

La guerra senza fine: l'impatto a lungo termine sulla salute e sull'ambiente dei conflitti armati

Matteo Guidotti*

SUNTO – L'impatto delle guerre, attuali e passate, sull'ambiente è significativo e molteplice. Gli effetti negativi diretti della guerra sugli ecosistemi comprendono la contaminazione dell'aria, del suolo e delle acque, nonché i danni alle infrastrutture. Tra gli effetti indiretti vanno invece considerate le conseguenze negative a lungo termine su risorse naturali, agricoltura, foreste, fauna selvatica e, di conseguenza, sulla qualità della vita umana. È importante definire e riconoscere l'impatto nefasto che le attività militari hanno sull'ambiente e adottare misure adeguate per prevenirne i danni o, almeno, attenuarne gli effetti, investendo nella protezione e nella conservazione dell'ambiente, individuando le azioni criminali che intenzionalmente intendono colpire le risorse ambientali e, in ultima analisi, promuovendo la pace e la risoluzione dei conflitti. In tempi in cui è un dovere inevitabile essere responsabili e rendere conto alla collettività delle nostre azioni, è necessario considerare i crimini contro l'ambiente come crimini contro l'umanità.

PAROLE CHIAVE – Guerra; Inquinamento; Effetti a lungo termine; Armi convenzionali e non convenzionali; Protezione ambientale.

ABSTRACT – The consequences of present and past warfare on the environment are relevant and multifaceted. Direct detrimental effects of war include contamination of air, water and soil as well as damages to infrastructure. Indirect effects on ecosystems comprise long-lasting negative impacts on natural resources, agriculture, forests, wildlife and, eventually, human life quality. It is crucial to define and recognize the impact of military operations on the environment and to take action to prevent or, at least, mitigate such effects, investing in environmental protection and conservation initiatives, identifying deliberate crimes against

* CNR-SCITEC, Istituto di Scienze e Tecnologie Chimiche “Giulio Natta”, via C. Golgi 19, Milano. Accademia dei Fisiocritici, Siena. Membro del Consiglio scientifico consultivo dell'Organizzazione per la Proibizione delle Armi Chimiche, OPCW. E-mail: matteo.guidotti@scitec.cnr.it. Relazione tenuta il 1° febbraio 2024.

Rendiconti 158.2/2025, Doi 10.3280/rndoa2025oa-20669

Copyright © FrancoAngeli.

This work is released under Creative Commons Attribution Non-Commercial – No Derivatives License.
For terms and conditions of usage please see: <http://creativecommons.org>.

the environment and, ultimately, promoting peace and conflict resolution. In times where being responsible and accountable of our actions is an unavoidable duty, it is necessary to consider crimes against the environment as relevant as crimes against humankind.

KEYWORDS – Warfare; Pollution; Long-term effects; Conventional and unconventional weapons; Environmental protection.

INTRODUZIONE

Tutte le guerre, presenti e passate, hanno conseguenze nefaste sull'ambiente e, di conseguenza, sulla salute delle popolazioni locali. Gli effetti dei conflitti armati sull'ambiente possono essere diretti e indiretti, con danni anche a lungo o lunghissimo termine, soprattutto a partire dall'avvento della guerra moderna. Con l'inizio del XX secolo e nel corso delle due guerre mondiali, i combattimenti hanno visto l'impiego di una varietà sempre crescente di armi convenzionali o non convenzionali (armi incendiarie, illuminanti, chimiche o nucleari), di veicoli a motore a terra, in mare e nei cieli e, in particolare, l'allargamento delle azioni militari dai campi di battaglia alle aree urbane e industriali.

In tal modo, le operazioni su larga scala e i danni alle infrastrutture abitative e produttive hanno portato alla contaminazione dell'aria, dell'acqua e del suolo, nonché la distruzione degli *habitat* naturali (Dudley *et al.*, 2002). Tuttavia, gli effetti a lungo termine sulla salute e sugli ecosistemi, che possono manifestarsi anni o anche decenni dopo la fine di un conflitto, sono spesso sottovalutati o addirittura del tutto trascurati.

Uno degli effetti diretti più significativi della guerra sull'ambiente è legato al notevole rilascio di contaminanti pericolosi nell'atmosfera, nei corpi idrici e nel suolo delle aree circostanti la zona dei combattimenti, a seguito dell'uso di munizioni, quali proiettili, bombe, granate e missili, che rilasciano nell'ambiente composti organici tossici e metalli pesanti (Khan, 2022).

