



CENTRO ALTI STUDI  
PER LA DIFESA



CENTRO MILITARE  
DI STUDI STRATEGICI

**Alessandro Morelli e Raffaele Quartucci**

**Efficacia, fattibilità tecnica ed impatti  
giuridici di possibili applicazioni di  
Armi Non Letali (ANL) basate su  
piattaforme aeree**

---

(Codice AL-SA-04)



Centro Militare di Studi Strategici (CeMiSS) è un organismo istituito nel 1987 che gestisce, nell'ambito e per conto della Difesa, la ricerca su temi di carattere strategico. Tale attività permette di accedere, valorizzandoli, a strumenti di conoscenza ed a metodologie di analisi indispensabili per dominare la complessità degli attuali scenari e necessari per il raggiungimento degli obiettivi che le Forze Armate, e più in generale la collettività nazionale, si pongono in tema di sicurezza e difesa.

La *mission* del Centro, infatti, nasce dalla ineludibile necessità del Ministero della Difesa di svolgere un ruolo di soggetto attivo all'interno del mondo della cultura e della conoscenza scientifica interagendo efficacemente con tale realtà, contribuendo quindi a plasmare un contesto culturale favorevole, agevolando la conoscenza e la comprensione delle problematiche di difesa e sicurezza, sia presso il vasto pubblico che verso opinion leader di riferimento.

Più in dettaglio, il Centro:

- effettua studi e ricerche di carattere strategico politico-militare;
- sviluppa la collaborazione tra le Forze Armate e le Università, centri di ricerca italiani, stranieri ed Amministrazioni Pubbliche;
- forma ricercatori scientifici militari;
- promuove la specializzazione dei giovani nel settore della ricerca;
- pubblica e diffonde gli studi di maggiore interesse.

Le attività di studio e di ricerca sono prioritariamente orientate al soddisfacimento delle esigenze conoscitive e decisionali dei Vertici istituzionali della Difesa, riferendosi principalmente a situazioni il cui sviluppo può determinare significative conseguenze anche nella sfera della sicurezza e difesa. Il CeMiSS svolge la propria opera avvalendosi di esperti civili e militari, italiani e stranieri, che sono lasciati liberi di esprimere il proprio pensiero sugli argomenti trattati.



CENTRO ALTI STUDI  
PER LA DIFESA



CENTRO MILITARE  
DI STUDI STRATEGICI

**Alessandro Morelli e Raffaele Quartucci**

**Efficacia, fattibilità tecnica ed impatti  
giuridici di possibili applicazioni di  
Armi Non Letali (ANL) basate su  
piattaforme aeree**



(Codice AL-SA-04)

**Efficacia, fattibilità tecnica ed impatti giuridici  
di possibili applicazioni di Armi Non Letali (ANL) basate su  
piattaforme aeree**

---



**NOTA DI SALVAGUARDIA**

Quanto contenuto in questo volume riflette esclusivamente il pensiero dell'autore, e non quello del Ministero della Difesa né delle eventuali Istituzioni militari e/o civili alle quali l'autore stesso appartiene.

**NOTE**

Le analisi sono sviluppate utilizzando informazioni disponibili su fonti aperte.

Questo volume è stato curato dal **Centro Militare di Studi Strategici**

Direttore

**Amm. Div. Mario Caruso**

Vice Direttore - Capo Dipartimento Scienze, Tecnica, Economia e Politica Industriale

**C.V. Vincenzo Benemerito**

Progetto grafico

**Massimo Bilotta - Roberto Bagnato**

Autore

**Alessandro Morelli - Raffaele Quartucci**

Stampato dalla tipografia del **Centro Alti Studi per la Difesa**

Centro Militare di Studi Strategici  
Dipartimento Relazioni Internazionali  
Palazzo Salviati  
Piazza della Rovere, 83 - 00165 – Roma  
tel. 06 4691 3204 - fax 06 6879779  
e-mail [capostepi.cemiss@casd.difesa.it](mailto:capostepi.cemiss@casd.difesa.it)

Chiusa a dicembre 2016

ISBN 978-88-99468-47-7

# Indice

.....	3
Indice .....	5
Lista degli Acronimi.....	8
Introduzione .....	10
1. Capitolo I.....	12
1.1 Panorama geopolitico mondiale .....	12
1.2 La nascita delle Armi Non Letali .....	15
1.3 Il Diritto Internazionale Umanitario e l'impiego di ANL.....	18
1.4 Le piattaforme aeree .....	19
1.4.1 Velivoli da combattimento .....	20
1.4.2 Aeromobili da trasporto.....	22
1.4.3 Elicotteri.....	25
1.4.4 Aeromobili a Pilotaggio Remoto (APR) .....	27
1.5 Concetto di impiego per le ANL.....	29
2. Capitolo II.....	31
2.1 Classificazione delle Armi Non Letali .....	31
2.2 Scopo .....	32
2.3 <i>Target</i> .....	33
2.4 Tecnologia.....	34
2.5 Criteri di valutazione per ANL di possibile impiego su piattaforme aeree .....	36
2.6 Le tecnologie ANL per piattaforme aeree .....	42
2.6.1 Tipologia di missione .....	42
2.6.2 Piattaforme aeree .....	43
2.6.3 Classi di <i>target</i> .....	43
2.7 Tecnologie costituenti i sistemi ANL.....	43
3. Capitolo III.....	45
3.1 <i>High Power Electromagnetic Pulse</i> .....	45
3.1.1 Fattibilità tecnica.....	46
3.1.2 Tubi a radiofrequenza: <i>Klystron e Vircator</i> .....	50
3.2 <i>Active Denial System</i> .....	52
3.2.1 Fattibilità tecnica.....	52
3.2.2 Concetto tecnologico .....	53

3.2.3	Potenziale configurazione del sistema ADS.....	53
3.2.4	Requisiti <i>hardware</i> per la fattibilità del sistema ADS .....	54
3.3	Ulteriori Applicazioni.....	58
4.	Capitolo IV .....	60
4.1	Profili giuridici connessi all'impiego delle ANL.....	60
4.1.1	Diritto Internazionale Umanitario.....	60
4.1.2	Utilizzo delle armi in un conflitto armato.....	61
4.1.3	Utilizzo di nuovi sistemi d'arma nel corso di un conflitto armato .....	64
4.1.4	Operazioni aeree relative a nuovi sistemi d'arma.....	66
4.2	HPEP: profili giuridici.....	66
4.2.1	<i>Overview</i> del sistema HPEP .....	66
4.2.2	Problematiche del sistema HPEP .....	67
4.2.3	Principio di Distinzione.....	67
4.2.4	Principio di Proporzionalità .....	68
4.2.5	La Necessità militare .....	68
4.2.6	Principio di umanità .....	69
4.2.7	Conformità del sistema d'arma HPEP rispetto al DIU: considerazioni conclusive.....	69
4.2.8	Conformità del sistema d'arma HPEP rispetto al diritto nazionale.....	70
4.3	ADS: profili giuridici .....	70
4.3.1	<i>Overview</i> del sistema ADS .....	70
4.3.2	Problematiche del sistema ADS.....	71
4.3.3	Principio di Distinzione.....	71
4.3.4	Principio di Proporzionalità .....	72
4.3.5	La Necessità militare .....	72
4.3.6	Principio di Umanità.....	72
4.3.7	Criticità del sistema ADS in riferimento al divieto di tortura e trattamenti inumani o degradanti .....	73
4.3.8	Conformità del sistema d'arma ADS rispetto alla DIU: considerazioni conclusive .....	74
4.3.9	Conformità del sistema d'arma ADS rispetto al diritto nazione .....	75
4.4	Problematiche comuni di impiego tattico delle ANL.....	75
4.4.1	Impiego del sistema ADS ed il problema delle persone <i>hors de Combat</i> .....	76
4.4.2	Le ANL in situazioni di conflitto asimmetrico, contro civili DPH e <i>Human Shields</i> .....	76
4.4.3	Impiego del sistema HPEP: <i>secondary effects</i> e CDEM .....	77
4.4.4	Considerazioni finali.....	78
5.	Capitolo V .....	79
5.1	Ipotesi di scenari di impiego in operazioni MOOTW del sistema HPEP .....	79
5.1.1	Difesa di una postazione di Comando e Controllo.....	79

5.1.2	Missione di guerra elettronica .....	79
5.1.3	Missione anti pirateria .....	79
5.1.4	Cattura di un terrorista in fuga.....	80
5.2	Ipotesi di scenari di impiego in operazioni di <i>Homeland Security</i> del sistema HPEP	80
5.2.1	Operazione anti droga in acque nazionali .....	80
5.2.2	Attività di controllo di una zona ad accesso vietato .....	80
5.3	Ipotesi di scenari di impiego in operazioni MOOTW del sistema ADS .....	80
5.3.1	Missione anti pirateria .....	80
5.3.2	Difesa di una postazione di Comando e Controllo.....	81
5.3.3	Protezione di un convoglio o supporto durante una missione CAS .....	81
5.3.4	Missione controllo migranti .....	81
5.4	Ipotesi di scenari di impiego in operazioni di <i>Homeland Security</i> del sistema ADS...	82
5.4.1	Operazione anti droga in acque nazionali .....	82
5.4.2	Attività di controllo di una sommossa .....	82
	Conclusioni .....	83
	Bibliografia .....	85

## Lista degli Acronimi

ADS	<i>Active Denial System</i>
ANL	<i>Armi Non Letali</i>
APCLO	<i>Air Power Contribution to Counter-Land Operations</i>
APCMO	<i>Air Power Contribution to Counter-Maritime Operations</i>
APR	<i>Aeromobili a Pilotaggio Remoto</i>
CAS	<i>Close Air Support</i>
CDEM	<i>Collateral Damage Estimation Metodology</i>
CeMiSS	<i>Centro Militare di Studi Strategici</i>
CNAD	<i>Conference of National Armaments Directors</i>
CSAR	<i>Combat Search And Rescue</i>
CW	<i>Continuous Waveform</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DIU	<i>Diritto Umanitario Internazionale</i>
DMPI	<i>Desired Mean Point of Impact</i>
DPH	<i>Directly Participate in Hostilities</i>
EHF	<i>Expanding HighFrequency Frontiers</i>
EID	<i>Electrically Initiated Devices</i>
EMP	<i>ElectroMagnetic Pulse</i>
EWG-NLW	<i>European Working Group on Non Lethal Weapons</i>
FAC	<i>Forward Air Controller</i>
FFAA	<i>Forze Armate</i>
HPBW	<i>Half Power Beamwidth</i>
HPEP	<i>High Power Electromagnetic Pulse</i>
ICNIRP	<i>International Commision on Non-Ionizing Radiation Protection</i>
IR	<i>Infra Rosso</i>
ISTAR	<i>Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance</i>
JAG	<i>Judge Advocate General</i>
JNLWP	<i>Joint Non-Lethal Weapons Program</i>
LASER	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
LEGAD	<i>LEGal ADvisor</i>
LOAC	<i>Law of Armed Conflict</i>
MASER	<i>Millimetric-wave Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
MEDEVAC	<i>MEDical EVACuation</i>



MMIC	<i>Monolithic Microwave Integrated Circuit</i>
MOOTW	<i>Military Operations Other Than War</i>
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i>
NTZ	<i>No Trespassing Zone</i>
OCA	<i>Offensive Counter Air</i>
ONG	Organizzazione Non Governativa
ONU	Organizzazione delle Nazioni Unite
PAE	<i>Power Amplifier Efficiency</i>
PMC	<i>Private Military Companies</i>
PSYOPS	<i>Psychological Operations</i>
RCA	<i>Riot Control Agents</i>
RF	Radio Frequenza
ROE	<i>Rules Of Engagement</i>
SEAD	<i>Suppression of Enemy Air Defence</i>
SOF	<i>Special Operation Forces</i>
TACOM	<i>TACTical COMmand</i>
TTP	<i>Tactics, Techniques, and Procedures</i>
UNESCO	Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura
UN	<i>United Nations</i>
VIRCATOR	<i>VIRtual CAThode OscillatoR</i>

# Introduzione

Gli attuali scenari di impiego rendono spesso necessaria una maggiore flessibilità e gradualità nell'uso della forza allo scopo di limitare il rischio di danni collaterali e rispettare il principio di proporzionalità. I sistemi d'Arma Non Letali (ANL), ovvero sistemi d'arma che debbano raggiungere un "adeguato" compromesso tra il raggiungimento degli obiettivi per i quali vengono impiegati e la bassa probabilità di perdite di vite umane o lesioni permanenti, potranno pertanto essere, in futuro, essenziali per affrontare nuove sfide e operazioni.

Nel Capitolo I, dopo aver fornito un breve *background* dei sistemi ANL definendo il contesto sociopolitico in cui esse hanno genesi e la loro definizione in ambito NATO, si introduce la vasta gamma di tecnologie, in continua e costante evoluzione in ragione dell'accresciuto interesse dei governi e dell'industria allo specifico settore. Vengono anche illustrate le problematiche di carattere legale per l'utilizzo di questi nuovi sistemi d'arma e le piattaforme su cui integrare tali ANL per supportare efficacemente un'operazione aerea.

Nel Capitolo II vengono approfondite le tecnologie, valutando i vantaggi e gli svantaggi di ogni soluzione, individuando al contempo i sistemi più adatti all'integrazione su una piattaforma aerea per supportarne la missione.

Nel Capitolo III, scelta la tecnologia ad energia diretta, da integrare su elicottero, come sistema ANL promettente, si effettua uno studio di fattibilità preliminare su due specifiche applicazioni tecnologiche (microonde e onde millimetriche) presentando due sistemi (*High Power Electromagnetic Pulse* e *Active Denial System*) e valutandone la fattibilità tecnologica e l'impatto operativo.

Nel Capitolo IV si analizzano le problematiche di carattere legale derivanti dall'utilizzo di tali ANL, in relazione all'osservanza dei trattati vigenti e alla normativa del Diritto Internazionale Umanitario.

Nel Capitolo V, si delineano brevemente possibili scenari operativi in cui tali sistemi potrebbero essere impiegati, sia in ambito di *Military Operations Other Than War* (MOOTW) che di *homeland security*.

L'elaborato si conclude con l'analisi delle possibili applicazioni di queste due promettenti tecnologie, tenendo conto dei limiti tecnologici, delle potenzialità di tali strumenti e del contesto legale presente e futuro in cui tali ANL potrebbero essere impiegate.

## **Ringraziamenti**

Si ringrazia il Reparto Sperimentale di Volo, il Centro Sperimentale Volo e il Terzo Reparto dello Stato Maggiore dell'Aeronautica per averci dato l'opportunità di condurre il presente progetto di ricerca. Si ringrazia, altresì, il Centro Militare di Studi Strategici (Ce.Mi.S.S.) per il supporto offertoci durante la stesura del presente elaborato e per l'onore di aver accettato tale pubblicazione. In particolare, si ringraziano il Col. Marco Francesco D'Asta e il Serg.Magg Antonella Vitale del Ce.Mi.S.S. del Dipartimento Scienze, Tecnica, Economia, Politica Industriale per il supporto fattivo e continuo durante tutto il periodo di conduzione della ricerca.

Si ringraziano il Gruppo Tecnico del Reparto Sperimentale Volo, l'ing. Antonio Tafuto, l'ing. Antonio Manna e l'ing. Marco Bartocci di Elettronica S.p.A., azienda *leader* nel campo della difesa elettronica, il professore Franco Di Paolo ed il dottor Alberto Leggieri del Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università di Roma "Tor Vergata" per aver supportato fattivamente la stesura dello studio di fattibilità tecnica dei sistemi d'arma ad energia diretta HPEP e ADS. Si ringraziano, altresì, la professoressa Luisa Vierucci, docente di Diritto Internazionale presso l'Università degli Studi di Firenze e presso l'Istituto di Scienze Militari Aeronautiche di Firenze e il Cap. Patrizio Lupi, quale consigliere giuridico della Aeronautica Militare, per il supporto e la guida offertaci per districarci nel complesso mondo del Diritto Internazionale Umanitario.

Tutte le persone citate in questa pagina hanno svolto un ruolo fondamentale nella stesura del presente documento, ma si precisa che eventuali errori o imprecisioni sono riconducibili esclusivamente ai redattori.

# 1.Capitolo I

## 1.1 Panorama geopolitico mondiale

Nel 1968, l'antropologo americano, professore alla *Stanford University*, Paul R. Ehrlich allarmava la comunità mondiale su una possibile minaccia che egli stesso definiva "la bomba demografica"<sup>[1]</sup>. Gli studi dell'antropologo lo avevano portato a prevedere che entro il 1980 ci sarebbe stato un tale aumento demografico da comportare penuria di cibo e conseguente disordine sociale, profetizzando la più drammatica carestia nella storia dell'intera umanità.

Seppur la Storia, grazie anche allo sviluppo scientifico e tecnologico, ha scongiurato lo scenario apocalittico prospettato da Ehrlich, si può tuttavia affermare che il mondo sta vivendo una trasformazione demografica senza precedenti, che avrà forti ripercussioni sugli equilibri economici e geopolitici a livello mondiale. Benché la demografia, essendo uno studio statistico dei fenomeni che regolano lo stato e l'andamento delle popolazioni, è caratterizzata da una relativa incertezza dei risultati, si può ritenere un tassello fondamentale, insieme ad altre discipline quali l'economia, per effettuare previsioni a lungo termine sulle relazioni sociali all'interno degli Stati e sulle relazioni strategiche tra Stati.

Come spesso accade, anche nell'ambito della demografia ci sono diverse correnti di pensiero: alcuni ritengono che l'ampiezza demografica sia una risorsa principale per l'egemonia di un Paese, altri, tra cui il noto demografo inglese Thomas Robert Malthus, sostengono che esista un limite alla crescita della popolazione di uno Stato imposto dalle risorse disponibili, altri ancora ritengono verosimile che possa esistere un mondo sempre più popoloso e, grazie ai progressi della scienza, dotato di adeguate risorse.

È innegabile quindi che la demografia sia un fattore determinante per lo sviluppo della Storia, delle guerre, dell'ascesa o il declino di uno Stato, alla stregua del potere economico e della potenza militare.

Vediamo più nel dettaglio perché questo aspetto può essere rilevante per inquadrare al meglio il contesto geopolitico in cui ci potremmo trovare a vivere nei prossimi decenni <sup>[2]</sup>.

L'analisi presentata da Malthus, nel suo "Saggio sul principio della popolazione e i suoi effetti sullo sviluppo futuro della società" del 1798 incentrato sul rapporto tra ampiezza della popolazione e risorse disponibili, partiva dall'assunto che gli andamenti fossero riconducibili ad una progressione geometrica nel primo caso e ad una progressione aritmetica nel secondo <sup>[3]</sup>.

Con queste ipotesi è chiaro che si arriverà più o meno velocemente alla condizione in cui la mancanza di risorse per la crescente popolazione porterà al depauperamento di una nazione e conseguentemente alla guerra.

Nel 1962, il ricercatore John B. Calhoun, un etologo il cui campo di specializzazione era lo studio sulla densità della popolazione e gli effetti che tale fattore ha sul comportamento, realizzò un esperimento, noto come “*Universe 25*”<sup>[4]</sup>, in cui cercò di ricreare l’*habitat* ideale per una popolazione di cavie animali. Un luogo dove le cavie non avrebbero avuto problemi di flussi migratori, risorse, clima, malattie e nemici naturali. In tali condizioni, la popolazione animale dopo una rapida esplosione demografica, registrava una stasi seguita da una fase di collasso sociale, da lui definita “*Behavioral Sink*”<sup>[4]</sup>, ovvero da un comportamento patologico legato all’esplosione demografica e al sovrappopolamento di “*Universe 25*”. In particolare gruppi di cavie mostrarono comportamenti aggressivi, mentre le normali interazioni sociali non venivano più rispettate. L’idea di Calhoun era che in un mondo sovrappopolato, anche con eccesso di risorse, ma con assenza di spazio, la normale organizzazione sociale crolla, portando con sé disordine e morte della specie.

Quindi, se da una parte lo sviluppo scientifico e tecnologico ci assicura una maggiore quantità di risorse rispetto a quanto previsto negli anni passati è pur vero che ci troviamo di fronte un inesorabile incremento demografico che andrà in qualche modo gestito a livello globale. Secondo l’Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU), la popolazione del nostro pianeta passerà da 6.51 miliardi del 2005 a 7.67 nel 2020 e a 9.19 miliardi nel 2050; gli incrementi maggiori si registreranno in Asia ed in Africa, mentre nei paesi industrializzati si assisterà ad una decrescita della popolazione e ad un progressivo innalzamento dell’età media.

Il peso demografico dei paesi occidentali diminuirà rispetto al totale mondiale, ciò significa che l’asse economico si sposterà verso i Paesi emergenti che presentano tassi di crescita della popolazione più significativi.

Alla luce di ciò, per sostenere adeguati ratei di crescita economica, i Paesi occidentali avranno la necessità di accogliere forza lavoro dall’estero, ovvero dai paesi nei quali l’incremento demografico sarà più importante.

È stimato che l’Europa, e quindi anche il nostro Paese per la propria parte, perderà il 24% della propria forza lavoro entro il 2050.

Tutti questi cambiamenti avranno un grosso impatto sulla capacità di crescita economica, sui debiti pubblici e sullo sviluppo in generale dei paesi occidentali che dovranno in qualche modo prepararsi adeguatamente per affrontare questa nuova realtà. Gli analisti, tuttavia, concordano che lo tsunami demografico sarà causa di mutamenti macroscopici sia sotto il

profilo socio-economico sia dal punto di vista dei rapporti internazionali: non si potranno evitare forti squilibri e tensioni tra Paesi con ratei di crescita demografica opposti ivi incluse massicce ondate migratorie.

La *governance* attuale si trova di fronte a nuove realtà geopolitiche, economiche e demografiche in cui i suoi tradizionali meccanismi di controllo risultano inadeguati.

Nella stessa situazione si trovano le principali istituzioni militari e di sicurezza sia a livello nazionale sia internazionale. Esaminando, ad esempio, il caso della NATO, questa dovrà necessariamente attuare una revisione strategica, in quanto composta, per la maggior parte, da Nazioni le cui popolazioni invecchiano e si riducono progressivamente.

Le implicazioni di questo “depotenziamento” demografico risultano in una perdita di credibilità politica e strategica e in un limite in termini di efficacia operativa.

I *trend* demografici incidono sensibilmente sugli scenari della sicurezza. È utile sottolineare che le trasformazioni in corso non sono di tipo occasionale, come ad esempio il *baby boom* degli anni 50, né transitorie, bensì strutturali e a lungo termine.

Possibili conseguenze sullo scenario geopolitico e sulla sicurezza, in relazione all’oggetto della presente ricerca sono:

- Necessità di ridefinire le architetture di sicurezza, rimaste sostanzialmente quelle delineate dalla fine del Secondo Conflitto. In particolare il ruolo della NATO rischia di diventare insostenibile nel contesto di risorse limitate e d’invecchiamento della popolazione.

Ne consegue la necessità di coinvolgere *partner* più dinamici, che ne condividano obiettivi e valori;

- Come corollario dell’invecchiamento della popolazione, accompagnato spesso da una ridotta natalità, l’impiego di soldati in aree di guerra o in missioni ad alto rischio viene percepito come “meno accettabile” anche dai paesi a più alto senso patriottico. L’opinione pubblica dei paesi occidentali vorrà in futuro solo ciò che viene definita la guerra a “zero morti”<sup>[5]</sup>.

La comunità delle democrazie liberali, sotto il profilo politico-diplomatico, dovrà coinvolgere sempre più profondamente Paesi con una popolazione più giovane, con cui sia possibile la condivisione di valori ed obiettivi. Diventa essenziale anche il potenziamento delle politiche di aiuto allo sviluppo al fine di prevenire la continua emorragia migratoria dalle regioni soggette ad una maggiore pressione demografica.

In conclusione, si andrà sempre più incontro alla generalizzata avversione per le operazioni militari fuori dal proprio territorio, aspetto di cui la *governance* politica non potrà non tener

conto, considerato che la vita dei più giovani diverrà anche un *asset* sociale ed economico sempre più pregiato.

