.Ridurre la caduta del voltaggio tra i conduttori e i connettori.		

Dismissione del sito per la protezione delle falde		
8.Protezione delle falde acquifere e dismissione del sito	1.Tenere conto degli impatti ambientali derivanti dall'eventuale dismissione dell'installazione. 2.Identificare le sostanze pericolose e i loro potenziali pericoli. 3.Identificare i ruoli e le responsabilità delle persone coinvolte nelle operazioni da attuarsi in caso di incidenti. 4.Informare il personale sulle tematiche ambientali. 5.Aggiornare annualmente le informazioni come previsto nel SGA.	

Appendice alla tabella 2.1 Livelli indicativi di efficienza nell'utilizzo dei metalli ⁽⁵⁾.

Processo	% di efficienza dei materiali
Zincatura	70% con passivazione (tutti i processi) 80% senza passivazione (tutti i processi) 95% per processi in continuo
Nichelatura elettrolitica (closing the loop)	95%
Nichelatura elettrolitica (ciclo non chiuso)	80 - 85%

Processo	% di efficienza dei materiali
Ramatura (processi con cianuro)	95%
Ramatura (ciclo non chiuso)	95%
Cromatura con Cr VI (closing the loop)	95%
Cromatura con Cr VI (ciclo non chiuso)	80 - 90%
Rivestimento con metalli preziosi	98%
Cadmiatura	99%

Appendice alla tabella 2.1 Soluzioni o attività che possono richiedere l'estrazione di aria (⁵).

Tipo di soluzione o attività	Soluzioni che richiedono estrazione dell'aria
Cianuro	In tutti i casi
Cadmio	In tutti i casi
Cromo esavalente con uno o più dei seguenti attributi	· soluzioni di elettrodeposizione · caldo · agitato con aria
Soluzioni di nichel	Quando agitato con aria
Ammoniaca	Soluzioni che producono ammoniaca, sia dove l'ammoniaca è un componente sia dove è un sottoprodotto
Polvere prodotta da attività quali la lucidatura e pulitura	Tutte
Uso di anodi insolubili	Dove c'è rischio di esplosione

Appendice alla tabella 2.1 Soluzioni acide e alcaline che possono richiedere l'estrazione di aria (⁵).

Soluzioni acide	Soluzioni che non necessitano di estrazione	Soluzioni che necessitano di estrazione
Processi con acido nitrico con emissioni di NOx		Processi per i trattamenti delle superfici di metalli simili come risultato nel rilascio in aria di ossido di azoto includono: · lucidatura chimica dell'alluminio · pulitura chimica ad immersione per la lucidatura delle leghe di rame · decapaggio usando acido nitrico, che potrebbe contenere anche acido fluoridrico · pulitura in situ usando acido nitrico · strippaggio chimico con acido nitrico

Soluzioni acide	Soluzioni che non necessitano di estrazione	Soluzioni che necessitano di estrazione
Decapaggio e strippaggio usando acido cloridrico	Acido cloridrico usato a T ambiente e a concentrazioni sotto il 50 % v/v grado tecnico con acqua, generalmente non produce gas o fumi di HCl che richiedono l'estrazione per motivi di salute e sicurezza	Acido cloridrico usato a concentrazioni alte e/o a elevate T che generano rilascio significativo di gas e fumi di HCl che richiede l'estrazione per motivi di salute e sicurezza e per prevenire la corrosione nell'ambiente di lavoro. (il grado tecnico è di 31 - 36 % di HCl, perciò la diluizione di 50% equivale a una soluzione di 15 -18% di HCl. Soluzioni più forti richiedono estrazione)
Decapaggio e strippaggio usando acido solforico	Acido solforico usato a T sotto 60° C generalmente non produce nebbia acida che richiede l'estrazione	Acido solforico usato a T superiori a 60°C produce un aerosol di acido che richiede l'estrazione per motivi di salute e sicurezza nell'ambiente di lavoro e per evitare danni da corrosione al materiale stoccato pre e post trattamento, alle strutture ed agli impianti.
Decapaggio con acido fluoridrico		In tutti i casi
Soluzioni alcaline		
Sgrassatura alcalina a base acquosa	Gli elementi chimici alcalini non sono volatili e non richiedono l'estrazione dei fumi per motivi di salute e sicurezza o per protezione dell'ambiente	Le vasche di lavaggio alcalino che operano a T superiori a 60°C possono generare significanti quantità di vapore acqueo che possono essere estratte per il comfort dell'operatore e per prevenire la corrosione

Appendice alla tabella 2.1 Tecniche per minimizzare la quantità d'aria da trattare e ridurre le emissioni ⁽⁵⁾.

Emissioni [mg/Nm ³]	Range di emissioni associati con potenziali MTD [mg/Nm ³]	Attività a ciclo continuo [mg/Nm ³]	Alcune Tecniche usate per soddisfare le necessità ambientali associate ai range d'emissione
Ossido di azoto (acido totale formatosi come NO ₂)	<5 - 500		Scrubber o torri di adsorbimento generalmente raggiungono valori al di sotto di 200 mg/l e più bassi con scrubber alcalini
Acido fluoridrico	<0.1 - 2		Scrubber alcalino
Acido cloridrico	<0.3 - 30	Processi con stagno o cromo (ECCS) 25-30	Valori più bassi potrebbero essere raggiunti senza trattamento EoP scrubber ad acqua
SO _x come SO ₂	0.1 - 10		Torri a scambio in controcorrente con scrubber alcalino finale

Emissioni [mg/Nm ³]	Range di emissioni associati con potenziali MTD [mg/Nm ³]	Attività a ciclo continuo [mg/Nm ³]	Alcune Tecniche usate per soddisfare le necessità ambientali associate ai range d'emissione
Ammonio come N- NH ₃	0.1 - 10		scrubber ad umido
Cianuro	0.1 - 3.0		Agitazione senza aria.Processi a bassa temperatura.Processi senza cianuri. Il limite inferiore del range può essere raggiunto usando uno scrubber alcalino.
Zinco	<0.01 - 0.5	Processi a zinco, zinco-nichel 0.2 - 2.5	Il valore inferiore può essere raggiunto senza trattamenti. Scrubber ad acqua
Rame	<0.01 - 0.02		Il valore inferiore può essere raggiunto senza trattamenti
Cromo esavalente, composti con cromo	Cr(VI) <0.01 - 0.2 Cromo tot <0.1		Sostituzione del cromo esavalente con cromo trivalente o tecniche senza cromo. Droplet separator. Scrubber o torri di adsorbimento
Ni e suoi composti come nichel	<0.01 - 0.1		Il valore inferiore può essere raggiunto senza trattamenti. Condensazione in scambiatori a caldo Scrubber ad acqua o alcalino. Filtri (per soluzioni agitate ad aria)
Particolato	<5 - 30	Processi con stagno o cromo (ECCS) 1-20	Il trattamento potrebbe non essere necessario Per il trattamento del particolato a secco potrebbero essere necessari, per raggiungere il limite inferiore: Scrubber ad umido, Ciclone, Filtri. Per i processi a umido, scrubber ad umido o alcalino raggiungono il limite inferiore.

2.3 L'industria galvanica in Italia e nel Veneto soggetta a IPPC

A causa dell'estrema varietà e complessità del settore si utilizza un metodo approssimativo per descriverlo basato sull'analisi di dati ISTAT relativi ai censimenti delle imprese industriali che rientrano nella **categoria economica '28510 Trattamento e Rivestimento dei Metalli'** (5).

Si deve tuttavia considerare che non fanno parte della categoria aziende che trattano materie plastiche, che operano nel campo dei circuiti stampati o che si trovano in altre categorie economiche ma svolgono in alcuni reparti trattamenti superficiali su beni di propria produzione (come industrie metallurgiche).

In base ai dati Istat sono più di 6000 le aziende in Italia della categoria economica citata: nel 1991 sono state 6014, nel 1996 6064, mentre nel 2001 6062 (si veda tabella 2.6).

Tabella 2.2. Dati ISTAT 2001 relativi ai censimenti delle imprese industriali che rientrano nella categoria economica '28510 Trattamento e Rivestimento dei Metalli' (5).

Classe Addetti	Numero Imprese Anno 2001
<i>1</i>	<i>1315</i>
<i>2</i>	<i>819</i>
<i>Da 3 a 5</i>	<i>1244</i>
<i>Da 6 a 9</i>	<i>966</i>
<i>Da 10 a 15</i>	<i>821</i>
<i>Da 16 a 19</i>	<i>271</i>
<i>Da 20 a 49</i>	<i>489</i>
<i>Da 50 a 99</i>	<i>105</i>
<i>Da 100 a 199</i>	<i>29</i>
<i>Da 200 a 249</i>	<i>1</i>
<i>Da 250 a 499</i>	<i>2</i>

Si stima che le imprese nella categoria economica 28.510 soggette ad IPPC siano 1844, suddivise per classi di addetti come in tabella 2.7.

A queste andranno aggiunte aziende che lavorano i materiali plastici e quelle uscite dal campo di rilevazione Istat per qualsiasi motivo.

Tabella 2.3. Stima delle imprese che rientrano nella categoria economica '28510 Trattamento e Rivestimento dei Metalli' e ricadono nella direttiva IPPC (⁵).

Classe Addetti	Numero Imprese IPPC nella categoria 28510 stimate
<i>1</i>	<i>0</i>
<i>2</i>	<i>81</i>
<i>Da 3 a 5</i>	<i>249</i>
<i>Da 6 a 9</i>	<i>289</i>
<i>Da 10 a 15</i>	<i>328</i>
<i>Da 16 a 19</i>	<i>271</i>
<i>Da 20 a 49</i>	<i>489</i>
<i>Da 50 a 99</i>	<i>105</i>
<i>Da 100 a 199</i>	<i>29</i>
<i>Da 200 a 249</i>	<i>1</i>
<i>Da 250 a 499</i>	<i>2</i>
<i>Totale imprese in IPPC</i>	<i>1844</i>

Per quanto riguarda la distribuzione territoriale degli impianti galvanici, si utilizzano sempre i dati forniti da ISTAT (si veda tabella 2.8).

La suddivisione degli impianti per regione è comunque indicativa dato che comprende tutte le imprese della categoria economica "28510" ed esclude quelle non appartenenti alla categoria ma soggette alla IPPC o che sono estranee al campo di rilevazione Istat.

Bisogna dunque accertarsi quante siano in realtà le attività, in ciascuna regione, con un volume totale delle vasche, utilizzate per trattamenti chimici od elettrochimici, superiore a 30 m³.

Tabella 2.4. Distribuzione delle imprese galvaniche, delle unità locali e degli addetti per regione ⁽⁵⁾.

Regione	Categoria economica 28510 NUMERO IMPRESSE Istat 2001	UNITÀ LOCALI Istat 2001	ADDETTI Istat 2001	Media Addetti per Unità locale 2001
Piemonte	969	1058	7956	7.5
Valle d'Aosta	4	4	23	5.7
Lombardia	2198	2371	18786	7.9
Trentino Alto Adige	29	30	330	11
Veneto	777	858	8540	9.9
Friuli Venezia Giulia	89	102	1165	11.4
Liguria	65	72	452	6.2
Emilia-Romagna	720	773	6600	8.5
Toscana	393	417	2864	6.8
Umbria	29	32	358	11.1
Marche	152	165	1714	10.38
Lazio	124	137	1194	8.7
Molise	5	6	178	29.6 Max
Campania	174	201	2127	10.5
Puglia	109	125	1498	11.9
Basilicata	18	21	201	9.5
Sicilia	75	82	523	6.3
Sardegna	32	41	199	4.8 min
Abruzzo	52	58	990	17
Calabria	48	51	308	6
Totale Italia	6062	6604	56006	8.48

Il numero di aziende venete soggette alla direttiva nell'ambito dei processi di trattamento superficiale dei metalli e quindi identificate dal codice 2.6 era 92 nel 2011; il numero è stato calcolato in base a quante aziende hanno presentato domanda di AIA all'Autorità Competente ⁽⁶⁾.

Il grafico di figura 2.7 rappresenta la suddivisione per provincia delle ditte venete in questione: la maggior parte delle aziende (29) si trova in provincia di Vicenza mentre in provincia di Belluno ne sono presenti solo 2.

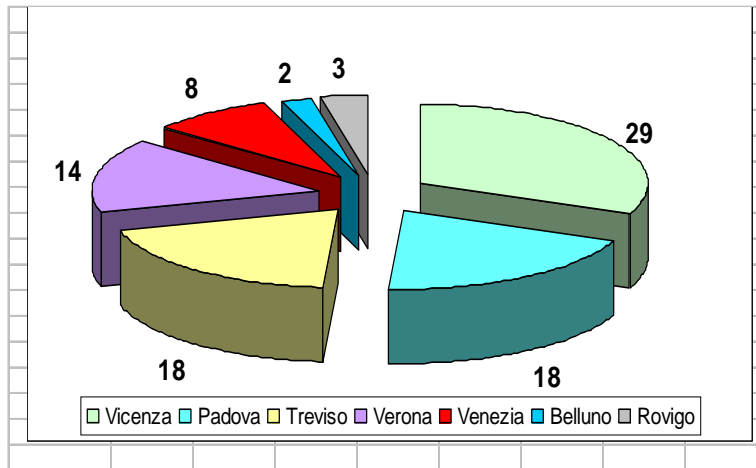


Figura 2.7. Ripartizione per provincia delle aziende galvaniche soggette a IPPC in Veneto ⁽⁶⁾.

