
SECTION V. STUDENT EVALUATION

**Testing
Requirements**

This instruction will prepare the students to pass the CT.

**Feedback
Requirements**

Rapid and immediate feedback is essential to effective learning. Schedule and provide feedback on the evaluation and any information to help answer the students' questions about the test. Provide remedial training as needed.

APPENDIX A. VIEWGRAPH (VGT) MASTERS

VGT 1: Tier I: Depleted Uranium General Awareness
VGT 2: Learning Objectives
VGT 3: Learning Objectives, cont.
VGT 4: In Summary
VGT 5: In Summary, cont.
VGT 6: In Summary, cont.
VGT 7: In Summary, cont.
VGT 8: In Summary, cont.
VGT 9: In Summary, cont.
VGT 10: In Summary, cont.
VGT 11: In Summary, cont.
VGT 12: Check on Learning
VGT 13: Questions

APPENDIX B GLOSSARY OF TERMS

TERM	DEFINITION
Abrams Heavy Armor	Armor protection on M1-series tanks that contains DU.
AN/PDR-77	A radiation measuring instrument used by the US Army. The AN/PDR-77 is usually found in chemical companies.
AN/VDR-2	The standard radiation measuring instrument found in all company level units of the US Army.
Depleted uranium (DU)	Depleted uranium is a dense, slightly radioactive metal used by the US and other forces in munitions and armor.
Ingestion	Ingestion means to take into the body through the mouth.
Inhalation	Inhalation means to take into the body by breathing.
MOPP	Mission-oriented protective posture.
Penetrator	The penetrator is the part of a munition that pierces a target.
SABOT (discarding SABOT)	Discarding SABOT ammunition is ammunition that contains a smaller projectile within a large jacket. The jacket separates from the projectile after it leaves the barrel, and the projectile travels on to the target by itself. Discarding SABOT ammunition travels very fast and is the primary armor-piercing munition used by the US Army.

APPENDIX C. STUDENT HANDOUTS

Attached is a copy of GTA 3-4-1A, Depleted Uranium Awareness. Either give each student the GTA 3-4-1A or photocopy the next two pages for each student.

ALLEGATO 4

Annesso

al fgl n. NBC 80/

/G12-1

in data

*Scuola Interforze
per la Difesa Nucleare Biologica Chimica*



**CONFIGURAZIONE DEGLI ELEMENTI DEL RISCHIO
CONSEQUENTE AL POSSIBILE IMPIEGO
DELL'URANIO IMPOVERITO (DU -DEPLETED URANIUM)**

RIETI

Aprile 2000

INDICE

PREMESSA

1. Natura dell'Uranio Impoverito e suo impiego in campo civile e militare
2. Rischio associato all' esposizione dell'uomo all'Uranio impoverito
3. Rivelazione di allarme e di controllo e norme cautelative per la protezione del personale dai rischi derivanti dall'esposizione all'Uranio impoverito:
 - a. Rivelazione di allarme e norme cautelative
 - b. Rivelazione di controllo e norme cautelative

APPENDICE 1: Direttive generali per la manipolazione, l'imballaggio ed il trasporto di dispositivi contaminati da DU.

APPENDICE 2: Bibliografia e riferimenti normativi

PREMESSA

La minaccia nucleare che si configura nell'attuale scenario operativo è caratterizzata da una serie di rischi derivanti, oltre che dal potenziale impiego dell'arma nucleare, dal possibile rilascio di sostanze radioattive utilizzate nelle tecnologie militari e civili, o a seguito di incidenti ad impianti nucleari danneggiati per azioni accidentali o volontarie.

Quest'ultima tipologia di rischio è particolarmente significativa nelle operazioni a sostegno della pace, nelle quali è rilevante la responsabilità dei Comandi nel salvaguardare il personale anche dai rischi minori associati alle basse dosi di radiazioni (LLR - Low Level Radiation), le quali comportano danni latenti di carattere probabilistico che si manifestano a lungo termine.

