

Giuseppe Bulla<sup>1</sup>, Luigi Perbellini<sup>2</sup>

## Le nuove tecniche di verniciatura e rischi per la salute

<sup>1</sup> Consulente Ambientale Via P. Sacco 38 - 15121 Alessandria

<sup>2</sup> Medicina del Lavoro dell'Università di Verona, P.le L.A. Scuro 10 - 37134 Verona

**RIASSUNTO.** La prima parte della relazione segnala le rilevanti modificazioni che i processi vernicianti hanno subito negli ultimi 20 anni. Il passaggio dalle vernici classiche a "solventi" a quelle "ad acqua" ha segnato una evoluzione tossicologica molto importante nel ridurre i possibili effetti tossici, nel migliorare la qualità dei prodotti e nel limitare l'inquinamento ambientale. Vengono confrontate e discusse le vecchie e nuove "ricette" per la preparazione di vernici e smalti. La seconda parte della relazione sintetizza la letteratura internazionale riguardante i dati epidemiologici sui verniciatori e descrive gli effetti tossici in ambito sperimentale che sono stati segnalati per alcuni solventi delle vernici ad "acqua".

**Parole chiave:** vernici a base solvente, vernici a base acqua, valutazione del rischio per la salute.

**ABSTRACT. NEW VARNISHING TECHNIQUES AND HEALTH RISK ASSESSMENT.** The first part of the report signals the significant changes coating processes have endured over the last twenty years. The shift from traditional "solvent-based" paints to "water-based" paints marked a very important toxicological evolution, to reduce the possible toxic effects, to improve the products quality and to limit environmental pollution, Old and new recipes for preparation of paints and enamels are compared and discussed. The second part of the report summarizes the international literature concerning epidemiological data on painters and describes the toxic effects in experimental area that are reported for several solvents of water-based paints.

**Key words:** solvent-based paints, water-based paints, health risk assessment.

Negli ultimi 20 anni il mondo delle vernici ha avuto una evoluzione molto marcata che ha permesso di raggiungere tre obiettivi fondamentali:

- Miglioramento delle caratteristiche tossicologiche dei componenti dei prodotti vernicianti
- Riduzione dell'impatto ambientale attraverso la formulazione di nuovi prodotti a più basso tenore di solventi, a polvere, a base acquosa; adozione di nuove tecniche applicative, che hanno ridotto gli sprechi di prodotto, generando meno rifiuti ed una consistente riduzione delle emissioni atmosferiche.
- Miglioramento della durabilità (resistenza alla corrosione) e dell'aspetto estetico delle vernici con conseguente maggior durata dei manufatti e loro migliore utilizzo.

Qui di seguito esamineremo l'evoluzione dei prodotti vernicianti utilizzati nei cicli di lavorazione che hanno significativamente modificato i problemi associate all'impatto ambientale.

Ciclo di verniciatura auto e veicoli industriali:

- Applicazione ad immersione di Fondo anticorrosivo cataforetico, verniciatura della scocca immersa per effetto elettroforetico e successiva polimerizzazione della vernice in forno (160-180 °C)
- Applicazione di fondo a solvente fino agli anni 90. Attualmente l'applicazione di fondo all'acqua avviene tramite robot elettrostatici e successiva polimerizzazione in forno (140- 160 °C).
- Applicazione di smalto/ base metallizzata a solvente fino agli anni 90. Ora è modificata con smalto/base metallizzato all'acqua e successiva applicazione di trasparente a solvente bagnato su bagnato, tramite robot elettrostatici e quindi polimerizzazione in forno (120-140 °C). Oppure, in luogo della trasparente a solvente, applicazione di trasparente all'acqua e successiva polimerizzazione in forno (120-140 °C)
- Ritocchi in linea con fondi epossidici bicomponenti e smalti bicomponenti poliuretani analogamente al ciclo di verniciatura eseguito in carrozzeria di riparazione.