I possibili disordini e flussi migratori che si prevedono per il futuro porteranno le nazioni occidentali ad essere impegnate in attività militari dentro e fuori i confini nazionali dove, il bisogno di salvaguardare le vite dei propri soldati, ulteriormente impreziosite dai fattori precedentemente annoverati, comporterà la necessità di gestire con il massimo impegno l'*escalation* di violenza. L'insieme delle ANL può costituire uno strumento che, laddove la situazione lo permetta, potrà contribuire a preservare la salute dei combattenti offrendo ai Comandanti militari un ulteriore mezzo per la gestione della violenza.

Le forze, gli strumenti e le operazioni dovranno quindi essere calibrate sulla base di tali elementi e per questo si potrà fare affidamento sulle nuove tecnologie militari.

Il progressivo adeguamento delle capacità e delle dottrine militari verso questo innovativo segmento, permetterà una maggiore flessibilità nella gestione delle operazioni in scenari sempre più fluidi e dinamici.

## **1.2 La nascita delle Armi Non Letali**

Storicamente i Militari, basti pensare a Douhet, sono sempre stati portati a valutare la validità dei sistemi d'arma in funzione della potenziale letalità, il raggio di azione ed il potenziale distruttivo.

Al giorno d'oggi, tuttavia, i militari stessi vengono sempre più impiegati in operazioni di *peace keeping* o di gestione di crisi internazionali e soprattutto sono sempre più esposti al giudizio dell'opinione pubblica attraverso i media. Ciò implica una diversa definizione di "nemico" e degli scopi stessi delle operazioni militari.

Di conseguenza, in molte operazioni militari, diventa essenziale ridurre al minimo sia il numero di vittime civili e militari sia l'entità dei danni alle infrastrutture della controparte.

Accade sempre più spesso tra l'altro, anche in territorio nazionale, che i ruoli delle Forze Armate (FF.AA.) si affianchino e/o si sovrappongano a quelli delle Forze di Polizia.

L'ambiente operativo in molti casi vede controparti differenti dagli Stati Nazione, con comportamenti imprevedibili e sostanzialmente incontrollabili come i terroristi.

Si presenta quindi una sensibile asimmetria tanto nei tipi di strumenti usati che nelle regole di comportamento, in un quadro di profonda differenza della valutazione, nei confronti delle proprie perdite e nei confronti della pubblica opinione, nonché degli obbiettivi prefissati.

Uno dei problemi ricorrenti nelle situazioni di impiego delle FF.AA. è costituito dall'uso di civili inermi come scudi umani o comunque frammisti ai combattenti.

Un'altra serie di problemi, come accennato, nasce dall'opinione pubblica, segnatamente nelle nazioni occidentali, dove si tende a credere che, data la superiorità tecnologica, sia possibile realizzare delle missioni di pace senza spargimento di sangue sia delle proprie FF.AA. sia delle forze avversarie. Ci si aspetta, infatti, che i nostri militari, ben addestrati ed equipaggiati, siano anche delle perfette ed umane macchine da guerra, quindi non ci devono essere caduti o feriti da nessuna delle parti in conflitto.

La premessa per l'impiego di armi con letalità inferiore alle tradizionali nasce dalle operazioni militari non belliche note anche con l'acronimo MOOTW, che significa *Military Operations Other-Than War*, dove risulterebbe quanto meno "inopportuno" provocare inutili vittime e danni.

Il primo scenario a segnare la nascita dell'interesse per le ANL fu la Somalia.

Nel 1995, durante la preparazione dell'operazione «*United Shield*», avente lo scopo di proteggere il ritiro del contingente ONU, il Comando del Corpo dei *Marines* si avvale dell'esperienza di riservisti che, in quanto agenti della polizia di Los Angeles, avevano maturato capacità antisommossa, per addestrare le forze in campo <sup>[6]</sup>.

Contestualmente furono approvvigionati e distribuiti equipaggiamenti speciali, tipicamente "antisommossa", quali scudi, caschi con visiera e sfollagente oltre a vere e proprie armi non letali come munizioni da 40 mm, calibro 12 e pallini di gomma oltre a nuovi sistemi in corso di sviluppo all'epoca <sup>[7]</sup>.

Tutto il materiale diede risultati giudicati molto soddisfacenti. L'impiego dei suddetti mezzi fu preceduto da una valutazione legale fatta dal *Judge Advocate General* e dalla stesura di nuove regole d'ingaggio ove, sia ben chiaro, non si escludeva, in caso di necessità, l'uso di armi letali.

Dopo la Somalia, gli americani hanno dato vita al *Joint Non-Lethal Weapons Program* (JNLWP) dove il Corpo dei *Marines* faceva da *executive officer* del programma e coordinava le attività di ricerca e sviluppo a cui partecipavano anche le altre FF.AA..

Il programma nacque nel 1997<sup>[7]</sup> e annualmente venivano investiti circa 25 milioni di dollari nel 1997 che sarebbero diventati 100 milioni dopo il 2005.

La NATO ha convocato un seminario sulla ricerca scientifica nel campo delle NLW, tenutosi in Italia, mentre in Europa è stata creata, nell'ottobre del 1998, un'apposita struttura, lo *European Working Group on Non Lethal Weapons* (EWG-NLW) a cui aderirono Austria, Germania, Italia, Olanda, Regno Unito, Svezia e Svizzera <sup>[8]</sup>.

La NATO definisce la policy per l'impiego delle ANL in un *press statement* del 13 Ottobre 1999<sup>[9]</sup>. Nel medesimo documento troviamo anche la definizione che la stessa NATO dà di ANL ovvero "tutte le armi appositamente progettate e sviluppate per incapacitare o



respingere esseri umani, con una bassa probabilità di comportare letalità o danni permanenti, o anche per disabilitare qualsiasi tipo di dispositivo con minimi danni collaterali (non desiderati) o impatti sull'ambiente circostante"<sup>[9]</sup>.

Durante il Summit di Washington del 1999, la NATO ha chiaramente riconosciuto il potenziale offerto dalle ANL. Il Consiglio Nord Atlantico ha definito le ANL come "una capacità critica e aggiuntiva, da introdurre per poter fronteggiare le esigenze delle future operazioni". Nello stesso Summit, le ANL diventano una capacità di difesa "*Defence Capabilities Initiative item*", da utilizzare in operazioni MOOTW<sup>[9]</sup>.

Nell'Ottobre 2007, la Conferenza dei Direttorati degli Armamenti (*Conference of National Armaments Directors – CNAD*), organo della NATO, approvò una linea guida che definì le ANL come strumento di difesa contro il terrorismo<sup>[10]</sup>.

Alcune definizioni che si trovano in letteratura, e ogni nazione sembra averne coniato una differente, "restringono" il campo delle ANL a tutte le armi i cui effetti sia sull'uomo che sull'ambiente siano reversibili. Risulta da subito chiaro che questa definizione lascia spazio a diverse interpretazioni, fosse solo per il fatto che la "bassa probabilità" o i "minimi danni" non sono grandezze quantizzate in alcun modo. Sarà discrezione dell'utilizzatore della specifica arma valutarne gli impatti indesiderati secondo le modalità d'impiego: è quindi evidente che le modalità di valutazione influenzano notevolmente il significato che viene attribuito alle ANL. Il bisogno di finalizzare l'azione minimizzando gli effetti collaterali o indesiderati, si evince in particolar modo dalla definizione di ANL della NATO:

*"Non-Lethal Weapons are weapons which are explicitly designed and developed to incapacitate or repel personnel, with a low probability of fatality or permanent injury, or to disable equipment, with minimal undesired damage or impact on the environment"*<sup>[9]</sup>

La policy NATO impone quindi che le ANL:

1. Debbano raggiungere un "adeguato" compromesso tra il raggiungimento degli obiettivi per i quali vengono impiegate e la bassa probabilità di perdite di vite umane o di lesioni permanenti, con una bassa probabilità di procurare effetti non desiderati ed un'alta probabilità di avere gli effetti desiderati;
2. Non debbano essere facilmente disabilite o degradate dalle contromisure del nemico.

La stessa NATO<sup>[9]</sup> stabilisce anche che l'impiego delle ANL debba favorire le forze NATO nel raggiungimento dei seguenti obiettivi:

1. Completamento di missioni militari in situazioni o condizioni in cui, sebbene non proibite, le armi convenzionali (letali) siano indesiderate o non strettamente necessarie;

2. Scoraggiare, ritardare, prevenire o rispondere ad attività ostili da parte del nemico;
3. Limitare o controllare *escalation*;
4. Incrementare la protezione delle proprie forze;
5. Respingere o incapacitare temporaneamente delle persone;
6. Disabilitare equipaggiamenti o capacità del nemico;
7. Ridurre i costi di ricostruzione post-conflitto.

Ai fini della presente ricerca, tuttavia, per la fase di fattibilità tecnica, si riterrà “zero danni collaterali” un requisito imprescindibile anche al fine di rendere minimi gli impatti giuridici derivanti dall’impiego di questo tipo di armi.

### 1.3 Il Diritto Internazionale Umanitario e l’impiego di ANL

Il Diritto Internazionale Umanitario (DIU), o diritto bellico, è lo *jus in bello*, corpo normativo che regola la condotta delle ostilità in un conflitto armato di natura internazionale o non internazionale. Da esso si differenzia lo *jus ad bellum*, che costituisce il complesso di regole internazionali che legittimano l’inizio di un conflitto tra più soggetti di diritto internazionale [11].

Nel primo *corpus juris* deve ricercarsi il complesso di norme consuetudinarie e pattizie che governano l’impiego di ANL nelle operazioni militari. Occorre precisare che il DIU non regola l’uso delle ANL in qualunque operazione militare, bensì soltanto in quelle operazioni militari che si svolgono nel contesto di un conflitto armato. Lo *jus in bello* oltre il divieto generale di eseguire attacchi indiscriminati o non proporzionati, indipendentemente dalla tipologia di armi all’uopo impiegate, reca inoltre specifiche restrizioni che, di fatto, rafforzano ulteriormente la portata dei principi fondamentali di proporzionalità e distinzione, che saranno affrontati più ampiamente nel successivo Capitolo IV. Tali vincoli giuridici hanno trovato una puntuale disciplina, oltre che nelle Quattro Convenzioni di Ginevra del 1949 [12], anche, altresì, in *the Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons which may be deemed to be Excessively Injurious or to have Indiscriminate Effects*[13], che vietano, per espresso, l’impiego di armi:

1. Il cui effetto principale sia di procurare ferite da schegge che non siano individuabili nel corpo umano tramite raggi X;
2. Mine anti-uomo e similari;
3. Armi incendiarie;
4. Armi LASER il cui scopo primario sia quello di accecare;

## 5. Residui bellici inesplosi.

Pur tuttavia, il DIU ha dimostrato di non essere al passo con i tempi soprattutto con la natura mutevole delle forme della guerra. Ad esempio, nella *Chemical Weapons Convention*<sup>[14]</sup> viene proibito l'impiego di *Riot Control Agents* (RCA) in operazioni di guerra, nonostante sia ritenuto possibile impiegarli in modo proporzionato e discriminato e benché costituiscano uno strumento ordinario nell'ambito del *law enforcement*<sup>[15]</sup>. Da notare che gli RCA vengono proibiti solo come "metodo di combattimento" e l'impiego di questi agenti non è vietato in tempo di pace. La *ratio legis* di una norma di tale portata, ovviamente, va ricercata con un approccio sistematico alla materia e deve con ogni probabilità individuarsi piuttosto nell'idoneità dei RCA di essere un moltiplicatore di forza letale, ove impropriamente utilizzati in combinazione con armi letali<sup>[16]</sup>.

Tutto quanto sopra sta a significare che il complesso quadro giuridico internazionale in cui deve collocarsi la volontà d'impiegare nuove tecnologie, come le ANL, sebbene, per natura, sia dinamico e adattabile, non soltanto necessita di un cambiamento nel senso della modernizzazione, ma impone, nelle more, attente analisi a livello operativo e tattico, affinché l'impiego di strumenti non contemplati al tempo dei trattati risulti coerente con le regole ad oggi vigenti. Per tale motivo, nel Capitolo IV verranno svolte alcune considerazioni relative a questioni ancora non risolte, che pongono delle problematiche concrete in operazioni militari condotte in conflitti armati ma caratterizzate da sottili confini giuridici, come le MOOTW.

### 1.4 Le piattaforme aeree

Le caratteristiche della piattaforma aerea dove potranno essere montate le eventuali ANL proposte di seguito sono fondamentali per comprendere il tipo di missione che potrebbe essere espletata. Per questo motivo, prima di valutare nel dettaglio le caratteristiche di un velivolo in funzione di una particolare tecnologia di ANL, si riportano le caratteristiche dei velivoli in dotazione all'Aeronautica Militare ritenute rilevanti ai fini della presente ricerca<sup>[17]</sup>. Dal momento che lo studio di fattibilità guarda al futuro, sono state incluse solo le classi di velivoli che si ritiene possano essere interessate in missioni che prevedano l'impiego di ANL nel prossimo futuro.

Tutti i dati riportati sono riconducibili alle specifiche dei velivoli e sono reperibili su *internet*.

### 1.4.1 Velivoli da combattimento

I velivoli appartenenti a questa classe, in dotazione all'Aeronautica sono il velivolo F-2000 *Eurofighter*<sup>[18]</sup> ed il *jet* di ultima generazione F-35 *Litening II*<sup>[19]</sup>, prodotto dalla *Lochkeed Martin*.

Il primo è un velivolo multiruolo (*swing role*) bimotore impiegato nel compito primario di caccia intercettore per la Difesa Aerea. Estremamente agile, progettato per un combattimento aria-aria è estremamente efficace contro altri aeromobili. I velivoli sono stati oggetto di alcune migliorie tra cui l'introduzione di nuovi tipi d'armamento che hanno allargato le capacità del velivolo con la possibilità di essere impiegato anche in missioni di ricognizione e bombardamento.

*L'Eurofighter* ha un'ala a delta e *canard* regolabili; configurazione atta ad esaltare la stabilità longitudinale a velocità subsoniche garantendo, grazie a sofisticati controlli digitali, una elevata maneggevolezza nei combattimenti ravvicinati.

Il *Joint Strike Fighter* F-35 è un caccia multiruolo, di 5<sup>a</sup> generazione, monomotore e con ala trapezoidale. Grazie anche alla sua caratteristica *stealth*, può essere impiegato in missioni di supporto aereo ravvicinato, bombardamento tattico e superiorità aerea.

Nelle seguenti tabelle verranno evidenziate alcune delle caratteristiche rilevanti ai fini dell'impiego di ANL.



**Figura 1 – F-2000 Eurofighter**

Velocità minima	120 kts
Velocità massima	M2.0
Peso a vuoto	10.995 kg
Peso max al decollo	23.000 kg
Autonomia massima	3.600 km
Motori	2 <i>turbofan</i> EuroJet EJ200
Quota di tangenza	~ 13.000 m
Armamento	Cannone Mauser 27 mm, bombe, missili AA e AS, <i>chaff</i> e <i>flare</i>
Capacità di carico	Fino a 6.500 kg di carichi esterni

**Tabella 1 – Dati tecnici F-2000**



**Figura 2 – F-35 *Lightning II***

Velocità minima	120 kts
Velocità massima	M1.6
Peso a vuoto	13.000 kg
Peso max al decollo	31.800 kg
Autonomia massima	2.220 km
Motori	1 <i>turbofan</i> Pratt & Whitney F135-PW-100
Quota di tangenza	~ 18.000 m
Armamento	Cannone da 25 mm, bombe, missili AA e AS, <i>chaff</i> e <i>flare</i>
Capacità di carico	8 piloni sub-alari e 4 nelle stive

**Tabella 2 – Dati tecnici F-35**

#### **1.4.2 Aeromobili da trasporto**

I velivoli da trasporto tattico che potrebbero ospitare ANL sono il C-27J, prodotto dalla ditta italiana Leonardo Finmeccanica<sup>[20]</sup>, e il C-130J, nelle sue varie configurazioni, prodotto dalla ditta *Lockheed Martin*<sup>[21]</sup>.

Il C-27J *Spartan* è un velivolo da trasporto tattico di media grandezza, turboelica bimotores, estremamente flessibile e versatile e in grado di operare anche da piste semi preparate permettendo all'Aeronautica Militare di effettuare efficacemente missioni di tipo sanitario, aviolancio di materiali e paracadutisti oltre al pattugliamento marittimo. Il velivolo ha una buona capacità di carico (fino ad 11.5 tonnellate di materiali) ed è dotato di sistemi avionici avanzati.

Il C-130J *Hercules II* è un aereo turboelica quadrimotore da trasporto tattico con grande capacità di carico (fino a 20 tonnellate di materiali). Oggi costituisce l'ossatura della componente da trasporto della Forza Armata a cui, viene richiesto sempre maggiore disponibilità in termini di proiezione verso l'esterno dei confini nazionali effettuando spesso atterraggi e decolli d'assalto da piste semi preparate e di ridotte dimensioni al massimo delle sue prestazioni.

Un'ultima versione modificata, in acquisizione da parte dell'Aeronautica Militare, lo vede dotato anche di un moderno sistema di contromisure LASER ai *seeker* dei missili a infrarossi (IR).

Sono riportate nelle tabelle le caratteristiche rilevanti ai fini dell'impiego di ANL.



**Figura 3 – C-27J Spartan**

Velocità minima	120 kts
Velocità massima	590 km/h
Peso a vuoto	16.500 kg
Peso max al decollo	31.800 kg
Autonomia massima	6.000 km
Motori	2 Turboelica Rolls-Royce 2100D2A
Quota di tangenza	~ 10.000 m
Armamento	<i>Chaff e flare</i>
Capacità di carico	Fino a 11.5 tonnellate

**Tabella 3 – Dati tecnici C-27J**





**Figura 4 – C-130J Hercules II**

Velocità minima	100 kts
Velocità massima	645 km/h
Peso a vuoto	34.274 kg
Peso max al decollo	79.380 kg
Autonomia massima	5.250 km
Motori	4 Rolls-Royce AE 2100D3 Turboelica
Quota di tangenza	~ 9.500 m
Armamento	<i>Chaff e flare</i>
Capacità di carico	Fino a 20 tonnellate

**Tabella 4 – Dati tecnici C-130J**

### **1.4.3 Elicotteri**

Gli elicotteri della FF.AA. presi in considerazione ai fini della ricerca sono di produzione italiana e sono l'HH-101A e l'HH-139A.

L'HH-101A<sup>[22]</sup> è un elicottero d'ultimissima generazione che andrà ad espletare più ruoli tra i quali: Supporto Aereo alle Operazioni Speciali, quello di *Slow Mover Interceptor* (intercettazione di aeromobili lenti) oltre alle missioni di *Combat Search & Rescue*. L'HH-101A ha una elevata capacità di sopravvivenza in territorio ostile grazie a un evoluto sistema integrato di autoprotezione. Questo aeromobile ha un raggio d'azione particolarmente ampio ed è dotato della capacità di rifornimento in volo e di *link* tattici.

L'HH-139A<sup>[23]</sup> è un elicottero bi-turbina di categoria media impiegato dall'Aeronautica Militare per assicurare il servizio di ricerca e soccorso aereo, voli sanitari di urgenza, ed interventi per calamità naturali o grandi eventi nazionali.

Entrambi gli elicotteri si distinguono per l'alto grado di manovrabilità che permette di sostenere il volo tattico a bassissima quota.



**Figura 5 – HH-101A**

Velocità minima	<i>Hovering</i>
Velocità massima	300 km/h
Peso a vuoto	10.500 kg
Peso max al decollo	15.600 kg
Autonomia massima	5 h
Motori	3 GE CT7-8E (2500 SHPx3)
Quota di tangenza	4.500 m
Armamento	<i>Chaff e flare + 3x M134D</i>
Capacità di carico	Fino a 4.5 tonnellate

**Tabella 5 – Dati tecnici HH-101A**



**Figura 6 – HH-139A**

Velocità minima	<i>Hovering</i>
Velocità massima	300 km/h
Peso a vuoto	3.600 kg
Peso max al decollo	6.800 kg
Autonomia massima	4 h
Motori	2 turbine Pratt & Whitney PT6C-67C
Quota di tangenza	5.800 m
Armamento	<i>Chaff e flare + Minimi 7.62</i>
Capacità di carico	Fino a 1.8 tonnellate

**Tabella 6 – Dati tecnici HH-139°**

#### **1.4.4 Aeromobili a Pilotaggio Remoto (APR)**

La forza aerea non potrà prescindere in futuro dall'impiego degli Aeromobili a Pilotaggio Remoto, anche e soprattutto alla luce della necessità di salvaguardare vite umane durante la conduzione di operazioni militari.

Il *Predator B MQ-9A*<sup>[24]</sup>, prodotto dalla *General Atomics*, è un APR impiegato dall'Aeronautica Militare per svolgere missioni di ricognizione, sorveglianza e acquisizione obiettivi. Il velivolo può arrivare ad una velocità superiore ai 400 km/h a media ed alta quota, garantendo una lunga autonomia di volo e assicurando risultati ottimali nella condotta di missioni ISTAR (*Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*).

Le caratteristiche di autonomia, velocità, persistenza e raggio d'azione, unite ai bassi costi di esercizio, rendono il sistema uno dei migliori strumenti per il controllo dei confini, il monitoraggio ambientale, il supporto alle Forze di Polizia e l'intervento in caso di calamità naturali.



**Figura 7 – Predator B**

Velocità minima	75 kts
Velocità massima	445 kts
Peso a vuoto	2.223 kg
Peso max al decollo	4.760 kg
Autonomia massima	14 h
Motore	1 Turboelica Honeywell TP331-10T
Quota di tangenza	15.000 m
Armamento	Bombe e missili AS
Piloni	6 sub-alari

**Tabella 7 – Dati tecnici Predator B**

## 1.5 Concetto di impiego per le ANL

Le ANL possono trovare utile applicazione in tutta una serie di operazioni militari e di supporto/contributo alle attività delle Forze di Polizia per incrementare la protezione delle proprie forze, per ripristinare l'ordine pubblico e per impedire o ritardare eventuali attività ostili.

L'impiego delle ANL, nelle operazioni di supporto alla pace e nei territori occupati ad esempio, può essere utile nel mantenimento dell'ordine pubblico. In tali scenari, come vedremo più dettagliatamente nel Capitolo IV, il loro uso può considerarsi pienamente lecito se non è causa di sofferenze inutili e non se ne fa un uso indiscriminato.

Il Dipartimento della Difesa degli USA definisce tre possibili campi di impiego <sup>[25]</sup> :

- Protezione (*Protection*)
  - o Messa in sicurezza di edifici durante un pattugliamento
  - o *Check point/* Convogli/ Pattugliamento marittimo
  - o Posti di blocco terrestri/marittimi
  - o Assistenza Umanitaria
- *Force Application*
  - o Operazioni in ambito urbano
  - o Sgombero edifici
- Difesa interna (*Homeland Defense*)
  - o Messa in sicurezza di edifici su territorio nazionale
  - o Confinamento
  - o Gestione delle conseguenze in materia di terrorismo

Difesa interna e *force application* sono due scenari dove combattenti e non combattenti si sovrappongono e si mescolano, rendendo necessario l'utilizzo di sistemi non letali per ottenere o mantenere il controllo.

L'impiego delle ANL può fornire ai comandanti delle operazioni una opzione per regolare la risposta al di sotto della soglia letale evitando pericolose *escalation* di violenza e rafforzando il consenso della popolazione civile attraverso un uso proporzionato della forza militare.

Al giorno d'oggi risulta difficile immaginare possibili operazioni militari al di fuori dei confini nazionali se non sotto l'egida della NATO (*conflict prevention, peace making, peace building, peace keeping o peace enforcement*), per questo motivo, per inquadrare gli scenari di impiego di ANL si fa riferimento alla vigente dottrina NATO<sup>[26]</sup>.