La NATO ha preso coscienza del vuoto normativo nello specifico settore militare ed ha emanato la Direttiva ACE 80-63 denominata *"Policy ACE per le misure difensive contro i pericoli delle radiazioni di basso livello durante le Operazioni Militari"* cui è seguita l'elaborazione dello STANAG 2473 denominato *"Guida per i Comandanti sull'esposizione alle radiazioni di basso livello nelle Operazioni Militari"*, volto a chiarire compiti, responsabilità e procedure nello specifico settore.

Nelle more della promulgazione del suddetto STANAG, per soddisfare l'esigenza delle operazioni in corso di svolgimento fuori area, si è ritenuto di adottare quali limiti di riferimento per gli interventi in presenza di rischio LLR quelli previsti dalla normativa radioprotezionistica civile nazionale rappresentata dal D.L. 230/95.

Tra le possibili sorgenti di LLR particolare attenzione va posta nei confronti dell'Uranio Impoverito (che nel seguito sarà indicato con la sigla DU – dall'inglese Depleted Uranium). Questo materiale, disponibile in grandi quantità essendo un sottoprodotto dell'industria nucleare, date le sue caratteristiche fisiche di elevata densità e resistenza, è utilizzato per la fabbricazione di dispositivi impiegati in campo civile e militare.

La trattazione che segue, elaborata in collaborazione con il CISAM (Centro Interforze Studi e Applicazioni Militari), si prefigge lo scopo di configurare gli elementi caratteristici del rischio connesso con l'impiego del DU, fornendo le nozioni tecnico-scientifiche di base necessarie per comprendere meglio la natura del problema e le misure di protezione da attuare per salvaguardare l'incolumità del personale

I. NATURA DELL'URANIO IMPOVERITO E SUO IMPIEGO IN CAMPO CIVILE E MILITARE

L'uranio naturale, così come viene estratto dai minerali che lo contengono, è costituito da una miscela di tre isotopi nelle proporzioni riportate nella tabella seguente:

ISOTOPO	%
U^{238}	99.28
U^{235}	0.71
U^{234}	0.0056

Tab. 1: composizione isotopica dell'uranio naturale.

Per poter essere impiegato come combustibile nelle centrali nucleari, l'uranio deve avere una concentrazione di U^{235} intorno al 3.5%, ed è per questo motivo che l'uranio naturale viene "arricchito" mediante un processo di separazione che si può schematizzare come in Fig. 1.

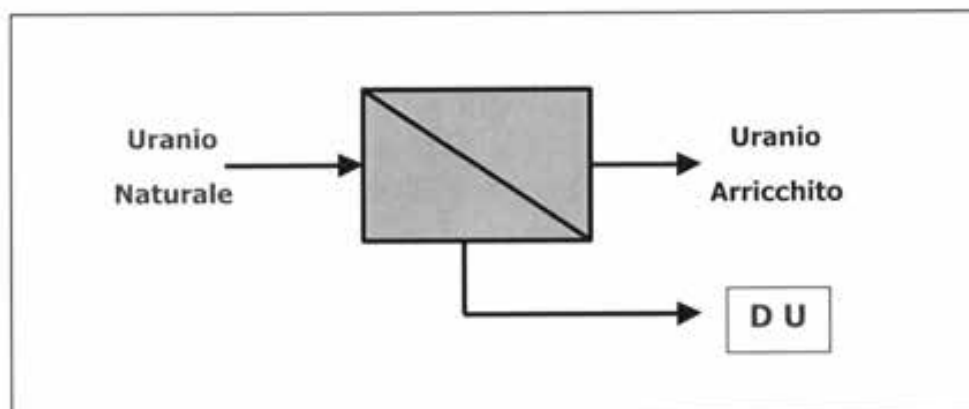


Fig. 1: schema semplificato del processo di produzione dell'uranio arricchito.

Da questo processo si ottiene il combustibile nucleare ed un prodotto "di scarto" povero di U^{235} che è proprio il DU, la cui composizione isotopica media è riportata nella tabella seguente:

ISOTOPO	%
U^{238}	99.8
U^{235}	0.199
U^{234}	0.0010

Tab. 2: composizione isotopica del DU.