Capitolo 3

Analisi degli Indicatori di Performance Ambientale

3.1 Introduzione

Per l'analisi degli indicatori di prestazione ambientale delle aziende venete si sono presi in considerazione i report annuali inviati al dipartimento ARPAV competente per territorio nell'ambito di applicazione dell'AIA e del relativo PMC.

L'anno di riferimento dei report analizzati è il 2011 dato che la scadenza è prevista per fine aprile dell'anno successivo e dunque i report 2012 non sono ancora a disposizione.

Il numero di report relativi all'anno 2011 è 22; rispetto all'anno precedente (11) è aumentato in quanto sono state rilasciate diverse AIA definitive.

Per ragioni di riservatezza le aziende oggetto dello studio non sono indicate con il loro nome ma con una lettera dell'alfabeto.

Prima di tentare un confronto tra le prestazioni ambientali delle aziende attraverso l'analisi degli indicatori di performance ambientale, si riportano due tabelle: nella tabella 3.1 sono elencati i trattamenti galvanici realizzati dalle aziende mentre nella tabella 3.2 si riporta la suddivisione delle ditte in due gruppi sulla base del denominatore utilizzato per gli indicatori.

Tabella 3.1. A fianco ad ogni azienda vengono riportati i trattamenti galvanici effettuati.

Azienda	Attività galvaniche svolte
A	Cromatura e nichelatura
B	Ossidazione anodica, brillantatura e pulitura dell'alluminio
C	Cromatura
D	Nichelatura, cromatura, zincatura e ossidazione anodica
E	Zincatura, nichelatura, ramatura, stagnatura e ottonatura
F	Zincatura
G	Cromatura, nichelatura e ossidazione anodica
H	Zincatura
I	Cromatura
L	Zincatura
M	Cromatura

Azienda	Attività galvaniche svolte
N	Ossidazione anodica
O	Ossidazione anodica
P	Zincatura
Q	Cromatura, nichelatura e ottonatura
R	Cromatura e nichelatura
S	Ossidazione anodica
T	Cromatura
U	Zincatura
V	Zincatura, nichelatura
Z	Cromatura
K	Ossidazione anodica

Tabella 3.2. Le aziende galvaniche sono suddivise in base al denominatore degli IPA.

IPA normalizzati rispetto ai m ² di superficie trattata	A,C,D,H,I,M,Q,R,T,U,V Di cui O,S,K per anodizzazione/ossidazione anodica
IPA normalizzati rispetto ai kg di superficie trattata	E,F,G,L,N,Z

Osservando la seconda tabella, si può notare che le aziende B e P non compaiono in quanto non vengono riportati nei rispettivi report né gli IPA né il dato “kg o m² di superficie trattata” necessario per un eventuale calcolo degli IPA perché non richiesto nell’AIA.

Gli indicatori normalizzati rispetto ai m² o kg di prodotto trattato non rappresentano in modo significativo le prestazioni ambientali dell’impianto secondo quanto dichiarato dal gestore della ditta B (si rileva la stessa criticità anche per la ditta P) a causa della diversità con cui le operazioni di pulitura, anodizzazione, brillantatura e verniciatura dell’alluminio possono essere condotte in base al pezzo (es. forma) e alle caratteristiche che il cliente richiede per il prodotto (es. spessore di ossido): potrebbe cambiare il tempo di bagno, il consumo di energia elettrica, il numero di lavaggi, il drag out (ovvero il trascinamento di materiale) a seconda della tipologia di prodotto.

Per il seguente motivo, le due aziende non sono state considerate nell’analisi degli indicatori.

Per un confronto tra le performance ambientali sarebbe stato più utile l’utilizzo di IPA con lo stesso denominatore, in particolare con denominatore ‘m² di superficie trattata’ dato che il trattamento galvanico consiste nel modificare la superficie del pezzo e non l’intera massa.

Inoltre nelle “Linee Guida per le migliori Tecniche Disponibili nei Trattamenti di superficie dei metalli” sono presenti alcuni indicatori normalizzati rispetto ai m² (riportati anche nella check-list di

ispezione). Questi valori sono stati ottenuti mediante una combinazione ottimale di MTD e possono essere utilizzati per valutare quelli relativi alle aziende.

Nel caso delle aziende A,C,D,H,I,M,Q,R,T,U,e V la superficie trattata è stata calcolata a partire dai kg, spessore e densità del metallo depositato.

Nel caso delle aziende E,F,G,L ,N e Z è probabile che il calcolo dei m^2 non sia stato possibile per la complessità delle forme e per la variabilità dello spessore dei pezzi trattati.

La forma dipende dal tipo di prodotto che il cliente richiede all'azienda mentre lo spessore viene deciso in base alle caratteristiche che il materiale deve assumere.

Nel lavoro di tesi vengono descritte inoltre aziende che effettuano processi di anodizzazione dell'alluminio.

La fase di anodizzazione rappresenta l'unico trattamento che avviene senza apporto di materiale; consiste nell'immergere il manufatto di alluminio in una soluzione acquosa di acido solforico e nel collegarlo al polo positivo di un generatore di corrente continua.

Mediante il passaggio di corrente il pezzo funziona da anodo: si forma così uno strato di ossido di alluminio che aderisce perfettamente alla superficie del pezzo.

Questo è un aspetto che differenzia notevolmente l'ossidazione anodica dagli altri trattamenti che avvengono con apporto di materiale e dove il pezzo funziona da catodo durante la fase di elettrodeposizione; per tale motivo l'anodizzazione non viene descritta assieme agli altri processi galvanici e presenta alcune MTD specifiche (non presenti nella check-list di ispezione) e sempre per lo stesso motivo nel lavoro di tesi le aziende di ossidazione anodica sono state esaminate a parte (aziende S,O e K; non sono incluse le ditte D e G perché la produzione non riguarda solo l'anodizzazione).

Per il calcolo della superficie di alluminio è necessario conoscere il consumo di energia elettrica, il tempo di permanenza nell'ossidazione, la densità di corrente e la tensione elettrica.

Nelle linee guida italiane è riportata anche una formula empirica che permette di determinare a priori lo spessore di ossido ed è la seguente:

$-s=0,3*d*t$ dove s è lo spessore di ossido di alluminio in micron, t il tempo in minuti, d la densità di corrente in A/dm^2 e 0,3 il fattore di proporzionalità.

3.2 IPA delle aziende galvaniche

Il lavoro di confronto, come in parte premesso, ha evidenziato una grande difficoltà nel trovare degli indicatori che descrivano in modo significativo i risultati dell'azienda in termini di performance ambientale e nella scelta di alcuni indicatori standard che possano essere utilizzati per tutte le ditte del settore considerato. Il motivo è la diversità che esiste non solo tra i vari trattamenti galvanici ma anche nell'ambito della stessa tipologia di trattamento: come emergerà anche dall'analisi, una ditta che si occupa solo di cromatura presenta in genere dei consumi di energia molto diversi rispetto alle altre ditte oppure uno stesso trattamento viene condotto in tempi diversi e con consumi diversi a seconda della forma del metallo da trattare e delle caratteristiche che il cliente richiede per il prodotto.

I report presentavano così un'elevata disomogeneità degli IPA; è stato necessario uniformarli riportando in tabelle quelli maggiormente utilizzati e più significativi nel definire le prestazioni ambientali delle aziende.

Alcuni indicatori sono stati ricavati direttamente dalle tabelle inserite nei report delle ditte, secondo quanto previsto nel PMC, mentre altri (nelle tabelle sono evidenziati in verde) sono stati ricavati a partire dai dati presenti nei report.

Nel lavoro di tesi non sono state considerate:

-le aziende P e B per i motivi spiegati al paragrafo precedente;

-l'azienda N che, avendo ricevuto l'AIA definitiva solamente nel mese di maggio dell'anno 2011, presenta dati relativi agli ultimi tre mesi e quindi gli indicatori potrebbero non essere ancora rappresentativi;

-la ditta Z perché non si dispone per il confronto di aziende che si occupano di cromatura e abbiano indicatori normalizzati rispetto alla massa di prodotto trattato come l'azienda in questione.

Sono stati quindi utilizzati 18 report: 15 sono relativi ad aziende che effettuano uno o più trattamenti superficiali con apporto di materiale e 3 si riferiscono a ditte che eseguono processi di anodizzazione e vengono studiati a parte.

Le 15 aziende sono state divise in due tabelle sulla base del denominatore degli IPA in quanto non è stato possibile poter esprimere tutti gli indicatori con lo stesso denominatore (m^2 , kg).

Si ripete ancora una volta che per la seguente analisi sarebbe stato più significativo avere a disposizione indicatori con lo stesso denominatore, in particolare su " m^2 di superficie trattata" in modo tale da poter sfruttare nel confronto i valori di riferimento riportati nelle linee guida per le MTD.

Nella tabella 3.3 sono riportati gli IPA espressi su unità di massa mentre nella tabella 3.4 gli IPA su unità di superficie; in entrambi i casi gli indicatori sono relativi alle diverse matrici ambientali (consumo di materie prime/additivi, di acqua, di energia e di combustibile, produzione di rifiuti).

Si tenga presente che, per le aziende che effettuano più trattamenti galvanici o più tipologie dello stesso trattamento in diverse linee (o stabilimenti), nel caso in cui non sia stato possibile calcolare

gli indicatori mancanti attraverso una media ponderata, è stato necessario ipotizzare che gli input e gli output di processo si riferiscano all'intero impianto produttivo e non alla singola linea produttiva.

Inoltre alla voce "consumo specifico di materie prime/additivi" vengono presentati sia indicatori che si riferiscono a tutte le materie prime e gli additivi utilizzati nel processo galvanico sia indicatori che si riferiscono ad un solo composto (usato come materia prima e/o additivo), il cui utilizzo è frequente nelle aziende del settore considerato; allo stesso modo sotto la voce "produzione specifica di rifiuti" si trovano indicatori relativi al totale di rifiuti o ad uno specifica tipologia di rifiuto.

Nel prossimo paragrafo si riportano alcune osservazioni generali relative alle aziende studiate, utili per comprendere più facilmente l'analisi impostata nel lavoro di tesi e alcune proposte per risolvere delle criticità che si sono riscontrate durante il tirocinio nel confronto tra le performance ambientali delle ditte.

3.2.1 Tabelle degli IPA

Tabella 3.3. Dati relativi alle aziende che utilizzano indicatori normalizzati rispetto ai kg di prodotto trattato.

Azienda:	E	F	G	L
Trattamenti:	zincatura,nichelatura,ramatura, stagnatura,ottonatura,piombatura	zincatura	nichelatura,cromatura,ossidazione anodica	zincatura
Prodotto finito in kg:	3.350.000	2.359.000	tot prod.stabilimento=754.775 tot prod.galvanica=141.915 di cui: prodotto nichelato=44.400 prodotto cromato=12.115 alluminio anodizzato=85.400	1.750.000
Consumo specifico di materie prime totali in kg/kg:	0,027	0,021	Non è possibile calcolare il consumo specifico di materie prime totali perché non tutte le materie prime hanno la stessa u.m	Calcolo non possibile perché non è riportata l'u.m di materie prime e prodotti ausiliari
Consumo specifico di prodotti ausiliari totali in kg/kg:	0,037	0,031	0,222 (rispetto ai kg di prod.galvanica)	
Consumo specifico di materia prima o additivo in kg/kg:	acido solforico=0,0078 acido cloridrico=0,00045 soda caustica=0,0011	acido solforico=0,0071 acido cloridrico=0,0034 soda caustica=0,0262	acido solforico=0,1013 acido cloridrico=0,10396 soda caustica=0,0358 (gli IPA sono normalizzati rispetto ai kg di prod.galvanica)	

Azienda:	E	F	G	L
Produzione specifica di rifiuti in kg/kg:	tot=0,058 imballaggi=0,0035 fanghi=0,0496	tot=0,021 imballaggi=0,00046 fanghi=0,0091 acidi di decapaggio=0,0029 soluzioni di lavaggio=0,005	tot=0,944(rispetto ai kg di prod.stab.) imballaggi=0,006(rispetto ai kg di prod.stab.) fanghi=0,079(rispetto ai kg di prod.galv. +altro) acidi di decapaggio=2,953(rispetto ai kg di prod.galv.) soluzioni di lavaggio=1,167(rispetto ai kg di prod.galv.)	tot=0,026 imballaggi=0,0004 fanghi=0,017 soluzioni di lavaggio=0,008
Consumo specifico di acqua in m³/m²:	tot=0,007 per uso industriale=0,0068 per uso civile=0,0002	tot=0,007 per uso ind.= 0,006 per uso civ.= 0,001	per prod.galv.=0,249 (rispetto ai kg di prod.galv.)	tot=0,026
Consumo specifico di energia elettrica in kwh/kg:	tot=180,1 per prod.=81,44	tot=0,256	tot=0,010 (rispetto ai kg di prod.stab.)	tot=0,026
Consumo specifico di combustibile in m³/m²:	0,022	0,027	per uso industriale=2,88 (rispetto ai kg di prod.galv.)	tot=0,00002

Le aziende F ed L si occupano di zincatura elettrolitica mentre le aziende E e G realizzano più trattamenti superficiali.