Le operazioni aeree che potrebbero vedere applicate eventuali ANL integrate a bordo di aeromobili sono le seguenti:

- *Attack*
  - o APCLO – *Air Power Contribution to Counter-Land Operations* in particolare per missioni di *Close Air Support (CAS)* dove non sia richiesto dalle truppe a terra una distruzione dell'obiettivo, bensì un supporto aereo per l'incremento della protezione delle forze incluso il pattugliamento di un'area;
  - o APCMO – *Air Power Contribution to Counter-Maritime Operations* in particolare per missioni *Anti Surface Warfare*;
- *Air Mobility – Air Transport*
  - o *Airland delivery* – Operazioni di scarico di un *payload* in territorio ostile;
  - o *Airdrop* – Operazioni di scarico di un *payload* in volo.
- *Joint Personnel Recovery*
  - o Operazioni di salvataggio di personale isolato in territorio ostile (CAS, MEDEVAC, SOF).
- *Offensive Counter Air*
  - o *OCA Attack* – Attacco alle strutture di Comando e Controllo nemiche
  - o *SEAD – Suppression of Enemy Air Defence*.

La velocità della piattaforma aerea unita alla versatilità delle ANL possono sicuramente dare un contributo diretto alle operazioni a terra ed in mare. Tuttavia, le particolari condizioni e tattiche di impiego deriveranno dal tipo di piattaforma aerea e dalla tecnologia della particolare ANL, argomenti questi che verranno trattati più approfonditamente nel prossimo capitolo.

## 2. Capitolo II

### 2.1 Classificazione delle Armi Non Letali

Lo spettro delle ANL in uso e/o in via di sviluppo è alquanto vasto come pure il loro campo di impiego. In letteratura si trovano tecnologie in grado d'inabilitare la vista come: LASER, luci stroboscopiche ad alta intensità e lacrimogeni; l'udito come: emettitori di infrasuoni e suoni ad alta intensità; la mente con agenti psicoattivi e psicotropi; il movimento con schiume vischiose, pallottole di gomma, reti elastiche, agenti vomitatori, idranti ad alta pressione, debilitanti e urticanti. Possono, inoltre, essere impiegati armi ad impulso elettromagnetico ed a energia diretta nella banda dell'infrarosso, delle radiofrequenze o si possono distruggere reti informatiche e *database* utilizzati dalle strutture di Comando e Controllo (*cyberwarfare*). Dinanzi ad un panorama così variegato si rende necessaria un'analisi dettagliata ed una loro classificazione. Per completezza d'esposizione viene esaminato il quadro completo, comprendente anche quelle non applicabili al contesto del presente studio. In Tabella 8 si riporta una classificazione per scopo, una per *target* ed una per tecnologia<sup>[27]</sup>.

Scopo	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Controllo e interdizione di aree</li><li>2) Controllo delle sommosse</li><li>3) Operazioni militari su larga scala</li><li>4) Sanzioni</li><li>5) Azioni contro terroristi e tutela di ostaggi</li><li>6) Azioni preventive contro armi di distruzione di massa</li></ol>
<i>Target</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Esseri umani</li><li>2) Sistemi e apparati</li></ol>

Tabella 8 – Classificazione ANL

Tecnologia	1) Elettromagnetica
	2) Acustica
	3) Chimica e batteriologica
	4) Informatica
	5) Cinetica

**Tabella 8 – Classificazione ANL (continua)**

## 2.2 Scopo

- 1) Il controllo e l'interdizione di aree ha lo scopo d'impedire l'accesso ad aree sensibili quali ambasciate, impianti industriali, infrastrutture, confini nazionali o aree circostanti un convoglio in movimento. Per questo tipo d'applicazioni possono essere utilizzate ANL basate su ultrasuoni o su trasmissioni a radiofrequenza ad elevate potenze.
- 2) Il controllo delle sommosse si esercita tipicamente in operazioni di *peace keeping* e *peace enforcing*. Per questo tipo d'operazioni possono risultare efficaci le tecnologie degli ultrasuoni, chimiche (schiume, agenti calmanti) e ad energia elettromagnetica diretta.
- 3) Nel caso di operazioni militari su larga scala, la definizione di ANL assomiglia molto ad un paradosso se riferito ai nemici combattenti. Tuttavia, alcune tecnologie possono essere impiegate per limitare i danni ai civili e alle infrastrutture, come le ANL basate su ultrasuoni o chimiche (schiume, agenti calmanti).
- 4) Le ANL possono essere utilizzate efficacemente per aumentare l'effetto di sanzioni, essenzialmente agendo su sistemi di comunicazione di terra, aerei o navali. Per questo tipo d'operazioni possono risultare efficaci le tecnologie ad energia elettromagnetica diretta.
- 5) Le ANL trovano anche applicazione per azioni contro terroristi e per la tutela di ostaggi. Tra le armi più efficaci per questo tipo d'operazioni, in letteratura vengono menzionate quelle di tipo chimico (schiume, fumogeni, agenti calmanti) e irraggiatori a radiofrequenza.
- 6) Le azioni preventive contro armi di distruzione di massa sono particolarmente sensibili data loro natura. Non è ovviamente possibile bombardare depositi di materiale nucleare o chimico-batteriologico, quindi, le armi utilizzabili sono essenzialmente chimiche.



## 2.3 Target

La classificazione per bersaglio delle ANL è particolarmente significativa in quanto include l'analisi dei possibili danni collaterali che ne possono derivare. Come da Tabella 8 le due macro categorie sono: esseri umani e sistemi/apparati.

1) Le ANL anti-esseri umani possono puntare a rendere inabile tanto il personale militare, impedendogli di agire, quanto i civili partecipanti a manifestazioni e/o sommosse.

A seconda delle regole di ingaggio, possono essere impiegate anche verso singoli individui, per consentirne la cattura. Le situazioni d'impiego si possono raggruppare nelle seguenti quattro categorie:

- a. Controllo delle folle e delle sommosse: la ricerca per questa categoria si va indirizzando verso due strade. La prima concerne i mezzi per influenzare il comportamento di folle potenzialmente ostili e la seconda, invece, per frenare una sommossa. Benché apparentemente simili, possono richiedere soluzioni molto diverse.
- b. Inabilitazione di un singolo individuo: in questo caso i mezzi possono essere analoghi a quelli riferiti al punto precedente con la limitazione però della massima selettività d'azione, ad esempio nel caso vi sia la necessità di fermare un soggetto che inciti la folla alla violenza.
- c. Interdire a persone l'accesso ad aree sensibili: in questo caso si ricorre a barriere integrate da sistemi capaci di provocare disturbi tali da allontanare gli eventuali aggressori. La ricerca è particolarmente orientata a soluzioni non-letali da contrapporre all'uso delle mine.
- d. Evacuazione di edifici: questa categoria riguarda essenzialmente le azioni militari in ambiente urbano e densamente popolato, dove l'uso della forza deve essere applicato con estrema cautela.

2) Le ANL anti-sistema/apparato sono dispositivi il cui scopo è quello di neutralizzare gli apparati del nemico cercando di non arrivare alla loro distruzione. Purtroppo non è sempre possibile differenziare anti-persona da anti-apparato: ad esempio, i supercaustici che possono essere impiegati efficacemente per danneggiare i sensori dei carri armati possono risultare letali se indirizzati accidentalmente sull' uomo.

## 2.4 Tecnologia

L'ultima classificazione riguarda la tecnologia sottesa alle armi non letali<sup>[28]</sup>. Il tipo di tecnologia delle ANL risulta particolarmente rilevante ai fini della "fattibilità" tecnica oggetto di questa ricerca. In merito alla classificazione di cui alla Tabella 8:

### 1. Elettromagnetica

A questo gruppo delle tecnologie inabilitanti appartengono i fumogeni multi spettrali, i LASER a bassa energia, i trasmettitori d'impulsi elettromagnetici (*ElectroMagnetic Pulse* - EMP) non nucleari, i trasmettitori di microonde ad alta potenza, le stimolazioni e illusioni visive (basate sull'effetto Bucha<sup>[27]</sup>), i *taser* ed in generale le armi ad energia diretta.

È oggetto di discussione in ambito giuridico il considerare i LASER accecanti come ANL, essendo questi, sotto certe condizioni, in grado di provocare danni gravi e permanenti. Il grosso limite delle armi LASER consiste nella loro notevole dipendenza da fattori sostanzialmente incontrollabili (luminosità, pulviscolo, condizione fisiche dei colpiti, presenza di occhiali o peggio di strumenti ottici quali binocoli o visori notturni). Altra categoria di armi appartenenti a questo gruppo è quella basata su EMP. Queste ANL sono in grado di produrre un impulso (simile a quello prodotto da un'esplosione nucleare) di potenza tale da distruggere l'hardware delle apparecchiature colpite).

### 2. Acustica

Le principali applicazioni riguardano gli infrasuoni o ultrasuoni, ma non solo. I suoni a frequenza estremamente bassa, per esempio, hanno la capacità di causare disorientamento, nausea, vomito ed un malessere generale nei soggetti esposti. Il tutto cessa con il cessare dell'esposizione.

Sono in corso ricerche per il perfezionamento di queste tecnologie per arrivare a generare vibrazioni all'interno dell'orecchio umano.

Controindicazione all'uso di infrasuoni è la possibilità di provocare danni permanenti agli organi interni se l'esposizione avviene a distanza troppo ravvicinata alla sorgente sonora.

### 3. Chimica e batteriologica

Questo gruppo è molto esteso e comprende gli agenti calmanti, gli agenti biologici, gli agenti polimerici (supercolle), gli antiaderenti, gli agenti LME (*Liquid metal embrittlement*) per l'infrangimento del metallo a liquido, le schiume, i supercaustici e le tecnologie di alterazione della combustione. In molti casi, lo scopo di usare ANL di questo tipo per diminuire il numero di caduti e i danni collaterali, paradossalmente, viene meno in quanto possono verificarsi situazioni tali per cui l'impiego è vietato dalla legislazione sulle chimiche e batteriologiche.

In Somalia, ad esempio, gli americani usarono delle supercolle con componenti in contrasto con le norme internazionali sulla tutela dell'ambiente. Analogamente, è vietato lo sviluppo di batteri o tossine non-letali come la salmonella.

D'altra parte la Convenzione sulla Proibizione delle Armi Chimiche di Parigi <sup>[29]</sup> ratificata dall'Italia con la legge 496 del 18 novembre 1995, e successivamente modificata ed integrata con legge 93 del 4 aprile 1997, vieta l'uso di qualsiasi arma che mediante azione chimica possa causare la morte o l'invalidità temporanea o permanente a esseri umani o animali.

La medesima convenzione vieta, inoltre, l'uso di agenti chimici per il controllo delle sommosse come metodo di guerra, lasciandone l'uso alla sola Polizia Militare nell'ambito dei propri compiti.

### 4. Informatica

Le ANL appartenenti a questa categoria sono essenzialmente quelle impiegate nella guerra cibernetica. La *cyberwarfare* è un conflitto nel dominio di internet o, più in generale, su qualsiasi sistema informativo ivi inclusi i sistemi di comunicazione. Le attività ostili sono volte a intercettare, alterare o distruggere le informazioni o i sistemi di comunicazione del nemico a proprio vantaggio.

Tra i diversi tipi di attacchi cibernetici ci sono quelli a infrastrutture critiche (centrali elettriche, depositi combustibili, sistemi di comunicazione, sistemi asserviti alla rete dei trasporti). Un altro comune tipo di attacco è quello perpetrato via *web* su sito o *server*. Più comuni in operazioni militari sono il cosiddetto "*equipment disruption*" che mira ad alterare le capacità del nemico che si basano su *computer* e servizi satellitari, la raccolta di dati e informazioni riservate e la propaganda (PSYOPS).

## 5. Cinetica

Questo gruppo comprende tutte le ANL il cui effetto è basato sull'energia da impatto. Sono compresi proiettili di gomma o legno, le granate di tipo spugnoso ecc. Pur essendo oggetti e tecnologie a basso contenuto tecnologico, sono in corso sperimentazioni su proiettili compatibili sia per uso non letale che letale. Anche in questo caso non è sempre possibile garantire la non letalità in quanto l'effetto sull'uomo dipende molto dall'energia dell'impatto, legata essenzialmente alla distanza di tiro, ed alla parte del corpo interessata dal colpo.

## 2.5 Criteri di valutazione per ANL di possibile impiego su piattaforme aeree

L'avvento delle ANL ha imposto una sostanziale revisione dei criteri di valutazione dell'efficacia delle armi stesse. La valutazione non può prescindere dall'esame di queste nuove tecnologie relativamente alla loro compatibilità con gli accordi internazionali, ad esempio, quelli umanitari o ambientali.

I principali criteri di valutazione per le armi non letali sono<sup>[25]</sup>:

- a. Efficacia
- b. Dispiegabilità
- c. Sensibilità alle contromisure
- d. Sicurezza
- e. Impatti giuridici

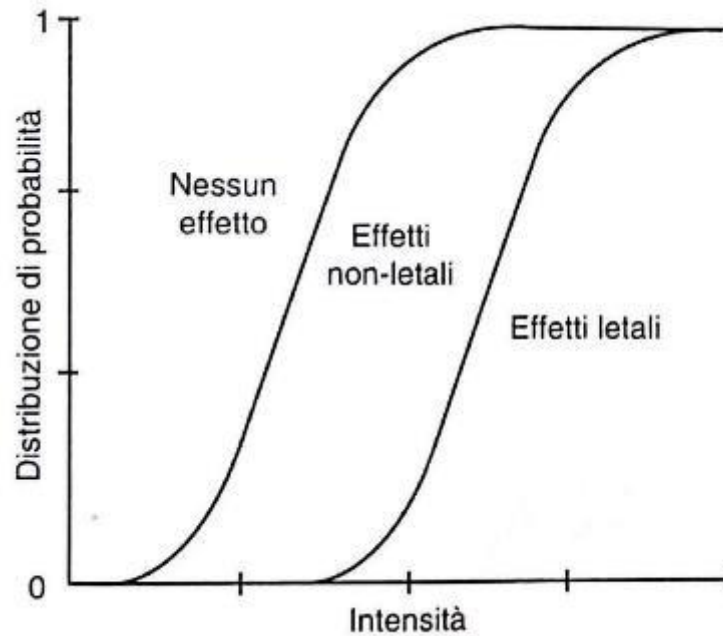
Se, per le armi letali, l'efficacia può essere misurata in termini di probabilità di distruzione dell'obiettivo o di *range* di letalità, per le armi non letali, paradossalmente, se ne valuta l'opposto. Ciò significa che l'eventuale distruzione dell'obiettivo sarebbe solo un effetto collaterale non desiderato. In ogni caso non sarà mai possibile ottenere in qualsiasi condizione la non letalità (per uomini o distruzione di beni).

### a. Efficacia

Contro sistemi o apparati l'efficacia può essere valutata nulla o efficace. Contro gli esseri umani lo stesso parametro può variare da zero alla letalità in funzione dell'intensità (quale essa sia) somministrata al bersaglio.

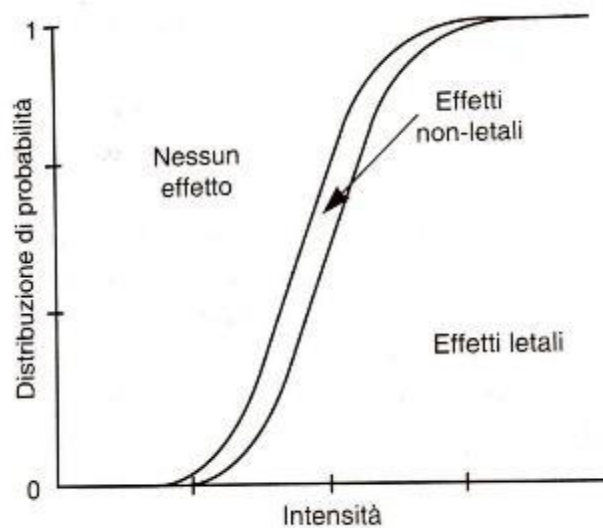
Prendiamo, ad esempio, il caso di un individuo, soggetto a colpi di sfollagente, dati piano non fanno alcun danno, ma l'effetto può arrivare fino alla morte in funzione non solo dalla forza esercitata ma dallo stato di salute del soggetto e/o dalla sua età.

In Figura 8 si riporta il grafico della funzione della distribuzione di probabilità dell'effetto in funzione dell'intensità applicata. Il delta tra le due curve, ovvero il reale campo di efficacia "non-letale", dipende dalla natura dell'arma.



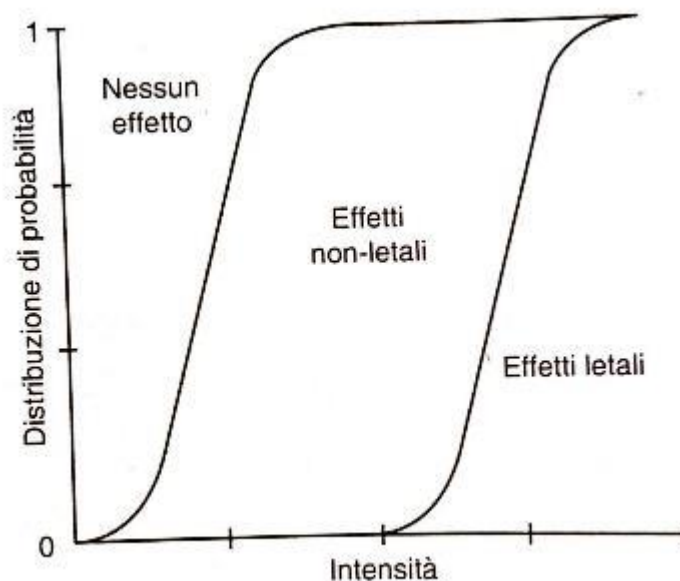
**Figura 8 – Funzione distribuzione di probabilità rispetto all'intensità nell'impiego di un'arma <sup>[27]</sup>**

Se venisse impiegato un fucile in luogo dello sfollagente dell'esempio precedente il grafico viene ad essere modificato. Infatti la fascia di non letalità risulta molto ridotta (Figura 9).



**Figura 9 – Funzione distribuzione di probabilità rispetto all'intensità nell'impiego di un'arma letale <sup>[27]</sup>**

La distribuzione di probabilità della letalità derivante dall'impiego di un'arma non letale rispetto alla sua intensità deve quindi avere un andamento come quello rappresentato in Figura 10,



**Figura 10 – Funzione distribuzione di probabilità rispetto all'intensità nell'impiego di un'arma non letale <sup>[27]</sup>**

dove evidentemente la fascia di efficacia non letale è molto ampia, mentre sono molto ridotte quelle di efficacia nulla o letale.

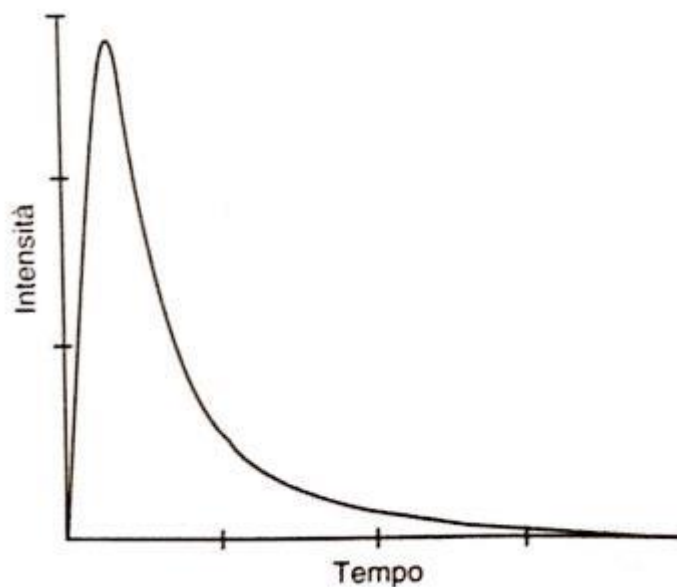
Da questo ne consegue che l'intensità di una qualsiasi ANL deve necessariamente essere controllabile. Gli effetti delle ANL possono essere funzione del loro tempo (di applicazione) e dello spazio (distanza ANL-*target*). Per questo motivo si devono valutare due parametri:

- I. Variazione dello spazio del livello di incapacitazione;
- II. Variazione nel tempo del livello di incapacitazione.

Se definiamo incapacitazione l'effetto della ANL, il primo parametro esprime la distanza a cui, nella specifica circostanza, è richiesta l'azione di incapacitazione, mentre il secondo esprime la durata desiderata della incapacitazione stessa.

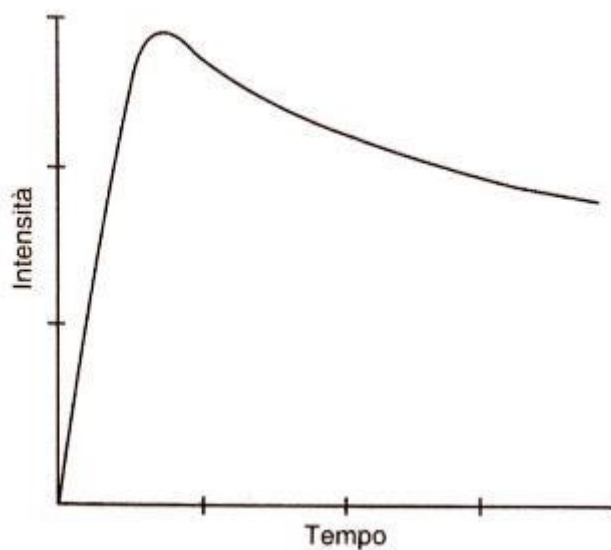
Il primo parametro può essere particolarmente significativo nel caso, ad esempio, di sommosse o pattugliamento di aree, mentre il secondo, nel caso di liberazione di ostaggi, dove diventa essenziale conoscere il tempo a disposizione per l'azione.

I grafici seguenti si riferiscono a tre situazioni (A, B e C) in cui è rilevante il tempo di incapacitazione.



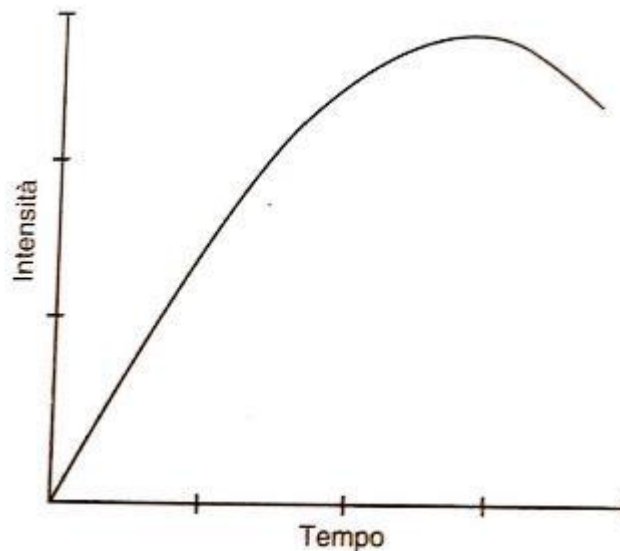
**Figura 11 – Situazione A** <sup>[27]</sup>

Il primo grafico rappresenta la situazione in cui si ha un rapido incapacitamento e un altrettanto rapido rientro. Un effetto del genere può trovare applicazioni dove non bisogna concedere al nemico il tempo di reagire, ma l'ANL risulta efficace fintantoché essa viene impiegata. Applicazioni di questo tipo di ANL possono essere durante operazioni di liberazioni ostaggi, operazioni MEDEVAC od operazioni speciali.



**Figura 12 – Situazione B** <sup>[27]</sup>

La situazione B è rappresentativa di quelle operazioni in cui si ha necessità che l'incapacitazione sia istantanea ed abbia una durata prolungata. Una situazione di questo tipo si presenta, ad esempio, per neutralizzare un cecchino che spara da lontano. In questo caso è bene che l'incapacitazione duri a lungo per consentire agli interessati di mettersi al sicuro.



**Figura 13 – Situazione C<sup>[27]</sup>**

Le ANL con profili simili a quello riportato in Figura 13 possono trovare valida applicazione nel controllo di sommosse o dovunque sia necessario un incremento controllato della forza, una proporzionalità degli effetti nel tempo.

