

UTILITÀ DEL MODELLO “ECETOC TRA” PER LA STIMA DELL’ESPOSIZIONE PROFESSIONALE AD AGENTI CHIMICI: CONFRONTO CON DATI SPERIMENTALI

E. BARBASSA*, A. CARELLA**, M. R. FIZZANO***, G. PAPA**

RIASSUNTO

Il processo di stima dell’esposizione dei lavoratori ad agenti chimici dovrebbe basarsi su misure sperimentali. In pratica, la disponibilità di dati reali d’esposizione affidabili è limitata; quindi spesso si deve ricorrere all’uso di modelli di calcolo. Esistono diversi modelli di calcolo, più o meno sofisticati, di cui i più appropriati sono quelli che possono essere direttamente legati ai parametri usuali degli scenari d’esposizione, come la concentrazione della sostanza, la quantità in gioco, la durata dell’esposizione e la presenza o meno di ventilazione locale delle emissioni. Il modello ECETOC TRA Ver. 2.0, nella sua modalità *Worker Tool* specifica per i lavoratori, è di semplice applicazione ed è ricavato essenzialmente dalla struttura e dalla Banca dati del modello EASE (*Estimation and Assessment of Substance Exposure*), sviluppato in UK dalla HSE (*Health and Safety Executive*) per la stima dell’esposizione dei lavoratori.

ECETOC TRA Worker Tool presenta, tuttavia, rispetto ad EASE, alcune sostanziali differenze che lo rendono meno conservativo ed il modello permette di ricavare valori d’esposizione per gli scenari d’esposizione identificati più aderenti alla realtà. Il presente lavoro si propone di studiare l’applicazione del modello ECETOC TRA per la stima dell’esposizione dei lavoratori, con particolare riguardo al caso dell’esposizione a solventi nel settore lavorativo delle autocarrozzerie artigiane.

SUMMARY

Exposure risk assessment at the workplace needs concentrations measures in air in order to verify the workers exposure; anyway models are often used to calculate the exposure from chemicals that might reasonably be expected in defined conditions of use. There are several risk assessment tools in order to estimate chemical risk at the workplace but it is very interesting linking workers exposure evaluation models to REACH exposure scenarios estimation models.

* INAIL - Direzione Regionale Lombardia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

** INAIL - Direzione Regionale Marche - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

*** INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

ECETOC TRA, ver. 2.0, is an exposure estimation model specific for workers, friendly to use and based on database of the EASE (Estimation and Assessment of Substance Exposure) model developed by HSE (Health and Safety Executive) to evaluate workers' exposure.

The present work examines the opportunity to use ECETOC TRA worker tool in order to calculate workers exposure in particular to estimate solvents exposure in handicraft coach-work business.

1. INTRODUZIONE

Tra le attività istituzionali svolte dalla CONTARP c'è anche quella di consulenza tecnica alla funzione medica INAIL finalizzata al riconoscimento delle malattie professionali da agenti chimici che consiste nella valutazione dell'esposizione a rischio chimico per lavoratori che hanno svolto la propria attività lavorativa in periodi remoti, per i quali non si hanno a disposizione dati sperimentali.

La mancanza di sufficienti ed attendibili dati sperimentali, per periodi pregressi, può essere dovuta sia al fatto che aziende di piccole dimensioni e/o artigiane in genere, non sempre hanno effettuato misurazioni dell'esposizione e valutazioni del rischio chimico sufficientemente rigorose ed esaustive, sia al fatto che solo recentemente, grazie al D.Lgs. 25/2002, il legislatore ha indicato una metodologia standard per la valutazione del rischio chimico (UNI EN 689:1997).

Un ausilio al lavoro del professionista Contarp nella ricostruzione delle esposizioni pregresse dei lavoratori ad agenti chimici potrebbe essere individuato nell'uso di modelli di calcolo di semplice applicazione.

Attualmente nel panorama nazionale esistono vari algoritmi per la valutazione del rischio chimico (come i modelli MOVARISK, INFORISK...), tuttavia questi forniscono soltanto un responso qualitativo sull'entità del rischio suddividendolo in varie fasce di gravità e comunque necessitano di una conoscenza approfondita del sistema produttivo.