Le sostanze esplosive contenenti azoto, principalmente a base di composti nitroaromatici e nitroalifatici, e propellenti per razzi e missili (l'idrazina, $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$, altamente corrosiva, tossica e cancerogena, è uno dei componenti più comuni nelle miscele propellenti) sono inquinanti persistenti che si

ritrovano spesso in elevate concentrazioni nei terreni degli scontri, anche nei decenni a seguire (Fig. 1; Talmage *et al.*, 1999).

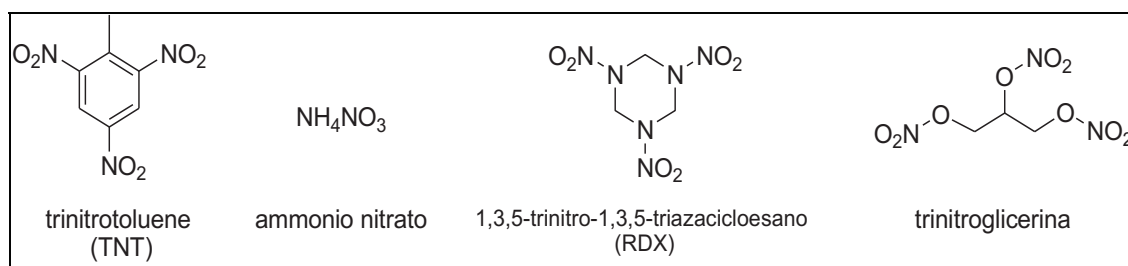


Fig. 1 – Gli esplosivi azotati più comuni.

Analogamente, i perclorati inorganici, ampiamente utilizzati nelle formulazioni pirotecniche militari, nelle miscele esplosive e nei carburanti per missili, sono stati classificati come composti che interferiscono con il sistema endocrino e che causano effetti nocivi sulla tiroide (REACH, 2016). Nell'ambito poi delle armi non convenzionali, l'impiego di armi chimiche, come gli aggressivi vescicanti a base di solfuri organici (mostarde allo zolfo), di cloroalchilammine (mostarde azotate) e gli agenti anticolinergici organofosforici (aggressivi nervini), può avere effetti devastanti sull'ambiente, oltre che sulla salute umana degli individui colpiti (Guidotti e Trifirò, 2016). L'esposizione anche a concentrazioni non letali di aggressivi chimici può provocare effetti a lungo termine sulla salute di un organismo, causando patologie neoplastiche, difetti congeniti e disturbi neurologici (Levy, 2021).

Un altro effetto diretto della guerra sull'ambiente è il danno alle infrastrutture. Ciò può includere danni a edifici, strade, ponti, impianti industriali, siti di produzione e altre infrastrutture critiche, che possono avere effetti duraturi sull'ambiente e sulla salute umana. Per esempio, la distruzione degli impianti di trattamento delle acque potabili e dei sistemi fognari può portare alla contaminazione delle risorse idriche e, in cascata, alla diffusione di malattie trasmesse da acqua inquinata.

Gli effetti indiretti della guerra sull'ambiente possono essere altrettanto significativi quanto gli effetti diretti. Tra questi va considerato lo spostamento forzato di intere popolazioni, che può essere indotto dalla distruzione di case e infrastrutture, da minacce e violenze e dalla paura della guerra stessa. Quando le popolazioni sfollate cercano rifugio in aree non adeguatamente attrezzate per gestire un gran numero di persone, si verificano fenomeni di sovraffollamento e di pressione eccessiva sulle risorse naturali, con il conseguente esaurimento delle scorte di acqua e di alimenti per la popolazione e di mangimi per gli animali. Allo stesso modo, in tempo di guerra, le

risorse economiche normalmente destinate a programmi di protezione ambientale e di conservazione degli ecosistemi vengono sospese e dirottate per sostenere lo sforzo bellico e finanziare operazioni militari (Chkhirodze e Bandzeladze, 2022). Un'improvvisa mancanza di investimenti in questi settori porta spesso alla distruzione degli habitat protetti per la fauna selvatica, all'interruzione dell'applicazione di protocolli industriali ecosostenibili e a un calo (o all'abbandono) di controlli sulle buone pratiche di sicurezza nei siti produttivi. Tutto ciò può avere effetti a lungo termine sulla salute in prima battuta dei lavoratori, poi delle popolazioni circostanti, nonché sulla biodiversità e sugli ecosistemi delle zone colpite (Sowers e Weinthal, 2022).