Ciclo verniciatura elettrodomestici:

- Applicazione ad immersione di Fondo anticorrosivo cataforetico e verniciatura dell'elettrodomestico immerso per effetto elettroforetico e successiva polimerizzazione della vernice in forno (160-180 °C)

- Applicazione elettrostatica di prodotto verniciante in polvere e successiva polimerizzazione della vernice in forno (130-140 °C).

Ciclo di verniciatura carrozzeria di riparazione:

- Carteggiatura delle parti da verniciare, eventuale stuccatura, levigatura, applicazione del fondo (Primer) catalizzato, applicazione dello smalto catalizzato, polimerizzazione in forno (60-80 °C). Non è possibile utilizzare temperature superiori in quanto i veicoli completi hanno a bordo carburanti e materiali, che si degradano con la temperatura o possono generare incendi.
- In caso di assenza di forno è possibile usare catalizzatori cosiddetti rapidi che permettono una polimerizzazione anche a temperatura ambiente, oppure fondi e

smalti a solvente a rapida essiccazione, quali gli smalti a base di nitrocellulosa, che nel passato hanno avuto larga diffusione ma attualmente quasi abbandonati per l'elevato contenuto in solventi e l'alta infiammabilità. In generale i prodotti all'acqua non sono infiammabili. (Vedere MSDS).

Nella Tabella I abbiamo riportato alcuni esempi di formule di prodotti a base solvente ed a base acqua. Da un primo esame delle stesse si può evincere che i prodotti a base acqua contengono una percentuale di solvente più bassa dei prodotti a base solvente (in generale l'acqua sostituisce circa il 40-50 % dei solventi tradizionali), inoltre hanno caratteristiche chimico fisiche diverse dai solventi che vengono utilizzati dai prodotti a base solvente.

**Tabella I. Formule tipo di prodotti vernicianti**

<b>Metallizzati base solvent (SOLVENTS)</b>	%	%	<b>Metallizzati base acqua (WATER)</b>	%	%
Pigmenti	5	15	Pigmenti	5	15
Resine	25	35	Resine	25	35
Solventi	70	50	Solventi	15	10
	100	100	Acqua	50	40
				100	100
<b>Composizione di un primer epossidico solvente</b>	%	%	<b>Composizione di un primer epossidico acqua</b>	%	%
Pigmenti	25	35	Pigmenti	25	35
Resine epoxy	25	35	Resine Epoxy	20	25
Solventi	50	30	Solventi	7	10
	100	100	Acqua	48	30
				100	100
<b>Composizione di un indurente (Hardener) primer epoxy solvente</b>	%	%	<b>Composizione di un indurente Primer epoxy acqua</b>	%	%
Poliammine	5	10	Poliammine	25	30
Ammine	1	2	Solventi	25	30
Solventi	94	88	Acqua	50	40
	100	100		100	100
<b>Smalti PUR base solventi</b>	%	%	<b>Smalti PUR base acqua</b>	%	%
Pigmenti	5	15	Pigmenti	5	15
Resine	40	50	Resine	25	35
Solventi	55	35	Solventi	30	15
	100	100	Acqua	40	35
				100	100
<b>Composizione di un indurente per smalti poliuretanic (PUR) solvente</b>	%	%	<b>Composizione di un indurente per smalti PUR acqua</b>	%	%
Polisocianati	30	50	Polisocianati	55	70
Solventi	65	50	Solventi	45	30
	100	100		100	100
<b>Composizione d'una pittura in polvere</b>	%	%			
Pigmenti	25	35			
Resine	75	65			
Solventi	0	0			
	100	100			

Nella Tabella II abbiamo fatto un confronto fra i solventi dei prodotti tradizionali ed i solventi dei prodotti a base acquosa. Come si può notare dalla tabella le tipologie utilizzate sono diverse, in quanto i solventi tradizionali non sono, in generale, solubili in acqua, mentre la funzione dei sol-

venti nei prodotti a base acqua è quella di rendere l'acqua compatibile con le resine ed i pigmenti che costituiscono questi prodotti vernicianti. Molti solventi hanno più sinonimi, per cui per ognuno di essi è stato fornito il numero di Cas per avere un definizione univoca della sostanza.

