

GIULIANO DALL'OLIO*

I gas di guerra nel Primo Conflitto Mondiale

The was gases in the First World War

Summary – The chemical warfare, begun by Germany on April 1915, created new and unforeseen problems for the allied Powers. It became important also for Italy to increase the industrial production of chemical weapons developing new methods or modifying the existing ones in order to make them suitable for a large scale production. Furthermore reliable chemical methods for toxic gases detection were necessary as an important part of the individual and collective passive defense plan. For this reason chemical laboratories, direct by famous university professors of toxicological chemistry, were founded and involved in the analysis of war materials, poison gases and the hygienic protection of the army.

Key words: war gases, chemical warfare, toxicological chemistry

Riassunto – La «guerra chimica», iniziata dalla Germania nell'aprile 1915, pone alle potenze dell'Intesa nuovi e imprevisi problemi. Anche per l'Italia diventa importante potenziare la produzione industriale di aggressivi chimici, studiando nuovi metodi o modificando quelli esistenti per renderli adatti alla fabbricazione su larga scala. Sono inoltre necessari attendibili metodi chimici per il riconoscimento dei gas tossici come parte importante della difesa passiva individuale e collettiva. Vengono istituiti a questo scopo laboratori chimici, diretti da noti docenti universitari di chimica tossicologica, dedicati allo studio e all'analisi dei materiali di guerra, dei gas tossici, ed alla tutela igienica delle truppe.

Parole chiave: gas di guerra, guerra chimica, chimica tossicologica

ARMI CHIMICHE E INDUSTRIA

L'uso di armi chimiche nel Primo Conflitto Mondiale, iniziato dai Tedeschi nell'aprile 1915, mette i paesi belligeranti dell'Intesa nella necessità di apprestare rapidamente valide difese dagli effetti deleteri dei veleni e soprattutto organizzare la produzione su vasta scala di analoghi mezzi di offesa, progetti non privi di difficoltà tecniche, scientifiche, logistiche.

* Via D. Veronese, 41 - 36075 Montecchio Maggiore (VI). E.mail: giuliano.dallolio@yahoo.it

Molte sono le sostanze chimiche studiate nel corso del conflitto, ma le più adatte per l'uso bellico risultano essere: cloro, fosgene, cloropicrina e iprite [7, 9, 18]. Il cloro in particolare, oltre al suo impiego come aggressivo chimico, è essenziale «*poiché entra in tutte le sostanze usate in larga scala in questa tecnica di combattimento*» [5]. Il mezzo per privare la Germania dell'arma chimica in un futuro conflitto – ribadisce un editoriale del 1919 – sarebbe semplice: «*proibire la produzione di cloro*» [5].

Va sottolineato che la maggior parte dei gas di guerra era già nota prima dell'inizio delle ostilità, utilizzata per scopi pacifici. L'industria chimica europea, quella tedesca in particolare, produceva grandi quantità di cloro e fosgene, il primo come coprodotto degli impianti elettrochimici cloro-soda, il secondo prevalentemente per l'industria dei coloranti. Felice Garelli (1869-1936), professore di Chimica Tecnologica al Politecnico di Torino, nel 1919 afferma: «*L'industria dei gas asfissianti si collega in special modo a quella dei prodotti organici: niuna meraviglia pertanto che la Germania fosse da tempo preparata alla produzione industriale di quantità ingenti di questi nuovi mezzi di attacco*» [7].

Durante la guerra vengono prodotte dai paesi belligeranti circa 190.000 tonnellate di aggressivi chimici (Fig. 1) [17].

«*In Italia ad onta delle difficoltà molto maggiori costituite dalla mancanza di grande industria chimica dei corpi organici, dello scarsissimo numero di chimici, per di più spesso male utilizzati, sorsero, abbastanza rapidamente, grandi impianti per la fabbricazione industriale del cloro, del fosgene, della cloropicrina, i tre tossici che vennero, dal nostro esercito, impiegati in maggior proporzione (...)*» [7].