Infine, ma non meno importante, gli effetti psicologici drammatici sulle popolazioni sempre generati dalle guerre, possono essi stessi portare a conseguenze indirette sull'ambiente. I danni causati dalla guerra, il senso di paura e incertezza costanti e l'attenzione solamente alla sopravvivenza quotidiana possono infatti portare a disturbi post-traumatici da stress, depressione, ansia e altri problemi di salute mentale. Tutto ciò può, a sua volta, ingenerare una mancanza di motivazione per impegnarsi in attività di protezione e conservazione dell'ambiente (Khrushch *et al.*, 2023).

1. RESIDUATI BELLICI

Il problema più evidente e immediato connesso all'inquinamento del suolo e del mare nelle zone colpite da un conflitto armato è l'impressionante quantità di ordigni inesplosi disseminati nell'ambiente, quali mine terrestri, munizioni difettose o nascoste intenzionalmente e armi contenute in relitti in mare. Si tratta di armi (bombe aeree, granate, mine antiuomo, mine navali, munizioni a grappolo, razzi, ecc.) che presentano ancora un serio rischio di detonazione accidentale, anche diversi decenni dopo il termine del conflitto. Ma la presenza di un residuo bellico non è necessariamente legata a episodi di guerra. Anche le aree addestrative militari, i poligoni di tiro, i vecchi arsenali o i siti di discarica sotterranea o nelle profondità marine delle munizioni obsolete possono contenere e celare un numero rilevante di ordigni (Della Torre *et al.*, 2014).

Le munizioni inesplose della Prima e Seconda guerra mondiale sono un duplice pericolo: col passare degli anni, infatti, il detonatore e la carica principale dell'ordigno si deteriorano, rendendo spesso questi sistemi più sensibili agli stimoli meccanici o termici e quindi estremamente pericolosi da gestire. Ci sono innumerevoli esempi di persone che si imbattono in vecchie

munizioni inesplose, spesso con esiti fatali. Tuttavia, anche quando le sostanze esplosive sono degradate e non più attivabili per innesco involontario, esiste ancora un rischio specifico di contaminazione del suolo e delle acque sotterranee, dovuto al rilascio di sostanze chimiche organiche e inorganiche pericolose da parte degli ordigni corrosi e deteriorati. Piombo, mercurio, rame, arsenico sono metalli contenuti in grandi quantità in proiettili e granate convenzionali, che possono essere rilasciate nell'ambiente attraverso fenomeni di lisciviazione favorita dalle acque meteoriche e l'azione complessante degli acidi umici del terreno, contaminando quindi le falde acquifere sotterranee e i suoli fertili (Skalny *et al.*, 2021; Kristoferson, 1981).

2. LA PRIMA GUERRA MONDIALE E LA “ZONA ROSSA” NELLA FRANCIA SETTENTRIONALE

La Prima guerra mondiale ha visto lo sviluppo e l'uso sul campo di battaglia di diversi tipi di nuove armi che hanno continuato ad avere un impatto notevole sull'ambiente anche molto tempo dopo la fine delle ostilità. Alcune regioni dell'Europa centrale, dove i combattimenti sono stati più intensi, sono tra i luoghi del mondo colpiti dal maggior numero di proiettili per unità di superficie e continuano a pagare un pesante tributo in termini di contaminazione del suolo causata da composti organici tossici e metalli pesanti. Uno degli esempi più eclatanti è la cosiddetta “Zona rossa” nel nord-est della Francia, un'area di esclusione totale che si sviluppa lungo i campi delle sanguinose battaglie del 1914-1918. Questo territorio, che si estende per oltre 1.200 km², è stato considerato troppo compromesso e inquinato per poter tornare a ospitare insediamenti abitativi, colture agricole o pascoli, ed è stato dunque abbandonato e chiuso a qualsiasi utilizzo. La Zona rossa, intorno a Lille, Cambrai, Soissons e Nancy, vicino al confine belga, è stata istituita dal governo francese poco dopo la fine della Grande guerra nelle zone più devastate, in cui i danni alle proprietà e ai terreni agricoli avevano raggiunto il 100%, e in quei luoghi nei quali la vita umana era ormai considerata impossibile. La distruzione causata dalla guerra ha lasciato un paesaggio segnato da trincee, crateri e rovine, con il suolo fortemente inquinato da numerose sostanze pericolose. L'impressionante ambiente della Zona rossa è caratterizzato dalla presenza di ordigni inesplosi, da un'altissima contaminazione dovuta a inquinanti pericolosi e dai resti di vittime umane e animali. Nell'area si riscontra ancora oggi una densità impressionante di proiettili inesplosi, munizioni a caricamento speciale (armi chimiche), granate e sistemi