Il modello di calcolo ECETOC TRA Worker Tool è stato proposto dall'ECHA per la valutazione della sicurezza chimica (CSA: Chemical Safety Assessment) in ambito REACH. Tale modello permette di arrivare a ricostruire uno scenario espositivo con una stima numerica del livello di esposizione personale ad una determinata sostanza chimica a partire da pochi dati iniziali di input.

2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO ECETOC TRA WORKER TOOL

Il programma di calcolo ECETOC TRA Versione 2.0, nella sua modalità *Worker Tool* specifica per i lavoratori, è stato rilasciato dall'ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals) a luglio 2009 ed è un modello di semplice applicazione pratica in quanto richiede l'inserimento di un numero limitato di dati di input (Tabella 1), è in grado di simulare numerosi scenari d'esposizione lavorativi e consente di ottenere una stima d'esposizione basata su condizioni conservative, considerata come espressione del caso peggiore.

Tabella 1 - ECETOC TRA *Worker Tool* - dati di input**Parametri di input***Caratteristiche della sostanza*

Peso molecolare

Stato fisico (solido o no)

Tensione di vapore (liquido/gas) o polverosità (solido)

Categorie di processo

Scelta tra 25 PROC

Condizioni operative

Attività: Industriale o Professionale

Attività: Indoors o Outdoors

Durata dell'attività

Per sostanze utilizzate in miscela il range di concentrazione

Misure di gestione del rischio

Presenza di LEV (solo per attività indoors)

Tipo di protezione respiratoria

La Versione 2.0 del modello ECETOC TRA *Worker Tool* è stata ricavata essenzialmente dalla struttura del modello EASE, sviluppato in UK dalla HSE specificatamente per il settore chimico, in quanto prende in considerazione per la stima dell'esposizione occupazionale i seguenti 3 parametri:

- la tendenza di una sostanza a disperdersi in aria, che è espressa dalla sua fugacità
- i pattern d'uso (i cosiddetti PROC o categorie di processo)
- i pattern di controllo (presenza o meno di ventilazione locale - LEV).

Presenta tuttavia alcune sostanziali modifiche rispetto ad EASE: infatti distingue tra "attività industriali" ed "attività professionali" e fa riferimento al sistema dei descrittori d'uso previsto dalla valutazione del rischio chimico - CSA del REACH, consistente in 25 categorie di processo (PROC), che descrivono in modo più dettagliato gli scenari d'esposizione lavorativi identificati.

Nella tabella 2 sono riportati, per completezza, le suddette categorie di processo.

Tabella 2 - ECETOC TRA Worker Tool - categorie di processo

REACH Process Categories		
PROC 1	1	Use in closed process, no likelihood of exposure
PROC 2	2	Use in closed, continuous process with occasional controlled exposure
PROC 3	3	Use in closed batch process (synthesis or formulation)
PROC 4	4	Use in batch and other process (synthesis) where opportunity for exposure arises
PROC 5	5	Mixing or blending in batch processes (multistage and/or significant contact)
PROC 6	6	Calendering operations
PROC 7	7	Industrial spraying
PROC 8	8a	Transfer of chemicals from/to vessels/ large containers at non dedicated facilities
	8b	Transfer of chemicals from/to vessels/ large containers at dedicated facilities
PROC 9	9	Transfer of chemicals into small containers (dedicated filling line)
PROC 10	10	Rollerapplicationorbrushing
PROC 11	11	Nonindustrialspraying
PROC 12	12	Useofblowagentsforfoamproduction
PROC 13	13	Treatment of articles by dipping and pouring
PROC 14	14	Production of preparations or articles by tableting, compression, extrusion, pelletisation
PROC 15	15	Use of laboratory reagents in small scale laboratories
PROC 16	16	Using material as fuel sources, limited exposure to unburned product to be expected
PROC 17	17	Lubrication at high energy conditions and in partly open process
PROC 18	18	Greasing at high energy conditions
PROC 19	19	Hand-mixing with intimate contact (only PPE available)
PROC 20	20	Heat and pressure transfer fluids (closed systems) in dispersive use
PROC 21	21	Low energy manipulation of substances bound in materials and/or articles
PROC 22	22a	Potentially closed operations with minerals at elevated temperature -pt<mp -Low Fugacity
	22b	Potentially closed operations with minerals at elevated temperature -pt ≈ mp -Med Fugacity
	22c	Potentially closed operations with minerals at elevated temperature -pt > mp -High Fugacity
PROC 23	23a	Open processing and transfer of minerals at elevated temperature -pt<mp -Low Fugacity
	23b	Open processing and transfer of minerals at elevated temperature -pt ≈ mp -Med Fugacity
	23c	Open processing and transfer of minerals at elevated temperature -pt > mp -High Fugacity
PROC 24	24a	High (mechanical) energy work-up of substances bound in materials and/or articles -pt<mp -Low Fugacity
	24b	High (mechanical) energy work-up of substances bound in materials and/or articles -pt ≈ mp -Med Fugacity
	24c	High (mechanical) energy work-up of substances bound in materials and/or articles -pt > mp -High Fugacity
PROC 25	25a	Hot work operations with metals -pt<mp -Low Fugacity
	25b	Hot work operations with metals -pt ≈ mp -Med Fugacity
	25c	Hot work operations with metals -pt > mp -High Fugacity