Per le sue caratteristiche di alta densità (19 g/ml contro gli 11.35 g/ml del piombo), resistenza meccanica, basso costo e disponibilità, il DU è utilizzato in applicazioni non nucleari civili e militari.

Tra gli impieghi più diffusi ricordiamo:

- realizzazione di zavorre e contrappesi per velivoli civili e militari, imbarcazioni e sistemi missilistici;
- costruzione di schermature radiologiche per contenitori di sorgenti di radiazioni di elevata attività quali quelle al Co^{60} (Cobalto 60) o Cs^{137} (Cesio 137) per terapia radiante;
- blindatura di zone sensibili di alcuni mezzi corazzati quale, ad esempio, il carro USA Abrams;



- produzione di munizionamento anticarro ad alto potere penetrante (ad esempio nei proiettili di calibro 30 mm, impiegati dalla mitragliatrice del caccia USA A-10 "Thunderbolt").



2. RISCHIO ASSOCIATO ALL'ESPOSIZIONE DELL'UOMO ALL'URANIO IMPOVERITO

a. Proprietà chimiche e radiologiche dell'Uranio Impoverito

Le proprietà chimiche del DU sono, per quanto detto, quelle dell'Uranio metallico che è un elemento altamente reattivo.

Esso reagisce facilmente con i composti non metallici ed è un forte riducente, soprattutto in ambiente acquoso.

L'Uranio possiede proprietà piroforiche, soprattutto se finemente suddiviso sotto forma di polvere; ciò significa che può incendiarsi spontaneamente a temperature intorno a $600 + 700$ °C.

È solido a temperatura ambiente, e se esposto all'aria si ossida lentamente assumendo inizialmente una colorazione giallo-oro per poi diventare sempre più scuro fino ad avere un colore nero dopo tre o quattro settimane. Il film di ossido che si forma sulla superficie non è in grado di proteggere il resto del materiale dall'attacco di agenti chimici esterni, di conseguenza il processo di ossidazione prosegue facilmente anche all'interno del manufatto.

Dalla reazione dell'Uranio con altri elementi si ottengono diversi composti che, qualora incorporati nell'organismo umano, presentano caratteristiche tossicologiche diverse a seconda della loro solubilità.

I composti solubili, facilmente assorbiti dalle mucose interne, vengono incorporati nel flusso sanguigno e agiscono negativamente a livello renale determinando vari effetti che regrediscono al termine dell'esposizione.

I composti insolubili non pongono molti problemi dal punto di vista tossicologico poiché, se ingeriti, possono essere facilmente espulsi mediante i normali processi fisiologici.

Per contro, qualora venissero inalati, potrebbero rimanere negli alveoli per lunghi periodi di tempo (mesi o addirittura anni) ed ci sarebbero effetti nocivi dovuti alle proprietà radiologiche dell' U^{238} .

Per quanto attiene alle proprietà radiologiche del DU, come si è detto, esso è costituito principalmente da Uranio 238, capostipite della omonima famiglia radioattiva naturale.

Il processo di riduzione a Uranio metallico determina la separazione dell'Uranio dai radioelementi figli, in precedenza, in equilibrio secolare.

Sono così rimossi il Th234 (Torio 234) e il Pa234 (Protattinio 234) che sono i primi due radioelementi figli che si incontrano di seguito al capostipite U238.

L'Uranio decadendo dà nuovamente luogo alla formazione dei suoi discendenti, in particolare si formano quelli diretti che, caratterizzati da tempi di dimezzamento brevi, tendono a raggiungere in breve tempo l'equilibrio secolare.

Il tempo di dimezzamento dell' U^{238} ($4,5 \cdot 10^9$ anni) è molto più elevato del tempo di dimezzamento del Torio234 (24,1 giorni) e di quello del Protoattinio 234 (1,2 m) e ne consegue che in circa sei mesi l'attività dei due isotopi figli raggiunge quella dell' U^{238} .