La ditta E riporta solo il prodotto totale trattato mentre la ditta G sia la produzione relativa alle attività galvaniche e suddivisa nei suoi tre trattamenti (nichelatura, cromatura e ossidazione anodica), sia quella di stabilimento che risulta molto superiore rispetto a quella inerente al solo processo galvanico perché l'azienda si occupa di più attività (come ad esempio trattamenti meccanici).

Il report della ditta G risulta il più complesso da analizzare perché alcuni indicatori sono normalizzati rispetto alla produzione galvanica mentre altri rispetto alla produzione totale che comprende più trattamenti tra cui quelli galvanici.

Rientrano ad esempio nella seconda categoria il consumo specifico di energia elettrica e la produzione specifica di rifiuti che riguardano non solo il processo galvanico ma anche le altre attività di cui l'azienda si occupa; i contributi delle diverse attività non sono tuttavia identificabili.

Una soluzione per l'indicatore energetico potrebbe essere quella di proporre all'azienda l'utilizzo di un contatore che monitori il consumo di energia usata nel solo reparto galvanico.

In corrispondenza della voce "consumo di materie prime/additivi", il calcolo del consumo totale di materie prime impiegate dalla ditta G non è stato eseguito per disomogeneità delle unità di misura (u.m); per la ditta L invece il calcolo non è stato possibile perché non viene specificata l'u.m (nel report c'è ambiguità tra litri e kg).

Per ovviare a questo problema, si potrebbe richiedere all'aziende di riportare sempre in modo chiaro l'u.m utilizzata e, se possibile, di esprimere le materie prime e gli additivi con la stessa u.m.

Tabelle 3.4 e 3.5. Dati relativi alle aziende che utilizzano indicatori normalizzati rispetto ai m² di superficie trattata.

Azienda:	A	C	D	I	H	M
Trattamenti:	nichelatura, cromatura	cromatura	zincatura, nichelatura, cromatura, anodizzazione	cromatura	zincatura	cromatura
Prodotto finito in m²:		5148,458	sup.totale.=562.113 sup.nichelata=209.592 sup.cromata=1875 sup.anodizzata=2183 (gli IPA sono normalizzati rispetto alla sup.totale)	62.480,05	197.438	137.744,1
Consumo specifico di materie prime totali in kg/m²:		2,75	0,13	1,42	0,07	0,948 (tot materie prime e additivi)
Consumo specifico di prodotti ausiliari totali in kg/m²:		0,23	0,21	Calcolo non possibile per disomogeneità delle u.m	0,53	
Consumo specifico di materia prima o additivo in kg/m²:	acido solforico=0,0929 acido cloridrico=0,23 soda caustica=0,07	acido cromico=2,51 acido cloridrico=0,23		acido solforico=0,0145 acido cromico=1,41	Acido solforico=0,0346 Acido cloridrico=0,0266 Soda caustica=0,2599	calcolo non possibile (dati non visibili)
Produzione specifica di rifiuti in kg/m²:	tot=0,5 fanghi=0,25 imballaggi=0,12	tot=9,43 fanghi=1,55 imballaggi=0,04 acidi di decapaggio=1,75	tot=1,31 fanghi=0,188 imballaggi=0,035	tot=3,07 fanghi=0,2624 imballaggi=0,044	Tot=1,346 Fanghi=0,636 Imballaggi=0,0027 Soluzioni di lavaggio=0,235 Acidi di decapaggio=0,278	tot=1,5 fanghi=0,29 imballaggi=0,06

Azienda:	A	C	D	I	H	M
Consumo specifico di acqua in m³/m² per uso industriale e civile:	tot=0,14	tot=0,30 per uso ind.=0,26 per uso civ.=0,04	tot=0,183 per uso ind.=0,176 per uso civ.=0,007	tot=0,014 per uso ind.=0,0125 per uso civ.=0,0016	Tot=0,035 Per uso ind.=0,033 Per uso civ.=0,002	tot=0,011
Consumo specifico di E. elettrica in kwh/m²:	tot=2,12	tot=304,53 per prod.= 184,83	tot=5,59	tot=58.52	tot=2,30	tot=8,77
Consumo specifico di combustibile in m³/m²:	0,05	1,76		0,00010	0,269	0,872

Azienda:	Q	R	U	V	T
Trattamenti:	cromatura, nichelatura, ottonatura	cromatura, nichelatura	zincatura	zincatura, nichelatura	cromatura
Prodotto finito in m²:	1.168.687	101.195	364.520	421.762	197.173,06
Consumo specifico di materie prime totali in kg/m²:	0,028	0,192	u.m disomogenee o non riportate	0,5	0,082
Consumo specifico di prodotti ausiliari totali in kg/m²:	0,24	1,15		0,09	0,323
Consumo specifico di materia prima o additivo in kg/m²:	acido solforico=0,071 acido cloridrico=0,0032 soda=0,071	acido solforico=0,079 acido cloridrico=0,027 soda=0,479		acido solforico=0,18 acido cloridrico=0,10 soda=0,13	acido solforico=0,029 acido cloridrico=0,073
Produzione specifica di rifiuti in kg/m²:	tot=0,14 fanghi=0,068 imballaggi=0,012	tot=5,53 fanghi=0,715 imballaggi=0,282 acidi di decapaggio=0,021 soluzioni di lavaggio=2,642	tot=0,24 fanghi=0,20 acidi/basi di decapaggio=0,04	tot=0,894 fanghi=0,360 acidi/basi di decapaggio=0,531 imballaggi=0,003	tot=0,31 fanghi=0,228 basi di decapaggio=0,075
Consumo specifico di acqua in m³/m²:	tot=0,052	tot=0,031 per uso ind.=0,026 per uso civ.=0,005	tot=0,03	tot=0,1594 per uso ind.=0,1572 per uso civ.=0,0002 demi=0,00003(trascurata)	tot=0,129
Consumo specifico di energia elettrica in kwh/m²:	tot=0,737	tot=11,15 per prod.=1,57	per prod.=0,55	per prod.=2,30	2,9
Consumo specifico di combustibile in m³/m²:	0,24	0,003	0,410	0,220	0,5

Le aziende C,H,I,U,T ed M si occupano di un solo trattamento superficiale mentre le rimanenti di più attività galvaniche; tra queste A non riporta i m² di prodotto trattato ma solo gli IPA, D sia i m² di superficie totale sia i m² di superficie relativa ad ogni specifico trattamento mentre le aziende Q,R e V non distinguono i m² di prodotto per trattamento.

Per le aziende Q ed R tutti gli indicatori sono stati ricavati da quanto dichiarato nei report perché le due ditte presentavano IPA monitorati con frequenza mensile. Questi non sono stati presi in considerazione ai fini dell'analisi – ad esempio gli indicatori relativi al consumo di materie prime/additivi sono influenzati dalle fluttuazioni mensili relative all'acquisto di materie prime/additivi piuttosto che dall'effettivo consumo: in alcuni mesi potrebbero quindi essere nulli se non sono stati acquistati prodotti in quel periodo.

Si ritiene invece più opportuno riportare gli indicatori monitorati con frequenza annuale.

Nel considerare il report dell'azienda Q bisogna ricordarsi che gli indicatori non si riferiscono all'intero anno ma solo al periodo da luglio a dicembre perché la ditta ha ricevuto l'AIA definitiva nel mese di maggio; l'azienda potrebbe quindi riportare degli indicatori meno rappresentativi rispetto a quelli delle altre aziende.

In corrispondenza della voce “consumo specifico di materie prime/additivi”, alcuni indicatori non sono stati calcolati per diversi motivi come mancanza di una distinzione tra materie prime e additivi e disomogeneità delle u.m utilizzate.

3.3 Confronto tra le prestazioni ambientali delle aziende attraverso l'analisi dei dati relativi agli IPA

Nei seguenti paragrafi gli IPA vengono analizzati per singolo impatto ambientale con richiamo, se possibile, agli indicatori di riferimento (⁵) nel confronto tra le aziende con indicatori normalizzati rispetto ai m² di superficie trattata e con l'introduzione di qualche proposta utile per poter migliorare l'analisi.

In ogni paragrafo vengono confrontati prima gli indicatori riportati in tabella 3.3 e poi quelli di tabella 3.4; tra le aziende del secondo gruppo vengono considerate a parte quelle che si occupano solo di cromatura (C,M,I,T) perché presentano in genere consumi più elevati.

Alla fine della tesi vengono invece analizzati gli indicatori relativi alle aziende che operano nel campo dell'ossidazione anodica.

Gli elementi che concorrono a definire l'impatto ambientale del settore sono:

- il consumo di risorse primarie (acqua, energia, materie prime/additivi);
- la produzione di rifiuti;
- le emissioni di inquinanti in acqua.

Dal punto di vista ambientale le emissioni in aria non risultano normalmente rilevanti (⁵) grazie alla diffusione e applicazione di sistemi di abbattimento efficaci come gli scrubber.

3.3.1 Consumo specifico di materie prime/additivi

Primo gruppo:

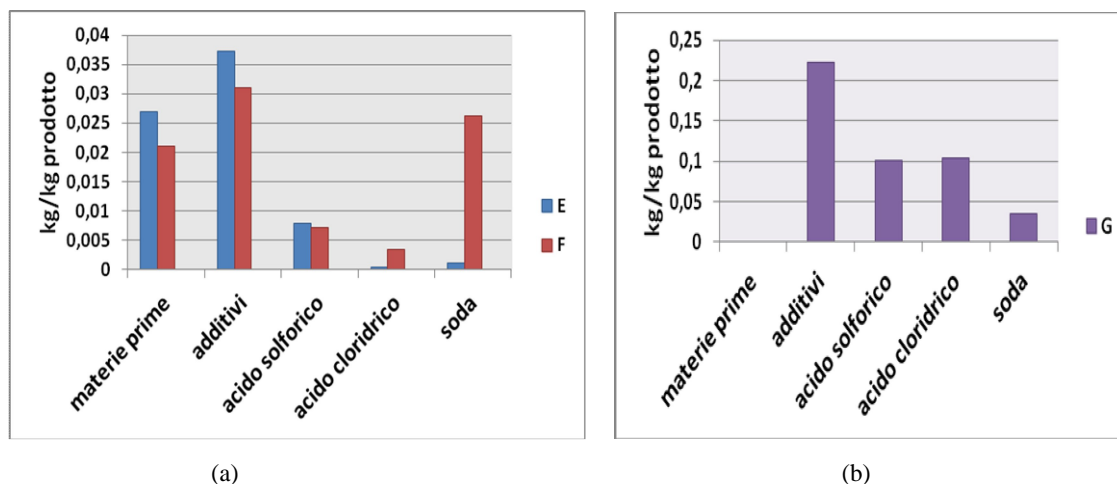


Figura 3.1. Consumi specifici di materie prime/additivi delle aziende E ed F in figura a) e dell'azienda G in figura b).

Il grafico 3.1 rappresenta i consumi specifici di materie prime/additivi delle aziende E,F e G. I consumi della ditta G sono stati raffigurati a parte perché risultano essere molto più elevati.

Le ditte E ed F presentano infatti degli indicatori, ad eccezione di quello relativo alla soda, simili tra loro; i consumi medi di materie prime e di additivi per le due aziende sono rispettivamente pari a 0,024 kg/kg e 0,034 kg/kg mentre il consumo totale di additivi per l'azienda G è chiaramente superiore (0,222 kg/kg).

Gli indicatori relativi all'azienda G, calcolati come rapporto tra materie prime/additivi e kg di produzione galvanica, risultano maggiori perché potrebbero riferirsi non solo all'attività galvanica ma anche ad altri trattamenti; nel report l'utilizzo dei prodotti non viene tuttavia specificato.

Secondo gruppo:

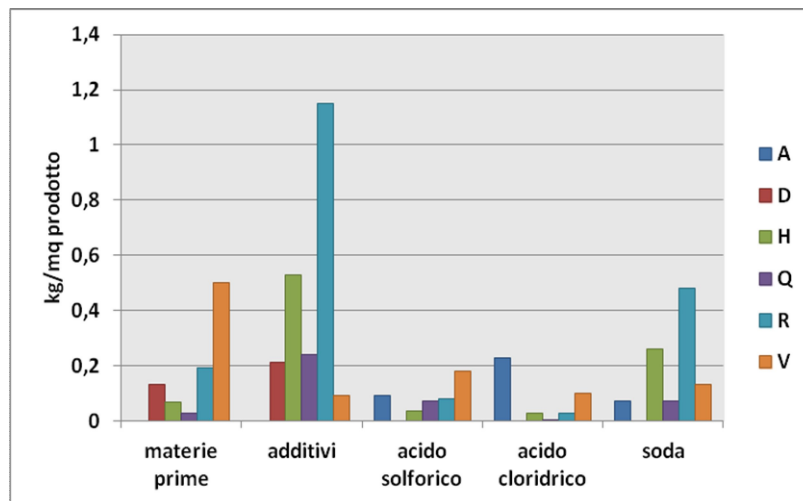


Figura 3.2. Consumi specifici di materie prime/additivi delle aziende A,D,H,M,Q,R e V.