**Tabella II. Elenco dei solventi utilizzati per i prodotti vernicianti "ad acqua" o "a solvente"**

CAS	Descr_MP_Italiano	Descr_MP_English	ACQUA	SOLVENTE
65996-79-4	nafta solvente da carbone	carbon naptha solvent		X
34590-94-8	dipropilenglicol metiletere	dipropylene glycol methyl ether		
1569-01-3	propilen glicol etere (pnp)	propylene glycol ether	X	
770-35-4	montasolve php/t	montasolve php/t		
108-94-1	cicloesane	cyclohexanone		X
111109-77-4	proglyde dmm	proglyde dmm	X	
64742-48-9	ragia minerale dearomatizzata	dearomatized mineral spirit		X
64771-72-8	syntsol 120	syntsol 120		X
111-65-9	n-ottano	syntsol lp 8		X
64742-49-0	shellsol d25	shellsol d25	X	
64741-65-7	shellsol oms / oms naphtha	shellsol oms / oms naphtha		X
78-59-1	isoforone	isophorone		X
100-51-6	alcool benzilico	benzyl alcohol		X
111-87-5	1-ottanolo/nacol 8-98	1-octanol/nacol 8-98	X	
64-17-5	alcool etilico denaturato	denaturated ethanol		X
71-41-0	alcool amilico primario	primary amyl alcohol	X	
64-17-5	alcool etilico ass. (solv.rg)	denatured ethanol 97.5% *non-tsca		X
29911-28-2	dowanol dpm glycol etere	dowanol dpm glycol ether	X	
71-23-8	alcool n-propilico	normal propyl alcohol	X	
64742-48-9	exsol d 60	exsol d 60		X
68526-86-3	exsol 13	iso-tridecil alcohol		X
1569-02-4	etossipropanolo	ethoxy propanol	X	X
25498-49-1	arcosolv tpm/dowanol tpm	arcosolv tpm/dowanol tpm	X	
770-35-4	fenossi propanolo	phenoxy propanol		X
55934-93-5	dowanol tpm	dowanol tpm	X	
1559-35-9	2-(2-etilesilossi)etanolo	2-(2-ethylhexyloxy)ethanol	X	
104-76-7	alcool 2 etilesilico	2-ethyl hexanol	X	
4435-53-4	3-metossi-n-butilacetato	methoxy 3 butyle acetate		X
54839-24-6	etossipropilacetato	acet. d ethoxypropanol	X	
64742-82-1	white spirit	white spirit		X
763-69-9	etilettossipropionato (eep)	ethyl 3 ethoxypropionate (eep)		X
64742-94-5	solvesso 200 (solvente nafta petrolio)	solvent naphta heavy aromatic		X
1329-99-3	depanol i	terpenic		X
8002-09-3	olio di pino	pine oil		X
1119-40-0	rpde/dbe	rhodiasolv rpde		X
67-64-1	acetone	acetone		X
67-56-1	alcool metilico	methanol	X	X
141-78-6	etil acetato	ethyl acetate		X
78-93-3	mek-metiletichetone	methyl ethyl ketone		X

(segue)

Tabella II. (segue)