L'Uranio 238 è un emettitore alfa-gamma, il Torio 234 e il Protoattinio 234 sono emettitori beta-gamma. Il Protattinio 234 è inoltre caratterizzato da energie dei gamma emessi più elevate di quelle relative al Th234 e all' U^{238} .

In conseguenza di quanto indicato, conservativamente, le misure e le valutazioni protezionistiche sono riferite al DU in condizioni di equilibrio secolare con il Th234.

Nelle suddette condizioni, ed a titolo di esempio, sulla superficie laterale di un dardo integro si può valutare un rateo di dose di circa 0,5 mGy/h che decresce a circa 0,05 mGy/h a circa 70 cm di distanza.

Il limite annuale di introduzione (ALI) per inalazione e la concentrazione derivata in aria (DAC), per lavoratori esposti, per l' U^{238} , così come previsto dal DL 230/95, è il seguente:

ALI (inal.)	50 KBq	per composti solubili;
	30 KBq	per meno solubili
	2 KBq	per altamente insolubili
DAC	20 Bq/m ³	per composti solubili;
	10 Bq/m ³	per meno solubili
	0,7 Bq/m ³	per altamente insolubili

L'ALI per inalazione per le persone del pubblico è:

ALI (inal.)	1 KBq	per composti solubili;
	600 Bq	per meno solubili;
	40 Bq	per altamente insolubili.

L'ALI per ingestione per le persone del pubblico è:

ALI (ingest.)	10 KBq	per composti inorganici solubili
	200 KBq	per composti insolubili

b. Esposizione dell'uomo all'Uranio ImpoveritoPremessa

Nel presente paragrafo viene configurato il rischio di esposizione esterna ed interna del personale all'Uranio Depleto, utilizzato in **proiettili anticarro tipo PGU-14 di calibro 30 mm**, sulla base dei fenomeni diffusivi conseguenti al loro impatto sui bersagli.

Tale munizionamento, è costituito da un dardo di 292 gr di DU (denominato penetratore), da un componente in lega metallica denominato "Sabot" e dal bossolo anch'esso di materiale metallico.

Esposizione esterna

L'esposizione esterna si ha quando il corpo umano è irradiato da sorgenti radioattive esterne all'organismo.

Ai fini della valutazione delle misure di protezione da adottare nel caso di esposizione esterna, si riporta una tabella recante le indicazioni strumentali fornite dall'intensimetro RA141B senza apportare alcuna correzione di efficienza geometrica o energetica. misure di intensità di Dose nell'area circostante al dardo effettuate in laboratorio con strumentazione di vario tipo:

INDICAZIONI STRUMENTALI ATTORNO A UN DARDO DU

Rivelatore	Distanza in cm dalla superficie laterale del dardo				
	1	10	100	200	limite di rivelabilità
RA141B, con GM, GF144, chiuso	4,5 µGy/h	0,1µGy/h	non rivel.	non rivel.	15 cm
RA141B, con GM, GF144, aperto	80 µGy/h	10 µGy/h	non rivel.	non rivel.	50 cm

I suddetti dati ci consentono di affermare che il rischio di esposizione si ha solo nell'immediata vicinanza del dardo e può essere evitato ponendosi a debita distanza oppure utilizzando un'adeguata schermatura soprattutto per la radiazione gamma che ha maggior potere penetrante rispetto a quella beta.

Esposizione interna

L'esposizione interna è conseguente alla contaminazione interna da DU che si ha quando esso viene incorporato nell'organismo a seguito di ingestione, inalazione o ferite aperte.

L'incorporazione, comporta danni all'organismo causati principalmente dalle proprietà tossiche chimiche dei composti di Uranio solubili e dalla radioattività di quelli insolubili che qualora inalati, se hanno dimensioni dell'ordine del micron o inferiori, permangono negli alveoli polmonari.