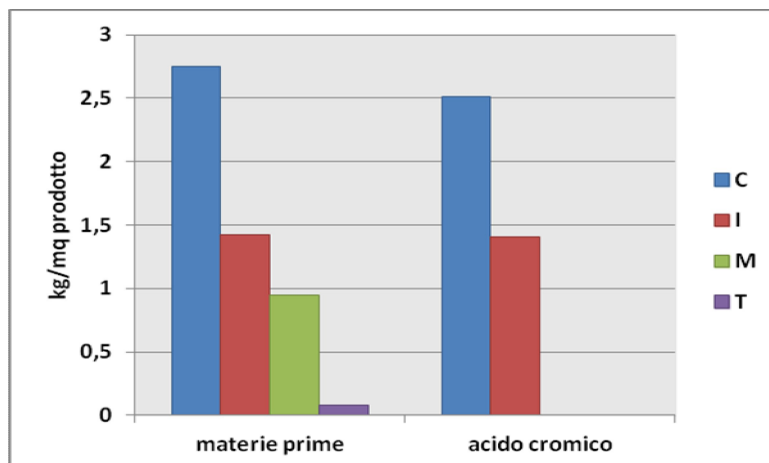


Figura 3.3. Consumi specifici di materie prime/additivi delle aziende di cromatura C,M,T e I.

Il grafico 3.2 rappresenta i consumi specifici di materie prime/additivi delle aziende A,D,H,M,Q,R e V mentre il grafico 3.3 rappresenta i consumi delle aziende di cromatura C,M,T e I.

Le aziende di cromatura utilizzano in genere solo due materie prime: acido cromico e solforico, in particolare il primo composto per la fase di elettrodeposizione (dal grafico si può vedere che i consumi totali e quelli di acido cromico per C ed I sono quasi equivalenti tra loro).

Appare evidente che i consumi totali di materie prime delle ditte di cromatura, tranne T, sono notevolmente più elevati di quelli delle altre aziende peraltro simili (presenta un'eccezione la ditta V).

Se si escludono le aziende di cromatura e la ditta V il consumo specifico medio è circa $0,10 \text{ kg/m}^2$ (ovviamente nel conto mancano le ditte U e A); le aziende C ed I, nonostante svolgano un solo trattamento superficiale, presentano un consumo specifico di materie prime rispettivamente pari a 28 volte e 24 volte il valore medio.

Per la ditta M l'indicatore potrebbe risultare più elevato della media perché comprende anche gli additivi (si ricorda che l'azienda non ha fatto distinzione tra materie prime e additivi) mentre per la ditta T l'indicatore ($0,082 \text{ kg/m}^2$) risulta comparabile con il valore medio.

Riguardo ai consumi specifici di prodotti ausiliari, tutte le aziende descritte nel grafico 3.2, eccetto V, presentano valori degli indicatori più elevati di quelli relativi al consumo di materie prime; gli indicatori sono inoltre confrontabili tra loro, tranne quelli di R ed H che risultano più alti: il valore medio per D, Q e V è $0,18 \text{ kg/m}^2$ mentre R e H presentano valori degli indicatori pari rispettivamente a 1,15 e $0,53 \text{ kg/m}^2$.

Se si considerano invece i consumi relativi a specifici prodotti (acido solforico/cloridrico, soda) rappresentati nel grafico 3.2, si può notare che risultano abbastanza simili tra loro.

Oltre al consumo di materie prime e additivi si ritiene importante riportare di seguito la tabella 3.6 dove sono elencate le efficienze di deposizione in modo da poterle confrontare con quelle dell'appendice alla tabella 2.1.

Le efficienze delle aziende A ed I sono state prese dalla tabella degli IPA forniti dalle aziende nei report, mentre quelle sottolineate sono state calcolate dai dati riportati nei report come "kg di metallo elettrodeposto/ kg di metallo usato".

Tabella 3.6. Efficienze di deposizione delle aziende A, C, H e I e confronto con le efficienze riportate nelle linee guida.

AZIENDA	EFFICIENZA DI DEPOSIZIONE	EFFICIENZA LINEE GUIDA
A	Per nichelatura=93% Per cromatura=21%	per nichelatura elettrolitica (closing the loop)=95% per nichelatura elettrolitica (ciclo non chiuso)=80-85% per cromatura con Cr VI (closing the loop)=95% per cromatura con Cr VI (ciclo non chiuso)=80-90% per zincatura: 70% con passivazione (tutti i processi) 80% senza passivazione (tutti i processi) 95% per processi in continuo
C	<u>Per cromatura=63%</u>	
H	<u>Per zincatura=59%</u>	
I	Per cromatura=49%	

Le aziende presentano un'efficienza di deposizione più bassa di quella riportata nelle linee guida per le MTD, ad eccezione dell'azienda A che riporta un valore per il trattamento di nichelatura comparabile con gli indicatori di riferimento.

Le efficienze nell'utilizzo dei metalli presenti nelle linee guida sono state ottenute mediante una combinazione ottimale di MTD e possono quindi essere considerate dalle aziende come un obiettivo a cui mirare.

Le aziende C ed I possono essere confrontate tra di loro dato che si occupano dello stesso trattamento: la ditta C presenta un valore di efficienza maggiore di quello della ditta I (non si conosce tuttavia il metodo di calcolo usato dalla ditta I).

A seguito dell'analisi della matrice "materie prime/additivi" si formulano le seguenti proposte di miglioramento:

- inserire nei report l'indicatore "efficienza di deposizione" calcolato come kg di metallo depositato (può essere ricavato tramite un bilancio di massa come differenza tra kg di metallo usato e kg di metallo presente nei rifiuti e allo scarico/camino) e kg di metallo usato;
- nel caso di aziende che non eseguono solo trattamenti galvanici (come la ditta G), specificare se il prodotto utilizzato è servito all'attività galvanica o altro e calcolare l'indicatore riferito alla matrice "materie prime/additivi usati per processo galvanico" rispetto ai kg di produzione galvanica.

3.3.2 Produzione specifica di rifiuti

Primo gruppo:

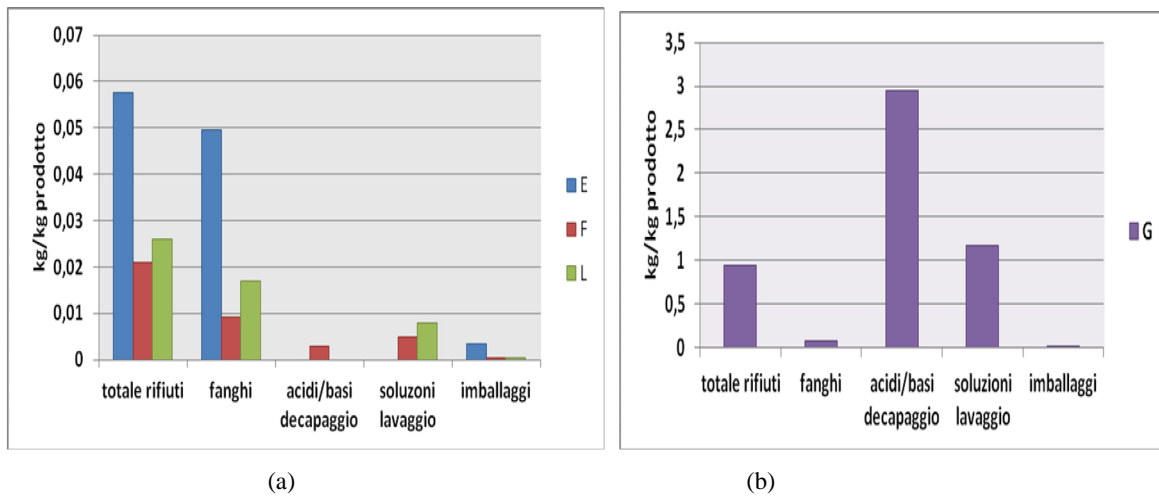


Figura 3.4. produzione specifica di rifiuti delle aziende E,F ed L nella figura a) e dell'azienda G nella figura b).

La figura 3.4 mostra la produzione specifica di rifiuti delle aziende E,F,G ed L.

Gli indicatori forniti dall'azienda G sono stati rappresentati a parte perché risultano essere più elevati; tuttavia si ritiene che non siano molto utili nel lavoro di confronto dal momento che alcuni sono espressi su produzione di stabilimento, altri su produzione galvanica e altri ancora su una parte di attività svolte nello stabilimento (inclusa quella galvanica). Ad esempio la produzione specifica di rifiuti è inferiore a quella riferita agli acidi e alle soluzioni di lavaggio perché il primo risultato è stato ricavato a partire dai kg di produzione di stabilimento mentre gli altri due indicatori a partire dai kg di produzione galvanica.

Osservando la figura 3.4 a) si può notare che le aziende F ed L presentano invece degli indicatori simili tra loro (il valore medio degli indicatori relativi alla produzione totale di rifiuti di F ed L è 0,24 kg/kg mentre la ditta E riporta un indicatore di rifiuti totali il cui valore è pari circa al doppio); per tutte e tre le aziende la maggior parte dei rifiuti è composta da fanghi.

Secondo gruppo:

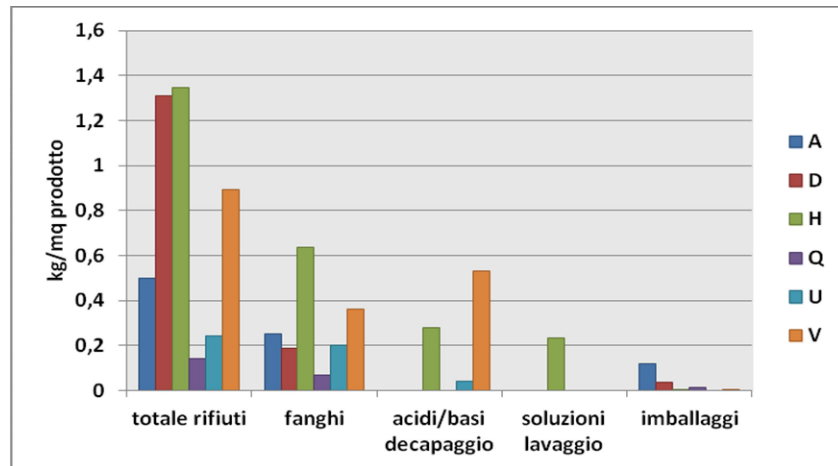


Figura 3.5. Produzione specifica di rifiuti delle aziende A,D,H,Q, U e V.

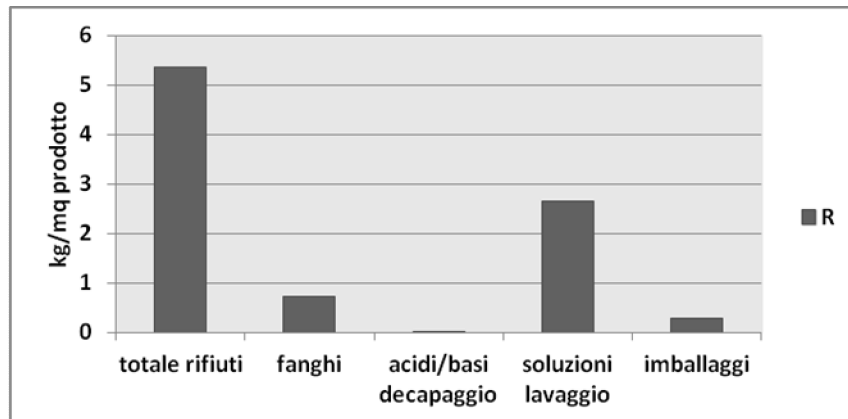


Figura 3.6. Produzione specifica di rifiuti dell'azienda R.

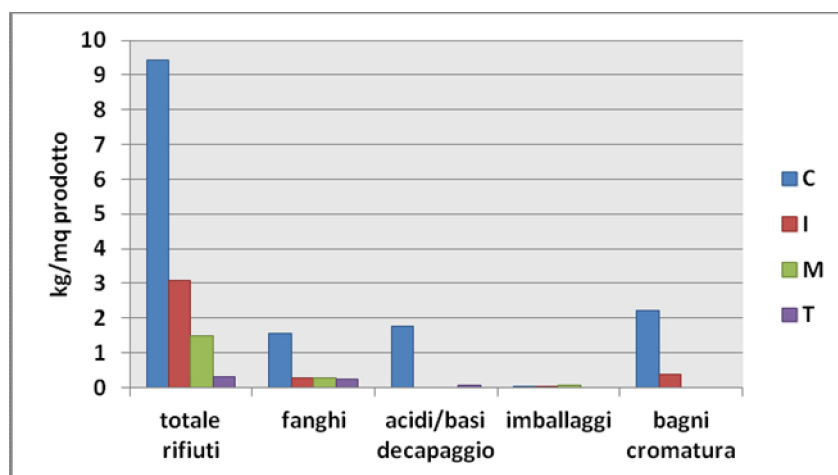


Figura 3.7. Produzione specifica di rifiuti delle aziende di cromatura C,I,T e M.

I grafici 3.5, 3.6 e 3.7 mostrano la produzione specifica di rifiuti delle aziende A,C,D,H,I,M,Q,R,T,

U e V.

Osservando il grafico 3.5, si nota che la produzione totale di rifiuti è abbastanza variabile e il rifiuto più abbondante prodotto è in genere il fango.

Le aziende descritte in questo grafico possono essere divise in due gruppi sulla base del valore dell'indicatore relativo alla produzione totale di rifiuti: il primo gruppo è formato dalle ditte D,H e V e presenta un indicatore medio pari a $1,18 \text{ kg/m}^2$ mentre il secondo gruppo è composto dalle ditte A, Q e U e presenta un indicatore medio pari a $0,30 \text{ kg/m}^2$.