d'arma arrugginiti. Inoltre, il suolo è stato inquinato da metalli pesanti, tra cui Pb, As, Cr, Hg, Cd, composti organici clorurati e altre sostanze altamente tossiche derivanti dai sottoprodotti della detonazione o della distruzione degli ordigni. Le analisi *in loco* hanno rivelato che la maggior parte della contaminazione nei primi 20 cm dello strato superiore del suolo è essenzialmente composta da residui di combustione e composti carbonizzati, con concentrazioni estremamente elevate di metalli pericolosi per l'uomo e per l'ecosistema: fino a 26.398 mg/kg per il Pb, 133.237 mg/kg per lo Zn e il sorprendente contenuto di 175.907 mg/kg per l'As (Bausinger *et al.*, 2007). Questi valori sono chiaramente incompatibili con qualsiasi attività umana e, per questo, l'edilizia abitativa, l'agricoltura e la silvicoltura sono ancora vietate nella Zona rossa, dopo più di un secolo, facendo sì che alcuni paesi e villaggi non stiano stati ricostruiti dopo la guerra. Poi, l'uso estensivo, da entrambe le parti, di proiettili d'artiglieria caricati anche con armi chimiche, durante i combattimenti, ha contribuito ulteriormente alla contaminazione del terreno (Guidotti e Ranghieri, 2022). Ogni anno vengono recuperate diverse tonnellate di ordigni inesplosi, ma si stima che ci vorranno ancora centinaia di anni per ripulire completamente la zona al ritmo attuale (Freemantle, 2018). Tuttavia, le operazioni di bonifica e decontaminazione di questi siti compromessi sono ancora in corso, con progetti che mirano a reintrodurre specie vegetali autoctone, creare *habitat* per la fauna selvatica e ripristinare la salubrità in generale della zona. In aree specifiche, il ritorno alla fruibilità della Zona rossa non solo è una conquista per l'ambiente, ma contribuisce anche a preservare la memoria e la storia della Prima guerra mondiale.

3. LA PESANTE EREDITÀ DELLA GUERRA DEL VIETNAM

Il Laos è la nazione al mondo che detiene il triste primato di territorio più pesantemente bombardato per abitante (BBC News, 2018). Nel corso della Guerra del Vietnam più di 2 milioni di ordigni esplosivi furono sganciati sul Laos in circa 500.000 missioni condotte dalle Forze Armate USA. In molti casi sono state impiegate bombe a grappolo (*cluster bombs*) antiuomo, ciascuna delle quali conteneva al suo interno centinaia di ordigni più piccoli (*bomblets*) delle dimensioni di un'arancia, un terzo delle quali, secondo alcune recenti stime, sono rimaste inesplose (Martin *et al.*, 2019). Inoltre, più della metà del territorio laotiano è stato dichiarato "gravemente contaminato" da proiettili di artiglieria, bombe da mortaio, granate, mine, bombe a mano, razzi, armi incendiarie e altri residui bellici di varia natura e origine. La

presenza ancora molto diffusa di ordigni inesplosi è un perenne ostacolo alla ripresa delle attività agricole in molte zone rurali e, soprattutto, una minaccia costante per i bambini, che spesso sono attratti da questi dispositivi, scambiati per giocattoli. Le stime parlano di circa 288 milioni di bombe a grappolo e più di 75 milioni di ordigni inesplosi abbandonati sul suolo del Laos al termine della guerra (Alexander, 2015). Parallelamente, nel vicino Vietnam, circa 800.000 tonnellate di mine e bombe inesplose dovrebbero ancora essere presenti nelle foreste e nelle aree montane. Sebbene dal 1996 al 2009 più di un milione di ordigni abbandonati siano stati bonificati e distrutti, tra il 1999 e il 2008 vi sono stati più di 2.100 incidenti gravi, con 834 morti, tra la popolazione civile. Si calcola che, dal 1975 al 2015, quasi 100.000 persone siano state ferite o abbiano perso la vita per gli ordigni lasciati sul terreno dalla Seconda guerra dell'Indocina (Alexander, 2015).