In particolare, l'impiego di proiettili al DU durante la Guerra del Golfo, ha evidenziato che nel caso in cui il dardo colpisca un corpo di notevole durezza (carro armato, roccia, etc.) per l'elevata energia posseduta nell'impatto raggiunge alte temperature che ne determinano l'incendio, la vaporizzazione e la dispersione fine nell'ambiente circostante.

Le modalità di deposizione al suolo degli aerosol è funzione delle dimensioni dei granuli che lo costituiscono.

In tempi dell'ordine dell'ora si ha la deposizione al suolo, nell'area più prossima al punto d'impatto, di quelli con diametro dell'ordine delle decine di micron e in tempi più lunghi e in aree più estese la deposizione dei granuli con diametri inferiori ai 10 micron.

In ogni caso le condizioni che regolano la formazione dell'aerosol, la sua permanenza in aria, la deposizione al suolo e l'estensione dell'area interessata sono varie e di difficile quantizzazione.

Tra queste condizioni variabili si possono ricordare come particolarmente importanti le modalità e il punto d'impatto, le condizioni meteorologiche e le caratteristiche geomorfologiche ambientali.

Nel caso che un proiettile da 30 mm al DU abbia colpito un bersaglio di sufficiente durezza disintegrandosi si possono valutare i livelli di Radioattività da Uranio impoverito riscontrabili sul terreno circostante.

Nella tabella che segue sono riportati, in funzione del raggio dell'area di dispersione e del numero di dardi, ipotizzati integralmente disintegrati, i valori conservativi delle concentrazioni superficiali di DU al suolo.

In merito al numero di dardi disintegrati sul bersaglio o nelle immediate prossimità si fa notare che la velocità dell'aereo e le modalità di sparo dei proiettili DU rendono alquanto improbabile che uno stesso mezzo corazzato venga colpito da più dardi. In ogni caso è stata considerata la possibilità di avere fino a due dardi dispersi in un'area con raggio di 10 metri dal punto di impatto e di avere la dispersione integrale di più di due dardi per aree di raggio superiore.

La seguente tabella ipotizza assenza di vento e una dispersione circolare uniforme.

Dispersione del DU

Lato area di dispersione (m)	N. Dardi al DU	Att. totale dispersa (MBq)	Peso di DU disperso (g/m ³)	Attività superf. di DU (kBq/m ²)
10	1	4,3	2,92	43
25	1	4,3	0,46	6,8
50	1	4,3	0,12	1,7
100	1	4,3	0,03	0,4
10	2	8,6	5,84	27,2
25	3	12,9	1,40	20,6
50	4	17,2	0,47	6,8
100	5	21,5	0,15	2,15

Concentrazioni di DU superiori a quella più elevata, riportata nella tabella precedente, potrebbero eventualmente trovarsi sulle superfici di parti interne di un carro colpito.

L'esposizione interna di persone potrebbe avvenire nella forma più grave, per inalazione, se le persone stesse dovessero essere presenti in prossimità del punto di disintegrazione, in tempi immediatamente seguenti il momento dell'impatto di un proiettile all'Uranio impoverito.

Successivamente, a ricaduta al suolo avvenuta, il DU presente può causare esposizione per inalazione solamente nel caso di risospensione di polvere dal terreno.

Dal punto di vista protezionistico si può far notare che, anche considerando la concentrazione superficiale più elevata della precedente tabella (27,2 kBq/m²), nell'ipotesi di un fattore di risospensione conservativo di 10⁻⁶.m⁻¹, si avrebbe per l'aria sovrastante l'area contaminata una concentrazione di DU in aria di 0,027 Bq/m³. Detta concentrazione risulta circa 30 volte inferiore alla concentrazione in aria indicata nel D.Lgs. 230/95 per i lavoratori esposti nelle aree dove possono operare fino a 40 ore per settimana.