La costruzione dello scenario prevede due passi sequenziali (Tabella 3).

Una volta inseriti nella finestra di lavoro del programma di calcolo i dati di input relativi ad alcune proprietà chimico-fisiche della sostanza (peso molecolare, tensione di vapore per i liquidi o polverosità per i solidi), i valori limite di riferimento o i DNELs della sostanza ed individuato, per la creazione dello scenario di esposizione, il più appropriato PROC di descrizione del processo di lavoro e se si tratta di attività industriale o professionale, il modello prevede l'applicazione di 4 fattori modificatori d'esposizione:

- Ventilazione: sono distinte le lavorazioni indoor, con e senza ventilazione locale delle emissioni (LEV), da quelle outdoors.
L'efficacia dell'impianto di ventilazione è compresa nell'intervallo 80 - 95% in funzione della scelta del PROC e del tipo di attività (le attività professionali prevedono un'efficacia di riduzione delle emissioni sempre inferiore a quelle industriali);
- Durata dell'attività: sono previsti 4 diversi intervalli di tempo lavorativi:
 - 4 ore;
 - 1 - 4 ore;
 - 15 min.- 1 ora;
 - <15 min.;
 per i quali le emissioni sono calcolate applicando idonei fattori moltiplicativi;
- Protezione respiratoria: viene distinto il possibile utilizzo di un dispositivo di protezione respiratoria (RPE-Respiratory Protection Equipment) e la sua assenza;
- Uso in miscele: il modello prevede una distinzione tra l'uso della sostanza tal quale o in miscela a concentrazioni $C > 25\%$; $C = 5-25\%$; $C = 1-5\%$ e $C < 1\%$.

Tabella 3 - ECETOC TRA *Worker Tool* - costruzione dello scenario

Costruzione dello scenario di esposizione	
Step 1	Scelta dei parametri descrittivi
	Breve nome dello scenario
	Scelta della categoria di processo (PROC)
	Tipo di attività (industriale o professionale)
Step 2	Applicazione dei 4 modificatori di esposizione
	Ventilazione
	Durata dell'attività
	Protezione respiratoria
	Utilizzo della sostanza in miscela

Il modello consente di ottenere come risultato finale un valore medio di esposizione sia inalatoria che cutanea per la sostanza in studio ed il calcolo del Rapporto di Caratterizzazione del Rischio (RCR) ricavato dividendo il valore medio calcolato per il valore limite di riferimento o per il DNEL della sostanza. Nel caso il cui il rapporto di caratterizzazione del rischio sia <1 , il rischio si intende controllato e l'uso della sostanza è considerato sicuro.

3. MATERIALI E METODI

Ai fini di valutare la rispondenza tra i valori sperimentali e quelli calcolati dal modello, si è provato a testare ECETOC TRA *Worker Tool* su un settore lavorativo del comparto artigiano: quello delle autocarrozzerie; gli scenari di esposizione ottenuti applicando questo modello di calcolo sono stati confrontati sia con i dati sperimentali riportati nello studio INAIL-ex ISPESL "Profilo di rischio del comparto autocarrozzerie", sia con i risultati di alcune indagini ambientali condotte dalla CONTARP Marche.