Si può ottenere lo stesso effetto con più armi non letali usate in sequenza che provochino livelli crescenti di incapacitazione.

In una qualsiasi azione bisogna valutare e definire l'area di "livello minimo di incapacitazione". Questa è l'area entro cui, per il tempo di efficacia dell'arma, gli individui subiscono l'effetto della ANL. Di contro, però, assume ancora maggiore importanza un altro valore limite, il "livello massimo di incapacitazione", funzione delle variazioni nello spazio e nel tempo, che non deve arrivare a procurare danni permanenti o la morte.

Date le variabili in gioco, in realtà l'arma sarà definita non letale se la probabilità di provocare danni permanenti è inferiore al "livello massimo di incapacitazione".

Sorge quindi il problema di definire quale sia il valore di questo livello, in effetti non definibile, l'unica affermazione certa è che non è possibile avere armi non letali con probabilità di danno permanente pari a zero in qualsiasi condizione di funzionamento.



b. Dispiegabilità

Questo è un fattore determinante per applicazioni aeree delle ANL. Dispiegabilità significa che volumi, pesi, fabbisogno energetico, robustezza siano compatibili con il rischieramento e con il supporto logistico della piattaforma aerea e, per quanto possibile, ci sia compatibilità anche con le armi letali in uso (es. proiettili di gomma utilizzabili nelle stesse armi), senza dover cambiare piattaforma dipendentemente dalla letalità o meno delle armi.

c. Sensibilità alle contromisure

La sensibilità alle contromisure indica il grado di facilità di neutralizzarne l'effetto. Questa suscettibilità va valutata anche in relazione alla frequenza: al primo impiego si coglie l'avversario impreparato che, tuttavia, potrebbe successivamente trovare efficaci contromisure.

d. Sicurezza

L'uso di ANL non deve ridurre la sicurezza dell'utilizzatore. Nello specifico impiego a bordo di piattaforme aeree, è essenziale che le ANL siano certificate per l'aeronavigabilità dell'aeromobile e non costituisca alcun pericolo per l'equipaggio.

#### e. Impatti giuridici

Sotto il profilo del diritto internazionale lo sviluppo di ANL anche se efficaci, comunque, deve tenere conto solo di tecnologie che non confliggano con accordi internazionali. Ulteriori approfondimenti a tal riguardo seguiranno nel Capitolo IV.

## **2.6 Le tecnologie ANL per piattaforme aeree**

Dopo aver dato uno sguardo alle tecnologie presenti sul mercato, o in via di sviluppo, si passa ora alla valutazione nel merito delle tecnologie verosimilmente implementabili a bordo di piattaforme aeree.

In particolare, alla luce di quanto emerso nel paragrafo precedente, l'efficacia non letale di una qualsiasi tecnologia di ANL, a parità d'intensità, è assicurata solo se la somministrazione avviene ad una determinata distanza e per un determinato lasso di tempo (valori caratteristici dipendenti dalla singola ANL). Se questi fattori non sono rispettati si può non raggiungere alcun effetto o, nel peggiore dei casi, si può ottenere un effetto letale o permanentemente invalidante.

Per applicazioni aeree, mantenere tempo e distanza nei *range* accettabili per una specifica tecnologia risulta ancora più difficile a causa dei movimenti che la piattaforma aerea effettua durante il volo. Come già menzionato in precedenza, la presente ricerca è focalizzata su ANL che possano assicurare una letalità nulla e quindi nessun danno collaterale.

L'efficacia della ANL risulta quindi strettamente legata, in ordine logico, ai seguenti fattori:

- Impiego operativo: tipologia di missione;
- Stabilità della piattaforma aerea: manovre e profili di volo;
- *Target*: tipologia del *target* che si desidera inabilitare;
- Tecnologia della ANL.

Si procederà pertanto a fissare tali parametri, facendo alcune assunzioni, al fine di poter giungere a proporre alcune ANL di possibile impiego aeronautico.

### **2.6.1 Tipologia di missione**

Per poter individuare ANL di possibile applicazione aeronautica è necessario procedere isolando le missioni d'interesse operativo nelle quale si possa far uso di tecnologie non letali. A partire da quelle individuate nell'ambito della dottrina NATO di cui al paragrafo 1.5, le operazioni di maggiore interesse sono le operazioni di *Close Air Support*. In questo tipo d'operazioni, eventuali piattaforme dotate di ANL possono supportare convogli che avanzano o forze a terra che abbiano bisogno di un controllo ampio dell'area in cui si stanno

muovendo o in cui stanno operando. Nel teatro operativo le ANL devono essere impiegate solo per il controllo dell'*escalation*; ciò significa che le piattaforme aeree devono essere comunque opportunamente equipaggiate e difese con armamento convenzionale (incluse le forze di terra).

### **2.6.2 Piattaforme aeree**

Vista la necessità di controllare con estrema accuratezza l'uso delle eventuali ANL in termini di *range* dal *target* e tempo non tutte le piattaforme aeree in dotazione all'Aeronautica Militare possono essere impiegate per questo tipo di applicazioni. In particolare, l'alta velocità dei *fast jet* o l'alta quota cui devono volare i velivoli da trasporto o gli APR poco si adatta all'impiego di ANL sul campo di battaglia. Al netto di ulteriori applicazioni che potranno essere individuate in seguito, nell'ambito della presente ricerca, si ritiene che gli aeromobili ad ala rotante, al momento, possano essere i più adatti all'impiego di ANL, assicurando il grado di precisione richiesto per l'utilizzo operativo di queste tecnologie.

Un elicottero in *hovering*, infatti, può mantenere una determinata posizione ed una determinata quota per un tempo prolungato e con l'accuratezza richiesta. Anche i profili di volo degli elicotteri sono compatibili con l'impiego delle ANL visto che non hanno limiti inferiori di velocità e non hanno limiti di quota. Questo si traduce nella possibilità di selezionare accuratamente *target*, anche se di piccole dimensioni (i.e. il singolo combattente).

Ai fini di uno studio di fattibilità si è fatto riferimento all'HH-101 in dotazione all'Aeronautica perché, anche se è l'assetto preposto ad effettuare missioni di *Combat Search And Rescue* (CSAR), può essere impiegato in operazioni CAS.

### **2.6.3 Classi di *target***

Al fine di non precludere alcun tipo di applicazione in fase di fattibilità sono state considerate entrambe le classi di *target*: esseri umani e sistemi/apparati. Per questo motivo verranno identificate tecnologie differenti che potranno essere impiegate contro entrambe le tipologie di *target*. In particolare, per quanto concerne i sistemi, sono stati ipotizzati due tipi di sistemi o apparati: automobili ed *Electrically Initiated Devices* (EID) ivi inclusi elettro esplosivi.

## **2.7 Tecnologie costituenti i sistemi ANL**

Tra le tecnologie presentate, quelle che sono state ritenute di maggior rilievo per applicazioni aeronautiche sono quelle ad energia elettromagnetica diretta.

A causa della “instabilità” propria delle piattaforme aeree non sono state individuate tecnologie di ANL basate sull’energia cinetica che potessero assicurare la non letalità dei propri effetti. Analogo discorso vale per gli agenti chimici o batteriologici che, inoltre, aggiungerebbero il pericolo per l’equipaggio della piattaforma aerea. Le ANL basate su fenomeni acustici sono state escluse per la scarsa direttività delle onde di pressione che non permetterebbero di selezionare accuratamente il *target*. Le armi non letali di tipo informatico sono state escluse perché non applicabili alle piattaforme aeree.

Nell’ambito delle ANL ad energia diretta, sono state escluse tutte quelle armi basate sulla tecnologia LASER il cui effetto risulta fortemente dipendente dalle condizioni atmosferiche e dalla geometria del campo di battaglia, ivi incluse eventuali lenti o binocoli presenti sul percorso ottico. I danni collaterali eventualmente procurati da questo tipo di tecnologie andrebbero contro le prescrizioni delle Convenzioni di Ginevra e sono state pertanto ritenuti non accettabili in fase di studio di fattibilità.

L’energia elettromagnetica diretta può trovare applicazioni per ANL contro entrambe le categorie di *target* di cui al paragrafo precedente.

Sono quindi state identificate due possibili applicazioni nella banda delle radiofrequenze che verranno presentate nel prossimo capitolo.

### 3. Capitolo III

Le tecnologie per ANL che verranno di seguito presentate sono due: l'*High Power Electromagnetic Pulse* (HPEP) e l'*Active Denial Pulse* (ADP). Entrambe le tecnologie sono basate su impulsi elettromagnetici ad alta potenza ma, mentre la prima ha lo scopo di distruggere sistemi ed apparati, la seconda ha come *target* gli esseri umani. Di seguito verranno presentate queste tecnologie con particolare riferimento alla fattibilità di un'eventuale installazione a bordo di aeromobili ad ala rotante.

#### 3.1 *High Power Electromagnetic Pulse*

Come si può dedurre dal nome che gli è stato attribuito, il principio su cui si basa questa ANL è l'impiego di impulsi elettromagnetici ad alta potenza. Infatti, un pacchetto di energia elettromagnetica diretta su un sistema o apparato può essere in grado di distruggerlo. Benché la suscettibilità dipenda dallo specifico *target*, in letteratura<sup>[30], [31]</sup> si trovano dei valori che sono stati misurati e che hanno fatto da riferimento per il presente progetto di ricerca.

In particolare, nella seguente tabella vengono riportati i valori di suscettibilità di due sistemi che potrebbero costituire dei *target* nel teatro di operazioni:

Tipo di apparato	Campo Elettromagnetico (V/m)
Automobili	>500
<i>Personal computer</i>	>30

**Tabella 9 – Suscettibilità elettromagnetica**

Questi valori di suscettibilità dipendono dalla frequenza della radiazione elettromagnetica ed in particolare aumentano all'aumentare della frequenza. Questo ci impone di non aumentare indiscriminatamente la frequenza di trasmissione dell'impulso che, tuttavia, non può essere troppo bassa per il rischio di interferenza con gli apparati presenti a bordo della piattaforma aerea che le impiega (i.e. radio, *Link16*, sistemi per la navigazione).

La suscettibilità varia anche in funzione della banda del segnale trasmesso e questo dipende dal tipo di tecnologia che può essere utilizzato per la generazione e l'amplificazione dell'impulso ad alta potenza.

Gli effetti sui dispositivi e sulle automobili possono essere i più disparati e vanno dal semplice malfunzionamento o spegnimento del motore alla completa distruzione della circuiteria elettrica ed elettronica.

### **3.1.1 Fattibilità tecnica**

La necessità di impiegare una ANL basata su questa tecnologia a bordo di piattaforme aeree rende lo sviluppo di questo tipo di armi più complesso.

La prima difficoltà si incontra nella generazione della potenza necessaria. Per il HH-101 possono essere resi disponibili a bordo, escludendo modifiche all'impianto elettrico, circa 2 kW (eventuali incrementi della potenza disponibile potrebbero essere analizzati con la Leonardo *Helicopter Division*, ditta responsabile del sistema). Questa potenza, tuttavia, non è sufficiente per far sì che l'impulso elettromagnetico trasporti un'energia tale da indurre malfunzionamenti agli apparati.

A una prima analisi, il problema dell'alimentazione elettrica potrebbe essere risolto con una batteria di capacità che sfrutti i 2 kW disponibili a bordo; non si esclude, tuttavia, la possibilità di impiegare generatori elettrici *ad hoc* per un impiego continuativo dell'ANL.

Dopo la problematica dell'alimentazione, è stato necessario focalizzarsi sulla generazione dell'impulso a radiofrequenza. Per quanto concerne l'approfondimento di questo aspetto è stato fondamentale il contributo offerto dal professore Franco di Paolo del Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università di Roma "Tor Vergata" che svolge, da diversi anni, attività di ricerca nel campo delle microonde. Il suo dipartimento vanta competenze nel settore dell'elettronica di alta frequenza, documentate da riconoscimenti e pubblicazioni internazionali, e possiede le conoscenze necessarie alla progettazione di dispositivi a microonde per alte potenze. Pioniere nell'approccio multifisico alla progettazione, il gruppo di ricerca EHF (*Expanding High Frequency Frontiers*), diretto dal Prof. Di Paolo, si occupa di progettazione di amplificatori a combinazione spaziale e sorgenti di potenza ad alta frequenza. Il gruppo di ricerca EHF si contraddistingue particolarmente per l'introduzione di nuove formulazioni analitiche e per lo sviluppo di modelli numerici basati sui più moderni dispositivi di analisi computazionale volti all'implementazione di complessi prototipi virtuali. Si riportano in bibliografia alcuni dei progetti di questo dipartimento.

Anche se allo stato dell'arte esistono diversi tipi di soluzioni che verranno presentate di seguito, ivi inclusi vantaggi e svantaggi, l'attenzione è stata focalizzata su due dispositivi in particolare.

Il Dott. Alberto Leggieri ha condotto, nell'ambito del suo dottorato di ricerca, presso il medesimo dipartimento, studi su un componente innovativo di cui, in letteratura, si trovano solo pochissimi precedenti pubblicati da Stati Uniti, Russia ed Australia.

Il componente in questione, che verrà descritto di seguito, si chiama *Virtual Cathode Oscillator (Viricator)* e l'Università di Tor Vergata possiede già oggi le capacità e la conoscenza per dimensionare e progettare questo tipo di dispositivi, oltre ai più classici *Klystron*. Il secondo dispositivo che potrebbe essere impiegato per questo tipo di applicazioni è il *Klystron*, già ampiamente utilizzato anche in ambito militare e di più semplice complessità progettuale.

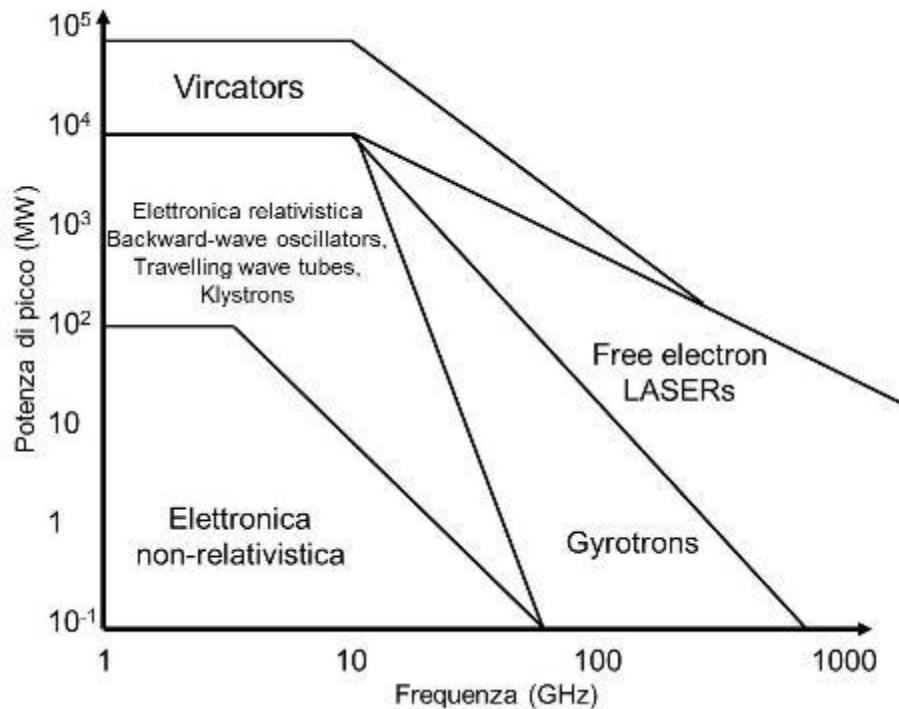
Le diverse tecnologie di generazione della radiofrequenza che sono state valutate, con il supporto del Dott. Leggieri, sono raccolte in Tabella 10.

Tubo	Frequenza di lavoro	Bandwidth	Max Pulsed Power	Magnete esterno	Efficienza	Dimensioni e peso	Complessità realizzativa
Tetrode	50 MHz – 1GHz	Piccola%	200 kW	No	70%	Basso	Basso
IOT	100 MHz- 2GHz	Piccola%	500 kW	No	80%	Basso	Basso
<i>Klystron</i>	300 MHz- 30 GHz	1%, 10%	100 MW	Si	40 - 50%	Alto	Medio
TWT	300 MHz- 50 GHz	10%	6 MW	Si	75%	Alto	Alto
Magnetron	300 MHz- 12 GHz	Piccola%	6 MW	Si	50%	Medio	Medio
Viricator	300 MHz- 26 GHz	Piccola%	4 GW	Si	0.3 - 8%	Basso	Basso
Reditron	300 MHz- 4 GHz	Piccola%	4 GW	Si	0.6 - 6%	Alto	Basso

**Tabella 10 – Tecnologie per la generazione dell'impulso elettromagnetico<sup>[32]</sup>**

Il dispositivo più adatto è probabilmente il *Viricator* in quanto, come si legge in tabella, essendo di dimensioni e pesi contenuti è più facilmente imbarcabile a bordo di piattaforme aeree. Considerata la potenza necessaria per raggiungere gli effetti desiderati sul *target* anche la massima potenza generabile dal *Viricator* (Figura 14) si sposerebbe bene con l'applicazione aerea.

L'unico neo di questa tecnologia potrebbe essere la bassa efficienza. Se si verificasse essere troppo bassa per l'alimentazione disponibile a bordo dell'elicottero, si potrebbe pensare di utilizzare la tecnologia *Klystron*.



**Figura 14 – Limiti teorici per la generazione di impulsi a seconda della tecnologia impiegata <sup>[33]</sup>**

Dopo aver valutato la fattibilità della fornitura dell'alimentazione al dispositivo e la generazione della radiazione a radiofrequenza della potenza necessaria, si è passati alla valutazione dell'antenna, ovvero del mezzo grazie a cui quest'impulso ad alta potenza possa essere indirizzato verso il *target* desiderato. La scelta e il dimensionamento dell'antenna sono dettati da una serie di fattori dipendenti tra loro e dalla specifica soluzione installativa a bordo del velivolo. Al fine di garantire il controllo, l'emissione della radiazione elettromagnetica deve essere di tipo direttivo. Si è ipotizzato un impiego di radiofrequenza nelle bande L ed S. L'impiego di frequenze più basse, preferibile dal punto di vista della facilità nella generazione dell'alta potenza, comporterebbe la realizzazione di antenne particolarmente grandi, mentre l'utilizzo di frequenze oltre la banda S potrebbe comportare un significativo aumento degli effetti filtranti dalle componenti capacitive e reattive delle strutture irradiate. Inoltre, la banda L è da gestire con cura alla luce della moltitudine di sistemi avionici funzionanti nella medesima banda. Le lunghezze d'onda in gioco, per le bande selezionate, risultano compatibili (i.e. risonanti) con le tratte di cablaggio presenti negli apparati o sistemi "*target*" (autovetture, impianti di rete, IED, etc.).



In particolare, lavorare nelle bande proposte permetterebbe la realizzazione di antenne di dimensioni contenute, per esempio di tipo a tromba (*horn*), potenzialmente installabili a bordo di un elicottero in modo da garantire un buon guadagno, buona direttività e capacità di gestire potenze di picco elevate.

Una volta definite queste ipotesi si è passato al dimensionamento del sistema per la valutazione della fattibilità e dell'utilità operativa che questo potesse comportare.

Se si fornisce ad un *Viricator* una potenza in corrente continua ( $P_{DC}$ ) pari a  $P_{DC} = V \times I$  (tensione per intensità di corrente) = 400kV x 2 KA = 800 MW, si possono ottenere, nella migliore delle ipotesi (impiegando un dispositivo con efficienza di conversione DC-RF del 5%), segnali in uscita di potenza pari a PRF = 40 MW. Il guadagno di un'antenna *horn* calcolato a 3 GHz di dimensioni non superiori ai 50 cm è di circa 20 dB (ampiezza del fascio verticale 10° e orizzontale 14°), risulta possibile direzionare un segnale di ERP = 12 GW verso l'obiettivo. Ad una distanza di 100 metri è pertanto possibile ottenere un campo elettrico di 9 kV/m, a 400 metri l'intensità del campo diventa circa 560 V/m e quindi, in accordo a Wik e Radasky [25] sufficiente per spegnere il motore di un automezzo e di distruggere computer e dispositivi elettronici.

Le aree che richiedono attenzione e ulteriori approfondimenti, nell'ipotesi dello sviluppo di questo tipo di tecnologia per applicazioni aeronautiche, sono le seguenti:

- Alimentazione: alta tensione a bordo del velivolo;
- L'impatto sugli elementi del tubo di grosse quantità di elettroni ad altissima velocità causa l'emissione di raggi X che devono essere schermati per la salvaguardia della salute degli operatori. Questo problema può essere risolto progettando apposite schermature di acciaio che ad una prima analisi, considerato il dimensionamento del sistema, potrebbero non superare i 100kg;
- La generazione dell'impulso di alta potenza a radiofrequenza comporta la necessità di schermare alti campi magnetici a bordo del velivolo. Questa ulteriore schermatura può essere effettuata con il mu-metal (lega metallica ad alta permeabilità magnetica);
- Compatibilità elettromagnetica della ANL con l'aeromobile: perché l'impiego di questa ANL possa essere effettuato in sicurezza, sarà necessario risolvere tutti i problemi di interferenza elettromagnetica del HPEP nei confronti dell'elicottero. L'antenna dovrà quindi essere installata in modo tale da permettere eventuali schermature per i campi elettrici e si dovrà prevedere la presenza di filtri a radiofrequenza a protezione dei sistemi avionici a bordo dell'elicottero.

### 3.1.2 Tubi a radiofrequenza: *Klystron* e *Vircator*

Il *Klystron*, inventato alla fine del 1930 dai fratelli Sigurd e Russel Varian della Stanford University, è un tubo a vuoto che lavora con fascio lineare di elettroni liberi. Negli anni sono stati sviluppati diversi tipi di tubi basati sulla medesima tecnologia per differenti applicazioni, *range* di frequenze, potenza in uscita e *duty cycles*.

Un *Klystron* è costituito essenzialmente da un cannone elettronico, una struttura di interazione tra il fascio di elettroni ed i campi elettromagnetici ed un collettore (Figura 15).

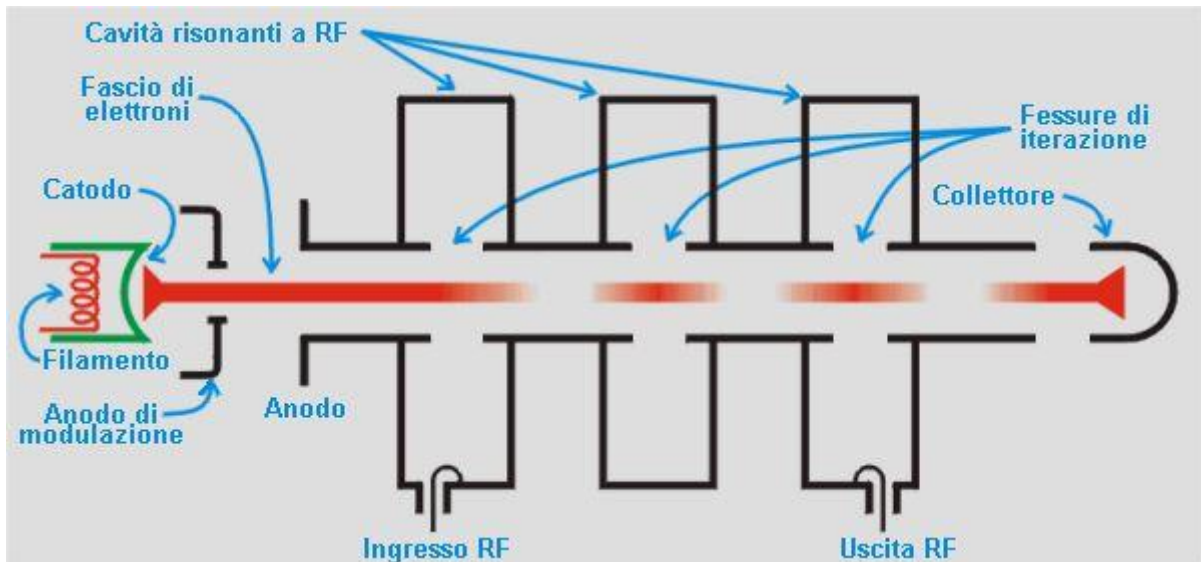


Figura 15 – Schema di principio del *Klystron* <sup>[33]</sup>

Il fascio di elettroni, prodotti dal catodo, forma un cilindro che si dirige verso il collettore, attraversando la regione di interazione con la radiofrequenza. Il fascio di elettroni viaggia verso il collettore percorrendo una distanza, in un tempo detto di transito, che determina la frequenza della radiazione in uscita. Quando il fascio di elettroni attraversa la cavità risonante, la sua velocità viene modulata in funzione del campo elettromagnetico del segnale a radiofrequenza in ingresso.