La figura 3.6 mostra solo gli indicatori dell'azienda R in quanto la ditta presenta una produzione specifica di rifiuti molto più elevata ($5,53 \text{ kg/m}^2$).

Nel grafico 3.7, l'indicatore di soluzioni di lavaggio viene sostituito con quello di bagni di cromatura perché le ditte C,I, T e M si occupano solo di cromatura e i bagni esausti rappresentano un rifiuto frequente per questa tipologia di aziende.

Osservando il grafico, appare evidente che l'indicatore di rifiuti totali della ditta C ($9,43 \text{ kg/m}^2$) è molto più elevato di quello di I,T ed M; i fanghi, gli acidi/basi di decapaggio, gli imballaggi e i bagni di cromatura costituiscono circa due terzi dei suoi rifiuti prodotti.

A seguito dell'analisi della matrice "rifiuti" si formulano la seguente proposta di miglioramento:

-per aziende che si occupano di più attività (come G che oltre all'attività galvanica svolge lavorazioni meccaniche, verniciature ecc..) sarebbe utile dividere, se possibile, i rifiuti prodotti dall'attività galvanica da tutti gli altri e calcolare l'indicatore di rifiuti provenienti dal processo galvanico rispetto alla produzione galvanica.

3.3.3 Consumo specifico di acqua

Qualora non venga riportato l'indicatore relativo alla quantità di acqua usata per scopi civili, il consumo di acqua per uso industriale viene approssimato con quello totale perché l'acqua usata per il processo galvanico corrisponde in genere alla maggior parte dell'acqua impiegata.

Primo gruppo

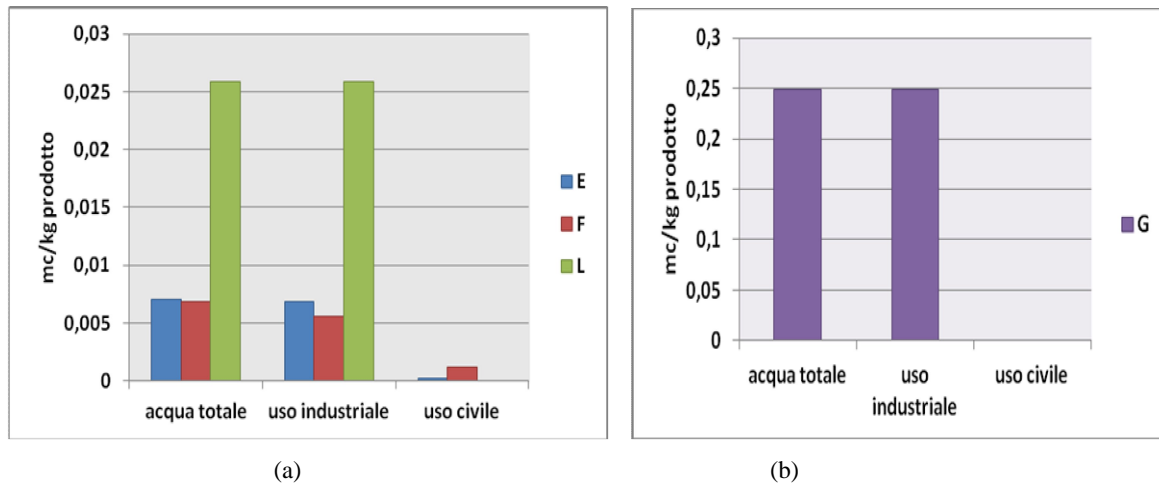


Figura 3.8. Consumi specifici di acqua totale, per uso industriale e civile delle aziende E,F,G e L.

La figura 3.8 mostra i consumi specifici di acqua totale, per uso industriale e civile (consumo di acqua per uso civile trascurabile) delle aziende E,F,G e L.

E ed F presentano valori degli indicatori uguali tra loro (0,007 m³/kg) mentre il consumo specifico di acqua dell'azienda L è tre volte superiore.

L'azienda G presenta invece un consumo di acqua notevolmente più elevato (0,25 m³/kg); il suo indicatore è stato fornito dalla ditta ed è stato calcolato come "acqua usata per processo galvanico/kg produzione galvanica".

Secondo gruppo

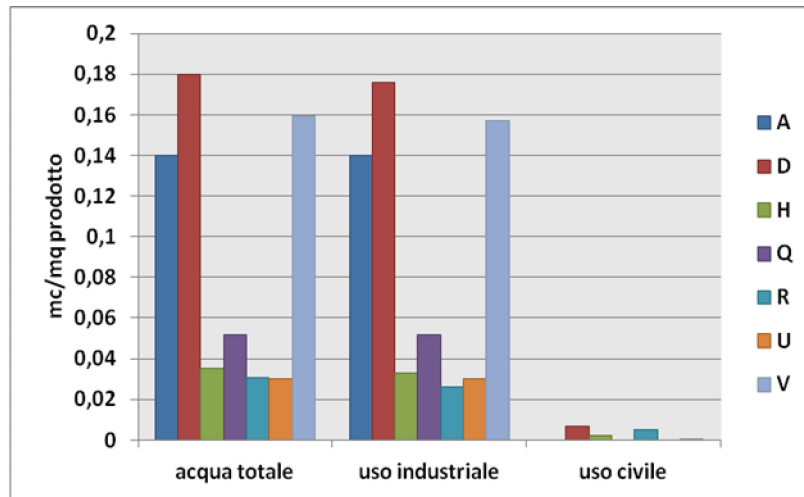


Figura 3.9. Consumi specifici di acqua totale, per uso industriale e civile delle aziende A,D,H,Q,R,U e V.

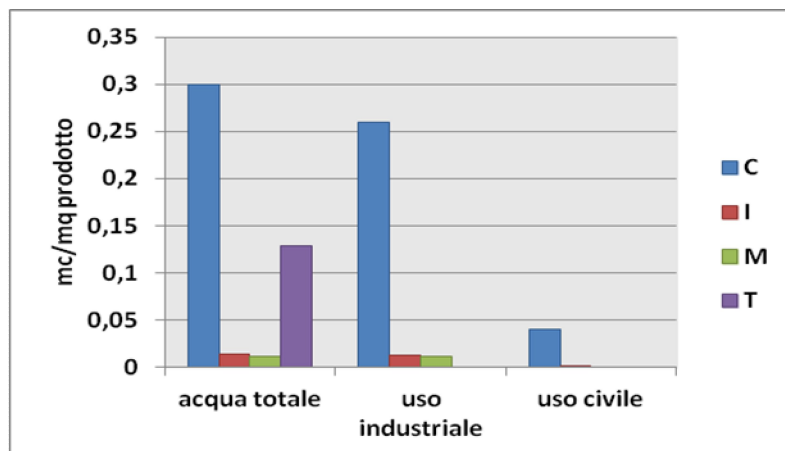


Figura 3.10. Consumi specifici di acqua totale, per uso industriale e civile delle aziende di cromatura C,I, T e M.

I grafici 3.9 e 3.10 mostrano i consumi specifici di acqua totale, per uso industriale e civile delle aziende A,D,H,Q,R,T,U,V,C,I e M.

Gli indicatori relativi al consumo di acqua per uso industriale equivalgono per tutte le ditte agli indicatori relativi al consumo di acqua totale.

Osservando il grafico 3.9, si potrebbe dividere le aziende in due gruppi sulla base dei consumi di acqua: il primo gruppo è composto da A,D e V e presenta un consumo medio di $0,16 \text{ m}^3/\text{m}^2$ mentre il secondo è composto da H,Q,R e U e presenta un consumo medio di $0,037 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Riguardo alle aziende di cromatura, i consumi di acqua sono simili per le ditte I ed M (in media $0,013 \text{ m}^3/\text{m}^2$) e potrebbero persino rientrare, assieme al consumo di acqua di T ($0,129 \text{ m}^3/\text{m}^2$), nel grafico 3.9 perché risultano confrontabili con quelli delle altre aziende; l'indicatore dell'azienda C è invece maggiore ($0,30 \text{ m}^3/\text{m}^2$).

Nelle linee guida il valore di riferimento per l'uso di acqua negli stadi di risciacquo ottimizzati mediante una combinazione di MTD va da 0,003 a 0,020 m³ /m² di superficie immersa per stadio (per fase di lavaggio si intende l'insieme dei lavaggi dopo una fase di preparazione, trattamento o finitura); il valore cambia a seconda della forma e dimensioni del pezzo, della rugosità della superficie da trattare e del trattamento eseguito prima del lavaggio.

L'indicatore potrebbe essere confrontato con quelli presenti nei report se fosse riportato il numero di stadi di lavaggio per ogni linea galvanica.

Ad esempio, se si considerano 5 stadi di lavaggio/risciacquo, numero tipico per linea produttiva, (5) per un'azienda che si occupa di un solo trattamento superficiale svolto in un'unica linea di processo si ottiene il grafico 3.11 dove sono confrontati gli indicatori con denominazione 'acqua usata per stadio di lavaggio /superficie' delle aziende C,H,I,M,T e U (si ipotizza che le seguenti aziende rientrino in questa casistica) con il range di riferimento riportato nelle linee guida.

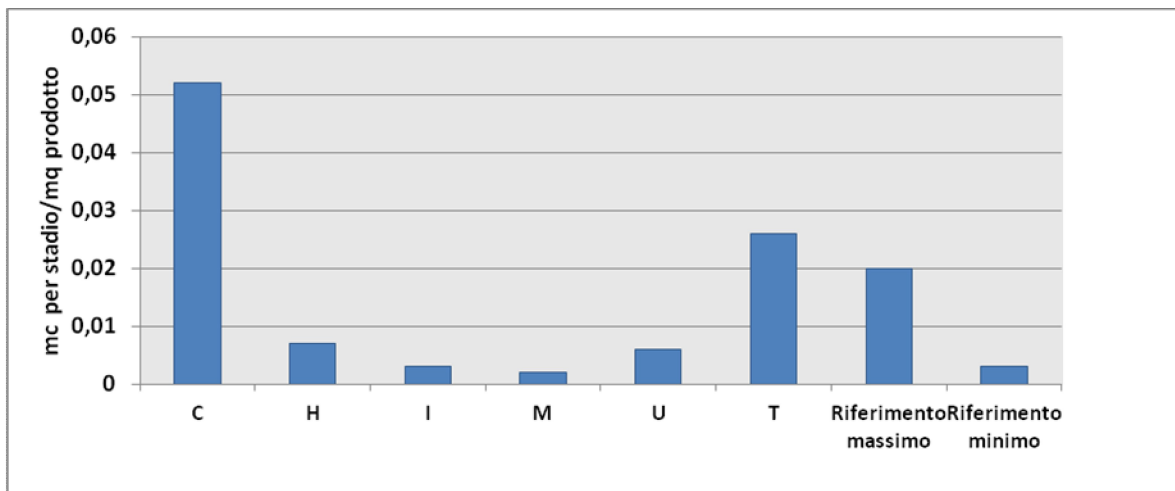


Figura 3.11. Gli indicatori 'acqua per stadio/m²' delle aziende vengono confrontati con l'intervallo di riferimento riportato nelle linee guida.

Tutte le aziende, tranne C e T, sembrano rientrare nell'intervallo di riferimento; tuttavia i risultati sono solo indicativi perché non si conosce né il reale numero di stadi di lavaggio né quello di linee galvaniche.

A seguito dell'analisi della matrice "acqua" si formulano le seguenti proposte di miglioramento:

- se possibile, dividere sempre il consumo di acqua per scopi produttivi e per uso civile;
- specificare sempre se l'indicatore si riferisce al consumo di acqua totale o per uso industriale/civile;
- riportare il numero di stadi di lavaggio per ogni linea e calcolare l'indicatore "consumo di acqua per stadio/m²".

3.3.4 Consumo specifico di energia/combustibile

Nelle linee guida l'energia elettrica utilizzata nel settore galvanico viene classificata come materia prima quando viene usata in procedimenti elettrochimici e come forza motrice o energia per fini di tipo generale, per gli utilizzi consueti (ad esempio quella usata per l'illuminazione, pompe ecc..). A volte vengono adoperate delle resistenze elettriche per portare alla temperatura operativa determinate soluzioni galvaniche qualora non sia possibile o conveniente utilizzare delle serpentine di riscaldamento oppure quando i bagni sono di ridotte dimensioni.

Nei procedimenti elettrochimici l'utilizzo di energia elettrica come materia prima avviene sotto forma di corrente continua a basso voltaggio ottenuta mediante trasformatori e raddrizzatori.

In una tipica azienda galvanica questo utilizzo può stimarsi in una percentuale tra l'80 ed il 90% del totale dell'energia elettrica utilizzata.

Non è sempre chiaro se il valore di energia elettrica presente nei report si riferisce all'energia usata per il solo processo galvanico o a quella totale usata nell'azienda, inoltre sono poche le aziende che riportano entrambi i consumi; si preferisce quindi prendere in considerazione il consumo di energia elettrica totale (se viene riportato solo il consumo di energia relativa al processo, questo è approssimato con il consumo totale).

Per quanto riguarda l'energia termica, questo tipo di energia è utilizzato perchè risulta necessario mantenere le soluzioni operative a determinate temperature per garantire la corretta esecuzione delle operazioni di preparazione, trattamento o finitura.

La temperatura più elevata (>80°C) è raggiunta in fase di pre-sgrassatura a base acquosa, soluzione che consente di eliminare gli oli, i grassi e le paste di pulitura, in modo tale da evitare il ricorso ai solventi. Al di là di questa fase particolare le temperature massime sono comprese in genere tra i 30°C ed i 65°C, mentre frequenti sono le soluzioni che lavorano a temperatura ambiente o che non hanno bisogno di riscaldamento supplementare.