CAS	Descrì_MP_Italiano	Descrì_MP_English	ACQUA	SOLVENTE
67-63-0	alcool isopropilico	isopropanol	X	
142-82-5	eptano (t.p.)	heptane		X
7732-18-5	acqua demineraliz.	deionized water		X
78-83-1	iso-butanolo	isobutanol	X	
108-88-3	toluene (toluolo)	toluene		X
108-10-1	mibk-metilisobutilchetone	mibk		X
71-36-3	n-butanolo	n-butanol		X
107-98-2	metossiopropanolo	methoxy propanol	X	X
110-19-0	acetato isobutile	isobutyl acetate		X
123-86-4	acetato n-butile	butyl acetate		X
1330-20-7	xilene (xilolo)	xylene		X
108-65-6	metossiropilacetato	methoxy propanol acetate		X
628-63-7	pentilacetate	pentylacetate		X
123-42-2	diacetone alcool	diacetone alcohol		X
64742-95-6	solvente nafta petrolio leggero	solvesso 100		X
108-93-0	cicloesano	cyclohexanol		
111-76-2	butilglicole	butyl glycol	X	X
108-83-8	diisobutilchetone	diisobutylketone		
5131-66-8	n butossi propanolo	dowanol pnb	X	
64742-94-5	solvesso 150 (t.p.)	solvesso 150		X
112-07-2	butil glicol acetato	butyl glycol acetate	X	
64742-47-8	shellsol d 70	shellsol d70	X	
112-25-4	esil glicole	hexyl glycol	X	
119-64-2	tetraidronaftalina	tetrahydronaphthalene		X
872-50-4	n-metilpirrolidone	n-methyl pyrrolidone	X	
112-15-2	etildiglicoleacetato	diethylene glycol monoethyl ether acetate		X
112-34-5	dietilenglicole mono butiletere	butyl diglycol	X	X
124-17-4	butasolv	butyl diglycol acetate		X
25265-77-4	texanol	texanol	X	
635-05-2	eastman eep solvent	eastman eep solvent	X	
34590-94-8	dpm glicoletere	dpm glycol ether	X	
108-01-0	dimetiletanolamina	n,n dimethylethanolamine	X	
121-44-8	trietilamina	triethylamine		X
78-59-1	isoforone	isophorone		X
112-34-5	butilcarbitolo	buthylcarbitol	X	
56539-66-3	3-metossi-3-metil-1-butanolo	3-methoxy-3-methyl-1-butanol		X

Le caratteristiche chimico fisiche dei prodotti a base acquosa hanno un tasso di evaporazione molto inferiore a quello dei prodotti tradizionali a solvente. Inoltre, durante le fasi di spruzzatura, tendono a rimanere nel particolato, per cui sono più facilmente abbattibili attraverso adatti dispositivi di protezione individuale.

Occorre tener presente che il solvente preponderante nei prodotti a base acquosa è l'acqua in una percentuale variabile fra il 40% ed il 50%, mentre altri solventi contribuiscono per il 10-15%.

I solventi più utilizzati per i prodotti a base acqua sono in generale:

- l'esilcellosolve (hexyl cellosolve), dietilenglicolemonobutiletere (diethylene glycol monobutyl ether), 2-butossietanolo (2-butoxyethanol), 2-butossietanolo acetato (2-butoxy ethanol acetate), metiletere propilenglicole acetato (methyl ether propylene glycol acetate), dietilenglicole butiletere acetato (diethylene glycol butyl ether acetate), propilene glicole monometiletere (propylene glycol monomethyl ether). N-metilpir-

rolidone (NMP) ed il metanolo vengono utilizzati in alcuni prodotti specifici. L'NMP, in particolare viene utilizzato per rimuovere le pitture polimerizzate di tutti i tipi in prodotti svernicianti a base acquosa, che ne contengono dal 25% al 30% in sostituzione dei solventi clorurati.

I solventi più utilizzati per i prodotti a base solvente sono in generale:

- l'acetato di butile, xilene (butyl acetate), solvente nafta 100/200 (aromatic solvent-100/200 type), alcol butilico (normal butyl alcohol)

Una discussione sugli **aspetti tossicologici dei solventi delle "vernici ad acqua"** necessita di alcune considerazioni preliminari. La prima riguarda la quantità di solventi utilizzata: con l'acqua, vengono aggiunte proporzioni del 15-30 % di solventi organici, invece del 50-70% delle vernici classiche. Con queste caratteristiche e tenendo presente l'aforisma di Paracelso che "è la dose che fa il veleno" dobbiamo sottolineare che le vernici ad acqua sono da considerare meno pericolose delle precedenti; queste definizioni tranquillizzanti per molti non lo sono per il tossicologo industriale che si pone il problema di definire il possibile rischio rappresentato dai nuovi prodotti.

Il secondo aspetto da segnalare riguarda le caratteristiche chimiche dei solventi per le vernici ad acqua che sono molto diverse da quelle delle vernici tradizionali. Il toluene e gli altri idrocarburi aromatici, il tricloroetilene con il gruppo dei clorurati, il n-esano e simili idrocarburi alifatici o aliciclici, di cui abbiamo approfondito gli effetti tossici per numerosi decenni non sono utilizzabili nelle vernici ad acqua specie per la loro spiccata liposolubilità.