Questa modulazione di velocità degli elettroni diventa una modulazione di intensità del fascio all'uscita della sezione della cavità risonante. Gli elettroni in moto, che attraversano l'ultima cavità, in cui la fase del campo a radiofrequenza è opportunamente regolata, possono essere decelerati cedendo energia alla cavità. Da un punto di vista energetico, l'energia persa dal fascio di elettroni si ritrova nell'ultima cavità e da lì può essere spillata. Il *Klystron* è solitamente impiegato per applicazioni radar in quanto permette di controllare molto accuratamente ampiezza, frequenza e fase del segnale generato.

Il principio di funzionamento del *Viricator* invece è basato sulle vibrazioni elettroniche in un diodo soggetto ad alta carica spaziale in cui gli elettroni partono dal catodo a seguito dell'attrazione di potenziale, centinaia di kV, applicato all'anodo. Nei dintorni dell'anodo raggiungono una velocità tale da oltrepassare per inerzia l'anodo (realizzato a forma di griglia), e rimangono per un certo periodo di tempo vincolati in una regione di carica spaziale da loro stessi formata. Questa nube elettronica soggetta ad elevati potenziali crea un plasma, che oscilla ad una determinata pulsazione. A tale oscillazione è sovrapposta la oscillazione delle cariche che percorrono lo spazio tra catodo e catodo virtuale. Queste cariche giunte in prossimità del catodo virtuale vengono repulse, tornando verso il catodo reale.

La sovrapposizione di queste due oscillazioni dà luogo alla produzione di un segnale molto ricco in frequenza.

È possibile trovare questi dispositivi in due tipi di configurazioni: *Viricator* assiali (Figura 16), in cui anodo e catodo sono disposti sulle superfici di base di un cilindro (costituente la regione di interazione fascio-campo, identificabile prima come una cavità e successivamente come una guida d'onda), dove il fascio elettronico si muove lungo l'asse; *Viricator* coassiali costituiti da un catodo cilindrico (la cui superficie emissiva corrisponde alla superficie laterale) avvolto da un anodo cilindrico, inseriti nella regione di interazione in cui il fascio si muove lungo la direzione radiale. L'efficienza di questa seconda configurazione, a parità di parametri di progetto, è più alta.

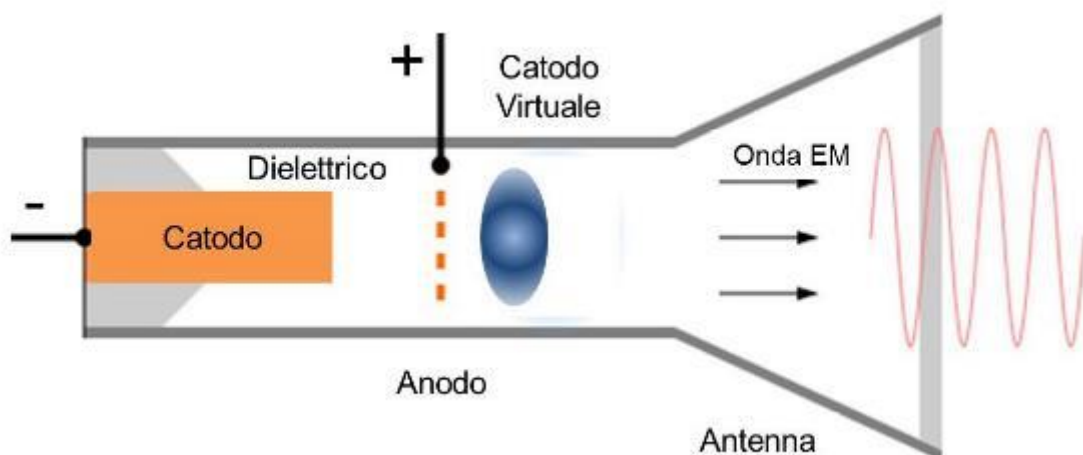


Figura 16 – Schema del *Viricator* assiale [33]

## 3.2 *Active Denial System*

L'ANL oggetto di questo paragrafo trova riscontri nel programma di ricerca sulle Armi non letali del Dipartimento della Difesa statunitense (vedi anche altri tipi di ANL in<sup>[34]</sup>). Oggetto di questa ANL sono gli esseri umani. La tecnologia, analogamente al caso precedente, si basa su energia elettromagnetica diretta sul *target*.

In particolare, ad una determinata frequenza e per determinate intensità, si possono ingenerare delle fortissime sensazioni di calore (dovute al surriscaldamento dell'epidermide) che non permettono al *target* di avvicinarsi ulteriormente alla sorgente della radiazione, costringendolo ad allontanarsi.

Una ricerca indipendente americana, commissionata dallo stesso Dipartimento della Difesa<sup>[35]</sup> sostiene che non ci sono effetti collaterali permanenti all'utilizzo di questo tipo di tecnologia, sotto determinate condizioni. La penetrazione del campo elettromagnetico a 95 GHz, frequenza di lavoro della ANL, è di soli 1/64 pollici ovvero meno di 0.04 cm. Per cui gli strati di epidermide oggetti al surriscaldamento sarebbero estremamente superficiali.

Sul sito del Dipartimento della Difesa americano si possono trovare numerosi riferimenti in merito a studi sugli effetti delle microonde a questa determinata frequenza sui bulbi oculari e su altri organi sensibili. Come nel caso precedente, prima di poter affermare con certezza che non ci sono effetti collaterali procurati dall'impiego della tecnologia, sarà necessario condurre una campagna di prova opportunamente pianificata.

Lo studio di fattibilità che segue è stato effettuato con il supporto della ditta Elettronica S.p.A..

Questa azienda, *leader* nel campo della Guerra Elettronica, grazie alle conoscenze indotte dagli sviluppi sui sistemi di contromisura Elettronica e dei relativi disturbatori RF di potenza, ha sviluppato negli ultimi anni la tecnologia adeguata ad essere candidata per le applicazioni per ANL, le sperimentazioni di questa azienda coprono un'ampia gamma di soluzioni, dalle tecnologie a stato solido più innovative come quella del combinatore spaziale alle tecnologie a vuoto di ultima generazione.

### 3.2.1 **Fattibilità tecnica**

La tecnologia da cui origina il sistema ADS è stata sviluppata nel 2010 in Raytheon per US Army, per il teatro operativo afgano. Il sistema ADS fu sviluppato sotto l'egida del US *Department of Defense Non-Lethal Weapons Program*, presso gli *Air Force Research Laboratory* e paesi come Russia e Cina si ipotizza che stiano sviluppando o abbiano già realizzato la loro versione di ADS.

### 3.2.2 Concetto tecnologico

Il sistema ADS è spesso considerato un sistema che produce microonde o che lavora nella frequenza delle microonde. In realtà il sistema genera onde millimetriche.

Le microonde penetrano in profondità, e sono alla base di elettrodomestici quali il forno a microonde, che possono cucinare, per esempio un grande tacchino. I forni a microonde operano solitamente a frequenze di 2.5 GHz, il che corrisponde ad una lunghezza d'onda di 1.2 cm, radiazione quindi che può penetrare fino agli organi interni di un essere umano. Il sistema ADS invece opera a 95 GHz, con una lunghezza d'onda corrispondente di 1.5 mm. Questa lunghezza d'onda così piccola permette l'utilizzo di tale tecnologia come ANL, in quanto il sistema ADS penetra solo i primi strati della pelle senza arrivare in profondità. Inoltre, durante i *test* per la sperimentazione del sistema, gli *US Air Force Research Laboratory* hanno dimostrato che la probabilità di lesioni oculari causate da una esposizione ad un sistema ADS è molto bassa. Il naturale riflesso corneale provoca una chiusura delle palpebre non appena la sensazione di caldo generata dall'onda millimetrica del ADS, proteggendo gli occhi da qualsiasi danneggiamento. Una serie di *test* di esposizione oculare sono stati eseguiti dimostrando che esiste un congruo *safety margin* tra *detection/aversion* della minaccia e danno irreversibile.

### 3.2.3 Potenziale configurazione del sistema ADS

In letteratura, principalmente americana, vengono proposte due differenti configurazioni. La prima si basa su un treno di impulsi (CW) in *output*, con una potenza in uscita necessaria ad operare per *range* minimi (+100m). Per questa opzione è necessario un trasmettitore con una potenza in uscita dell'ordine di 5-10kW. A questa potenza dobbiamo aggiungere il guadagno dell'antenna, relativo all'antenna *Half Power Beamwidth* (HPBW). Usando una antenna con un ingombro lineare di 0.5 m otteniamo un HPBW di 0.3° in *azimuth* e 0.3° in *elevation* con un'ampiezza del fascio di circa 0.5 m a 100 m. Il guadagno d'antenna a 95 GHz è approssimativamente 55 dB; questo comporta che la potenza dell'elemento emettitore sarà di circa  $70+55 = 125$  dB. La potenza a 100 m sarà nell'ordine di 25 kW/mq o 2,5 W/cm<sup>2</sup>.

La seconda configurazione si basa un treno di impulsi (CW) con una potenza necessaria ad operare per *range* elevati (+1000m). Per questa opzione è necessario un trasmettitore con una potenza in uscita dell'ordine dei 100kW. Anche in questo caso dobbiamo aggiungere il guadagno dell'antenna, relativo all'antenna HPBW. Usando un'antenna con dimensioni lineari di 1.6 m otteniamo un HPBW di 0.1° in *azimuth* e 0,1° in *elevation* con un'ampiezza del fascio di circa 1.5 m a 1000 m.

Il guadagno d'antenna a 95 GHz è approssimativamente 65 dB; questo comporta che la potenza dell'elemento emettitore sarà di circa  $80+65 = 145$  dB. La potenza a 1000 m sarà nell'ordine di 25 kW/mq o 2,5 W/cm<sup>2</sup>.

### 3.2.4 Requisiti *hardware* per la fattibilità del sistema ADS

L'*hardware* necessario per il sistema a lunga gittata è basato su un sistema d'alimentazione dei *gyrotron*, che genera delle onde millimetriche.

Il *gyrotron* è un apparato catalogabile come *free-electron (Millimetric-wave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) MASER*. È quindi una sorgente a radio frequenza e si basa sulla conversione dell'energia di rotazione degli elettroni, che scorrono in senso assiale rispetto ad un campo magnetico statico, in energia trasmessa da onde millimetriche. Il fascio elettronico, come nel caso della tecnologia precedentemente presentata, viene formato in un tubo sotto vuoto inserito in una cavità calda di un magnete a superconduttore originatore del campo magnetico statico. La conversione energetica avviene all'interno della cavità del *gyrotron*, come rappresentato in Figura 17.

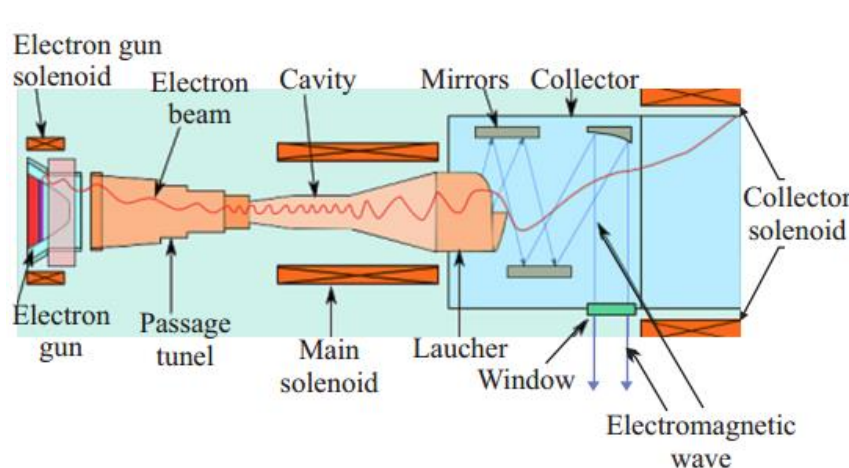


Figura 17- Schema funzionale di un *gyrotron* <sup>[36]</sup>

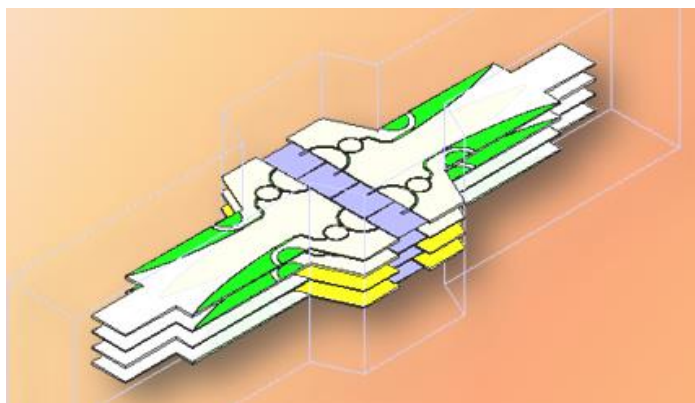
La tecnologia *gyrotonica* è stata inventata nella ex Unione Sovietica. Ad oggi pochi produttori sono in grado di realizzare strumentazione simile: CPI (USA), Escape Dynamics, Inc. (USA), Gycom (Russia), Thales Group (EU), CEERI (India), e Toshiba (Giappone).

Il *gyrotron* prodotto dalla CPI (VGB-8095), utilizzato per la tecnologia *Active Denial* di prima generazione, aveva una potenza in uscita di 100 kW. Il modello successivo, il VGB-8125, sempre della CPI aveva una potenza in *output* di oltre 1,4 MW a 95 GHz, con una efficienza del 51%, e oltre 1,9 MW con una efficienza del 40%.

L'unico problema di questi sistemi era il notevole ingombro. Nell'ottica di ridurre gli ingombri e realizzare un sistema miniaturizzato compatibile con i requisiti di un dispositivo

aviotrasportabile, ovvero leggero, con un tempo di inizializzazione ridotto e costi ridotti, dobbiamo prendere in considerazione la tecnologia a stato solido. I vantaggi sono semplicità costruttiva, assenza di parti meccaniche e assenza di problematiche da *supercooling*. Tutto ciò abbatte notevolmente ingombri e costi.

Usando un amplificatore al nitruro di gallio (GaN), che è un semiconduttore a *gap* diretta e combinandolo con la tecnologia dei combinatori spaziali, propria dei semiconduttori, è possibile sviluppare un amplificatore di potenza a stato solido ad elevate prestazioni. L'elevata densità di potenza del GaN in combinazione con la grande efficienza spaziale della tecnologia dei combinatori potrebbe rendere fattibile lo sviluppo di tale *hardware*.



**Figura 18 - MMIC power amplifier**

Una delle tecnologie più recenti, basate su GaN, è l'amplificatore di potenza *Monolithic Microwave Integrated Circuit* (MMIC), in Figura 18. Tale soluzione si caratterizza da una larghezza del *gate* di  $0,1 \mu\text{m}$  ed ad oggi è realizzata in Europa solo da aziende *leader* nella produzione dei circuiti MMIC, ovvero UMS (*United Monolithic Semiconductors*) e OMMIC. Mentre UMS non ha ancora qualificato il processo costruttivo, OMMIC ha già sviluppato un amplificatore di potenza di  $0.5 \text{ W}$  a  $95 \text{ GHz}$ . Gli sviluppi sono quindi promettenti e in breve tempo la tecnologia sarà matura per permettere la realizzazione di un amplificatore di potenza a stato solido compatto.

Negli USA la Raytheon ha sviluppato una sua versione di amplificatore di potenza al GaN MMIC con una potenza in uscita di  $1 \text{ W}$ . Dal documento a riferimento <sup>[37]</sup> si evince come in futuro si riuscirà a sviluppare anche un amplificatore con la medesima tecnologia e una potenza in uscita di  $3 \div 5 \text{ W}$ .

Soluzione tecnologica proposta

In Italia, Elettronica S.p.A., *leader* nel settore della difesa elettronica, ha proposto lo sviluppo di un dimostratore tecnologico di un amplificatore di potenza al GaN utilizzando la tecnologia a stato solido e realizzata con la tecnica dei combinatori spaziali. Considerando l'efficienza

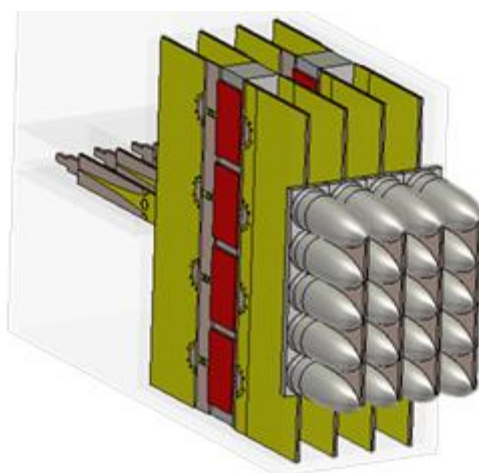
della tecnologia MMIC e le minori perdite utilizzando la tecnica dei combinatori, la *Power Amplifier Efficiency* (PAE) sarà approssimamene del 25%. Utilizzando tale tecnologia, quindi, le perdite saranno praticamente indipendenti dal numero di amplificatori di potenza utilizzati. Confrontando questi risultati con quelli delle classiche tecniche costruttive, la tecnologia dei combinatori spaziali mostra molteplici vantaggi, tra cui una miniaturizzazione dei componenti, minori perdite nel combinare gli amplificatori di potenza e una maggiore potenza disponibile in uscita. Tutti questi vantaggi rendono tale tecnologia appetibile soprattutto in dispositivi progettati per applicazioni aeronautiche. Infine un decadimento delle prestazioni graduale dei dispositivi a stato solido con tecnica dei combinatori spaziali rende tali dispositivi preferibili ai tradizionali amplificatori a valvole termoioniche, in particolare in applicazioni con elevati carichi meccanici e vibrazionali.

Combinando quindi 128 amplificatori di potenza GaN di 1 W con tecnologia MMIC o 256 amplificatori da 0.5 W possiamo realizzare un dispositivo che ha una potenza in uscita disponibile di 100 W, comprese le perdite combinate.

Un dispositivo di questo tipo, come da schema in Figura 19, può essere si realizzato per rispondere al requisito di poter emettere a 500 metri un fascio di onde millimetriche con una potenza in *output* di almeno 100 W.

Sviluppi successivi possono essere fatti nel settore del combinatori spaziali, come già detto, e nella *phased array technology*, la quale consentirebbe lo *steering* elettronico del fascio dell'antenna.

Elettronica S.p.A. ha la capacità per il progetto e la produzione di questo tipo di componentistica.

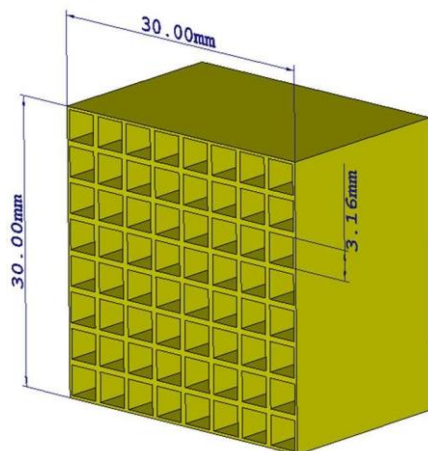


**Figura 19 - Schema per un Tx *ultra wide band phased array* (K Band)**

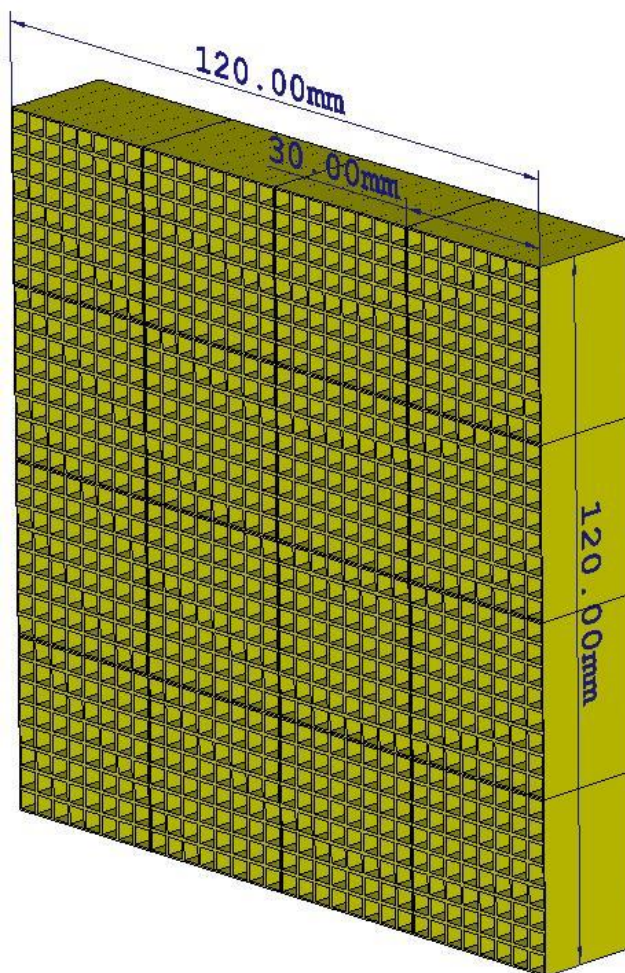
A partire dai requisiti di 500m di *range* operativo, l'*array* potrebbe essere realizzato con 128 amplificatori di potenza MMIC, capaci di fornire una potenza totale di uscita maggiore di 100 W. L'*array* potrebbe essere un *array directive antenna*, e potrebbe essere realizzato



utilizzando un elemento con una griglia dell'array 8x8. Come mostrato in Figura 20 le dimensioni del blocco costitutivo sono dell'ordine di 30 mm x 30 mm; per realizzare un'antenna di 100 W l'array diverrebbe di 120 mm x 120 mm, come in Figura 21.



**Figura 20 – Esempio per un Tx 95 GHz array building block**



**Figura 21 – Array esempio del dimostratore 100 W Tx 95GHz**

Compatibilmente con le dimensioni della piattaforma aerea è fattibile quindi progettare un'antenna e gli elementi di potenza in modo tale da soddisfare i requisiti precedentemente esposti.

### 3.3 Ulteriori Applicazioni

Esistono ulteriori applicazioni che potrebbero interessare velivoli *fast-jet* o APR. Queste tecnologie di ANL non sono state oggetto di approfondimento nel presente progetto di ricerca perché, a differenza di quelle presentate, potrebbero non rispettare il requisito di zero danni collaterali, ovvero potrebbero comportare effetti collaterali letali.

Tali tipi di ANL non si distinguono tanto per tecnologia quanto per le modalità di “*delivery*”. Infatti, il concetto è quello di portare a destinazione un *payload* “non-letale” precedentemente caricato all’interno di opportuni corpi bomba e opportunamente rilasciato. In particolare, in letteratura si trovano studi effettuati sull’*e-bomb*, una corpo bomba che, in fase di caduta, attiva un HPEP al fine di distruggere tutti i dispositivi elettronici all’interno del suo *footprint* <sup>[38]</sup>.