Tuttavia, i danni più ingenti all'ambiente nelle aree del conflitto vietnamita sono da attribuire all'uso massiccio di agenti defolianti come arma non convenzionale. "Agente Arancio" (*Agent Orange*) è il nome di una miscela di erbicidi usati dalle forze armate statunitensi in Vietnam dal 1962 al 1971. L'uso di questa sostanza era duplice: rimuovere la copertura delle foglie delle foreste che davano riparo e rifugio ai Viet Cong e alle forze armate del Vietnam del Nord e distruggere i raccolti agricoli che avrebbero approvvigionato il nemico. La formulazione del defoliante, dispersa sulla vegetazione tramite aeroplani a bassa quota, conteneva, grosso modo, una miscela 1:1 di esteri butilici degli acidi 2,4-diclorofenossiacetico (2,4-D) e 2,4,5-triclorofenossiacetico (2,4,5-T), con un'elevata quantità di impurezze (Fig. 2). Tra queste ultime, l'Agente Arancio conteneva piccole – ma non assolutamente trascurabili – quantità di 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina (nota comunemente come "diossina"), che era presente come sottoprodotto della produzione del 2,4,5-T. La diossina è un inquinante estremamente tossico, tristemente noto (si pensi al disastro di Seveso del 1976) e in grado di causare intossicazioni gravi con quantità dell'ordine dei microgrammi (Bajgar *et al.*, 2015). Il totale degli agenti defolianti ed erbicidi sparsi nelle operazioni di guerra è stata di circa 75.800 t, in cui erano contenuti ca. 170 kg di diossina, che sono dunque finiti sul suolo vietnamita (Dwernychuk *et al.*, 2002). Più recentemente si è scoperto che l'Agente Arancio è la causa di numerose e spesso poco note patologie gravi, tra cui tumori, sterilità, malformazioni nella prole, malattie croniche cutanee e problemi neurologici e psicologici a lungo termine, riscontrati sia nella popolazione vietnamita, che nei veterani delle forze armate USA e nelle loro famiglie.

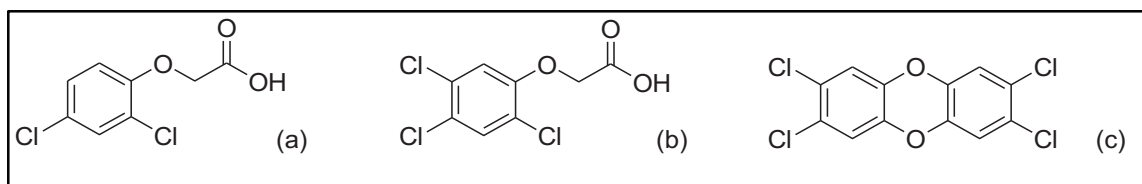


Fig. 2 – Gli ingredienti attivi dell’Agente Arancio, 2,4-D (a) e 2,4,5-T (b), e l’“impurezza” 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina (c).

4. I RECENTI CONFLITTI NELL’EUROPA ORIENTALE

Quando i combattimenti si svolgono in zone densamente industrializzate o in aree di particolare rilevanza naturalistica, come parchi naturali, biotopi unici, ecosistemi protetti, l’impatto delle operazioni militari sull’ambiente è spesso amplificato e, talvolta, irreversibile. Gli impianti industriali possono venire danneggiati e dar luogo a rilasci accidentali e fughe di sostanze pericolose in aria, nel suolo e nelle acque (UN Environmental Programme, 2021). Questi incidenti sono spesso considerati come “danni collaterali” accettabili e inevitabili nella condotta delle azioni di guerra.