In particolare sono stati presi in considerazione i dati relativi all'esposizione a solventi durante l'attività di verniciatura, operazione che è tipicamente caratterizzata da un rischio chimico di esposizione a solventi e al particolato.

Lo studio ex-ISPESL ha interessato un discreto numero di aziende artigiane, situate in provincia di Siena, in cui è stata monitorata l'esposizione giornaliera dei lavoratori a solventi mediante campionamenti passivi, tipo radiello, con successiva determinazione gas-cromatografica con rilevatore FID.

L'indagine condotta nella Regione Marche ha riguardato attività artigianali di autocarrozzeria, con svolgimento di operazioni di verniciatura a spruzzo che venivano condotte all'interno di apposite cabine munite di sistemi di aspirazione. In questo caso l'indagine è stata condotta secondo la metodica NIOSH 1501, ovvero tramite un campionamento attivo con fiale in carbone attivo (SK 226-01) a basso flusso (50 ml/min) e successiva determinazione analitica con un GC-FID presso il Laboratorio di Igiene Industriale della CONTARP Centrale di Roma.

Il confronto tra i dati sperimentali e quelli calcolati dal modello ECETOC TRA *Worker Tool* è stato finalizzato alla valutazione dell'esposizione a vari solventi organici considerando quelli più caratteristici del comparto come il toluene, l'acetato di butile, gli xileni, il metilisobutilchetone (MIBK) e l'etilbenzene.

Nella costruzione dello scenario espositivo è stato necessario, così come previsto dal modello, utilizzare dei parametri di input in base alla natura ed alle caratteristiche dell'attività in studio.

Per l'applicazione del modello sono stati inseriti i seguenti parametri di input:

- tipo di processo lavorativo: è stato scelto il PROC 11 (*Spray in applicazioni non industriali*)
- condizioni operative:
 - attività: *indoors*;
 - impianto di aspirazione: *presenza di LEV (Local Exhaust Ventilation)*;
 - durata attività : *15 min - 1 ora* ;
 - protezione respiratoria: *non utilizzata*;
 - sostanza usata in miscela: *concentrazione variabile*; dato che la composizione delle miscele impiegate poteva essere variabile, sono state considerate due possibili fasce di concentrazione: quella compresa tra 5-25% e quella compresa tra 1-5% che corrispondono alle percentuali di solventi più comunemente presenti nelle vernici.

4. RISULTATI

I valori ottenuti con il modello ECETOC TRA sono riportati nella seguente Tabella 4 e confrontati con i dati sperimentali e con i valori di TLV - TWA dell'ACGIH. Come si può evincere dalla Tabella, i valori stimati dal modello ECETOC TRA sono accettabilmente confrontabili con i dati sperimentali, sia nel caso di lavoratori addetti alla verniciatura a spruzzo (dati INAIL CONTARP) sia nel caso della valutazione dell'esposizione totale a solventi nel comparto preso in considerazione (INAIL ex-ISPEL).

Tabella 4 - Confronto tra i risultati ottenuti con ECETOC TRA - PROC 11 ed i dati sperimentali

Sostanza	Risultati sperimentali (mg/m ³) *		ECETOC TRA PROC 11 - (mg/m ³) **		TLV-TWA mg/m ³
	INAIL		Concentrazione miscela		
	ex ISPEL	CONTARP Marche	5-25 %	1-5 %	
Toluene	1,0 - 34,6	9,91 - 28,78	45,2	15,1	188
n-Butilacetato	0,4 - 32,6	3,82 - 12,85	58,1	19,4	713
m,p-Xileni	0,3 - 7,6	1,51 - 2,81	53,1	17,7	434
o-Xilene	1,0 - 5,8	0,33 - 0,42	53,1	17,7	434
MIBK	0,2 - 5,8	0,32 - 4,10	50,1	16,7	205
Etilbenzene	0,2 - 1,3	0,41 - 0,46	53,1	17,7	434

* Range di concentrazioni.