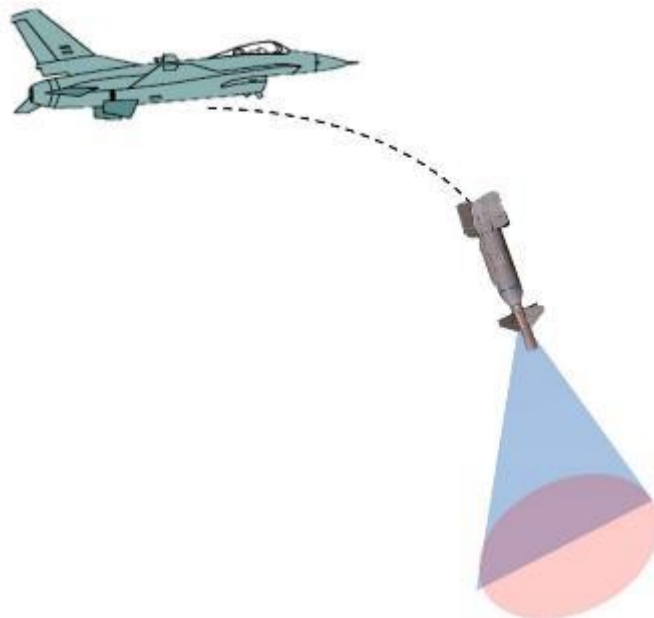


Figura 22 – *Footprint della e-bomb* <sup>[38]</sup>

Il vantaggio di una ANL di questo tipo sta ovviamente nella possibilità di trascurare completamente tutti i problemi derivanti dall’integrazione con l’aeromobile. La potenza necessaria per la emissione dell’impulso elettromagnetico può essere generata attraverso una compressione rapidissima (esplosiva) del flusso magnetico attraverso, ad esempio, l’esplosione di una spira in cui scorre una corrente e che quindi genera un campo magnetico. L’esplosione distrugge progressivamente la spira per cui il campo magnetico si concentra nella parte finale, quando anche questa viene distrutta, l’energia del campo magnetico si libera sotto forma di campo elettromagnetico che si propaga nello spazio.

Il controllo dell'esplosione (tipo di esplosivo, velocità di propagazione dell'esplosione) dovrebbe permettere di controllare la durata e quindi lo spettro dell'impulso che risulta centrato intorno a frequenza zero (banda base) e quindi probabilmente più efficace rispetto ad un impulso elettromagnetico centrato su portante (effetti più distruttivi alle basse frequenze come visto nei precedenti paragrafi).

Tra i diversi impieghi operativi delle ANL trasportate su piattaforme aeree che si possono trovare in letteratura, si riporta anche un'applicazione per agenti chimici. In particolare, questo tipo di ANL, qualora verificata la rispondenza a tutti i protocolli vigenti, potrebbero essere utilizzate preventivamente per evacuare aree o edifici dal personale civile e militare. Questo permetterebbe di distruggere successivamente con armi convenzionali l'area o l'edificio liberato riducendo o eliminando del tutto gli effetti collaterali. Come nel caso precedente, questo tipo di *payload* chimico deve essere trasportato all'interno di corpi bomba che, oltre all'effetto primario non-letale avranno anche un effetto cinetico i cui danni non sarebbero prevedibili. Questo è il motivo per cui non sono state effettuate ulteriori indagini su questo tipo di ANL che, pur rappresentando delle valide soluzioni operative, non rispetterebbero il requisito degli zero danni collaterali.

# 4. Capitolo IV

## 4.1 Profili giuridici connessi all'impiego delle ANL

Lo sviluppo e l'uso di nuove tecnologie solleva spesso interrogativi di carattere giuridico, in particolare quando la discussione è legata all'impiego di tecnologie militari o impiegabili in ambito militare. Le problematiche giuridiche connesse all'utilizzo di ANL sono argomento di ampio dibattito ormai da oltre un decennio.

E' infatti estremamente interessante per le FF.AA. poter equipaggiare il personale militare impegnato in operazioni MOOTW, come quelle di *peacekeeping* e *peace enforcement* o anche in operazioni antisommossa, con ANL. Tale scelta però dà origine ad una serie di problematiche giuridiche, che necessitano una puntuale analisi.

La prima questione controversa afferisce alla denominazione stesse di ANL, che non è universalmente accolta<sup>[16]</sup>.

Tale definizione esclude, pertanto, tutte le armi idonee a causare danni fisici non permanenti senza, ovviamente, l'uccisione del soggetto aggredito.

Com'è noto, sia l'ordinamento nazionale che quello internazionale regola l'uso di armi, ma nel presente studio focalizzeremo la nostra attenzione sul diritto internazionale e in particolare sul Diritto Internazionale Umanitario (DIU)<sup>[39]</sup>.

La stesura del presente capitolo ha beneficiato delle osservazioni della professoressa Luisa Vierucci, docente di Diritto Internazionale, e specializzata in Diritto Internazionale Umanitario, presso l'Università di Firenze e l'Istituto di Scienze Militari Aeronautiche di Firenze<sup>[40]</sup>.

### 4.1.1 Diritto Internazionale Umanitario

Come riportato dallo Sperotto in <sup>[11]</sup> "il diritto internazionale dei conflitti armati, o Diritto Internazionale Umanitario, pone le norme e i principi che restringono la libertà degli Stati nel condurre le ostilità, allo scopo di contenere i mali derivanti dalla guerra, ma nei limiti imposti dalla necessità militare, disciplinando il comportamento dei belligeranti nelle loro relazioni reciproche e l'atteggiamento degli organi della violenza bellica nei confronti delle popolazioni civili. Come espressamente statuito nella IV Convenzione dell'Aja del 1907, tuttora in vigore, il Diritto Internazionale Umanitario nasce dall'esigenza di impedire che, in assenza di norme scritte (*codification*), l'uso della violenza bellica sia lasciato all'arbitrio dei comandanti militari".

Nel Capitolo I abbiamo chiarito che il DIU è suddiviso in due corpi normativi, ovvero (i) lo *jus in bello*, complesso normativo che disciplina le modalità in cui può essere impiegata la forza militare nel corso di un conflitto armato di natura internazionale e non-internazionale; e (ii) lo *jus ad bellum*, cioè quell'insieme di regole che disciplinano il ricorso all'uso della forza nelle relazioni fra Stati <sup>[11]</sup>.

Nella presente analisi sui profili giuridici connessi alle ANL, saranno tenute in considerazione esclusivamente le norme di *jus in bello*.

#### **4.1.2 Utilizzo delle armi in un conflitto armato**

Lo *jus in bello* consta di quattro principi fondamentali, che le Parti del conflitto armato devono rispettare:

##### 1- Principio di distinzione

Questo principio, di natura consuetudinaria, è codificato all'articolo 48 del I Protocollo Aggiuntivo del 1977 alle Convenzioni di Ginevra del 1949 [41] di cui l'Italia è parte.

Ai sensi di questo articolo, "allo scopo di assicurare il rispetto e la protezione della popolazione civile e dei beni di carattere civile, le Parti in conflitto dovranno fare, in ogni momento, distinzione fra la popolazione civile e i combattenti, nonché fra i beni di carattere civile e gli obiettivi militari, e, di conseguenza, dirigere le operazioni soltanto contro obiettivi militari"<sup>[41]</sup>.

I belligeranti devono sempre distinguere la popolazione civile dai combattenti e gli obiettivi civili da quelli militari dirigendo gli attacchi solo su questi ultimi.

Sono definiti "civili" tutte le persone non facenti parte né delle forze armate né di gruppi militari organizzati e armati. Una persona di cui sia dubbio lo *status* di combattente è considerata civile.

Anche per gli obiettivi civili vale la definizione per esclusione, sono obiettivi civili tutti quelli che non sono obiettivi militari. Sono obiettivi militari i beni che per loro natura, ubicazione, destinazione o uso contribuiscano positivamente all'azione militare, e la cui distruzione/conquista/neutralizzazione offra uno specifico vantaggio militare (art. 52 del I Protocollo Aggiuntivo del 1977).

Alcuni tipi di installazioni, ad esempio strutture di tipo ospedaliero, pur essendo garantite contro attacchi indiscriminati, perdono tali garanzie se utilizzati anche allo scopo di porre in atto azioni di tipo militare contro il nemico. Quindi non è la natura del bene in sé a determinarne la natura militare o civile, ma l'uso che il nemico ne fa; in effetti ogni bene

mobile o immobile può divenire obiettivo di interesse militare, in determinate specifiche circostanze.

## 2- Principio di umanità

Il principio di umanità richiede di non infliggere sofferenze inutili e mali superflui, ai combattenti nemici ed ai civili e rappresenta, secondo la Corte Internazionale di Giustizia, il punto cruciale delle norme giuridiche applicabili durante i conflitti armati.

Esso si estrinseca nel divieto di usare livelli eccessivi di forza, ovvero l'impegno di forza spropositata rispetto agli scopi delle operazioni militari, nell'intento di minimizzare i danni provocati dalla guerra.

Corollari del principio di umanità sono quindi:

- Il dovere di alleviare i danni provocati dalla guerra;
- L'unico scopo perseguibile durante un conflitto armato è l'indebolimento delle forze nemiche e non il loro annientamento;
- Per ottenere quello scopo è sufficiente rendere temporaneamente inabili alla lotta il maggior numero di nemici;
- L'impiego di armi che aggravino inutilmente le sofferenze di coloro che sono stati resi inabili, o che rendano la loro morte inevitabile, va oltre lo scopo legittimo delle ostilità, per cui l'uso di quelle armi sarebbe contrario al principio di umanità.

## 3- Principio della necessità militare

Questo principio è da considerarsi il "presupposto logico, etico e giuridico per l'esercizio della forza militare".

La necessità militare è usualmente da considerarsi quale causa di giustificazione di una condotta altrimenti perseguibile dal diritto internazionale. Il Gen. Eisenhower, allo scopo di evitare un uso strumentale della necessità militare, rivolgendosi alle proprie truppe durante le operazioni successive allo sbarco in Francia del 1944, così si espresse: "non voglio che l'espressione necessità militare nasconda la rilassatezza o l'indifferenza: essa è talora utilizzata per situazioni nelle quali sarebbe più esatto parlare di comodità militare o anche di comodità personale" <sup>[42]</sup>.

#### 4- Principio di proporzionalità

Il principio di proporzionalità impone di bilanciare il legittimo scopo dell'azione militare con i mezzi utilizzati per raggiungerlo. Pertanto esso richiede che i danni provocati dall'attacco non siano sproporzionati rispetto al vantaggio militare atteso.

Il principio in questione ha natura consuetudinaria ed è codificato all'art. 51 del I Protocollo Aggiuntivo del 1977. In detto articolo si parla di "danno non eccessivo" rispetto al vantaggio militare atteso, proprio per richiamare l'idea di "eccesso" quindi di un danno irragionevole e, in fin dei conti, inutile.

La valutazione di danno collaterale 'eccessivo' va fatta caso per caso secondo un criterio di ragionevolezza che deve essere a fondamento delle decisioni dei Comandi militari ai diversi livelli in rapporto alla soluzione del problema in campo.

Va comunque precisato che il danno collaterale deve sempre essere minimizzato indipendentemente dai limiti dettati dal principio della proporzionalità.

Il diritto internazionale umanitario non esclude quindi che possano esserci vittime accidentali a causa di operazioni militari (danni collaterali); tuttavia, il loro numero non deve essere sproporzionato rispetto al vantaggio militare atteso, non potendosi escludere che legittime operazioni di guerra comportino vittime e danni alla popolazione civile.

Questi quattro principi fondamentali interagiscono tra loro in ogni situazione di impiego della forza militare e sono codificati all'art. 35 del I Protocollo Aggiuntivo come *Basic rules*<sup>[16]</sup>. Questi principi si applicano anche alle operazioni di forze armate nazionali poste sotto comando delle Nazioni Unite, a condizione che il loro dispiegamento avvenga in una situazione di conflitto armato. Come riportato dallo Sperotto, "anche i contingenti nazionali dispiegati all'estero in operazioni multinazionali a supporto della pace e della sicurezza internazionale si conformano alle norme di diritto internazionale umanitario, indipendentemente dalla natura del conflitto e dalle ragioni del dispiegamento<sup>[39]</sup>".

Dai precedenti principi derivano alcuni corollari, quali:

- Principio di precauzione, ovvero "il dover adottare tutte le misure praticabili per poter evitare danni collaterali, ossia la perdita accidentale di vite tra la popolazione civile. In fase di preparazione, il principio in esame implica l'accertamento della natura del bersaglio. Il passo successivo è la valutazione del possibile danno collaterale, cui segue la decisione se proseguire nel piano o abortire la missione, perché destinata a produrre danni collaterali eccessivi" [39]. In sintesi, il principio di precauzione

implica il divieto dell'utilizzo di mezzi o metodi di combattimento che non consentano di selezionare i bersagli in modo da evitare vittime e danni alle strutture civili.

- Divieto di Rappresaglia contro civili, ovvero divieto di compiere “un atto violento che lo Stato pone in essere tramite le proprie forze armate per ottenere da un altro Stato la cessazione di una violazione”. Se ne deduce che “l'uccisione di civili per rappresaglia può ben essere considerata una forma di esecuzione arbitraria, contraria ai diritti fondamentali dell'uomo, che innegabilmente permeano il diritto internazionale umanitario”. [39]
- Protezione dei beni materiali e culturali, ovvero il divieto di distruggere beni materiali normalmente destinati ad attività di natura civile, salvo in caso di necessità militare impellente [39]. Ad esempio, l'articolo 53 della IV Convenzione di Ginevra<sup>[43]</sup> proibisce la distruzione di beni materiali e proprietà privata situata in territorio occupato dal nemico. Resta inteso che gli attacchi contro i beni culturali sono vietati dal Art. 27 del Regolamento dell'Aja del 1907, dalla Convenzione dell'UNESCO adottata all'Aja nel 1954, dall'art.53 del I Protocollo Aggiuntivo del 1977 e dall'art. 16 del II Protocollo Aggiuntivo del 1977 [39].
- Divieto di attaccare combattenti che sono in *hors de Combat*, ovvero combattenti che sono feriti, malati oppure fatti prigionieri [44]. Il Diritto Internazionale Umanitario prevede che “un combattente è posto *hors de Combat* quando reso incapace di combattere (*incapacitated*), per effetto di ferite, malattie ovvero perché sottoposto a misure (efficaci) di coercizione [39]”. A prescindere dall'utilizzo di una ANL, questo corollario è senza dubbio di ardua applicazione. Nel caso di ANL, essendo esse stesse per loro natura fortemente discriminanti e permettendo di selezionare il *target*. Resta inteso che utilizzare una ANL come moltiplicatore di un sistema d'arma letale (colpire le truppe nemiche con una ANL e disabilitarle e poi proseguire con un attacco con sistema d'arma letale) è vietato dalla DIU [45].

#### **4.1.3 Utilizzo di nuovi sistemi d'arma nel corso di un conflitto armato**

Con l'introduzione di nuovi sistemi d'arma, da impiegare per la risoluzione di un conflitto, occorre rispettare tutti i principi esplicitati precedentemente. In particolare l'art. 36 del I Protocollo Aggiuntivo del 1977 [41] impone che “nello studio, messa a punto, acquisizione o adozione di una nuova arma, di nuovi mezzi o metodi di guerra, un'Alta Parte contraente ha l'obbligo di stabilire se il suo impiego non sia vietato, in talune circostanze o in qualunque circostanza, dalle disposizioni del presente Protocollo o da qualsiasi altra regola del diritto internazionale applicabile a detta Alta Parte contraente” [41].



Non essendo specificati ulteriori limitazioni, “le norme e le procedure necessarie alla valutazione sono lasciate all’iniziativa degli Stati parti del Protocollo, che useranno come criteri guida le norme internazionali derivanti dal diritto consuetudinario o dai trattati di cui sono parte, inclusi i trattati di disarmo” [11].

La *Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons which may be deemed to be Excessively Injurious or to have indiscriminate Effects* [13], aperta alla firma nel 1980, come già affermato nel Capitolo I, vieta o restringe l’impiego di:

1. Armi a deflagrazione che proiettano schegge rilevabili solo con raggi X;
2. Mine anti-uomo, trappole e altri simili ordigni;
3. Armi incendiarie;
4. Armi LASER accecanti;
5. Residue bellici inesplosi.

In generale, dai cinque protocolli fino ad ora approvati si evince che le armi non oggetto di un espresso divieto possono essere utilizzate a condizione che siano rispettati i principi di cui sopra, ovvero umanità, distinzione, proporzionalità e precauzione. Un nuovo sistema d’arma deve quindi rispettare quattro caratteristiche basilari per non essere vietato [39]:

- Proteggere la popolazione civile non combattente dagli effetti eventualmente nocivi;
- Non provocare mali superflui o sofferenze inutili;
- Non produrre effetti indiscriminati;
- Non essere concepiti con lo scopo di provocare, o dai quali ci si può attendere che provochino, danni estesi, durevoli e gravi all’ambiente naturale ed ai beni civili o ai civili.

Le mine anti-uomo, per esempio, sono vietate da uno specifico trattato perché il loro effetto è indiscriminato<sup>[46]</sup> così come le armi chimiche e batteriologiche [47].

D’altro canto, entrando nel dettaglio delle ANL e riprendendo l’esempio già riportato nel Capitolo I, anche armi utilizzate in *law enforcement* (controllo dell’ordine pubblico), come i *Riot Control Agents* (RCA), ovvero gas lacrimogeni, e quindi legali nell’ambito dell’ordinamento giuridico nazionale, sono state incluse nella lista delle armi vietate<sup>[14]</sup>, ribadendo che le RCA sono vietate non in quanto tali bensì come ‘metodo di combattimento’. Tali armi rispettano il principio di distinzione e proporzionalità ma in ambito internazionale sono state vietate in operazioni di conflitto armato perché potenzialmente utilizzabili come moltiplicatore della letalità di un attacco invece che come arma che evita possibili danni collaterali.

D'altro canto l'utilizzo degli RCA in operazioni MOOTW non è stato espressamente vietato, ovviamente seguendo la definizione di MOOTW come operazioni non condotte in tempo di conflitto armato.

Infine alcuni tipi di sistemi d'arma possono essere vietati per ragioni culturali o socio economiche. Nel 2008 una ONG organizzò una conferenza con esperti del mondo arabo e musulmano per discutere dell'impatto sociale derivante dall'utilizzo di sistemi di arma innovativi. Tali esperti indicarono che "effetti non familiari o non immediatamente comprensibili dalla popolazione locale avrebbe creato grande costernazione e sospetto nelle forze occupanti, alimentando il rischio di proteste nei confronti delle stesse <sup>[48]</sup>.

#### **4.1.4 Operazioni aeree relative a nuovi sistemi d'arma**

Come afferma lo Sperotto <sup>[39]</sup>, allo stato attuale non esiste una disciplina specifica per la condotta delle operazioni aeree, che tenga conto sia delle capacità dei moderni mezzi aerei che delle specificità del loro impiego. D'altro canto i sistemi d'arma utilizzati da una Forza Aerea devono rispettare tutti i principi precedenti <sup>[49]</sup> hanno le medesime proibizioni in termini di sistemi d'arma vietati <sup>[49]</sup> e in particolare devono ricevere un *assessment* legale prima di essere impiegati in teatro operativo, che ne certifichi la utilizzabilità in ogni o in particolari circostanze, come ribadito nell'art. 9 del *Manual on International Law Applicable to Air and Missile Warfare* <sup>[49]</sup>.

## **4.2 HPEP: profili giuridici**

### **4.2.1 Overview del sistema HPEP**

Le caratteristiche tecnologiche del sistema d'arma HPEP sono state descritte nel Capitolo III. In questo paragrafo si andranno invece ad affrontare le problematiche giuridiche e come questo sistema d'arma si inserisce nel quadro del DIU descritto nei paragrafi precedenti.

Da un punto di vista tecnologico il sistema HPEP è una ANL ad energia diretta che utilizza radiazione elettromagnetica non ionizzante con lunghezza d'onda nello spettro delle microonde. Come tutti i sistemi d'arma ad energia diretta nel campo delle microonde, tale sistema è progettato per disabilitare o distruggere circuiti elettronici e non contro esseri umani. La tecnologia prescelta per la HPEP è quella di utilizzare un fascio direttivo, in grado di individuare un'area ristretta in cui disabilitare un automezzo o un edificio con componentistica elettronica anche con *standoff range* elevati (nell'ordine dei 400 m), evitando così di mettere in pericolo la vita dell'equipaggio dell'elicottero.

## 4.2.2 Problematiche del sistema HPEP

Il sistema d'arma HPEP è stato progettato per funzionare contro automezzi e dispositivi elettronici e non contro *target* umani. In particolare tre caratteristiche della tecnologia a microonde devono essere considerate:

1. Distruzione potenziale di infrastrutture elettroniche civili, incluso apparecchiature ospedaliere;
2. Letalità del sistema d'arma per membri della popolazione civile portatori di *pacemakers* e più in generale per coloro che dipendono da apparecchiature elettroniche medicali (dispositivi audiovisivi o di locomozione);
3. Esposizione al fascio di microonde e onde millimetriche. In questo caso da valutazioni preliminari, utilizzando il D.L. 81/2008 denominato Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro <sup>[50]</sup> quale fonte normativa di possibile riferimento, si evidenzia che a distanze maggiori di 150 m e per tempi di esposizione inferiore ai 10 sec, i valori limite di esposizione sono al di sotto della soglia prevista da normativa.

Tali caratteristiche potrebbero rendere il sistema d'arma HPEP non conforme con i principi descritti nei precedenti paragrafi. Andiamo a valutare tale affermazione nei successivi paragrafi.

## 4.2.3 Principio di Distinzione

Si è detto che il principio di distinzione costituisce uno dei valori universali del DIU ed ha assunto il valore di norma consuetudinaria. Tale principio, richiedendo che ogni sistema d'arma permetta una discriminazione del *target*, si prefigge di evitare che non combattenti e civili siano coinvolti in un eventuale attacco. La natura intrinseca del sistema d'arma in esame (un fascio di microonde direttivo), rende l'HPEP conforme con il principio di distinzione.

È inoltre possibile utilizzare questo dispositivo ad elevate distanze. Ciò, assieme alla capacità direttiva e alla possibilità di modificarne l'intensità, rende tale ANL ideale per una soluzione di *targeting* avanzato. Resta inteso che tale sistema d'arma non può essere usato in zone densamente popolate o in cui non si sia verificata la assenza di personale civile direttamente esposto al fascio di microonde per l'area di illuminazione del sistema. Tutte le successive soluzioni tecnologiche atte ad implementare tale sistema devono quindi rispettare tali vincoli giuridici.

Legato al concetto di distinzione è la capacità di eseguire il processo di *targeting*. L'articolo 52.2 del I protocollo aggiuntivo <sup>[41]</sup> richiede che tutti gli attacchi siano strettamente limitati ad

obbiettivi militari. L'impiego del sistema HPEP dovrà quindi rispettare gli articoli da 52 a 56 del I Protocollo Aggiuntivo <sup>[41]</sup>, ovvero il non danneggiare obiettivi civili e strutture sensibili, quali patrimoni artistico-culturali o strutture ospedaliere, anche se l'obiettivo militare si trova frammisto ad essi. Quindi in caso di *target* militari legittimi, ubicati in prossimità di strutture ospedaliere o infrastrutture civili con apparecchiature elettroniche che non costituiscono obiettivo militare, non risulta possibile utilizzare tale sistema, per i possibili effetti negativi sulle apparecchiature medicali o elettroniche in genere.

#### **4.2.4 Principio di Proporzionalità**

Il concetto di proporzionalità trova la sua esplicitazione negli articoli 51.5 e 57.2 del I Protocollo Aggiuntivo <sup>[41]</sup>. Tale principio impone che la perdita accidentale di civili, il loro ferimento, o il danneggiamento di beni civili non deve essere eccessivo in relazione al vantaggio militare che si ottiene e che ogni attacco deve essere sospeso in caso si evidenzino possibili perdite di cui sopra. Nel caso del sistema HPEP, utilizzando il sistema con le limitazioni descritte nel paragrafo precedente, non si ritiene possano prodursi danni collaterali. I *target* primari di un sistema come il HPEP sono automezzi e sistemi di comunicazione; si può quindi affermare in prima analisi che, per sua natura, tale ANL rispetti il principio di proporzionalità.