Nel 1999, durante le incursioni aeree della NATO contro la Jugoslavia, gli aerei dell’Alleanza bombardarono alcuni impianti industriali di produzione di fertilizzanti e di polivinilcloruro (PVC), oltre al polo petrolchimico di Pancevo, vicino Belgrado. L’attacco sprigionò una nube tossica in atmosfera e migliaia di tonnellate di composti pericolosi contenenti mercurio, diossine, cloruro di vinile e i loro sottoprodotti si riversarono nel Danubio (Schwabach, 2000).

Un disastro ambientale ancora in corso, su scala ben più ampia, sta avvenendo nei territori dell’Ucraina orientale, come conseguenza delle operazioni di guerra condotte in quell’area dal febbraio 2022. Si tratta del conflitto che vede i combattimenti più imponenti in Europa dalla fine della Seconda guerra mondiale, con le maggiori conseguenze negative sulla popolazione e sull’ecosistema. Fin dall’inizio è stato evidente un rapido peggioramento dei servizi di distribuzione dell’acqua potabile e delle condizioni igienico-sanitarie nei centri abitati, dal momento che gli impianti degli acquedotti e i sistemi di gestione delle acque reflue e sanitarie sono stati colpiti negli attacchi aerei e missilistici. La qualità dell’aria nelle aree residenziali è andata rapidamente peggiorando, come conseguenza dei continui bombardamenti e degli incendi che ne derivano. La combustione incontrollata dei depositi di carburante genera infatti ingenti quantità di particolato fine e micrometrico che

contamina l'atmosfera nelle aree vicine a quelle colpite e che causa non pochi danni agli apparati respiratori delle fasce più deboli della popolazione, in particolare tra bambini e anziani. Oltre a ciò, un'ampia fetta di edifici in Ucraina contiene componenti in asbesto, visto che fino al 2005 il Paese era tra i principali produttori e trasformatori di minerali ignifughi al mondo (l'Ucraina usava 183.000 t solo per manifattura interna nel 2005). In seguito, a partire dal 2012, durante la "International Asbestos Conference" tenutasi a Kyiv, il 21 e 22 novembre di quell'anno, incominciò il progetto di graduale eliminazione dell'impiego e della lavorazione dell'asbesto, che portò poi al bando totale di questo materiale solo nel 2017 (Holmes, 2013; Kazan e Allen, 2017). Bombardamenti e distruzioni su vasta scala di strutture civili e militari, anche nelle aree urbane e residenziali, accrescono quindi il rischio di diffusione di grandi quantità di polveri contenenti fibre di asbesto nelle macerie e nei detriti.

Un'ulteriore causa di preoccupazione, soprattutto per la regione del Donbass, è data dall'inquinamento progressivo delle riserve d'acqua e delle falde sotterranee, causato dalla percolazione delle acque di miniera, che sempre contengono elevate quantità di metalli tossici e di composti corrosivi. L'improvvisa interruzione delle attività estrattive e il blocco dei sistemi di pompaggio e di gestione delle acque reflue minerarie, contenenti notevoli quantità di inquinanti, ha portato in molti punti alla permeazione di questi fluidi contaminati verso gli acquiferi di acqua dolce, compromettendo così per i decenni a venire la salubrità e la potabilità di queste acque.

Vi è poi anche il rischio di rilascio involontario e incontrollato di materiale e di rifiuti radioattivi dagli impianti termonucleari e dai siti di stoccaggio del materiale fissile esausto. Sono infatti ben 15 gli impianti nucleari di potenza attivi in Ucraina, tra cui il sito di maggiori dimensioni di Zaporizhzhya, e, fino al 2020, metà del fabbisogno energetico interno della nazione era coperto dall'energia nucleare (World Nuclear Association, 2024).

Le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei suoli agricoli ucraini sono state in molti casi compromesse dai bombardamenti e dall'uso di armi su un così ampio raggio d'azione. Le operazioni militari hanno causato danni a vaste aree di foresta, anche a causa di un gran numero di incendi boschivi seguiti ai combattimenti. A rischio sono anche la biodiversità e le specie protette di molte aree dell'Ucraina, visto che più del 40% delle zone a rilevanza naturalistica del Paese, tra cui parchi nazionali e biotopi unici, è stato danneggiato gravemente o irreversibilmente dalle azioni di guerra (Rawtani, 2022). A causa di ciò, il Ministero dell'Ecologia e delle Risorse naturali dell'Ucraina, già a fine 2022, aveva denunciato 330 episodi di crimini contro

l'ecosistema, che sono saliti a 7439 casi di danni ambientali conseguenti alle operazioni militari, alla fine di gennaio 2025 (EcoZagroza, 2025).