** Valore medio ottenuto a seguito dell'applicazione del modello ECETOC TRA *Worker Tool*.

Il modello di calcolo ECETOC TRA *Worker Tool* è piuttosto conservativo e tende in genere a sovrastimare l'esposizione, come si vede in Tabella 4 soprattutto per i solventi xilene, metilisobutilchetone ed etilbenzene. Si ritiene comunque importante che un modello di calcolo sia sufficientemente cautelativo nei confronti dei lavoratori, in particolare se viene utilizzato per la stima di esposizioni avvenute in passato per cui non sono disponibili dati sperimentali.

Dal confronto con i valori di TLV - TWA riportati in Tabella, risulta che sia i dati sperimentali che quelli ottenuti con il modello di calcolo sono sempre in tutti i casi ben al di sotto dei valori limite di esposizione stabiliti dall'ACGIH e pertanto si è in una situazione di rischio sotto controllo per i lavoratori. Ciò conferma l'utilità che questo modello potrebbe avere per la stima dell'esposizione professionale ad agenti chimici. Dall'applicazione di questo modello non ci si attende, infatti, che i valori stimati siano del tutto sovrapponibili, o quasi, a quelli misurati sperimentalmente, ma piuttosto che questi siano collocabili tutti in una stessa "area" di rischio che rappresenta una situazione espositiva "reale" per un determinato settore lavorativo e per una determinata mansione.

Vanno tuttavia sottolineate alcune criticità che si incontrano quando si applica il modello a processi produttivi non più in essere.

Il primo punto critico consiste nella scelta del processo lavorativo (PROC), in quanto il modello, per sua natura, non può comprendere in modo sistematico tutti i processi industriali esistenti e, quindi, a volte è inevitabile dover effettuare una scelta per similarità tra quelli proposti, basandosi su analogie tra i processi proposti e quello in studio.

Inoltre va considerata la durata dell'attività che in piccole realtà lavorative, come le aziende artigiane, risulta essere non sempre costante e, di conseguenza, occorre porre particolare attenzione. Altro dato di input particolarmente critico per l'applicazione del modello è, inoltre, la presenza di un impianto di captazione degli inquinanti, il "Local Exhaust Ventilation" (LEV): il modello calcola infatti l'efficacia dell'impianto di aspirazione sia in base al tipo di PROC scelto che al tipo di attività - industriale o professionale; le attività professionali prevedono un'efficacia di riduzione delle emissioni sempre inferiore a quelle industriali. Nel caso di studio è stato applicato il PROC 11 (verniciatura spray in attività non industriali) per il quale il modello considera un'efficacia dell'impianto di aspirazione pari all'80%; come è noto, però, non sempre questa condizione è quella reale, specie nelle piccole realtà. Un altro aspetto da considerare, al fine di una corretta utilizzazione del modello, riguarda il parametro relativo alla concentrazione dei solventi nelle vernici (questo nel caso in cui si utilizzi una miscela), parametro che non sempre è noto, in particolare quando occorre studiare ed esprimersi su situazioni pregresse.

5. CONCLUSIONI

Il modello di calcolo ECETOC TRA *Worker Tool* permette di ricostruire diversi scenari di esposizione lavorativa a partire da pochi dati iniziali di input ed è di semplice e rapida applicazione pratica.

La criticità nell'applicazione del modello ECETOC TRA *Worker Tool* per la stima di una esposizione pregressa in ambito professionale riguarda proprio la difficoltà nell'acquisizione dei valori di input sopra descritti e la verifica che questi siano accuratamente rappresentativi delle condizioni lavorative esistenti all'epoca.

È importante sottolineare, quindi, che sia nella fase di input dei parametri che in quella dell'interpretazione dei dati di output, l'applicazione di questo modello deve essere riservata a personale competente in grado di scegliere adeguatamente i parametri che determinano il rischio ed assegnare ad essi il giusto "peso" sulla scorta di una conoscenza approfondita del ciclo lavorativo in esame.

BIBLIOGRAFIA

INAIL ex-ISPEL: Profilo di rischio nel comparto aut carrozzerie, <http://www.inail.it>, settembre 2010.

ECETOC - for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals: ECETOC TRA Worker tool - versione 2.0, <http://www.ecetoc.org/>, luglio 2009.

ECETOC - for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals: Targeted Risk Assessment, 2004, Technical Report No. 93.

ECETOC - for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals: Addendum to ECETOC Targeted Risk Assessment Report No. 93, 2009, Technical Report No. 107.