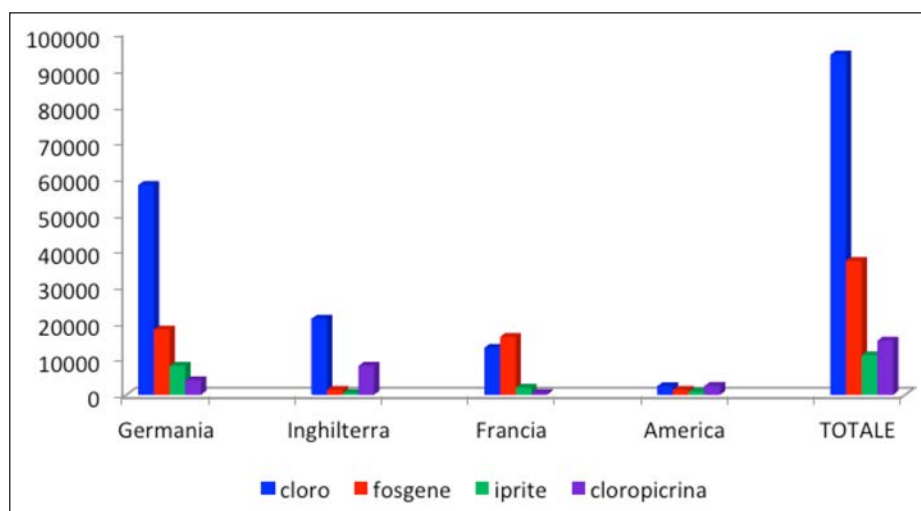


Fig. 1. Prima Guerra Mondiale. Produzione aggressivi chimici (ton) [17mod.].

Era necessario quindi una sostanziale riorganizzazione delle risorse per studiare nuovi processi di sintesi, modificare quelli già noti e accrescere l'industria per impiego bellico «*con ingegnose disposizioni di apparecchiature per produrre quantità ingenti di sostanze straordinariamente pericolose, pur tutelando efficacemente la sicurezza degli addetti a queste lavorazioni*» [7].

Vengono attivate e potenziate fabbriche già esistenti prima della guerra e costruite di nuove: Ditta ing. Vitale, Rumianca (Novara); Società Italiana Prodotti Azotati, Piano d'Orta (Pescara); Industrie Caffaro, Brescia; Società Elettrochimica Italiana, Bussi (Pescara); Fabbriche Italiane Materie Coloranti Bonelli, Cesano Maderno (Milano) ed altre ancora.

Tutte queste industrie producono cloro, mentre per il fosgene solo Rumianca è attiva per tutta la guerra; a Piano d'Orta e Bussi gli impianti sono completati negli ultimi mesi del 1918. Dopo l'uso dell'iprite da parte dei tedeschi (20 luglio 1917) anche in Italia, a Rumianca e a Bussi, si studiano impianti per la sua fabbricazione, collaudati però solo in prossimità o addirittura dopo l'armistizio [2].

METODI PER LA PRODUZIONE INDUSTRIALE DI GAS TOSSICI NEL PERIODO BELLICO IN ITALIA

Cloro

«*Per quanto riguarda la preparazione del cloro l'industria dei gas asfissianti non portò nuovi metodi, ma progredì certamente la tecnica dell'elettrolisi e soprattutto si perfezionarono i sistemi di liquefazione, conservazione, spedizione di quantità enormi di cloro liquido.(...) La quantità maggiore di cloro si ottiene come secondo prodotto della fabbricazione della soda caustica, durante l'elettrolisi dei cloruri alcalini; costituiva anzi un capo morto preoccupante di quell'industria elettrochimica*» [7].

La situazione cambia completamente all'inizio della guerra quando il fabbisogno di cloro aumenta fortemente.

In Italia il cloro viene prodotto utilizzando un processo di elettrolisi di una soluzione di cloruro di sodio in una cella con catodo di mercurio, ideata nel 1892 indipendentemente dai chimici Hamilton Young Castner (1858-1899) e Carl Kellner (1851-1905).

Il processo viene introdotto e sviluppato in Italia dall'ingegnere Lionello Leskovic (nato a Udine nel 1866), colonnello di artiglieria, che era stato collaboratore di Kellner a Vienna e aveva seguito gli studi di un impianto pilota in Austria e di una fabbrica in Bosnia.

Nel 1904, progetta e costruisce il primo impianto per la produzione di idrossido di sodio e cloro con il metodo Kellner nelle Industrie Elettrochimiche Caffaro e successivamente realizza una analoga installazione negli stabilimenti di Rumianca che dirigerà per alcuni anni [3].