Queste informazioni, ancora parziali e in costante evoluzione, mostrano come l'Ucraina, nazione altamente industrializzata, con già alle spalle una pesante eredità di questioni ambientali irrisolte provenienti dall'epoca dell'Unione sovietica, stia affrontando una crisi ambientale complessa e in continua crescita, dovuta alla drammatica situazione di guerra. È dunque altamente probabile che il Paese e tutta l'area dell'Europa orientale e del Mar Nero risentano a lungo degli effetti nefasti sull'ambiente e sulla salute umana di questo conflitto in corso.

CONCLUSIONI

Così come è di primaria importanza ricordare e commemorare i sacrifici e le sofferenze provate da tutte le popolazioni del mondo durante i periodi di guerra, è altrettanto importante proteggere e preservare l'ambiente a livello globale, consentendo alle future generazioni di vivere in un mondo libero dalla guerra e dalle sue devastanti conseguenze sulla salute umana e sugli ecosistemi.

L'impronta ecologica a lungo termine dei conflitti armati e degli ordigni bellici abbandonati o inesplosi è un tema che merita ulteriori studi e una maggiore attenzione. I notevoli sforzi, in termini di risorse umane ed economiche, per la decontaminazione e la bonifica di vaste aree che erano state scenario di guerre del XX secolo (la Zona rossa della Prima guerra mondiale nel nord della Francia, i campi di battaglia in Vietnam o la regione dell'ex Jugoslavia nei Balcani) devono servire come monito per comprendere quanto difficilmente reversibile sia l'impatto dei conflitti sull'ambiente.

Inoltre, per una nazione in stato di guerra, gli impegni e gli sforzi normalmente intrapresi per affrontare gli obiettivi chiave per uno sviluppo sostenibile, tesi a mitigare gli effetti del cambiamento climatico, a conservare e proteggere la biodiversità e a controllare e ridurre l'inquinamento, passano del tutto in secondo piano rispetto allo sforzo bellico. Le distruzioni arrecate agli ecosistemi durante le guerre non dovrebbero più essere considerate come inevitabili "danni collaterali", dato che il benessere ambientale e umano sono intimamente legati.

Per contrastare l'effetto negativo sull'ecosistema e rendere i responsabili di questi crimini verso l'ambiente perseguibili in futuro, sono perciò necessarie nuove e più rigorose norme di diritto internazionale, per salvaguardare l'ambiente durante i conflitti armati e per considerare i crimini ambientali tanto gravi quanto i crimini contro l'umanità.

BIBLIOGRAFIA

- Alexander D. (2015). *Disability and disaster: an overview*. In: Kelman I. and Stough L.M., eds., *Disability and disaster studies*. London: Palgrave Macmillan.
- Bajgar J., Kassa J., Fusek J., Kuca K. and Jun D. (2015). *Other toxic chemicals as potential chemical warfare agents*. In: Gupta R.C., ed., *Handbook of toxicology of chemical warfare agents*. Cambridge: Academic Press (2nd edition), 337-345.
- Bausinger T., Bonnaire E. and Preuss J. (2007). *Exposure assessment of a burning ground for chemical ammunition on the Great War battlefields of Verdun*. In: «Sci Total Environ», 382 (2-3): 259-271.
- BBC News (2016). *Laos: Barack Obama regrets "biggest bombing in history"*, September 6, 2016. Testo disponibile all'url: <https://www.bbc.com/news/world-asia-37286520> [consultato il 18 settembre 2025].
- Chkhirodze D. and Bandzeladze M. (2022). *War and its impact on sustainable development*. In: «Econ Profile», 1(23): 126-131.
- Della Torre C., Corsi I., Tursi A., Amato E. and Focardi S. (2014). *Residui bellici affondati in mare: studio di una contaminazione dimenticata*. In: «EtruriaNatura», 10: 35-42.
- Dudley J.P., Ginsberg J.R., Plumptre A.J., Hart J.A. and Campos L.C. (2002). *Effects of war and civil strife on wildlife and wildlife habitats*. In: «Conserv Biol», 2(16): 319-329.
- Dwernychuk L.W., Cau H.D., Hatfield C.T., Boivin T.G., Hung T.M., Dung P.T. and Thai N.D. (2002). *Dioxin reservoirs in southern Vietnam. A legacy of Agent Orange*. In: «Chemosphere», 47(2): 117-137.
- EcoZagroza, Official resource of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (2025). *Eco threat*, update February 2025. Testo disponibile all'url: <https://ecozagroza.gov.ua/> [consultato il 18 settembre 2025].
- Freemantle M. (2018). *The great war clean-up*. In: «Chem World». Testo disponibile all'url: <https://www.chemistryworld.com/features/the-great-war-clean-up/3009456.article> [consultato il 18 settembre 2025].
- Guidotti M. and Ranghieri M. (2022). *Armi chimiche: il lato oscuro della scienza*. In: «Sapere», 88(3): 10-15.
- Guidotti M. and Trifirò F. (2016). *Chemical risk and chemical warfare agents: science and technology against humankind*. In: «Toxicol Environ Chem», 98(9): 1018-1025.