3. RIVELAZIONE DI ALLARME E DI CONTROLLO E NORME CAUTELATIVE PER LA PROTEZIONE DEL PERSONALE DAI RISCHI DERIVANTI DALL'ESPOSIZIONE ALL'URANIO IMPOVERITO

a. Rivelazione di allarme e norme cautelative

La rivelazione di allarme consiste nelle attività poste in essere da Unità, non necessariamente specializzate NBC o appartenenti al Reggimento NBC, per segnalare al Comando responsabile delle Operazioni condizioni di rischio derivanti dall'individuazione di proiettili al DU o suoi componenti nonché mezzi corazzati colpiti con proiettili al DU.

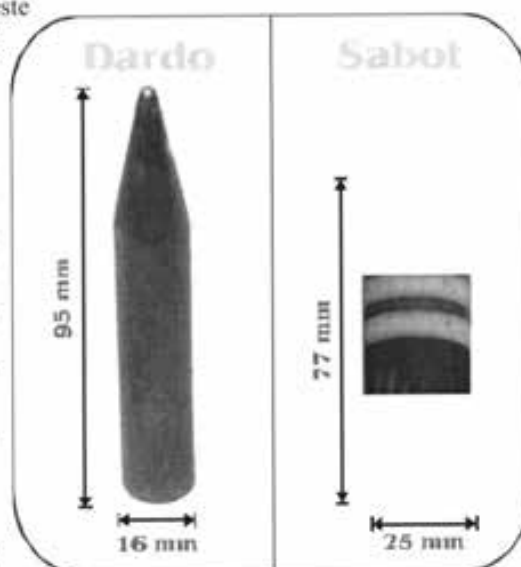
Per quanto attiene al possibile rinvenimento di proiettili o parti di proiettile al DU, come già precisato, si è in possesso di dati relativi a quelli tipo PGU-14 di calibro 30 mm che quando non colpiscono il mezzo corazzato possono essere rinvenuti integri, ad esempio conficcatisi nel suolo, e si presentano come nella figura a lato.

Poiché il proiettile è costituito dal dardo di DU e dal "Sabot" di altra lega metallica, queste parti potrebbero essere rinvenute anche separatamente.

Il rinvenimento del proiettile o sue parti costituenti comporta una segnalazione di allarme poiché l'area interessata potrebbe essere contaminata da polvere di DU dispersa da proiettili che avendo colpito il bersaglio si sono distrutti e da dardi conficcatisi nel suolo.

In talune circostanze, sebbene non vengano ritrovate parti di proiettile, tuttavia, dall'osservazione dei danni subiti dai mezzi corazzati, sarà possibile desumere il loro impiego

attraverso l'individuazione di fori ben contornati aventi diametro di circa 16 mm causati da dardi perforanti.



In tal caso, pur non potendo affermare con certezza che siano stati impiegati proiettili al DU, in quanto anche quelli con dardo al tungsteno provocano analogo effetto, si configura comunque una potenziale situazione di rischio, che richiede la segnalazione di allarme.

I dati raccolti hanno dimostrato che quando il mezzo corazzato viene centrato dalla raffica sparata dal cannone

rotante da 30 mm dell'aereo USA A10, che potrebbe impiegare il munizionamento al DU, si ritrovano anche diversi dardi o pezzi di dardo integri conficcati al suolo o i relativi "sabot" che, avendo minor potere penetrante, rimangono in superficie entro una cinquantina di metri dal punto di impatto.



Norme cautelative

Il personale, in caso di rinvenimento di proiettili al DU o di mezzi corazzati colpiti dovrà mantenere il seguente comportamento:

- **indossare una maschera antipolvere e un paio di guanti a perdere, se in dotazione, oppure la maschera antiNBC e i guanti dell'indumento protettivo permeabile, soprattutto in periodi di siccità o vento forte in cui maggiore è il pericolo della risospensione delle polveri contaminanti di DU;**
- **ridurre al tempo strettamente necessario la permanenza nell'area;**
- **diramare la segnalazione di allarme a tutti i reparti interessati ed alla Unità specializzate NBC comunicando la zona del ritrovamento;**
- **non raccogliere o spostare i pezzi sospetti;**
- **segnalare, anche con tabelle di fortuna, la presenza del pericolo.**