Non si hanno dati attendibili sulla produzione di cloro negli anni di guerra: sembra «*si sia aggirata sui 90-95 mila quintali*» [16].

Fosgene COCl_2 (ossicloruro di carbonio, cloruro di carbonile)

La maggior parte del fosgene prodotto durante la guerra viene ottenuto con il cosiddetto «metodo sintetico» o «metodo catalitico», che deriva dalla reazione proposta da John Davy (1780-1868) nel 1812 e modificata nel 1878 da Emanuele Paternò (1847-1935).

La reazione avviene facendo passare un miscuglio di ossido di carbonio e cloro su opportuni catalizzatori (carbone animale o vegetale).

Il processo viene perfezionato e applicato in Italia nel 1916 nella fabbrica di Rumianca dal chimico Demetrio Helbig (1873-1955), generale del genio aeronautico.

Helbig migliora il rendimento usando come catalizzatore un carbone molto attivo, preparato con carbone animale ben purificato, polverizzato, sottoposto ad uno speciale trattamento e quindi pressato in mattonelle molto porose. Inoltre, prepara CO puro con un metodo di sua ideazione riducendo CO_2 liquida, proveniente da bombole, in uno speciale forno di coke riscaldato elettricamente per assicurare una temperatura uniforme. L'ossido di carbonio, mescolato con un uguale volume di cloro, viene inviato ad una camera di catalisi che deve essere mantenuta ad una temperatura di $125\text{ }^\circ\text{C}$ e non superiore a $150\text{ }^\circ\text{C}$ [15].

Nell'impianto, con una potenzialità di 100-120 tonnellate/mese [8], vengono prodotte, fino alla fine della guerra, 1250 tonnellate di fosgene [4].

Il «metodo sintetico» sostituisce la costosa reazione fra acido solforico fumante e tetracloruro di carbonio, proposta nel 1869 da Paul Schützenberger (1829-1897), utilizzata nei primi mesi di guerra.

Cloropicrina (CCl_3NO_2) (tricloronitrometano, nitrocloroformio)

L'Italia inizia la produzione di cloropicrina nell'autunno del 1916 all'Università di Napoli nei laboratori dell'istituto di Chimica farmaceutica diretto dal professore Arnaldo Piutti (1857-1928). Nel corso della guerra ne vengono prodotte 236 tonnellate.

Successivamente inizia la fabbricazione anche la Società Italiana Prodotti Azotati a Piano d'Orta [1].

Il metodo più utilizzato, ideato dal chimico John Stenhouse (1809-1880) nel 1848, prevede l'azione dell'acido picrico sul cloruro di calce ($\text{Ca}[\text{ClO}_2]_2$) [18], che però richiede come materia prima l'acido picrico, sostanza molto richiesta durante la guerra dall'industria degli esplosivi. Nella produzione industriale viene usato acido picrico di bassa purezza ottenuto dalle acque di lavaggio o di cristallizzazione del prodotto puro per esplosivi [8].

CHIMICA TOSSICOLOGICA

Nel corso della Prima Guerra Mondiale, diventano rilevanti i progressi della chimica non solo nella produzione industriale degli aggressivi chimici ma anche nello studio dei metodi più idonei per la loro rivelazione.

La base della difesa passiva nell'aggressione chimica infatti, è la identificazione della sostanza tossica usata dal nemico, dedotta dalle indicazioni degli organi di senso o, in modo più scientifico, utilizzando appropriati reattivi chimici «*perché si comprende come nessun mezzo di difesa sia efficace se non usato tempestivamente e se non adatto a neutralizzare l'effetto della sostanza chimica specifica usata sul campo di battaglia*» [11].

Alcuni metodi chimici di riconoscimento dei gas tossici

«Solo dai gabinetti di fisica e di chimica può venire la risposta sui processi da seguire per individuare un aggressivo, sulla natura dei materiali necessari, sulle possibili cause di errore (...)» [11].

Per l'applicazione bellica di un metodo è necessario che esso sia *sensibile*, *rapido* e di *semplice* uso in modo da poter essere impiegato in prima linea da personale senza particolare preparazione scientifica.

Questo traguardo non sempre viene raggiunto durante la guerra. Alcuni metodi di riconoscimento vengono pubblicati negli anni immediatamente successivi all'armistizio, frutto però di studi e sperimentazioni condotte durante il conflitto e che saranno poi adottati e migliorati dal Servizio Chimico Militare (istituito 1° luglio 1923).