I citati tipi di solventi per le vernici "ad acqua" (glicoli, eteri, NMP ...) pongono nuovi problemi culturali dal punto di vista tossicologico: i solventi idrosolubili presentano strutture chimiche piuttosto complicate e per alcuni non sono noti i principali metaboliti e non vi sono indicazioni dell'ACGIH o della DFG per limiti in relazione al possibile monitoraggio biologico.

Di seguito vengono sintetizzati alcuni aspetti sull'epidemiologia delle patologie rilevate in verniciatori: la letteratura recente segnala sintomi irritativi, disturbi asmatici e neoplasie.

Wieslander e Norbäck (2010) in un gruppo di imbianchini che utilizzavano coloranti provalentemente a base acquosa hanno segnalato la presenza di frequenti disturbi oculari con interferenze sulla qualità del film lacrimale e irritazione della mucosa nasale che erano in relazione all'intensità dell'esposizione a solventi (propylenglycol, diglycol ethers, and Texanol). Kaukiainen e coll (2005) hanno segnalato una elevata incidenza di dermatiti in imbianchini che utilizzavano stucchi e gessi (anche se a base acquosa), ma per quelli addetti a dipingere solo con vernici ad acqua l'incidenza delle dermatiti non era superiore a quella dei soggetti di controllo.

Temel e coll. (2010) hanno descritto casi di asma professionale in verniciatori e saldatori di un'azienda di produzione di biciclette. Una ben documentata sensibilizza-

zione associata ad asma bronchiale è stata segnalata in un pittore amatoriale (Dudek e coll. 2009)

Una meta-analisi dal titolo "Organic solvents and cancer" (Lyng e coll. 1997) segnala esclusivamente la relazione tra solventi organici liposolubili e la comparsa di neoplasie: il tricloroetilene con linfomi non-Hodgking e neoplasie epatiche, tetracloroetilene con le neoplasie esofagee, il cloruro di metilene con cancri epatici e delle vie biliari. Nei verniciatori era segnalato comunque un aumento dei cancri al polmone (40%) senza però specifiche agenti causali.

Associata a questa segnalazione vi è quella di Ramanakumar e coll (2011) che riportano due studi epidemiologici svolti in Canada e riguardanti i verniciatori. Il primo è stato condotto tra il 1979 e il 1986, mentre il secondo tra il 1996 e il 2001. L'insieme dei dati confermava che l'esposizione a vernici e coloranti per legni aumentava l'incidenza delle neoplasie polmonari.

Un'altra metanalisi pubblicata da Guha e coll. (2010a) fornisce ulteriori elementi della relazione tra l'attività di verniciatore e la comparsa di neoplasie polmonari. Gli autori hanno analizzato 47 coorti indipendenti che nell'insieme consideravano oltre 11.000 casi di cancro al polmone in verniciatori. Anche la stratificazione per progetto di studio, sesso e zone geografiche confermava un aumento di rischio in relazione alla durata dell'esposizione a solventi.

Risultati analoghi sono stati ottenuti per il rischio di neoplasie vescicali. Una metanalisi su 41 coorti di verniciatori segnalava una elevata incidenza di neoplasie vescicali nei verniciatori: tale rilievo era in relazione alla durata delle esposizioni professionali (Guha e coll.2010b).

Pur essendo pubblicazioni molto recenti, i risultati sono riferibili a solventi e a coloranti di vernici "classiche": il possibile contributo delle vernici "ad acqua" non è estrapolabile dagli studi fino ad ora realizzati.

Per alcune informazioni basilari sui possibili effetti dei principali solventi per vernici "ad acqua" riportiamo alcuni recenti dati della letteratura: non sono dati esaustivi, ma inquadrano un problema che necessita di ulteriori studi e approfondimenti.