Esistono inoltre casi in cui può essere necessario il raffreddamento della soluzione come in alcuni bagni al cromo.

Gli indicatori relativi al consumo di energia termica vengono tuttavia scartati perché sono pochi e presentano u.m diverse tra loro. In alternativa al consumo specifico di energia termica si analizza l'indicatore relativo al consumo di combustibile (in genere usato per produrre il calore necessario a mantenere le soluzioni di trattamento ad una certa temperatura).

Primo gruppo

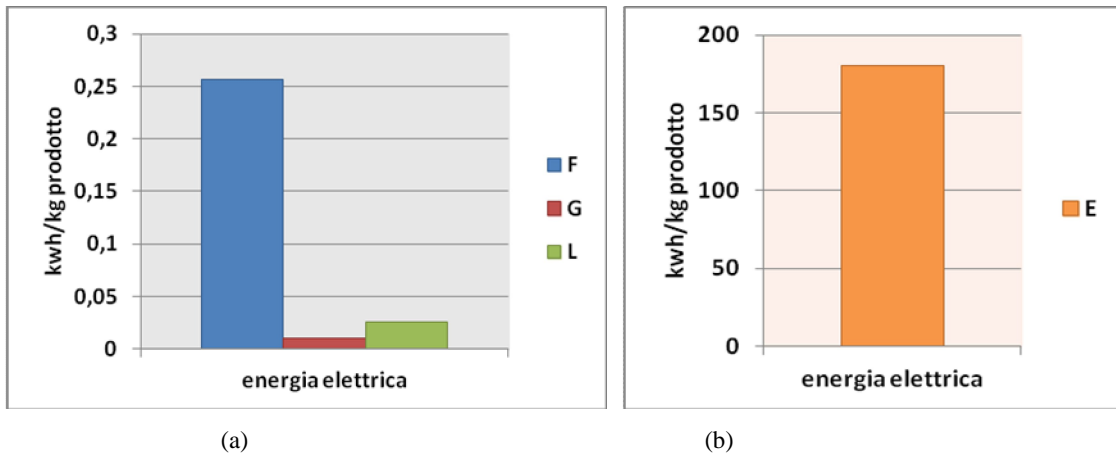


Figura 3.12. Consumi specifici di energia elettrica delle aziende G,F ed L nella figura a) e dell'azienda E nella figura b).

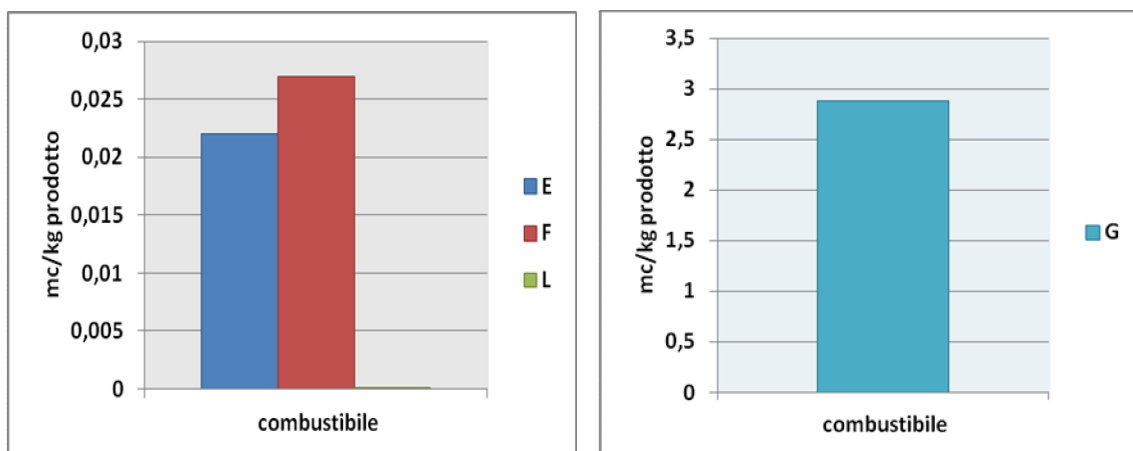


Figura 3.13. Consumi specifici di combustibile delle aziende E,F ed L nella figura a) e dell'azienda G nella figura b).

I grafici 3.12 e 3.13 mostrano i consumi specifici di energia elettrica e di combustibile delle aziende E,F,G ed L.

Le ditte G ed L presentano dei consumi di energia confrontabili tra loro (in media 0,018 kWh/kg) mentre la ditta F riporta un valore di un ordine di grandezza in più (0,256 kWh/kg).

L'azienda E presenta invece un consumo specifico di energia elettrica completamente diverso e più alto (180,1 kWh/kg di cui 81,44 kWh/kg per produzione galvanica), dovuto probabilmente ai numerosi trattamenti che esegue.

Riguardo al consumo specifico di combustibile, tutte le aziende, ad eccezione di F, precisano che il combustibile viene usato per il riscaldamento delle vasche e dell'ambiente di lavoro e per l'autotrazione.

Gli indicatori delle aziende E ed F sono simili (in media $0,025 \text{ m}^3/\text{kg}$), l'azienda L presenta un consumo specifico di combustibile quasi nullo mentre la ditta G consuma molto più combustibile ($2,88 \text{ m}^3/\text{kg}$).

L'indicatore di G è stato calcolato rispetto ai kg di produzione galvanica e non di stabilimento perché nel report è stato specificato che l'energia termica prodotta dai m^3 di metano è stata utilizzata solo per i trattamenti galvanici.

Secondo gruppo

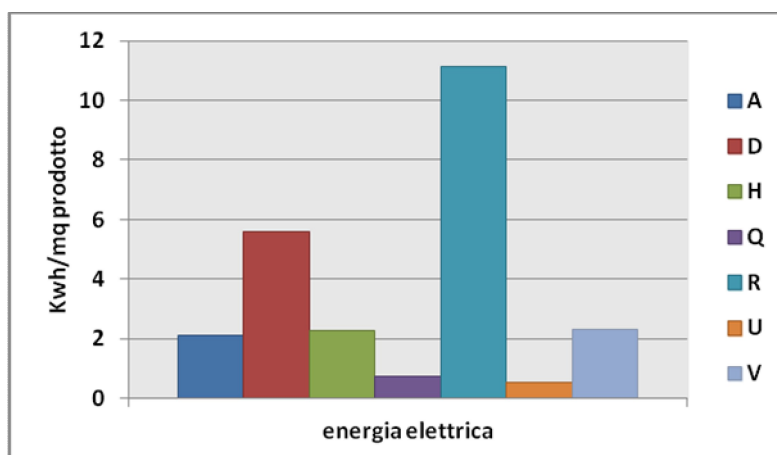


Figura 3.14. Consumo specifico di energia elettrica delle aziende A,D,H,Q,R,U e V.

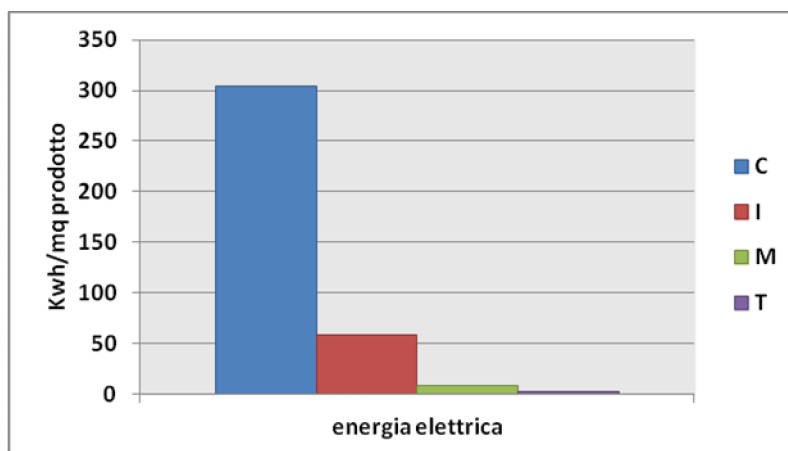


Figura 3.15. Consumo specifico di combustibile delle aziende di cromatura C,M, T e I.

I grafici 3.14 e 3.15 mostrano il consumo specifico di energia elettrica delle aziende A,C,D,H,I,M,Q,R,T,U e V.

Nelle linee guida, come scritto anche nella check-list, il voltaggio utilizzato nel processo è in genere compreso tra 2 e 8 V mentre la densità di corrente tra $0,5$ ed $10 \text{ A}/\text{dm}^2$ a seconda delle lavorazioni e delle specifiche condizioni di trattamento.

Per le lavorazioni rotobarile il voltaggio varia tra 6 e 15 V mentre la densità di corrente tra 0.5 e 2 A/dm².

Rappresenta un'eccezione la cromatura a spessore o cromo duro dove la tensione può andare da 5 a 8 V mentre la densità di corrente da 30 a 250 A/dm².

Gli indicatori relativi al consumo di energia elettrica per produzione variano pertanto:

- tra 0,1 e 8 Kwh/m² per trattamento e tra 15 e 200 Kwh/m² per cromatura a spessore/cromo duro ;
- tra 0,3 e 3 Kwh/m² per trattamento rotobarile.

Di seguito si riportano i grafici 3.16 e 3.17 dove si confrontano i consumi di energia totale e/o di energia usata per il processo galvanico (se riportata) con quelli di riferimento nelle linee guida.

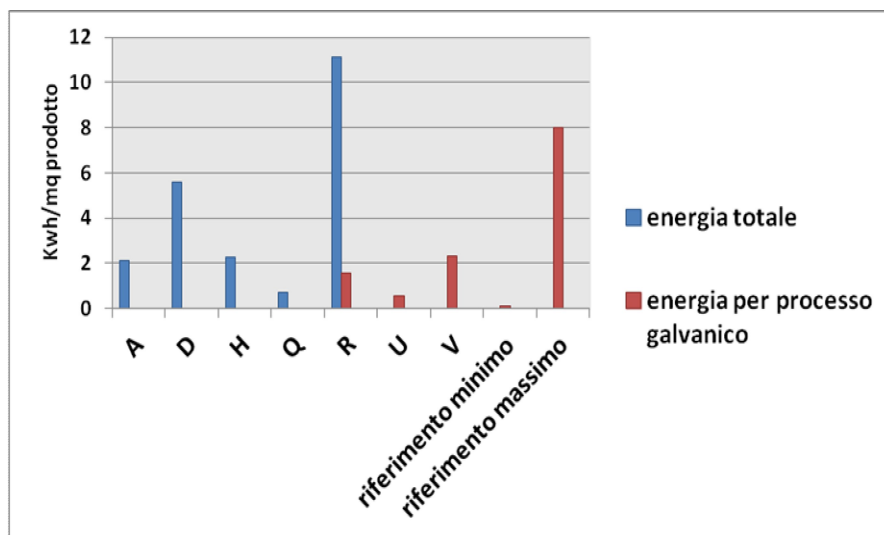


Figura 3.16. Sono confrontati i consumi specifici di energia elettrica delle aziende A,D,H,Q,R,V e U con l'intervallo di riferimento riportato nelle linee guida.

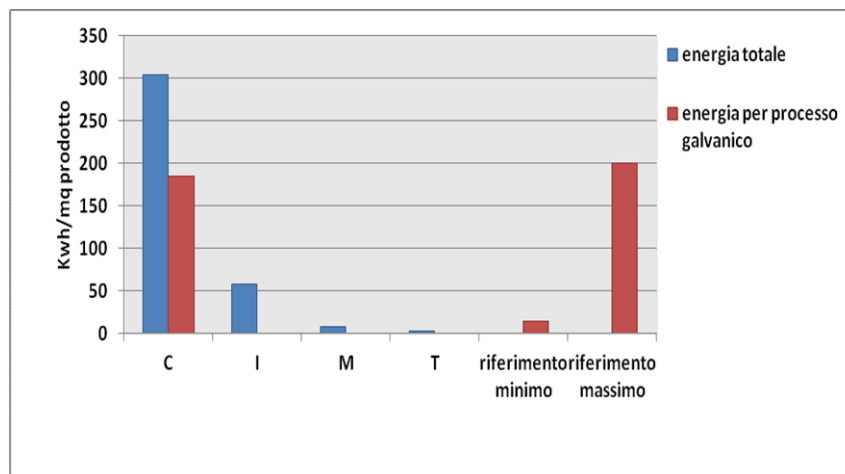


Figura 3.17. Sono confrontati i consumi specifici di energia elettrica delle aziende di cromatura C,I,T e M con l'intervallo di riferimento riportato nelle linee guida.

Osservando il grafico 3.16, tutti gli indicatori sembrano rientrare nel range di riferimento (per R si analizza solo l'energia usata per il processo galvanico).

Nel grafico 3.17 si prendono in considerazione le aziende che si occupano del solo trattamento di cromatura.

Le ditte C ed I, nonostante i consumi energetici notevolmente più elevati di tutti gli altri, presentano degli indicatori inferiori al valore massimo di riferimento.

Le aziende M e T (per M 8,77 Kwh/m² e per T 2.9 Kwh/m²) sembrano essere le più efficienti perché presentano un consumo specifico di energia persino più basso del valore minimo di riferimento.