Durante la Prima Guerra Mondiale sono comunque attivi laboratori chimici, sia in prossimità del fronte sia all'interno del Paese, per l'esecuzione di analisi quantitative più complesse che richiedono attrezzature particolari e personale specializzato, e soprattutto per gli studi sul materiale bellico del nemico e per i controlli sulla produzione nazionale dei gas venefici.

– Metodi di riconoscimento del Cloro

– Cartina amido-iodurata.

Le cartine vengono preparate immergendo strisce di carta da filtro in una soluzione di amido e ioduro di potassio. Asciugate all'aria e mantenute in recipiente chiuso si possono conservare per anni. In presenza di cloro la cartina assume una colorazione azzurra più o meno intensa a seconda della concentrazione di cloro.

Sensibilità: 14 mg/m³ di aria [18].

– Metodo della fiamma.

Test studiato dal chimico Konrad Friedrich Beilstein (1838-1906) nel 1872.

Usato durante la guerra 1814-18 per la rivelazione a distanza delle nubi di cloro [11].

Si fa arrivare la miscela gassosa in esame alla base della fiamma di una lampada a gas o ad alcool in cui è sospesa una spirale o una reticella di rame. In presenza di cloro nel campione di aria la fiamma assume un colore verde chiaro dovuto alla formazione di cloruro di rame volatile.

Sensibilità: 30 mg/m³ di aria [12].

Reazione poco specifica, si verifica con tutte le sostanze contenenti atomi di alogeno nella molecola.

– *Metodi di riconoscimento del Fosgene*

– Cartina al rossocongo.

La cartina umida in presenza di fosgene vira dal rosso al blu per la presenza dell'HCl che si forma in seguito all'azione idrolizzante dell'acqua.

– Cartina alla dimetilaminobenzaldeide e difenilamina.

Metodo studiato dagli inglesi durante la guerra [8].

Strisce di carta da filtro vengono imbevute di una soluzione alcoolica di p-dimetilaminobenzaldeide e difenilamina e poi asciugate.

La cartina reattiva bianca pronta all'uso in presenza di tracce di fosgene assume in pochi secondi una colorazione che va dal giallo all'arancio a seconda della concentrazione di fosgene.

La reazione non è specifica, interferiscono Cl₂ e HCl [11,14].

Sensibilità: 4 mg/m³ di aria [6,11,18].

– Metodo di Kling e Schmutz [10].

«1915 (...) *nécessité de constituer des moyens de caractériser et de doser l'oxychlorure de carbone dilué dans des atmosphères prélevées sur le champ de bataille* (...)» [10].

Reazione del fosgene con una soluzione acquosa satura di anilina. Si ottiene un precipitato bianco cristallino di difenilurea identificabile per la forma caratteristica dei cristalli, insolubilità in H₂O, p.f. 236 °C [10].

Sensibilità: 40 mg/m³ di aria [18].

– *Metodi di riconoscimento dell'Iprite* C₄H₈Cl₂S (solfuro di 2,2'-dicloroetile; solfuro di etile 2, 2'-biclaurato)

– Reazione con β-naftolo

L'iprite contenuta nell'aria a contatto con una soluzione alcoolica fortemente alcalina di β-naftolo produce un intorbidamento che permette la determinazione nefelometrica.

Sensibilità: 65 mg/m³ di aria [18, 19].

– Cartina allo iodo-platinato di sodio

Si prepara al momento dell'uso immergendo una striscia di carta da filtro in una soluzione acquosa di iodoplatinato di sodio. Esposta ancora umida al cam-

pione gassoso in esame in presenza di iprite passa dal colore rosso porpora all'azzurro.

Sensibilità: 22 mg/m³ di aria [18,19].

– Reattivo di Grignard [14,18,19].

Proposto nel 1918 da Victor Grignard (1861-1935).

L'aria in esame si fa passare sopra il reattivo contenente una soluzione acquosa di ioduro di sodio.

L'iprite (solfuro di dicloroetile) si trasforma, a caldo, in solfuro di diiodoetile che si separa sotto forma di un precipitato cristallino giallo.

Sensibilità secondo Grignard: 50 mg/m³ di aria (secondo altri autori 100 mg/m³) dopo 3-5 minuti di reazione [11,18].