Il N-metilpirrolidone è stato segnalato come prodotto con possibili effetti tossici sulle gonadi e su embrioni sia in ratti che in conigli. Sitarek e Stetkiewicz (2008) nel segnalare gli effetti embriotossici e teratogenici del N-metilpirrolidone hanno condotto uno studio su ratti per valutare la tossicità sulle gonadi e sulla capacità riproduttiva del solvente che veniva somministrato per os a dosi quotidiane fino a 1 grammo/die per 10 settimane. Dopo questa fase gli animali venivano fatti accoppiare con ratti femmine non trattati con solvente. La dose massima di solvente si associava a danni rilevanti ai tubuli seminiferi con conseguente infertilità. Alla dose minima utilizzata (100 mg/kg) non si rilevava alcun effetto sulla fertilità degli animali. Dosi maggiori (300 mg/kg) avevano alcuni modesti effetti sulle caratteristiche della prole.

Un'integrazione a questi risultati è stata fornita da Flick e coll (2009) che hanno valutato gli effetti embriotossici del N-metilpirrolidone e dei suoi 3 principali me-

taboliti: il 5-idrossi-N-metil-pyrrolidone (5-HNMP), la 2-idrossi-N-metilsuccinimide (2-HMSI) e la N-metilsuccinimide (MSI). Il N-metilpyrrolidone e il suo diretto metilderivato hanno dimostrato il maggior potenziale embriotossico provocando aberrazioni sulle regioni cerebrali degli embrioni. Gli altri due metaboliti sono stati considerati come prodotti non-embriotossici. Quando i tre metaboliti venivano somministrati a ratte gravide (dosi fino a 1500 mg/kg) per gavage tra il 6 e 20 giorno di gravidanza (Saillenfait e coll. 2007) sono stati rilevati effetti tossici embrio/fetali specie per la 2-idrossi-N-metilsuccinimide con dosi di 500 mg/kg o superiori: i marcati effetti sulle madri (riduzione dell'appetito e del peso) si associavano ad interferenze sullo sviluppo della prole con varie malformazioni. Le alte dosi necessarie per provocare le alterazioni citate portarono gli autori a concludere che l'embriotossicità e la teratogenicità del N-metilpyrrolidone sono difficilmente attribuibili ai suoi metaboliti. Negli studi di Saillenfait e coll. (2003 e 2004) con esposizioni sperimentali a vapori di N-metilpyrrolidone (0 - 30 - 60 - 120 mg/kg) in ratte gravide il no-observed-adverse-effect level (NOAEL) era di 30 ppm.

Gli effetti irritativi sulle prime vie aeree e sulla congiuntiva di questo solvente sono state studiate da Van Thriel e coll. (2007) durante esposizioni sperimentali umane (con fasi di carico di lavoro moderato) a concentrazioni tra 10 e 80 mg/m<sup>3</sup> per 2-4 ore associati a picchi espositivi fino a 160 mg/m<sup>3</sup>. La registrazione meticolosa delle sensazioni olfattive e trigeminali compreso l'amicamento e la rinomanometria anteriore hanno portato alla conclusione che nelle condizioni espositive testate non sono comparsi sintomi irritativi o disturbi alle mucose oculari e delle prime vie aeree. L'assorbimento percutaneo del N-metilpyrrolidone è risultato considerevole quando applicato con bendatura occlusiva sopra una mano in soggetti volontari (Keener e coll 2007, Bader e coll. 2005)). Nelle urine è comparso il 5-idrossi-N-metilpyrrolidone e la 2-idrossi-N-metilsuccinimide che hanno raggiunto la massima concentrazione rispettivamente dopo 4 e 26-29 ore. L'assorbimento percutaneo, con 2 ore di esposizione, è risultato pari in media a 5,4 mg/cm<sup>2</sup>/ora. Gli autori concordano che nelle esposizioni a N-metilpyrrolidone l'assorbimento percutaneo può essere rilevante e il monitoraggio biologico è necessario per controllare queste esposizioni: nell'esperienza di Akesson e coll. (2004) la 2-idrossi-N-metilsuccinimide sembra fornire i risultati più affidabili.