Ovviamente selezionare come *target* strutture ospedaliere o civili con apparecchiature elettroniche, oltre a violare il principio di distinzione violerebbe anche quello di proporzionalità e si ribadisce che deve essere vietato, ovvero che la 'protezione speciale' a cui sono soggetti alcuni beni civili, quali gli ospedali, implichi che essi non possono mai essere danneggiati neppure come effetto collaterale di un attacco lecito.

Relativamente al principio di distinzione resta valida la impossibilità di utilizzare il sistema ADS direttamente sulla popolazione civile. Una volta effettuato correttamente il processo di *targeting* e nei limiti su esposti, il sistema si mostra conforme al principio di proporzionalità.

#### **4.2.5 La Necessità militare**

Nei paragrafi precedenti, il concetto di necessità militare è stato definito, richiamando l'articolo 22 della IV Convenzione dell'Aja <sup>[51]</sup>, "I belligeranti non hanno un diritto illimitato nella scelta dei mezzi per nuocere al nemico". Tale principio è strettamente legato al principio di proporzionalità e quindi al concetto di vantaggio militare e a quello di umanità, ovvero il voler subordinare l'eventuale infliggere sofferenze non necessarie pur di ottenere il suddetto vantaggio militare. In quest'ottica il sistema HPEP è in grado di garantire un grande vantaggio militare, ovvero disabilitare mezzi e infrastrutture elettroniche senza

imporre sofferenze. Ovviamente tale necessità dovrà essere rigorosamente normata per evitare che vi sia un uso indiscriminato del sistema HPEP, consentendone l'impiego solo quando necessario e non come fattore moltiplicativo di un eventuale sistema d'arma letale.

#### **4.2.6 Principio di umanità**

Il sistema HPEP, come evidenziato nel Capitolo III, è stato progettato per agire su mezzi e sistemi elettronici. Irradiare un corpo umano con un fascio di microonde può causare riscaldamento dei tessuti esposti e in particolare per questo tipo di lunghezze d'onda riscaldamento e danneggiamento di organi interni.

Effetti limitati sull'attività celebrale sono stati notati <sup>[52]</sup>. Come riportato anche da un ente indipendente come ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni non Ionizzanti) "da tutte le valutazioni e ricerche effettuate [nel campo delle microonde] si può concludere che l'esposizione [a tale radiazione elettromagnetica] al di sotto della soglia termica non può essere associata a effetti nocivi sulla salute umana" <sup>[53]</sup>. Quindi, coerentemente con quanto specificato nei paragrafi precedenti, a distanze superiori ai 150 m la capacità del corpo umano di assorbire la radiazione emessa è ben al di sotto dei valori previsti dalle normative nazionali (v. per l'Italia il D.L. 81/2008 <sup>[50]</sup>) e tali effetti, considerata anche la natura impulsiva del sistema d'arma, diminuiscono notevolmente con l'aumentare della distanza. Tali caratteristiche andranno ovviamente dimostrate e testate prima di impiegare il dispositivo. Essendo per sua natura diretto, invisibile e non lasciando segni visibili molte associazioni umanitarie sono scettiche sull'utilizzo di tale sistema a causa di un suo possibile uso incontrollato. Essendo conforme con le convenzioni e i trattati citati precedentemente, non è possibile vietare l'utilizzo di tale sistema sulla base di possibili utilizzi non conformi. Il sistema HPEP, quindi, anche sotto il profilo della causazione di una sofferenza non necessaria, appare conforme ai principi del DIU.

#### **4.2.7 Conformità del sistema d'arma HPEP rispetto al DIU: considerazioni conclusive**

Alla luce delle osservazioni effettuate nei paragrafi precedenti, possiamo affermare che il sistema HPEP risulti, in linea generale conforme al Diritto Internazionale Umanitario, ove utilizzato nei limiti e con le precauzioni sopra proposte.

Pertanto nello sviluppo e produzione di tale sistema si dovrà tenere conto dei limiti imposti dal Diritto Internazionale Umanitario.

#### 4.2.8 Conformità del sistema d'arma HPEP rispetto al diritto nazionale

Il presente elaborato si è concentrato sulla conformità del sistema HPEP rispetto al DIU. Spostando l'analisi verso l'ordinamento domestico, sembra potersi ritenere che tale sistema d'arma sia, in linea generale, coerente con i valori ed i principi espressi nella legislazione statale. Quindi, il sistema d'arma potrebbe essere conforme anche all'utilizzo in scenari di *law enforcement* e *homeland security*. Se le condizioni descritte nel Capitolo III venissero confermate, il sistema HPEP sarebbe un valido ausilio per le Forze di Polizia durante il controllo di rivolte, disordine pubblico, tentativi di irruzione con automezzi in aree vietate o utilizzo di apparecchiatura elettronica per fini illeciti.

### 4.3 ADS: profili giuridici

Le caratteristiche tecnologiche del sistema d'arma ADS sono state descritte nel Capitolo III. In questo paragrafo si tenterà di comprendere se l'impiego di questo sistema d'arma è compatibile con i principi del Diritto Internazionale Umanitario descritti nei paragrafi precedenti.

Da un punto di vista tecnologico il sistema ADS è una ANL ad energia diretta che utilizza radiazione elettromagnetica non ionizzante con lunghezza d'onda millimetrica.

Tali caratteristiche fanno sì che la radiazione arrivi solo al di sotto della superficie della pelle, creando una sensazione di calore e bruciore, riscaldando la pelle a non più di 50°C [54], [55]. Tale sensazione porta ad una immediata ed automatica risposta del *target*, che si sposta dal raggio d'azione della ANL.

#### 4.3.1 Overview del sistema ADS

I benefici di tale tecnologia sono

1. Modularità, ovvero capacità di regolare l'intensità dell'energia diretta sul *target*. Questa flessibilità consente alla FFAA utilizzante la ANL di incrementare l'intensità della reazione sul *target* e quindi di poter effettuare *warning* ripetuti sul *target* prima di utilizzare l'arma alla massima potenza;
2. Assenza di danni fisici sul *target*. La frequenza di 95 GHz riscalda i tessuti molli della pelle ad una temperatura inferiore di quella di una bruciatura di primo grado e la sensazione scompare non appena ci si allontana dalla radiazione.

Tali studi sono stati effettuati su sistemi tecnologicamente simili [56];

3. Discriminazione del *target* e minimizzazione degli effetti collaterali, ovvero la capacità di indirizzare la radiazione verso un singolo *target*, minimizzando così gli effetti dannosi e il coinvolgimento di personale non combattente, civile o anche amico;
4. *Range* di azione, ovvero la possibilità di operare a distanze elevate, in particolare con uno *stand-off range* maggiore rispetto ad eventuali armi letali di piccolo calibro. Questo consente all'operatore di utilizzare l'ANL in sicurezza ed evita una eventuale *escalation*.

#### **4.3.2 Problematiche del sistema ADS**

Ovviamente quelle che sono le peculiarità del sistema d'arma, da un punto di vista giuridico, possono essere considerate anche un suo punto debole. In particolare due caratteristiche della tecnologia ad onde millimetriche possono fungere da ostacolo<sup>[45]</sup>.

1. Capacità di creare un forte sofferenza sul soggetto colpito senza lasciare segni visibili o interagire fisicamente con il *target*;
2. Capacità di agire in maniera silenziosa e invisibile.

Tali caratteristiche potrebbero rendere il sistema d'arma ADS non conforme con i principi descritti nei precedenti paragrafi. Andiamo a valutare tale affermazione nei successivi paragrafi.

#### **4.3.3 Principio di Distinzione**

La natura intrinseca del sistema d'arma (un fascio di onde millimetriche estremamente direttivo), lo rende, *prima facie*, conforme con il principio di distinzione. Inoltre anche se è possibile utilizzare questo dispositivo ad elevate distanze, l'alta capacità direttiva e la possibilità di modificarne l'intensità, rende tale ANL ideale per una soluzione di *targeting* avanzato. Tutte le successive soluzioni tecnologiche atte ad implementare tale sistema devono quindi rispettare tali vincoli. Legato al concetto di distinzione è la capacità di eseguire il processo di *targeting*. L'articolo 52.2 del I Protocollo Aggiuntivo<sup>[41]</sup> richiede, come detto, che tutti gli attacchi siano strettamente limitati ad obiettivi militari. Il sistema ADS consente una accurata selezione del *target* senza il collaterale coinvolgimento di civili o beni civili e strutture sensibili, quali patrimoni artistico-culturali, anche se il combattente si trova frammisto ad essi. Resta fermo il divieto di utilizzare il sistema ADS direttamente sulla popolazione civile non coinvolta nell'azione militare.

#### **4.3.4 Principio di Proporzionalità**

Il sistema ADS, alla luce dei risultati riportati nel Capitolo III e con riferimento ai sistemi d'arma simili, minimizza completamente il danno. Peraltro, non risulta documentata alcuna morte dovuta alla esposizione a sistemi come l'ADS.

Resta aperta la problematica relative alle "possibili sofferenze inflitte alla popolazione civile in caso di uso non adeguato", problematica che verrà approfondita successivamente e che è relativa alla possibilità di infliggere sofferenze non necessarie se il sistema viene utilizzato al di fuori dei limiti precedentemente presentati. Il diritto consuetudinario afferma che le "ferite" sono relative a azioni che richiedono un intervento medico. Gli effetti del sistema ADS, non permanenti, relativamente bassi e comunque transitori non possono far passare in secondo piano l'eventuale utilizzo non adeguato di tale sistema sulla popolazione civile per ottenere un qualsiasi obiettivo militare. Il fatto che sia una ANL con *zero collateral damage*, potrebbe incrementare l'esposizione della popolazione civile a questo sistema, dove la definizione di *zero collateral damage* è relativa alle prestazioni tecnologiche dell'arma e quindi al danno collaterale procurato dall'arma.

Il sistema ADS non viola quindi alcun trattato internazionale sull'uso di sistemi d'arma in operazioni militari, anche se, come riportato dall'articolo 35.2 del I Protocollo Aggiuntivo [41] "è vietato l'impiego di armi, proiettili e sostanze nonché metodi di guerra capaci di causare mali superflui o sofferenze inutili". Resta quindi, anche relativamente al principio di distinzione la impossibilità di utilizzare il sistema ADS direttamente sulla popolazione civile. Una volta effettuato correttamente il processo di *targeting*, il sistema si presta ad essere utilizzato in conformità al principio di proporzionalità.

#### **4.3.5 La Necessità militare**

Con riferimento a tale principio, già ampiamente descritto in precedenza, il sistema ADS si presenta come ottimale, in grado di garantire un vantaggio militare elevato (per l'elevato *range* di impiego) senza imporre sofferenze non necessarie. Ovviamente, anche in questo caso si rende necessaria una puntuale regolamentazione di impiego, per scongiurarne l'impiego non adeguato alla situazione.

#### **4.3.6 Principio di Umanità**

Il principio di umanità, tra tutti, è quello che si presta alle maggiori critiche. Il sistema ADS, come evidenziato nel Capitolo III, è stato progettato per non avere effetti su organi interni dell'uomo e produrre solo una lieve irritazione cutanea. Tali caratteristiche però vanno dimostrate e testate prima di impiegare il dispositivo.



Essendo per sua natura diretto, invisibile e non lasciando segni visibili molte associazioni umanitarie sono scettiche sull'utilizzo di tale sistema a causa di un suo possibile uso indiscriminato<sup>[57]</sup> oppure di un utilizzo del sistema ADS come strumento di tortura. Essendo conforme con i principi DIU citati precedentemente, non è possibile vietare l'utilizzo di tale sistema sulla base di ipotetici utilizzi non conformi. Il sistema ADS si presenta quindi, anche dal punto di vista del principio di umanità conforme al Diritto Internazionale Umanitario.

#### **4.3.7 Criticità del sistema ADS in riferimento al divieto di tortura e trattamenti inumani o degradanti**

Come già evidenziato nel paragrafo precedente il sistema ADS può causare dolore senza lasciare evidenza fisica dell'interazione dell'arma con il corpo. La critica più forte nei confronti di tecnologie simili come evidenziato anche in Shane, *The Active Denial System: A Legal Review of The U.S. Military's Latest Non-Lethal Weaponry System*<sup>[58]</sup> è proprio il possibile uso "non etico" di questo sistema d'arma, in particolare come strumento di repressione e tortura. Alcune organizzazioni come *Amnesty International* e *Human Rights Watch* ritengono che vada indagata anche la problematica connessa alle radiazioni non ionizzanti e ai suoi effetti in caso di esposizione prolungata<sup>[57], [59], [60], [61]</sup>. Le stesse Nazioni Unite<sup>[62]</sup> hanno ammonito gli Stati nello sviluppare sistemi d'arma con lo specifico scopo di infliggere dolore e torture.

Di seguito elenchiamo quali potrebbero essere le possibili criticità da affrontare prima di poter adottare il sistema ADS come ANL:

- a. Il sistema ADS causa ferite profonde al *target*;

Come molti sistemi d'arma non letali, il sistema ADS può causare gravi ferite se adoperato impropriamente. Durante *test* di un sistema statunitense con la medesima tecnologia, il volontario soggetto a irradiazione è stato sovraesposto, riportando ustioni di secondo grado curabili solo con intervento medico<sup>[63]</sup>. Come abbiamo visto la Convenzione su certune armi convenzionali<sup>[13]</sup>, di cui l'Italia è parte, impone il divieto di utilizzo di armi incendiarie o che provochino ustioni sul *target*.

Lo sviluppo di tale tecnologia dovrà prevedere delle limitazioni nelle potenze emesse e dei sistemi di sicurezza in modo da non poter provocare in nessuna condizione ustioni sui *target*;

- b. Il sistema può essere utilizzato come strumento di tortura;

Per quanto riguarda la possibilità di utilizzare questo sistema come uno strumento di tortura, essendo un sistema che infligge dolore senza lasciare traccia fisica, tutte le precauzioni che venga adoperato solamente da operatori e Stati con un elevato

senso etico e dei diritti umani deve essere una priorità assoluta nello sviluppo e nella distribuzione del sistema d'arma;

- c. L'operatore può essere indotto ad utilizzare il sistema ADS più frequentemente di un sistema d'arma letale, in quanto lo ritiene sicuro;

Similarmente ad altre ANL, come il *taser*<sup>[64]</sup>, per un operatore è più semplice, perché senza danni collaterali, utilizzare un sistema d'arma di questo tipo, col rischio di abusarne, sovraesporre il *target* e in generale non utilizzare tecniche non violente per sedare una rivolta. Anche in questo caso *Rules of Engagement* (ROE) stringenti che definiscano quando utilizzare un sistema d'arma di tal fatta sono necessarie, insieme alla possibilità di collegare l'utilizzo di tale sistema ad un sensore audiovisivo in grado di fornire informazioni alla propria catena di comando;

- d. Danni dovuti a esposizione prolungata alla radiazione del sistema ADS potrebbero emergere;

Nessuna evidenza che ci siano effetti collaterali dovuti all'esposizione prolungata alla radiazione del sistema ADS è stata ancora prodotta. Come già riportato precedentemente la trasparenza e il rigoroso processo di sperimentazione di tale sistema d'arma dovrebbero essere sufficienti per risolvere tale tipo di obiezione;

- e. Reazioni non prevedibili da parte dei *target* che possono causare un danno collaterale su civili;

Le caratteristiche di silenziosità, invisibilità e efficacia da elevato *range* fa sì che l'arma non sia percepita come sorgente di offesa da cui ripararsi. Una persona individuata come *target* potrebbe non spostarsi dal raggio oppure innescare una fuga disordinata che potrebbe provocare danni collaterali tra la popolazione civile, soprattutto in ambienti urbani con *target* frammisti alla popolazione. Anche in questo caso, addestramento del personale, diffusione tra la popolazione locale degli effetti del sistema ADS e l'utilizzo in contemporanea di sistemi *human-safe* come avvisi acustici o indicatori luminosi, può annullare tali criticità.

#### **4.3.8 Conformità del sistema d'arma ADS rispetto alla DIU: considerazioni conclusive**

Alla luce delle osservazioni effettuate nei paragrafi precedenti, possiamo affermare che il sistema è suscettibile di essere utilizzato in modo conforme alle norme del Diritto Internazionale Umanitario a cui l'Italia è vincolata. Inoltre, come a tutti i trattati che l'Italia ha firmato.

Inoltre come affermato da Susan LeVine<sup>[65]</sup> la medesima tecnologia introdotta dalla US *Air Force* è stata approvata dal *Air Force Judge Advocate General* (JAG) e coordinata con i JAGs delle altre Forze Armate Statunitensi, e l'Ufficio Generale del Segretario della Difesa. Le conclusioni di questo studio sono state che il sistema ADS, quando usato come riportato nel Capitolo III e nei paragrafi precedenti, non causa sofferenze non necessarie, grazie alla capacità del *target* di potersi allontanare dall'area di utilizzo e della reversibilità dei suoi effetti. Il sistema ADS è inoltre discriminante in quanto può essere diretto su uno specifico *target*.

Nello sviluppo e produzione di tale sistema si dovrà tenere conto dei limiti imposti dai principi del Diritto Internazionale Umanitario che sono stati analizzati.

#### **4.3.9 Conformità del sistema d'arma ADS rispetto al diritto nazione**

Valgono a tal fine le considerazioni di ordine generali analogamente riportate per il HPEP. Ciò posto, il sistema ADS potrebbe costituire un valido ausilio per le Forze di Polizia durante il controllo di rivolte, disordine pubblico o anche rapimenti e presenza di ostaggi, per immobilizzare il colpevole senza danneggiare il personale civile nei dintorni. Anche in questo caso una sperimentazione, alla stregua di quella prevista per una ANL simile, come il *taser* con DL 199/2014<sup>[66]</sup> potrebbe garantire l'adozione anche per le Forze di Polizia di uno strumento simile.

#### **4.4 Problematiche comuni di impiego tattico delle ANL**

Lo sviluppo dell'analisi contenuta sino ad ora nel presente elaborato dimostra che le ANL, in particolare i due sistemi considerati, ADS e HPEP, risultano per caratteristiche idonee all'impiego bellico. Ciò in quanto pare consentano, da una prima analisi, di perseguire il risultato tattico nel rispetto dei principi generali di Diritto Internazionale Umanitario, consuetudinario e pattizio, che regolano le operazioni belliche e già cennati al precedente Capitolo I. Si ritiene opportuno svolgere altresì delle considerazioni circa questioni di impiego tattico delle ANL esaminate, non ancora risolte in senso univoco, ma che lasciano intendere la necessità di una regolamentazione, a vari livelli. Ciò al fine di non lasciare al solo apprezzamento del Comandante tattico delicate questioni di diritto bellico, da risolvere con il solo corredo di principi generali del Diritto Internazionale Umanitario.

#### **4.4.1 Impiego del sistema ADS ed il problema delle persone *hors de Combat***

Da una prospettiva squisitamente pratica, che affronti considerazioni di ordine tattico, piuttosto che teorico, quindi, si avverte la necessità di cercare delle risposte a quesiti specifici, che si riferiscano a situazioni cosiddette *time sensitive*, in cui il Comandante militare, a fronte di un repentino mutamento del quadro giuridico in cui si trova ad operare, dovrà porre in essere delle scelte conformi ai vincoli giuridici internazionali che abbiamo descritto. Tra queste, di particolare complessità risulta il mutamento di *status* del combattente che, a seguito di un ingaggio incapacitante con ANL, debba ritenersi *hors de Combat*. Secondo le regole del DIU, quando una persona, per ferite, per incapacità, o per essersi arreso, diviene *hors de Combat*, è destinatario di una speciale protezione e di un insieme di diritti, che dovranno essergli garantiti già da parte della stessa unità militare che lo ha reso o trovato in quelle condizioni. Dalla analisi tecnica degli effetti del sistema ADS si è evinto che non risultano segni visibili degli effetti prodotti. Pertanto, come potrà il Comandante militare riconoscere che un soggetto sia *hors de Combat*? E come potrà il combattente che intende arrendersi segnalare tale propria volontà, tenuto conto che non è in grado di identificare la sorgente dell'attacco non letale cui è sottoposto? Tali problematiche risultano di ardua soluzione e fanno concludere che non in ogni circostanza il Comandante militare preferirà impiegare ANL in luogo di armi tradizionali, il cui ricorso ponga meno incertezze circa le responsabilità cui dovrà far fronte.

D'altro canto prevedere soluzioni tecnologiche complementari, come per esempio integrare al sistema ADS con altri sistemi non letali, come per esempio un avvisatore acustico o un LASER *eye-safe*, amplierebbe il possibile spettro di utilizzo delle ANL, creando quell'utilizzo senza soluzione di continuità e incrementandone quindi il potenziale deterrente <sup>[67]</sup>, <sup>[45]</sup>.

#### **4.4.2 Le ANL in situazioni di conflitto asimmetrico, contro civili DPH e *Human Shields***

Una ulteriore questione connessa con quella descritta nel precedente paragrafo, è riferita alla attuale possibilità che la disponibilità di ANL sul campo di battaglia determini, di fatto, una sorta di affievolimento del divieto di colpire la popolazione civile. In particolari situazioni di conflitto particolarmente complesse, in cui vi sia un confronto con attori non statali, milizie, terroristi, o contro PMC (*Private Military Companies*), il confine tra combattenti legittimi e civili risulta particolarmente labile.

A ciò si aggiungano le difficoltà determinate dal cambiamento di *status* dei civili che partecipano direttamente alle ostilità (*Directly Participate in Hostilities* – DHP), secondo le

regole del DIU, solo per il tempo della partecipazione, perdono la loro protezione. Oppure l'ipotesi degli scudi umani, che possono essere coinvolti da un attacco ove in determinate circostanze, siano a protezione di obiettivi militari legittimi, sia se intenzionalmente o costretti con la violenza. Ben si può immaginare che, in analoghe situazioni, il Comandante militare sia tentato ad un impiego diffuso di ANL, che consentano, in un secondo momento, di appurare le singole posizioni individuali, piuttosto che impiegare i sistemi tradizionali, che difficilmente consentono l'opportunità di un interrogatorio *ex post facto*.

#### **4.4.3 Impiego del sistema HPEP: *secondary effects* e CDEM**

Nell'ambito della pianificazione operativa, una delle maggiori difficoltà che si incontra correntemente consegue alle limitate capacità della metodologia in uso per la valutazione dei danni collaterali, la cosiddetta CDEM (*Collateral Damage Estimation Methodology*). Tale stima è il risultato di una complessa analisi prodotta da un *software* in cui vengono inserite le caratteristiche del *target*, i relativi DMPI (*Desired Mean Point of Impact*), l'armamento che si intende utilizzare con le relative mitigazioni, etc. Ciò che la CDEM non tiene in considerazione, tuttavia, sono i cosiddetti *secondary effect* ed il *pattern of life*. In altre parole, lo sgancio di una bomba su un veicolo, ad esempio, potrebbe produrre uno scoppio secondario del serbatoio, con effetti non contemplati dal *software* utilizzato, determinando una violazione delle norme umanitarie. Altrettanta deficienza del sistema si avverte con riguardo alla possibilità che, al momento di uno sgancio o, comunque, di un attacco, nelle vicinanze del *target* siano presenti civili, magari di passaggio, che vengano coinvolti negli effetti dell'attacco stesso.

Queste difficoltà, nella prassi operativa, vengono colmate con una analisi giuridica di tipo empirico, svolta dal Comandante che autorizza l'ingaggio dell'obiettivo (il *Tactical Command* - TACOM, generalmente) insieme al proprio *Legal Advisor* nell'imminenza dell'attacco. Frequente è il caso che l'ultimo controllo prima dell'attacco risulti negativo per cause incidentali, come quelle accennate, tali da determinare l'aborto della missione o l'adozione di soluzioni alternative non pianificate.

Con riferimento all'impiego del sistema HPEP, in particolare, si ritiene che la problematica di cui sopra risulti amplificata. Nell'ipotesi di impiego del HPEP contro sistemi di comunicazione nemica, oltre a doversi appurare la legittimità dell'obiettivo e l'assenza, quantomeno presunta con adeguata confidenza, di effetti collaterali sulla popolazione civile – alla stregua di quanto avviene nell'ipotesi di impiego di armi "cinetiche" tradizionali – risulta necessario valutare con prudenza la possibilità di specifici effetti secondari.