Pietro Spica sostiene essere il solo metodo specifico «*gli altri, pur essendo molto sensibili, non possono essere ritenuti reattivi adatti che quando si sappia che siano assenti altre sostanze capaci di produrre fenomeni analoghi a quelli che l'yprite dà*» [19].

– *Metodi di riconoscimento della Cloropicrina*

– Decomposizione pirogenica.

La cloropicrina nell'aria in esame viene decomposta per mezzo del calore. Si procede poi alla ricerca del cloro nei prodotti di decomposizione con il già descritto nel metodo della fiamma di Beilstein.

Sensibilità: 55 mg/m³ di aria [6,12,18].

LABORATORI CHIMICI DI GUERRA

Laboratorio di chimica analitica dell'Ufficio Materiale Chimico di Guerra (U.M.C.G.)

Il professor Spica per far conoscere il «*reale contributo degli Italiani nella guerra mondiale – ritiene necessario – rendere di pubblica ragione tutto quello che fu fatto nel laboratorio di chimica analitica (...) contrassegnato con la sigla U.M.C.G.*», in una dettagliata relazione che presenta nell'adunanza del 22 marzo 1921 al Reale Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti di Venezia [20].

All'inizio di gennaio del 1918, su incarico del Ministero per le Armi e Munizioni, il professor Spica appronta, nei locali dell'Istituto di Chimica Farmaceutica della R. Università di Bologna, un laboratorio per analisi di «materiale bellico speciale» che funziona, sotto la sua direzione, fino alla definitiva cessazione nel settembre 1919.

Pietro Spica (1854-1929) dal 1879 è professore di Chimica farmaceutica e tossicologica all'Università di Padova.

In un mese vengono adattati tre locali dell'istituto e dotati di energia elettrica, ancora mancante, e di un gasogeno.

Il personale nel periodo di normale attività è costituito da sei ufficiali laureati in Chimica o in Chimica e Farmacia, da due inservienti specialisti e da alcuni addetti alla segreteria.

I materiali di laboratorio (sostegni, apparecchi, vetri, porcellane, prodotti chimici, reagenti, ecc.), sono presi a prestito dagli Istituti di Chimica Farmaceutica delle Università di Bologna e di Padova.

«Con queste condizioni il lavoro analitico si svolse regolarmente e attivamente per così detti "liquidi speciali" contenuti in proiettili nemici, destinati a produrre ambienti asfissianti, vescicatori, lagrimogeni, velenifici; lavoro questo ingrato, oltretutto difficile, che esponeva gli analisti a gravi pericoli e che non fu esente di qualche conseguenza e di fatti patologici.

Nè furono tralasciati studi originali diretti alla ricerca di processi di analisi o di preparazione di sostanze offensive, che, usate dai nostri nemici, non venivano preparate in Italia» [20].

Nel settembre 1918 il dott. Giuseppe Velardi, chimico del laboratorio, mette a punto un processo facile ed economico per la preparazione dell'Yprite, che non viene rivelato, *«in modo da avere un prodotto tanto puro quanto quello che usavano i tedeschi contro di noi (...) processo che, se la guerra non fosse ormai per fortuna dell'umanità finita, avrebbe potuto essere adottato, nell'Italia nostra, per preparare tanto materiale da spargerne a iosa sulle schiere nemiche» [20].*

L'attività del laboratorio a Bologna è intensa fino all'inizio di novembre 1918 e dopo l'armistizio il lavoro non diminuisce poiché il Comando Supremo ordina una accurata analisi dei «liquidi speciali» contenuti nei proiettili dei depositi abbandonati dal nemico, specialmente in quei tipi di munizioni che non erano state prima esaminate.

«Ma entro il mese di gennaio 1919 il lavoro si rese talmente attenuato che credevi opportuno (...) il trasferimento dell'Ufficio da Bologna a Padova e precisamente nell'Istituto di Chimica Farmaceutica e Tossicologica della R. Università da me diretto» [20].

Durante il periodo di funzionamento del laboratorio U.M.C.G., chiamato poi laboratorio S.C.G., vengono eseguite 200 analisi descritte in 160 relazioni trasmesse al Comando Supremo, ai ministeri interessati e alle Commissioni Alleate presso il Comando Supremo italiano.