Un gruppo di solventi spesso rilevabile nelle vernici ad acqua e che è sospettato del rischio di malformazioni congenite in ambito umano è quello degli eteri glicolici. È un gruppo di oltre 30 solventi che dal punto di vista chimico vengono suddivisi in 2 gruppi principali: serie E e serie P, a seconda che siano a base di etilene e propilene (esempi: 1-Etossi-2-propanol, Dimetossi dipropilenglicole con i corrispondenti acetati). Sono solventi a peso molecolare piuttosto basso, ma nel contempo un punto di ebollizione discretamente elevato.

In una revisione critica delle pubblicazioni riguardanti la relazione tra eteri glicolici e malformazioni congenite in studi sperimentali (Maldonado e coll. 2003) sono segna-

late malformazioni di vari organi in animali quando trattati con etilenglicole monometil etero o etilenglicole monoetero; questo effetto non era rilevabile con i glicoli etilenici butil e propil eteri. 4 studi di tipo epidemiologico associavano l'esposizione professionale a glicol eteri a malformazioni congenite in ambito umano, anche se alcuni di questi non avevano una impostazione scientifica di elevata qualità.

Spencer (2005) ha raccolto un'ampia serie di informazioni tossicologiche sui glicol eteri della serie P e cioè contenenti il gruppo propilenico: il database è a favore della mancanza di significativi effetti sulla salute di questi prodotti, se utilizzati in modo corretto. Per il propilen glicole monometil etero vengono negati effetti tossici di tipo cronico (cancerogenesi compresa) in tutti gli studi effettuati. Cicolella (2006) confermando che la serie P dei glicol eteri non ha effetti negativi sugli apparati riproduttivi, segnala, in accordo con le indicazioni della Comunità Europea, che alcuni prodotti della serie E dei glicol eteri (in particolare l'Etilen glicole metil etero = 2 metossietanolo) hanno effetti sulla capacità riproduttiva provocando infertilità, atrofie degli apparati genitali ed embriotossicità fetale. Vengono invitati i medici del lavoro a porre particolare attenzione a questo aspetto.

**A conclusione** di questa sintetica revisione critica della letteratura è da segnalare che gli studi sui verniciatori sono particolarmente difficili per le frequenti innovazioni tecnologiche che spesso si associano all'uso di nuovi prodotti chimici. Parallelamente la trattazione di gruppi di prodotti chimici è, dal punto di vista tossicologico, una contraddizione poiché gli effetti biologici sono sempre da considerare specifici di singole molecole. In lavorazioni come la verniciatura, l'inserimento di gruppi di molecole chimicamente affini, rende il lavoro dei tossicologi industriali particolarmente arduo per 2 principali motivi: il primo è che gli effetti tossici specifici di ciascun prodotto spesso non sono noti e la simile struttura chimica induce all'errore di considerarli simili anche dal punto di vista biologico. L'altro aspetto è che l'esposizione professionale a più sostanze può accentuare o ridurre i loro effetti biologici, aumentando ulteriormente le difficoltà ad identificare i loro possibili specifici effetti negativi sulla salute umana.

## Bibliografia

- 1) Akesson B, Camerup MA, Jönsson BA. Evaluation of exposure biomarkers from percutaneous absorption of N-methyl-2-pyrrolidone. *Scand J Work Environ Health*. 2004 Aug; 30(4): 306-12.
- 2) Bader M, Keener SA, Wrbitzky R. Dermal absorption and urinary elimination of N-methyl-2-pyrrolidone. *Int Arch Occup Environ Health*. 2005 Sep; 78(8): 673-6.
- 3) Cicolella A. Glycol ethers reproductive risks *Gynecol Obstet Fertil*. 2006 Oct; 34(10): 955-63.
- 4) Dudek W, Witczak T, Swierczyńska-Machura D, Walusiak-Skorupa J, Pałczyński C. Occupational asthma due to turpentine in art painter - case report. *Int J Occup Med Environ Health*. 2009; 22(3): 293-5.
- 5) Flick B, Talsness CE, Jäckh R, Buesen R, Klug S. Embryotoxic potential of N-methyl-pyrrolidone (NMP) and three of its metabolites using the rat whole embryo culture system. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2009 Jun 1; 237(2): 154-67.