Si immagini, all'uopo, l'inibizione di un sistema di comunicazione come il controllo del traffico aereo o di un sistema di emergenza. Quali sono gli effetti secondari che sono a prodursi e quali, di questi, devono essere tenuti in considerazione per garantire la legittimità dell'attacco? La discriminazione tra cosa sia rilevante o meno, nel caso di specie, assurge ad una valutazione di particolare complessità, che, ancora una volta, non può essere demandata, *sic et simpliciter*, al Comandante militare.

#### **4.4.4 Considerazioni finali**

Dalle precedenti considerazioni risulta evidente l'esigenza di una adeguata regolamentazione, di *Tactics, Techniques, and Procedures* (TTP) e ROE coerenti con il DIU e di un adeguato addestramento del personale prima di impiegare tali sistemi in battaglia. Al di là del progresso tecnologico sarà sempre importante fornire agli Stati ma soprattutto agli attori ultimi che si troveranno a prendere decisioni difficili in tempistiche ridotte, uno strumento normativo adeguato, completo e coerente.

## 5.Capitolo V

### 5.1 Ipotesi di scenari di impiego in operazioni MOOTW del sistema HPEP

I seguenti scenari delineano una serie di condizioni ipotetiche in cui il sistema HPEP potrebbe essere impiegato.

#### 5.1.1 Difesa di una postazione di Comando e Controllo

In uno scenario di operazione UN *peace enforcement*, l'elicottero HH-101 è chiamato a supportare l'intervento delle truppe di difesa terrestre, volte a ripristinare l'ordine e l'area di sicurezza attorno alla postazione di Comando e Controllo. Nei dintorni della NTZ (*No Trespassing Zone*) la popolazione locale è stata sobillata alla rivolta dalla fazione di una organizzazione terroristica, che approfittando della confusione cerca di penetrare nella postazione di Comando e Controllo per effettuare un attacco suicida con un veicolo terrestre carico di esplosivo. Il velivolo, in *hovering* nell'area, illumina il veicolo prima che penetri nelle prime linee di difesa, consentendo agli artificieri di bonificare successivamente l'auto. Nessun ferito è stato ipotizzato.

#### 5.1.2 Missione di guerra elettronica

Il sistema, installato sull'HH-101 della Aeronautica Militare Italiana, potrebbe essere utilizzato durante una missione a supporto di un rischieramento. Durante una operazione CAS con forze speciali per arrestare il *leader* di una cellula terroristica, l'*intelligence* scopre un edificio con componentistica elettronica sofisticata, che viene usata per pianificare attacchi e allestire armamento di precisione. Illuminando l'edificio, non schermato contro le radiazioni, si distruggono tutti i componenti, eliminando quindi la minaccia. Nessun ferito è stato ipotizzato.

#### 5.1.3 Missione anti pirateria

Il sistema installato su HH-101 *Ceasar* della Marina Militare Italiana potrebbe immobilizzare eventuali natanti con a bordo pirati mentre questi stanno tentando l'abbordaggio di una nave mercantile. Una volta disabilitato il natante con a bordo i pirati questi possono essere affiancati dalle forze speciali ed arrestati. Nessun ferito è ipotizzato.

#### **5.1.4 Cattura di un terrorista in fuga**

Il sistema, installato sul HH-101 della Aeronautica Militare Italiana, potrebbe essere utilizzato durante una missione a supporto di un rischieramento. Durante una operazione CAS con forze speciali per arrestare il *leader* di una cellula terroristica, questo scappa con un'autovettura lungo le strade del conglomerato urbano, sfuggendo alla cattura. Il velivolo dopo aver identificato l'autovettura grazie ai FAC a terra attende che l'automezzo sia in una zona libera per illuminarlo e disabilitarlo, consentendo così l'arresto della fuga e il contemporaneo arresto del terrorista in fuga. Alcuni feriti dovuti alla guida del terrorista, precedenti l'intervento del HPEP.

### **5.2 Ipotesi di scenari di impiego in operazioni di *Homeland Security* del sistema HPEP**

#### **5.2.1 Operazione anti droga in acque nazionali**

Il sistema, installato su elicottero in dotazione alle Forze di Polizia, potrebbe essere utilizzato per inseguire un natante individuato come possibile soggetto in operazione di contrabbando di sostanze stupefacenti. Il sistema HPEP potrebbe essere usato per bloccare la fuga del natante, in attesa che le Forze di Polizia marittima procedano all'arresto dei sospetti.

#### **5.2.2 Attività di controllo di una zona ad accesso vietato**

Il sistema potrebbe essere utilizzato per isolare gli elementi che disturbano una manifestazione pacifica e attaccano le Forze di Polizia schierate a protezione di una zona vietata ai manifestanti. In questo caso un elicottero delle Forze di Polizia a supporto delle unità di terra, blocca gli eventuali mezzi che tentano di sfondare l'area, consentendo alle stesse di poter procedere all'arresto.

### **5.3 Ipotesi di scenari di impiego in operazioni MOOTW del sistema ADS**

Gli scenari seguenti delineano una serie di condizioni ipotetiche in cui il sistema ADS potrebbe essere impiegato.

#### **5.3.1 Missione anti pirateria**

Il sistema installato su HH-101 *Ceasar* della Marina Militare Italiana potrebbe immobilizzare eventuali pirati, in uno scenario in cui i pirati, dopo aver preso in ostaggio una nave



mercantile, vengono immobilizzati dal sistema ADS il tempo necessario per far giungere sull'imbarcazione sequestrata le forze speciali. Nessun ferito è ipotizzato.

### **5.3.2 Difesa di una postazione di Comando e Controllo**

In uno scenario di operazione di *peace enforcement* in un paese arabo, l'elicottero HH-101 è chiamato a supportare l'intervento delle truppe di difesa terrestre, volte a ripristinare l'ordine e l'area di sicurezza attorno alla postazione di Comando e Controllo. Nei dintorni della NTZ la popolazione locale è stata sobillata alla rivolta da una fazione di una organizzazione terroristica, che approfittando della confusione cerca di penetrare nella postazione di Comando e Controllo per effettuare un attacco suicida. Il velivolo, in *hovering* nell'area, illumina il terroristi, che immobilizzato dal sistema ADS è prelevato dalle forze di difesa terrestre e isolato dal resto della folla. Sul terrorista vengono ritrovate ingenti quantità di esplosivo. Nessun ferito è stato ipotizzato.

### **5.3.3 Protezione di un convoglio o supporto durante una missione CAS**

Il sistema, installato sul HH-101 della Aeronautica Militare Italiana, potrebbe essere utilizzato durante una missione a supporto di un rischieramento. Durante una operazione CAS a protezione di un convoglio di aiuti umanitari, il convoglio è costretto a fermarsi in un centro altamente urbanizzato, dove un cecchino isolato su un minareto prende di mira il convoglio, provocando feriti. Essendo un luogo di culto, si decide di utilizzare il velivolo equipaggiato con sistema ADS, che immobilizza il cecchino fino all'arrivo delle forze di supporto che lo prendono in consegna. Alcuni feriti dovuti all'azione del cecchino precedente l'intervento del ADS.

### **5.3.4 Missione controllo migranti**

In una operazione di pattugliamento viene individuata un'imbarcazione scoperta con a bordo migranti. Inviando un HH-101 a supporto si riesce ad immobilizzare l'eventuale trafficante da distanze elevate, impedendo che questi abbandoni il controllo della imbarcazione e si confonda con i migranti. Solo dopo aver immobilizzato il conducente del natante è possibile far intervenire le forze di soccorso per mettere in salvo i migranti e procedere al sequestro del natante.

## **5.4 Ipotesi di scenari di impiego in operazioni di *Homeland Security* del sistema ADS**

### **5.4.1 Operazione anti droga in acque nazionali**

Il sistema, installato su elicottero in dotazione alle Forze di Polizia, potrebbe essere utilizzato per inseguire un natante individuato come possibile soggetto in operazione di contrabbando di sostanze stupefacenti ed immobilizzare gli occupanti del natante in attesa che le Forze di Polizia Marittima affianchino il natante e procedano all'arresto dei sospetti.

### **5.4.2 Attività di controllo di una sommossa**

Il sistema potrebbe essere utilizzato per isolare gli elementi che disturbano una manifestazione pacifica e attaccano le Forze di Polizia schierate a protezione della manifestazione. In questo caso un elicottero delle Forze di Polizia a supporto delle unità di terra, immobilizza con il sistema ADS i rivoltosi che attaccano le Forze di Polizia, consentendo alle stesse di poter procedere all'arresto.

## Conclusioni

La gamma delle tecnologie di possibile impiego per applicazioni non-letali è, come si è visto, molto ampia e può andare dalle armi cinetiche a quelle chimiche a quelle elettroniche. Quello che emerge dalla ricerche effettuate è che le ANL si stanno orientando a fornire un mezzo politicamente accettabile per la gestione delle *escalation*. La messa fuori uso di un automezzo o di un posto di comando o il mantenere i ribelli al di fuori di una certa area senza procurare danni collaterali potrebbe permettere di disinnescare crisi ancor prima del nascere (sempre che i sistemi di pubblica informazione contribuiscano fattivamente alla strategia politica).

Benché siano ritenute, almeno potenzialmente, altamente efficaci, al momento non si trovano applicazioni operative di ANL per impieghi aerei. Dalle ricerche effettuate emerge che le maggiori potenze mondiali hanno attivato, già da diversi anni, programmi di ricerca e sviluppo in questo campo. A meno di gruppi di lavoro attivati sotto l'egida della NATO, lo sviluppo di queste tecnologie, così come avviene per i sistemi di guerra elettronica, resta per ora in ambito nazionale.

A tal proposito, nell'ambito della presente ricerca, si è collaborato con l'Università di Roma "Tor Vergata" e con la ditta Elettronica S.p.A. a dimostrazione del fatto che in ambito nazionale è già presente un solido *know-how* che potrebbe permettere di investire in ricerca per uno sviluppo di ANL a medio termine. Le tecnologie presentate, con le limitazioni ed assunzioni che hanno portato ad esse, benché solo a livello di fattibilità iniziale, possono già delineare una direzione per la ricerca in ambito nazionale. Infatti, come già ampiamente rappresentato, data la complessità dei sistemi e delle integrazioni a bordo degli aeromobili, al fine di validare le tecnologie presentate, si renderanno comunque necessari ulteriori studi.

La difficoltà che si ravvisa nella fase iniziale per l'approccio ad applicazioni non-letali per piattaforme aeree sta soprattutto nella novità della tipologia di arma. L'assenza di precedenti e di sistemi d'arma similari, infatti, rende complicata la redazione di un qualsiasi tipo di Requisito Operativo da parte dell'Aeronautica Militare. Una possibile soluzione a questo problema potrebbe essere quella di costituire un gruppo di lavoro *ad hoc* a cui possano partecipare enti della Difesa insieme a rappresentanti delle industrie nazionali in modo da trovare un punto di incontro tra la necessità operativa e la fattibilità tecnica di eventuali sistemi d'arma di nuova concezione.

Ultimo in ordine di trattazione, ma non per questo meno importante, vi è il problema della legalità delle ANL. Abbiamo chiarito che il DIU non le vieta espressamente e che un loro utilizzo in conformità del DIU è possibile. D'altro canto, prendendo come riferimento le RCA, le ANL possono gestire le *escalation* di violenza meglio e con *collateral damage* inferiore alle armi convenzionali. Parallelamente quindi allo sviluppo di queste tecnologie ci dovrà essere una sorta di aggiornamento del Diritto Internazionale Umanitario che possa permettere l'impiego di queste armi.

Così come nel caso dei sistemi di guerra elettronica, anche per il mondo delle ANL, allo sviluppo di una tecnologia corrisponderà lo sviluppo della contromisura a quella specifica tecnologia. Per restare al passo con gli stati tecnologicamente più avanzati, è probabilmente giunto il momento di cominciare ad indirizzare la ricerca in ambito nazionale verso lo sviluppo di sistemi d'arma non letali anche per applicazioni aeree.

# Bibliografia

- [1] P. R. Ehrlich, *The population bomb*, Sierra Club/Ballantine Books, 1968.
- [2] «CAMBIAMENTI ECONOMICI E RISCHI PER LA SICUREZZA,» [Online]. Available: <http://gnosis.aisi.gov.it/gnosis/Rivista24.nsf/ServNavig/17> . [Consultato il giorno 4 8 2016].
- [3] Malthus, *An essay of the principle of the population as it affects the future improvement of society*, BEIC, 1826.
- [4] J. B. Calhoun, «Death Squared: The Explosive Growth and Demise of a Mouse Population,» *Proc. roy. Soc. Med.* , vol. 66, 1973.
- [5] C. Jean, *Manuale di studi strategici*, Franco Angeli editore , 2004.
- [6] «<http://www.defensemедianetwork.com/stories/the-joint-non-lethal-weapons-program/>,» [Online]. Available: <http://www.defensemедianetwork.com/stories/the-joint-non-lethal-weapons-program/>. [Consultato il giorno 13 9 2016].
- [7] [Online]. Available: <http://jnlwp.defense.gov/About/History/> . [Consultato il giorno 13 09 2016].
- [8] A. Massimo, «Le armi non letali,» *Rivista Militare* , n. 3, Maggio 2000.
- [9] NATO, «NATO Policy on Non Lethal Weapons,» 13 10 1999. [Online]. Available: <http://www.nato.int/docu/pr/1999/p991013e.htm>. [Consultato il giorno 30 04 2016].
- [10] F. R. o. T. G. SAS-060, «Non-Lethal Weapons Effectiveness Assessment Developmento and Verification Study,» in *TR-SAS-060*, 2009.
- [11] S. Coleman, «Military Ethics: An introduction with case studies,» vol. 67, 2013.
- [12] C. C. t. I. F. ELIA, «I principi fondamentali nella condotta delle operazioni militari,» *Centro Alti Studi per la Difesa*.
- [13] «Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons,» October 10, 1980.
- [14] «Convention on Prohibitions of the Development, Production, stockpiling and Use of the Chemical Weapons».
- [15] B. Knickerbocker, «The Fuzzy Ethics of Nonlethal Weapons, *CHR. SCI. MONITOR*,» 14 02 2013. [Online]. Available: <http://www.csmonitor.com/2003/0214/p02s01-usmi.html>.

- [16] S. Coleman, "Possible Ethical Problems with Military Use of Non-Lethal Weapons," *Case Western Reserve Journal of International Law* 47, 2015.
- [17] [Online]. Available: <http://www.aeronautica.difesa.it/mezzi/mlinea/Pagine/default.aspx>. [Consultato il giorno 20 8 2016].
- [18] [Online]. Available: <http://www.aeronautica.difesa.it/mezzi/mlinea/Pagine/EFA.aspx>.
- [19] [Online]. Available: [https://it.wikipedia.org/wiki/Lockheed\\_Martin\\_F-35\\_Lightning\\_II](https://it.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Martin_F-35_Lightning_II).
- [20] [Online]. Available: <http://www.aeronautica.difesa.it/mezzi/mlinea/Pagine/C27JSpartan.aspx> . [Consultato il giorno 20 8 2016].
- [21] [Online]. Available: <http://www.aeronautica.difesa.it/mezzi/mlinea/Pagine/C130JHercules.aspx>. [Consultato il giorno 16 8 2016].
- [22] [Online]. Available: <http://www.aeronautica.difesa.it/mezzi/mlinea/Pagine/HH101A.aspx>. [Consultato il giorno 16 8 2016].
- [23] [Online]. Available: <http://www.aeronautica.difesa.it/mezzi/mlinea/Pagine/HH139A.aspx>.
- [24] [Online]. Available: <http://www.aeronautica.difesa.it/mezzi/mlinea/Pagine/MQ9APredatorB.aspx>. [Consultato il giorno 16 8 2016].
- [25] NATO, Allied Joint Doctrine 3.3.
- [26] J. N.-L. W. Directorate, Non-Lethal Weapons (NLW)Reference Book, JNLWD, 2011.
- [27] J. Alhadeff, Le Armi inabilitanti non-Letali, 1999.
- [28] M. Costa, Psicologia militare. Elementi di psicologia per gli appartenenti alle forze armate, Franco Angeli , 2006.
- [29] «Convenzione sulla Proibizione delle Armi Chimiche di Parigi,» 1993.
- [30] «Research Paper NATO and the challenge of non-lethal weapons,» vol. Cees M. COOPS, n. 39, Settembre 2008.
- [31] S. e. W. A. R. (. C. Manuel. W. Wik (Defence Materiel Administration, «Background and status of the standardization work in the International Electrotechnical Commission (IEC)».

- [32] E. S. William Radasky, «Meta-R-323 Intentional Electromagnetic Interference and Its Impact on the U.S. Power Grid,» 2010.
- [33] A. Hramov, Virtual Cathode Oscillators Perspective High Power Microwave Sources”.
- [34] «Non-Lethal Weapons Program U.S. Department of Defense,» [Online]. Available: <http://jnlwp.defense.gov>.
- [35] Applied Research Laboratories, Narrative Summary and Independent Assessment of the Active Denial System, PennState University, 11 Febbraio 2008.
- [36] W. C. E. F. P. a. T. W. Mariusz Hruszowiec, Gyrotron Technology, Wrocław, Poland: Terahertz Technology Center, Wrocław University of Technology.
- [37] U. document, «Non - Lethal Weapons,» Office of Naval Research n. ONRBAA14-008.
- [38] C. Kopp, «Chronicles The Electromagnetic Bomb - a Weapon of Electrical Mass Destruction,» *US Air Force Air & Space Power Journal* , n. APA Mirror, 2014.
- [39] F.Sperotto, Lineamenti di diritto internazionale dei conflitti armati.
- [40] L. Vierucci, «Sulla nozione di obiettivo militare nella guerra aerea: recenti sviluppi della giurisprudenza internazionale,» *Rivista di Diritto internazionale*, pp. 693-735, 2006.
- [41] PROTOCOLLO AGGIUNTIVO ALLE CONVENZIONI DI GINEVRA DEL 12 AGOSTO 1949 RELATIVO ALLA PROTEZIONE DELLE VITTIME DEI CONFLITTI ARMATI INTERNAZIONALI, Ginevra, 1977.
- [42] P. VERRI, Appunti di diritto bellico, Roma, 1990.
- [43] «IV Convenzione Di Ginevra Per La Protezione Delle Persone Civili In Tempo Di Guerra,» Ginevra , 1949.
- [44] «Geneva Convention for the Amelioration of the Condition of the Wounded and Sick in Armed Forces in the Field,» in *art. 3(1), 6 U.S.T. 3114, 3116, 75 U.N.T.S. 31, 32*, Geneva , Aug. 12, 194.
- [45] «The Active Denial System, Obstacles and Promise,» *Institute for the Theory and Practice of International Relations*, 2013.
- [46] «UN Convention on the Prohibition of the use, stockpiling production and transfer of anti-personnel mines and on their destruction,» 1997.
- [47] «Use of Nuclear, Biological or Chemical Weapons: Current International Law and Policy Statements,» 2003.

- [48] A. V. David C. Gompert et al., «Under kill: Scalable Capabilities for Military Operations Among Populations,» *RAND*, 2009.
- [49] Manual on International Law Applicable to Air and Missile Warfare, Program on Humanitarian Policy and Conflict Research, Bern: Università di Harvard (HPCR, 2009.
- [50] *TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO*, D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81.
- [51] *IV Convenzione dell'Aja concernente le leggi e gli usi della guerra terrestre e regolamento annesso*, 1907.
- [52] [Online]. Available: <http://www.icnirp.org/en/frequencies/high-frequency/index.html>.
- [53] [Online]. Available: <http://www.icnirp.org/en/frequencies/high-frequency/index.html>.
- [54] J. Altmann, Millimetre Waves, Lasers, Acoustics for Non-Lethal Weapons Physics Analyses and Inferences'.
- [55] S. Orbons, «Do Non-Lethal Capabilities License to “Silence”,» *Journal of Military Ethics*,, vol. 9, n. 10, 2010.
- [56] A Narrative Summary and Independent Assessment of the Active Denial System, State College, PA: Penn State Applied Research Laboratory, 2008.
- [57] H. R. Watch, «Uganda: Investigate Use of Lethal Force During Riots,» April 9, 2012.
- [58] S. K. Blank, The Active Denial System: A Legal Review of The U.S. Military's Latest Non-Lethal Weaponry System, Law of War, Law of War.
- [59] A. International, «US Authorities Urged to Control Tasers».
- [60] A. International, « Arming the Torturers: Electro-shock Torture and the Spread of Stun Technology,» Amnesty International Press, Washington, DC, 1997.
- [61] H. R. Watch, «“China: Refrain from Using Excessive Force Against Protests,» January 26, 2012,.
- [62] Theo van Boven, Report of the Special Rapporteur on the Question of Torture on the Trade and Production of Equipment Specifically Designed to Inflict Torture, New York: United Nations Economic and Social Council Commission on Human Rights, 2004.
- [63] K. e. al., A Narrative Summary and Independent Assessment of the Active Denial System, College Station, PA: Penn State Applied Research Laborator, 2008.



- [64] J. C. a. J. Ederheimer, Conducted Energy Devices: Development of Standards for Consistency and Guidance, U.S. Department of Justice.
- [65] S. LeVine, The Active Denial System A Revolutionary, Non-lethal Weapon for Today's Battlefield, Center for Technology and National Security Policy National Defense University, 2009.
- [66] *[1] Disposizioni urgenti in materia di contrasto a fenomeni di illegalità e violenza in occasione di manifestazioni sportive, di riconoscimento della protezione internazionale, nonché per assicurare la funzionalità del Ministero dell'interno*, DL 119 del 22 agosto 2014.
- [67] J. Rainey, «A Safer Weapon, With Risks,» *Los Angeles Times*, 2006.

## NOTA SUL Ce.Mi.S.S. e NOTA SUGLI AUTORI

### Ce.Mi.S.S.<sup>1</sup>

Il Centro Militare di Studi Strategici (Ce.Mi.S.S.) è l'Organismo che gestisce, nell'ambito e per conto del Ministero della Difesa, la ricerca su temi di carattere strategico.

Costituito nel 1987 con Decreto del Ministro della Difesa, il Ce.Mi.S.S. svolge la propria opera valendosi di esperti civili e militari, italiani ed esteri, in piena libertà di espressione di pensiero.

Quanto contenuto negli studi pubblicati riflette quindi esclusivamente l'opinione dei Ricercatori e non quella del Ministero della Difesa.

### Alessandro MORELLI



Il Cap. G.A.r.n. MORELLI Ing. Alessandro proviene dai Corsi Regolari dell'Accademia Aeronautica (Borea V) ed è laureato in Ingegneria Elettronica. Ha frequentato il corso che gli ha permesso di conseguire la qualifica di sperimentatore di sistemi presso la *Cranfield University* nel Regno Unito.

È attualmente impiegato presso il Gruppo Tecnico del Reparto Sperimentale Volo in qualità di Capo Sezione Compatibilità Elettromagnetica.

### Raffaele QUARTUCCI



Il Cap. G.A.r.n. QUARTUCCI Ing. Raffaele proviene dai Corsi Regolari dell'Accademia Aeronautica (Centauro V) ed è laureato in Ingegneria Aerospaziale. Ha frequentato il corso che gli ha permesso di conseguire la qualifica di sperimentatore di volo presso la *United States Navy Test Pilot School* negli Stati Uniti.

È attualmente impiegato presso il Gruppo Tecnico del Reparto Sperimentale Volo in qualità di Capo Sezione Armamento.

---

<sup>1</sup> [http://www.difesa.it/SMD/\\_CASD/IM/CeMiSS/Pagine/default.aspx](http://www.difesa.it/SMD/_CASD/IM/CeMiSS/Pagine/default.aspx)



*Stampato dalla Tipografia del  
Centro Alti Studi per la Difesa*

ISBN 978-88-99468-47-7



9 788899 468477 >