Vengono ideati protocolli analitici per l'esame e lo studio di campioni di miscele complesse, inviati al laboratorio dal Comando Supremo per indagini approfondite, che prevedono l'esame dei caratteri organolettici e fisici (stato di aggregazione, colore, odore, peso specifico, volatilità, solubilità nei vari solventi ecc.) e quindi processi per la separazione dei diversi componenti: cristallizzazione, sublimazione, distillazioni dirette o in corrente di vapore o a pressione ridotta. I componenti così separati sono identificati mediante analisi elementare qualitativa o quantitativa con i reagenti per individuare i gruppi funzionali dei composti organici [20].

Interessante la descrizione dell'esame di un campione di Iprite spedito al laboratorio il 21 maggio 1918 dalla Commissione Militare di collaudo presso le officine di Bussi.

Il composto viene studiato e confrontato con iprite contenuta in proiettili tedeschi: «*l'azione sulla cute era più lenta, limitata solo a leggero arrossamento, senza molestia*». All'analisi viene riscontrata una quantità di iprite non superiore al 15-16% [20].

È da ricordare che all'epoca la produzione di iprite in Italia è ancora ad uno stadio sperimentale.

Laboratorio chimico della 3^a Armata

Il Laboratorio chimico della 3^a Armata viene fondato a Cervignano del Friuli nel settembre 1915 da Efisio Mameli che lo dirige per tutta la guerra [13].

Efisio Mameli (1875-1957) è aiuto di Chimica all'Università di Pavia, sarà professore di Chimica farmaceutica a Parma e quindi, cattedratico di Chimica farmaceutica e tossicologica a Padova.

Il laboratorio di Cervignano, a ridosso del fronte, viene individuato dal Comando Supremo come centro di consulenza sul campo.

Concepito all'inizio della guerra come struttura mobile è dotato di materiale ridotto al puro necessario, predisposto per essere trasportato, montato e smontato con facilità. Le sue funzioni sono limitate a quelle strettamente necessarie nelle zone di operazione.

La variazione della tipologia del conflitto sia come estensione di territorio, di masse combattenti e soprattutto di guerra di trincea, rende stabili servizi amministrativi, ospedali, tribunali militari, ecc. «*Naturalmente anche la fisionomia dei laboratori di guerra subì una corrispondente modificazione; anche essi da nomadi, come erano stati ideati, divennero stabili. (...) Da organi scientifico tecnici, a disposizione delle Direzioni di sanità di armata per la tutela igienica delle truppe, taluni si trasformarono in veri e propri laboratori speciali d'analisi e di ricerche (...) con attribuzioni molto più vaste (...)*» [13].

Attiva la collaborazione chimico-clinica, chimico igienica e chimico-legale con la Direzione di Sanità di Corpo d'armata, ospedali da campo, tribunali militari, comandi vari, che si esplica con l'analisi di urine, secrezioni, medicinali, materiale autolesionista, perizie tossicologiche ecc. «*fino ad affrontare sia ricerche originali di laboratorio come ricerche tecniche sul teatro di guerra*» [13].

Un problema che si presenta subito al Laboratorio della 3^a Armata è quello degli aggressivi chimici che prevede attività di difesa collettiva delle truppe «*che assorbì prevalentemente la direzione del Laboratorio e determinò la speciale fisionomia che l'istituzione prese e mantenne in seguito, sia nel lavoro di laboratorio, che nell'attività del suo personale*» [13]. Impegni rivolti all'analisi del materiale asfissiante, controlli di maschere protettive, «*rivelatori e mezzi di prelevamento di gas,*

(...) *molti di tali esami riguardano il materiale nemico, specialmente gas asfissianti, sostanze lacrimogene, maschere, respiratori, proiettili speciali*» [13].

Dal luglio 1916 il personale del laboratorio deve provvedere anche all'istruzione dei primi ufficiali destinati alle sezioni chimiche di armata, alla propaganda attraverso conferenze ed esercitazioni sul campo con i gas per convincere le truppe dell'efficacia dei mezzi di protezione individuale e collettiva e alla loro istruzione sul comportamento e sui provvedimenti più urgenti in caso di attacco nemico con gas asfissianti. E tutto ciò «*su tutto il fronte della guerra dallo Stelvio al mare*» [13].