- 6) Guha N, Steenland NK, Merletti F, Altieri A, Cogliano V, Straif K. Bladder cancer risk in painters: a meta-analysis. *Source Occup Environ Med*. 2010b Aug; 67(8): 568-73.
- 7) Guha N, Merletti F, Steenland NK, Altieri A, Cogliano V, Straif K. Lung cancer risk in painters: a meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2010a Mar; 118(3): 303-12.
- 8) Kaukiainen A, Riala R, Martikainen R, Estlander T, Susitaival P, Aalto-Korte K. Chemical exposure and symptoms of hand dermatitis in construction painters. *Contact Dermatitis*. 2005 Jul; 53(1): 14-21.
- 9) Keener SA, Wrbitzky R, Bader M. Human volunteer study on the influence of exposure duration and dilution of dermally applied N-methyl-2-pyrrolidone (NMP) on the urinary elimination of NMP metabolites. *Int Arch Occup Environ Health*. 2007 Feb; 80(4): 327-34.
- 10) Lyngé E, Anttila A, Hemminki K. Organic solvents and cancer. *Cancer Causes Control*. 1997 May; 8(3): 406-19.
- 11) Maldonado G, Delzell E, Tyl RW, Sever LE. Occupational exposure to glycol ethers and human congenital malformations. *Int Arch Occup Environ Health*. 2003 Jul; 76(6): 405-23.
- 12) Ramanakumar AV, Parent MÉ, Richardson L, Siemiatycki J. Exposures in painting-related occupations and risk of lung cancer among men: results from two case-control studies in Montreal. *Occup Environ Med*. 2011 Jan; 68(1): 44-51.
- 13) Saillenfait AM, Gallissot F, Langonné I, Sabaté JP. Developmental toxicity of N-methyl-2-pyrrolidone administered orally to rats. *Food Chem Toxicol*. 2002 Nov; 40(11): 1705-12.
- 14) Saillenfait AM, Gallissot F, Morel G. Developmental toxicity of N-methyl-2-pyrrolidone in rats following inhalation exposure. *Food Chem Toxicol*. 2003 Apr; 41(4): 583-8.
- 15) Saillenfait AM, Sabaté JP, Gallissot F. Comparative developmental toxicities of the three major metabolites of N-methyl-2-pyrrolidone after oral administration in rats. *J Appl Toxicol*. 2007 Nov-Dec; 27(6): 571-81.
- 16) Sitarek K, Stetkiewicz J. Assessment of reproductive toxicity and gonadotoxic potential of N-methyl-2-pyrrolidone in male rats. *Int J Occup Med Environ Health*. 2008; 21(1): 73-80.
- 17) Spencer PJ. New toxicity data for the propylene glycol ethers - a commitment to public health and safety. *Toxicol Lett*. 2005 Mar 28; 156(1): 181-8.
- 18) Temel O, Sakar Coşkun A, Yaman N, Sarioğlu N, Alkaç C, Konyar I, Ozgen Alpaydin A, Celik P, Cengiz Ozyurt B, Keskin E, Yorgancıoğlu A. Occupational asthma in welders and painters. *Tuberk Toraks*. 2010; 58(1): 64-70.
- 19) van Thriel C, Blaszkewicz M, Schäper M, Juran SA, Kleinbeck S, Kiesswetter E, Wrbitzky R, Stache J, Golka K, Bader M. Chemosensory effects during acute exposure to N-methyl-2-pyrrolidone (NMP). *Toxicol Lett*. 2007 Dec 10; 175(1-3): 44-56.
- 20) Wieslander G, Norbäck D. Ocular symptoms, tear film stability, nasal patency, and biomarkers in nasal lavage in indoor painters in relation to emissions from water-based paint. *Int Arch Occup Environ Health*. 2010 Oct; 83(7): 733-41.

**Richiesta estratti:** L. Perbellini, *Medicina del Lavoro dell'Università di Verona, P.le L.A. Scuro 10 - 37134 Verona, Italy*