- Holmes D. (2013). *IARC in the dock over ties with asbestos industry*. In: «Lancet», 381: 359-361.
- Kazan-Allen L. (2017). International Ban Asbestos Secretariat, *Ukraine's asbestos debacle*. Testo disponibile all'url: <http://ibasecretariat.org/lka-ukraines-asbestos-debacle.php> [consultato il 18 settembre 2025].
- Khan M. (2022). *The environmental impacts of war and conflict*, K4D Helpdesk Report, Institute of Development Studies. Testo disponibile all'url: <https://doi.org/10.19088/k4d.2022.060> [consultato il 18 settembre 2025].
- Khrushch O., Moskalets V., Fedyk O., Karpiuk Y., Hasiuk M., Ivantsev N., Ivantsev L. and Arijumend H. (2023). *Environmental and psychological effects of Russian war in Ukraine*. In: «Grassroots J Nat Res», 1(6): 37-84.
- Kristoferson L. (1981). *Modern weapons and the environment*. In: «Environ Conserv», 4(8): 257-258.
- Levy B.S. (2021). *Collective violence: war*. In: R. Detels *et al.*, eds., *Oxford textbook of global public health*, Oxford: Textbooks in Public Health (7th edition), 393-400.
- Martin M., Feichert A., Dolven B. and Lum T. (2019). *War legacy issues in Southeast Asia: unexploded ordnance (UXO)*, Report R45749. Washington DC: Library of Congress.
- Rawtani D., Gupta G., Khatri N., Rao P.K. and Hussain C.M. (2022). *Environmental damages due to war in Ukraine: a perspective*. In: «Sci Total Environ», 850: 157932.
- REACH (2016). *Substance evaluation conclusion as required by REACH article 48 and evaluation report for sodium perchlorate*. Testo disponibile all'url: <https://echa.europa.eu/documents/10162/9b321f81-f314-8969-25e2-15183cb39f3c> [consultato il 18 settembre 2025].
- Schwabach A. (2000). *Environmental damage resulting from the NATO military action in Yugoslavia*. In: «Columbia J. Environ. L.», 25(1): 117-140.
- Skalny A.V., Aschner M., Bobrovitsky I.P., Chen P., Tsatsakis A., Paoliello M.M.B., Djordjevic A.B., and Tinkov A.A. (2021). *Environmental and health hazards of military metal pollution*. In: «Environ Res», 201: 111568.
- Sowers J. and Weinthal E. (2022), *War and environmental politics: a comparative perspective*. In: Sowers J., Van Deever S.D. and Weinthal E., eds., *The Oxford handbook of comparative environmental politics*. Oxford: University Press.
- Talmage S.S., Opresko D.M., Maxwell C.J., Welsh C.J.E., Cretella F.M., Reno P.H. and Daniel F.B. (1999). *Nitroaromatic munition compounds: environmental effects and screening values*. In: «Rev Environ Contamination Toxicol», 161: 1-156.
- UN Environmental Programme (2021). *Environmental legacy of Explosive Weapons in Populated Areas*. Testo disponibile all'url: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/environmental-legacy-explosive-weapons-populated-areas> [consultato il 18 settembre 2025].
- World Nuclear Association (2024). *Nuclear power in Ukraine*, updated March 2024. Testo disponibile all'url: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/ukraine.aspx> [consultato il 18 settembre 2025].