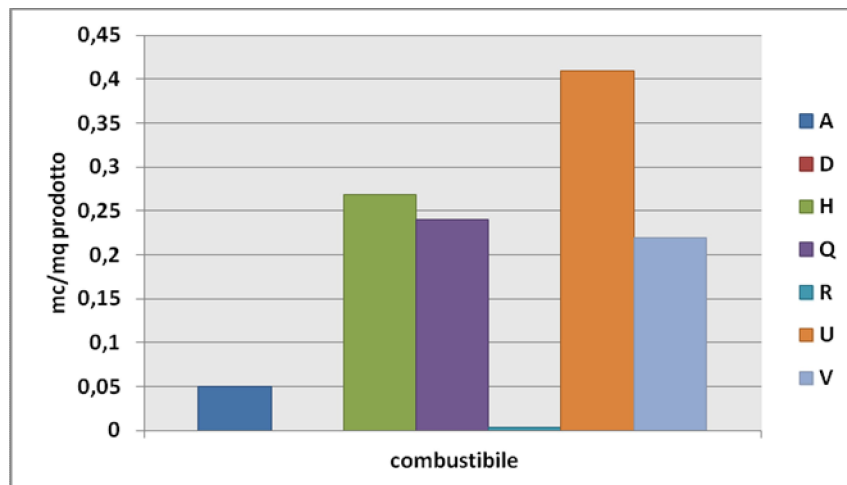


Figura 3.18. Consumi specifici di combustibili delle aziende A,D,H,Q,R,U e V.

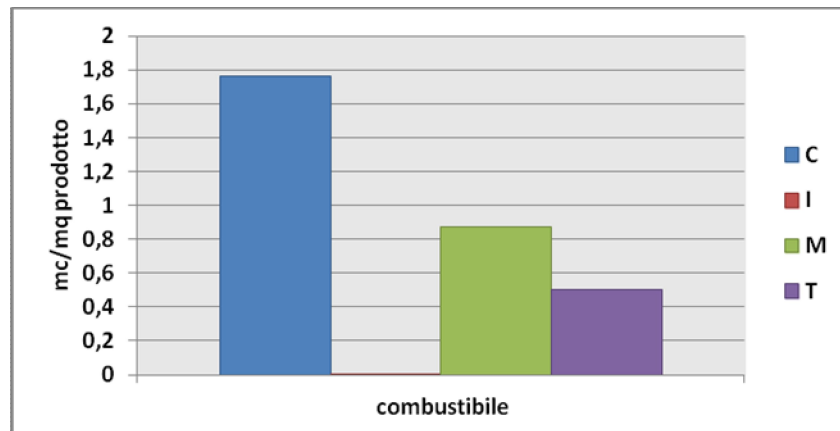


Figura 3.19. Consumi specifici di combustibili delle aziende di cromatura C,I, T ed M.

I grafici 3.18 e 3.19 mostrano il consumo specifico di combustibile delle aziende A,C,D,H,I,M, Q,R,T,U e V.

I combustibili più usati sono il metano e il gasolio e servono principalmente per il riscaldamento dell'ambiente di lavoro e delle vasche.

Dal primo grafico si nota che i consumi specifici di combustibile delle ditte A ed R possono essere trascurati. Per le ditte H,Q e V l'indicatore è in media $0,25 \text{ m}^3/\text{m}^2$ mentre l'azienda U presenta un valore di indicatore pari circa al doppio.

Tra queste solo la ditta A specifica che il combustibile viene utilizzato per produzione, per il riscaldamento degli ambienti e per l'autotrazione mentre la ditta Q per produzione; per tutte le altre aziende gli utilizzi del combustibile non sono chiari.

Prendendo in considerazione infine le aziende di cromatura, l'indicatore di I può essere trascurato mentre il consumo specifico di combustibile di C ($1,76 \text{ m}^3/\text{m}^2$) è più elevato di quello di M e T.

La ditta I impiega il combustibile solo per riscaldare l'ambiente di lavoro e l'autotrazione, la ditta M per il processo galvanico mentre T non specifica gli utilizzi.

Non è chiaro infine l'uso di metano da parte dell'azienda C; è probabile che il combustibile serva per il riscaldamento delle vasche e altre operazioni dato che l'indicatore è elevato.

A seguito dell'analisi della matrice "energia elettrica/combustibile" si formulano le seguenti proposte di miglioramento:

- specificare sempre l'utilizzo del combustibile e dell'energia elettrica;
- dividere, se possibile, i consumi di energia tra quella usata per il processo e quella totale;
- riportare l'indicatore di energia termica in J/m^2 e non in tep/m^2 perché i fattori di conversione tra tep e J usati dalle aziende non sono sempre gli stessi di quelli presenti nel report generale fornito da ARPAV.

3.4 Aziende che si occupano di anodizzazione

L'anodizzazione, detta anche ossidazione anodica, consiste nel ricoprire l'alluminio con uno strato di suo ossido per migliorare la resistenza.

L'alluminio è un metallo che si distingue dagli altri grazie ad alcune sue peculiari caratteristiche metallurgiche e tecnologiche come la leggerezza, la buona conduttività termica ed elettrica e soprattutto un'ottima resistenza agli agenti atmosferici.

Come la maggior parte delle sue leghe, possiede ottime caratteristiche anticorrosive anche in ambienti particolarmente aggressivi.

Il motivo di tale resistenza alla corrosione deriva dal fatto che il metallo è in grado di passivarsi, ovvero di ricoprirsi di uno strato uniforme di ossido che aderisce alla sua superficie e funziona come una barriera agli agenti aggressivi esterni.

L'alluminio può diventare ancor più resistente alla corrosione mediante opportuni trattamenti di finitura superficiale; il più noto tra questi trattamenti è l'ossidazione anodica o anodizzazione utilizzata in edilizia e nei trasporti.

Secondo stime dell'AITAL (Associazione Italiana Trattamenti superficiali Alluminio), operano in Italia circa 180 aziende di ossidazione anodica e circa 230 aziende di verniciatura dell'alluminio; nel Veneto le aziende di ossidazione rappresentano l'11% di 180 mentre quelle di verniciatura il 14% di 230 ⁽⁵⁾ ma solo alcune di queste, in base alla soglia produttiva, rientrano nella direttiva IPPC.

I report di aziende di anodizzazione a disposizione nell'anno 2011 sono 3: le aziende S e K rientrano nel settore grafico, oltre che in quello galvanico mentre l'azienda O si occupa solo di anodizzazione (tabella 3.7).

Tabella 3.7. . Dati relativi alle aziende di anodizzazione che utilizzano indicatori normalizzati rispetto ai m² di superficie trattata.

Azienda:	O	S	K
Prodotto finito in m²:	672.555	5.375.000	6.174.722
Consumo specifico di materie prime totali in kg/m²:	0,097	0,016 (tot=vernici)	
Consumo specifico di prodotti ausiliari totali in kg/m²:	0,021	0,193	0,1386
Consumo specifico di materia prima o additivo in kg/m²:	acido solforico=0,052 acido nitrico=0,005		acido solforico=0,031 acido cloridrico=0,076
Produzione specifica di rifiuti in kg/m²:	tot=0,333 imballaggi=0,022 fanghi=0,304	tot=0,66 imballaggi=0,032 fanghi=0,065	tot=0,3023 imballaggi=0,0247 fanghi=0,1913
Consumo specifico di acqua in m³/m² per uso industriale e civile:	tot=0,09631 per uso ind.=0,096 per uso civ.=0,00031	tot=0,033 per uso ind.=0,0329 per uso civ.=0,0004	tot=0,0117 per uso ind.=0,0114 per uso civ.=0,0003
Consumo specifico di energia elettrica in kwh/m²:	tot=0,95 per prod.=0,75	tot=2,46	tot=1,735
Consumo specifico di combustibile in m³/m²:	0,045	0,21	0,015

3.4.1 Consumo specifico di materie prime/additivi

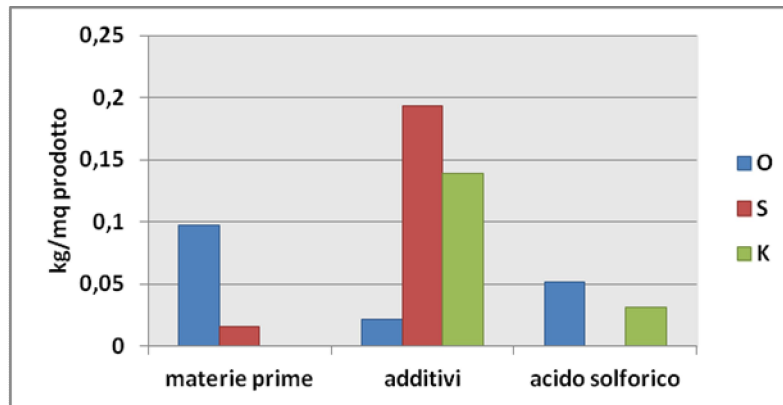


Figura 3.20. Consumi specifici di tutte le materie prime/additivi e di acido solforico delle aziende di anodizzazione O,S e K.

Il grafico 3.20 mostra i consumi specifici di materie prime e additivi delle aziende O,S e K.

Non viene riportato in figura l'indicatore relativo al consumo totale di materie prime dell'azienda K perché la ditta, rispetto alle altre, considera come materia prima lo stesso alluminio.

L'acido solforico è l'unica materia prima/additivo considerata dal momento che le aziende presentano una grande varietà di prodotti utilizzati; i consumi dell'acido delle ditte O e K sono comunque confrontabili tra loro (in media 0,042 kg/m²).

3.4.2 Produzione specifica di rifiuti

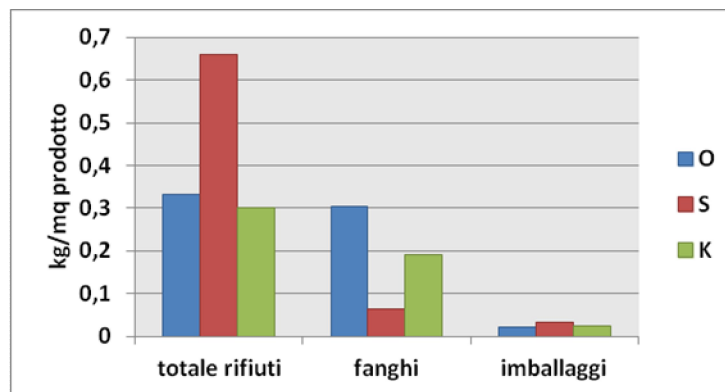


Figura 3.21. Produzione specifica di rifiuti delle aziende di anodizzazione O,S e K.

Il grafico 3.21 mostra la produzione specifica di rifiuti delle aziende O,S e K.

Il rifiuto prodotto è composto principalmente da fango per le ditte O e K.

La produzione di fanghi e il consumo di acqua costituiscono infatti i principali problemi per un'azienda che si occupa di ossidazione anodica.

Per la ditta S la maggior parte dei rifiuti è composta invece da acido cloridrico esausto (non riportato nel grafico 3.21).

L'indicatore medio di rifiuti totali per le aziende O e K è $0,32 \text{ kg/m}^2$ mentre quello della ditta S è $0,66 \text{ kg/m}^2$ (doppio).

L'indicatore medio di fanghi per le aziende O e K è $0,25 \text{ kg/m}^2$ mentre quello della ditta S è $0,0653 \text{ kg/m}^2$ (meno delle metà).

Infine la produzione specifica di imballaggi per tutte le aziende è in media $0,026 \text{ kg/m}^2$.

3.4.3 Consumo specifico di acqua

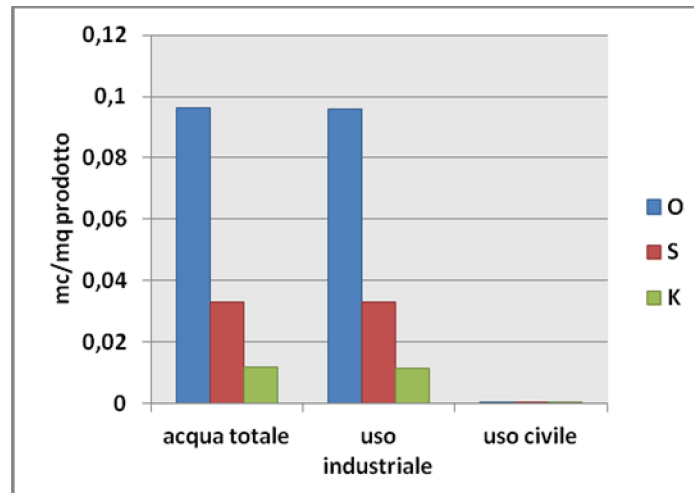


Figura 3.22. Consumi specifici di acqua totale, per uso industriale e civile delle aziende di anodizzazione O,S e K.

Il grafico 3.22 mostra i consumi specifici di acqua delle aziende O,S e K.

L'acqua utilizzata per scopi civili può essere trascurata: dal grafico risulta chiaro che per ogni ditta l'indicatore di acqua per uso industriale è sostanzialmente equivalente a quello di acqua totale.

Osservando il grafico, si può notare che gli indicatori sono posti in ordine decrescente: l'azienda O presenta il consumo specifico di acqua più elevato ($0,096 \text{ m}^3/\text{m}^2$) mentre l'azienda K il consumo più basso ($0,012 \text{ m}^3/\text{m}^2$).