Nei primi mesi del 1917, il Comando Supremo stabilisce che il Laboratorio chimico della 3^a Armata «*deve considerarsi, nella zona di guerra, come l'ente centrale consultivo in materia di chimica*» [13].

Nell'ottobre 1917, con la disfatta di Caporetto, il laboratorio viene spostato nello stabilimento della «*Fabbrica di candele di Mira*», la cui produzione era stata da poco trasferita a Roma per la troppa vicinanza al fronte.

Il laboratorio resta a Mira (VE) fino a tutto il 1918 per tornare a Cervignano il 2 gennaio 1919 dove viene chiuso dopo due mesi.

CONCLUSIONI

La Prima Guerra Mondiale, la Grande Guerra, è ricordata anche con il nome di «*guerra dei chimici*», per il grande coinvolgimento che ebbe la chimica soprattutto per quanto riguarda le armi chimiche, la loro produzione industriale, e le implicazioni chimico-tossicologiche nella protezione individuale e collettiva delle truppe combattenti.

Anche se il numero di decessi e invalidità ascrivibili agli aggressivi chimici è percentualmente molto basso rispetto a quelli imputabili ad agenti vulneranti convenzionali, notevole è stato l'effetto psicologico degli attacchi con gas tossici sui soldati e sulla popolazione civile.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bargellini G., 1931. *Cloropicrina*. «Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti», Istituto Enciclopedico Italiano, Roma.
- [2] Cappellano F., Di Martino B., 2006. *La guerra dei gas*, Rossato, Novale (VI).
- [3] Coppadoro A., *Lionello Leskovic*, http://www.chimica.unipd.it/gianfranco.scorrano/pubblica/la_chimica_italiana.pdf
- [4] Corelli R.M., *Demetrio Helbig*, http://www.chimica.unipd.it/gianfranco.scorrano/pubblica/la_chimica_italiana.pdf
- [5] Editoriale, 1919. *Chlorine manufacture in Germany*, «The Journal of Industrial and Engineering Chemistry», 11, 90-91.
- [6] Fieldner A.C., Oberfell G.G., Frague M.C., 1919. *Methods of testing gas masks and adsorbents*, «The Journal of Industrial and Engineering Chemistry», 11, 519-524.
- [7] Garelli F., 1920. *I gas velenosi impiegati nella guerra e loro fabbricazione industriale*. «Annuario di Chimica Scientifica e Industriale», UTET, Milano.
- [8] Giua M., Lollini C., 1940. *Dizionario di Chimica Generale e Industriale*, UTET, Torino.
- [9] Haber L.F., 1986. *The Poisonous Cloud. Chemical Warfare in the First World War*, Clarendon, Oxford.
- [10] Kling A., Schmutz R., 1919. *Caractérisation et dosage de l'oxychlorure de carbone*, «Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences», 168, 773-776.
- [11] Izzo A., 1938. *Guerra chimica e protezione antigas*, HOEPLI, Milano.
- [12] Lamb A.B., Carleton P.W., Hughes W.S., Nichols L.W., 1920. *The copper flame test for halogen in air*, «Journal of the American Chemical Society», 42, 78-84.
- [13] Mameli E., 1922. *Il laboratorio chimico della terza armata*, «Giornale Medicina Militare», 3, 117-130.
- [14] Mameli E., 1927. *Tossicologia di guerra*. In: Guareschi I., *Nuova Enciclopedia di Chimica*, Torino, UTET.
- [15] Molinari E., 1919. *Trattato di chimica generale ed applicata all'industria. Chimica Inorganica*. Vol. 1 parte II, Hoepli, Milano.
- [16] Ruzzenenti M., 2001. *Un secolo di cloro e ...PCB. Storia delle industrie Caffaro di Brescia*. Jaca Book, Milano.
- [17] Ryan T.A., Ryan C., Seddon E.A., Seddon K.R., 1996. *Phosgene and related carbonyl halides*. Elsevier, New York.
- [18] Sartori M., 1939. *Chimica delle sostanze aggressive*, Hoepli, Milano.
- [19] Spica P., 1918-1919. *Sul solfuro di etile 2,2'-biclaurato*, «Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti», 78, 197-199.
- [20] Spica P., 1920-1921. *Il laboratorio di Chimica analitica dell'U.M.C.G.*, «Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti», 80: 917-1005.