3.4.4 Consumo specifico di energia/combustibile

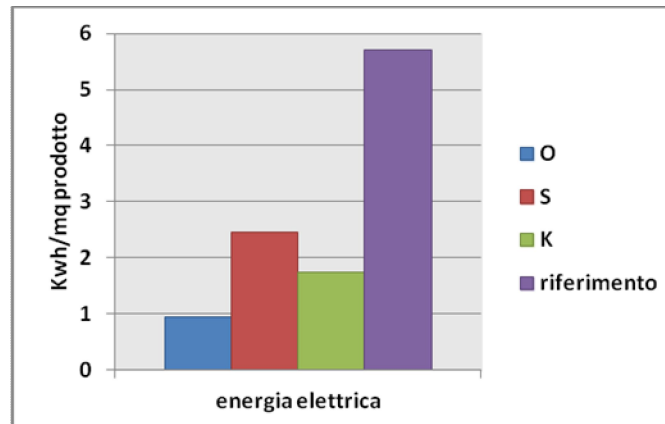


Figura 3.23. Consumi specifici di energia elettrica totale delle aziende di anodizzazione O,S e K confrontati con l'indicatore di riferimento riportato nelle linee guida.

Il grafico 3.23 mostra il consumo specifico di energia elettrica totale delle aziende O,S e K e l'indicatore di riferimento riportato nelle linee guida.

L'energia elettrica presa in considerazione è quella totale perché solo la ditta O riporta quella usata nel processo galvanico (il consumo di energia totale viene quindi approssimato con quello di energia di produzione).

Gli indicatori sono abbastanza confrontabili tra loro; il valore medio di energia elettrica per unità di superficie è $1,71 \text{ Kwh/m}^2$.

L'indicatore di riferimento è pari a $5,7 \text{ Kwh/m}^2$; questo valore tiene conto dell'energia elettrica usata per il processo di anodizzazione, per l'elettrocolorazione e quella richiesta dal ciclo frigorifero.

Come si può vedere dal grafico, nessuna azienda supera il valore in questione.

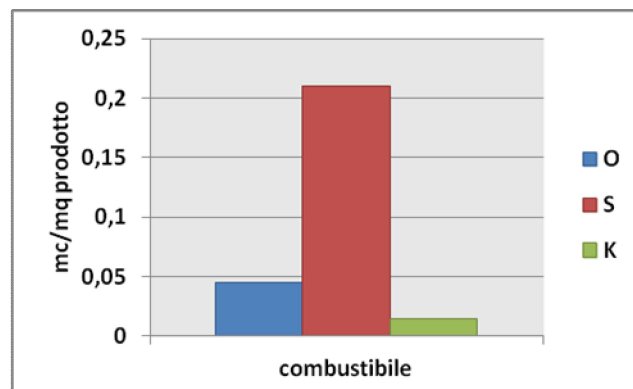


Figura 3.24. Consumi specifici di combustibile delle aziende di anodizzazione O,S e K.

Il grafico 3.24 mostra il consumo specifico di combustibile (principalmente metano) delle aziende O, S e K.

Non è significativo calcolare un valore medio dato che l' indicatore varia molto tra le aziende; la ditta S presenta il consumo specifico di metano più elevato ($0,21 \text{ m}^3/\text{m}^2$) mentre gli indicatori delle aziende O e K sono entrambi inferiori a $0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Il consumo specifico di combustibile della ditta K è basso perché il metano viene usato solo per il riscaldamento dell'ambiente; gli utilizzi delle altre aziende non sono invece specificati.

A seguito dell'analisi degli IPA delle aziende di anodizzazione si formulano le seguenti proposte di miglioramento:

- dividere, se possibile, i consumi di energia totale e per produzione;
- specificare gli utilizzi del combustibile e dell'energia elettrica;
- riportare l'indicatore 'acqua usata per stadio di lavaggio/ m^2 di prodotto' per poter sfruttare l'indicatore di riferimento nelle linee guida;
- riportare l'eventuale indicatore "efficienza del processo di anodizzazione" definita come il rapporto tra l'alluminio anodizzato e l'alluminio utilizzato.

Conclusioni

L'obiettivo dello studio è stato il confronto tra le prestazioni ambientali delle aziende galvaniche del Veneto soggette alla direttiva IPPC attraverso l'analisi dei dati e degli Indicatori di Performance Ambientale (IPA) presentati dalle aziende, secondo quanto previsto nel Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC), nei report annuali inviati ad ARPAV.

Gli indicatori analizzati nel lavoro di tesi possono essere utili per realizzare non solo un confronto interaziendale ma anche un confronto tra le prestazioni ambientali dell'azienda stessa riferite a diversi anni con possibilità per la ditta considerata di migliorare dal punto di vista dell'efficienza ambientale.

I report che sono stati presi in considerazione per lo studio sono 18 e riguardano diversi processi di trattamento galvanico; le aziende in questione si occupano principalmente di cromatura, zincatura e nichelatura ma anche di trattamenti di finitura come l'anodizzazione dell'alluminio.

L'analisi ha evidenziato grande difficoltà nel trovare degli indicatori che rappresentino in modo significativo i risultati dell'azienda in termini di performance ambientale e nella scelta di alcuni indicatori standard che possano essere utilizzati per tutte le ditte del settore considerato al fine di confrontare le performance. Il motivo principale è la diversità che sussiste non solo tra i vari trattamenti galvanici ma anche nell'ambito della stessa tipologia di trattamento (per molti altri settori produttivi ricadenti nella normativa IPPC questa diversità è meno rilevante). Il trattamento di cromatura, ad esempio, richiede dei consumi di materie prime più elevati rispetto agli altri trattamenti superficiali nonostante venga utilizzato un solo prodotto (acido cromo). In alcune situazioni inoltre gli indicatori normalizzati rispetto ai m^2 o kg di prodotto trattato non riflettono le reali prestazioni ambientali dell'impianto in quanto le operazioni di processo si differenziano molto a seconda delle caratteristiche dei pezzi da trattare (come forma) e di quelle che il cliente richiede per il prodotto (come spessore di metallo di rivestimento) - ad esempio potrebbe cambiare il tempo di bagno, il consumo di energia elettrica, il numero di lavaggi, il drag out (ovvero il trascinarsi di materiale).

Gli IPA riportati nei report sono quindi risultati molto disomogenei: alcuni normalizzati rispetto ai m^2 o kg di superficie trattata, altri rispetto ai m^3 di acqua depurata, altri ancora rispetto ai kg di materie prime.

Per provare a confrontare le performance ambientali delle aziende del settore in questione, è stato necessario uniformare gli indicatori riportando quelli maggiormente usati e quelli più significativi per descrivere le prestazioni ambientali.

Le ditte sono state divise in due gruppi sulla base del denominatore degli indicatori: al primo gruppo appartengono le aziende con IPA espressi su unità di massa di prodotto, al secondo gruppo le aziende con IPA espressi su unità di superficie di prodotto. All'interno del secondo gruppo sono state inserite anche tre aziende di anodizzazione considerate a parte, dato che il trattamento di finitura dell'alluminio differisce molto da tutti gli altri processi galvanici.

Per le aziende con indicatori calcolati su m^2 di superficie trattata è stato possibile effettuare un confronto con i valori di riferimento riportati nelle "Linee Guida per le Migliori Tecniche Disponibili (MTD) nei Trattamenti di superficie dei metalli" (IPA energetico: 0,1 e 8 kwh/m^2 per trattamento con deposizione di metallo, tra 15 e 200 kwh/m^2 per cromatura a spessore/cromo duro, tra 0,3 e 3 kwh/m^2 per trattamento rotobarile, 5,7 kwh/m^2 per anodizzazione; IPA idrico: tra 0,003 e 0,020 m^3/m^2 per stadio di lavaggio); si è constatato che i valori degli indicatori sono per la maggior parte comparabili con quelli di riferimento.

Il confronto tra le prestazioni ambientali delle aziende, riportato nel lavoro di tesi, permette di collocarle in termini di efficienza ambientale; sulla base dei risultati della valutazione le autorità di controllo -ARPAV in primis- possono successivamente programmare le attività di sorveglianza per le aziende studiate prevedendo controlli più mirati per quelle che sono risultate meno efficienti dal punto di vista delle performance ambientali.

Si propone, come obiettivo futuro di approfondimento, che possa essere realizzata una maggiore omogeneizzazione degli indicatori di performance ambientale utilizzati dalle ditte intervenendo in particolare in fase istruttoria e instaurando col gestore un dialogo migliorativo in fase ispettiva. L'omogeneizzazione potrebbe essere raggiunta attraverso l'utilizzo degli strumenti di elaborazione dei dati adottati nel lavoro di tesi dove gli indicatori vengono divisi per matrice ambientale e devono essere normalizzati rispetto ai m^2 di superficie trattata in modo tale da poter sfruttare i valori di riferimento riportati nelle linee guida.

L'utilizzo di indicatori più omogenei e l'inserimento nel lavoro di confronto di altre aziende galvaniche del Veneto che entreranno in possesso di AIA definitiva possono consentire di realizzare degli studi di settore più approfonditi.

Lo studio condotto a livello regionale potrà essere confrontato con analisi simili realizzate in altre regioni ed essere in questo modo ampliato a livello nazionale.

Oltre al lavoro di confronto, nel corso del tirocinio è stata realizzata una check-list all'interno della quale vengono descritte in modo conciso tutte le Migliori Tecniche Disponibili (MTD) applicate al settore galvanico in Italia per ridurre l'inquinamento al fine di raggiungere un elevato livello di tutela dell'ambiente; la lista di controllo è stata concepita per supportare i tecnici di ARPAV durante le ispezioni ambientali e aiutarli ad identificare le MTD che le aziende del settore considerato hanno adottato per la prevenzione dell'inquinamento.

Nomenclatura

ARPAV	=	Agenzia Regionale per Prevenzione e protezione Ambientale del Veneto
DAP	=	Dipartimento ARPAV Provinciale
APAT	=	Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici
ISPRA	=	Istituto Superiore Per la Protezione e Ricerca Ambientale
MATTM	=	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
IPPC	=	Integrated Pollution Prevention and Control
AIA	=	Autorizzazione Integrata Ambientale
MTD	=	Migliori Tecniche Disponibili
BAT	=	Best Available Techniques
PMC	=	Piano di Monitoraggio e Controllo
IPA	=	Indicatore di Performance Ambientale
BRef	=	Best available techniques Reference document
CER	=	Catologo Europeo dei Rifiuti
U.M	=	Unità di Misura
TEP	=	Tonnellata Equivalente di Petrolio
AITAL	=	Associazione Italiana Trattamenti superficiali Alluminio

Riferimenti bibliografici

1. D.Lgs 152/2006 "Norme in materia ambientale" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96
2. Regolamento (CE) n. 1221 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 novembre 2009 sull'adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS), che abroga il regolamento (CE) n. 761/2001 e le decisioni della Commissione 2001/681/CE e 2006/193/CE
3. DIRETTIVA 2008/1/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO DEL 15 gennaio 2008 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento
4. De Benedetti, (2006), "Rubinetterie: Capitolo 6 Il trattamento galvanico", in http://www.apat.gov.it/Media/cicli_produttivi/Rubinetterie/CAP6RUBI.pdf
5. Linee Guida per le Migliori Tecniche Disponibili nei Trattamenti di superficie dei metalli, (gennaio 2008); contenute nel Decreto del MATTM del 1/10/2008 "Emanazione di linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili in materia di trattamento di superficie di metalli, per le attività elencate nell'allegato I del D.Lgs 18 febbraio 2005, n.59"
6. Materiale convegno fornito da ARPAV "L'industria galvanica in Provincia di Vicenza. I controlli integrati ambientali (IPPC)"
7. Rapporto ambientale d'area di Porto Marghera Bilancio Ambientale 1998-2004 e Bilanci Ambientali delle aziende di Porto Marghera 1998-2004 (autori: Ing. Loris Tomiato e Dott.ssa Antonella Zanardini)
8. Raccomandazione 2001/331/CE dove sono definiti i criteri minimi per le ispezioni ambientali

Siti web

-sito ARPA Veneto: <http://www.arpa.veneto.it> (ultimo accesso 15/06/2012)

-sito ministero dell'ambiente: <http://www.minambiente.it/> (ultimo accesso 15/06/2012)

Per trattamento galvanico:

-sito ISPRA (ex APAT) http://www.apat.gov.it/Media/cicli_produttivi/Rubinetterie/CAP6RUBI.pdf
(ultimo accesso 15/04/2012)

- extranet.regione.piemonte.it/ambiente/siar/dwd/.../gal_cap3.pdf (ultimo accesso 1/06/2012)

- www.lombardia.cisl.it/doc/626/materiali/.../prevenzionegalvanica.pdf (ultimo accesso 1/06/2012)

Per norma ISO 14001 e registrazione EMAS:

-<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm> (ultimo accesso 1/06/2012)

-www.arpa.fvg.it > Home > Certificazioni ambientali (ultimo accesso 11/07/2012)

Per analisi dei cicli produttivi:

-sito ISPRA (ex APAT) (ultimo accesso 15/04/2012)

http://www.apat.gov.it/media/cicli_produttivi/metodologie/metodologie_analisi_cicli_produttivi.pdf

Ringraziamenti

Un grazie a tutti coloro che mi hanno aiutato in questo periodo ed in questo lavoro di tesi:

Gruppo IPPC

Filippo

Matteo

I miei compagni di corso