

ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ

Το ουράνιο (U) είναι ένα φυσικό ραδιενεργό στοιχείο, το οποίο στην καθαρή του μορφή έχει αργυρό χρώμα και αποτελεί ένα βαρύ μέταλλο. Έχει ειδικό βάρος 19 g/cm^3 και είναι κατά 70% βαρύτερο από τον μόλυβδο. Κατατάσσεται στα υλικά με χαμηλή ραδιενέργεια. Στη φυσική του μορφή αποτελείται από τρία ισότοπα: U-234, U-235 και U-238.

Ο χρόνος ημιζωής ενός ραδιοϊσοτόπου είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε η αρχική του ραδιενέργεια να μειωθεί στο μισό. Η ραδιενέργεια που εκπέμπεται από τη ραδιενεργή διάσπαση των ισότοπων που περιέχει το φυσικό ουράνιο (U-234, U-235 και U-238) είναι 25,4 Bq/mg. Στη φύση, τα ισότοπα του ουρανίου βρίσκονται συνήθως σε ισορροπία με τα προϊόντα της ραδιενεργού διάσπασής τους – δηλαδή, η ραδιενέργεια των προϊόντων διάσπασης είναι περίπου ίση με τη ραδιενέργεια του μητρικού ραδιοϊσοτόπου.

Τα προϊόντα διάσπασης του U-238 είναι: Θόριο-234 (Th-234), Πρωτακτίνιο-234 (Pa-234), U-234, Θόριο-230 (Th-230), Ράδιο-226 (Ra-226), Ραδόνιο-222 (Rn-222), Πολώνιο-218 (Po-218), Μόλυβδος-214 (Pb-214), Βισμούθιο-214 (Bi-214), Πολώνιο-214 (Po-214), Μόλυβδος-210 (Pb-210), Βισμούθιο-210 (Bi-210) και Πολώνιο-210 (Po-210). Από το παρακάτω διάγραμμα προκύπτει ότι η συνολική ραδιενέργεια του U-238 αυξάνεται μετά από 2000 χρόνια, φτάνοντας σε μια τιμή τετραπλάσια της αρχικής σταθερής. Τα ισότοπα του φυσικού ουρανίου διασπώνται με την εκπομπή κυρίως σωματιδίων άλφα (α), ενώ η εκπομπή

βήτα (β) και γάμα (γ) ακτινοβολίας είναι πολύ χαμηλή.

Τα πολύ μικρά αιωρούμενα σωματίδια ουρανίου επικάθονται στο επιφανειακό νερό, στα φυτά και στο έδαφος.

Το φυσικό ουράνιο πρέπει να εμπλουτιστεί σε ποσοστό του σχάσιμου ισότοπου U-235, το οποίο χρησιμοποιείται στην πυρηνική σχάση. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στη μονάδα εμπλουτισμού (βλ. κεφάλαιο 3, Πυρηνικός Κύκλος Καυσίμου). Κατά τη διάρκεια του εμπλουτισμού, η συγκέντρωση του U-235 αυξάνεται από 0,72% σε μεγαλύτερα ποσοστά, που κυμαίνονται μεταξύ 2% και 94%.

Το παραπροϊόν αυτής της διεργασίας είναι το απεμπλουτισμένο ουράνιο (DU), το οποίο περιέχει U-238 χαμηλότερης ενεργότητας. Το DU είναι παραπροϊόν της μονάδας εμπλουτισμού που προετοιμάζει το πυρηνικό καύσιμο για τη λειτουργία πυρηνικών αντιδραστήρων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το απεμπλουτισμένο ουράνιο μπορεί επίσης να προκύψει από την επεξεργασία αποβλήτων (βλ. κεφάλαιο 6, Πυρηνικός Κύκλος Καυσίμου). Σε αυτή τη διαδικασία ανακτάται το άκαυστο ουράνιο-235, το οποίο επιστρέφει στη μονάδα εμπλουτισμού, καθώς και το πλουτώνιο που έχει προκύψει από την απορρόφηση νετρονίων από πυρήνες του ουρανίου-238. Το γεγονός ότι η ίδια μονάδα εμπλουτισμού μπορεί να εμπλουτίζει το ουράνιο μέχρι και σε 90% U-235,

επίπεδο κατάλληλο για την κατασκευή πυρηνικών όπλων, συνδέει τη λεγόμενη «ειρηνική» χρήση της πυρηνικής ενέργειας με τη στρατιωτική της διάσταση.

Λόγω της μεγάλης σκληρότητάς του, η προσθήκη απεμπλουτισμένου ουρανίου σε βλήματα αυξάνει σημαντικά τη διατρητική τους ικανότητα. Έτσι, λόγω της υψηλής ταχύτητας και μάζας, τα βλήματα αυτά αποκτούν μεγάλη κινητική ενέργεια, ικανή να διαπεράσει στόχους με σημαντικό πάχος θωράκισης. Εκτός από τα θωρακισμένα κτίρια, στόχος είναι και τα άρματα μάχης. Τα βλήματα, διαπερνώντας αρχικά τον θώρακα του άρματος, εκρήγνυνται στο εσωτερικό του, προκαλώντας τον ακαριαίο θάνατο του πληρώματος και μετατρέποντας το όχημα σε μια άμορφη μεταλλική ραδιενεργή μάζα.

Η δράση του απεμπλουτισμένου ουρανίου είναι τριπλή:

1. Εξωτερική ακτινοβολία: Η ακτινοβολία που δέχεται κάποιος που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από ένα βλήμα απεμπλουτισμένου ουρανίου (π.χ. βάρους 100 γραμμαρίων) είναι περίπου δέκα χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από τη φυσική ραδιενέργεια του περιβάλλοντος.
2. Εσωτερική έκθεση: Όταν το ραδιενεργό αυτό βλήμα προσκρούσει σε στόχο, αναφλέγεται στον αέρα και παράγει οξείδια του ουρανίου, τα οποία διασπείρονται στην ατμόσφαιρα. Οι ενώσεις αυτές εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της εισπνοής και εκ-

πέμπουν ακτινοβολία εσωτερικά, γεγονός που αποτελεί και τον σημαντικότερο κίνδυνο. Όργανα που πλήττονται είναι, μεταξύ άλλων, τα οστά, οι λεμφαδένες, το ήπαρ και τα νεφρά, ενώ εμφανίζονται συμπτώματα καρκίνου και βλάβες στο ανοσοποιητικό σύστημα. Επιπλέον, μπορεί να παρουσιαστούν συγγενείς ανωμαλίες στην επόμενη γενιά.

Στο Διεθνές Συνέδριο της Βαγδάτης τον Δεκέμβριο του 1998 ανακοινώθηκαν τα αποτελέσματα μελετών για την υγεία των Ιρακινών, οκτώ χρόνια μετά τον Πόλεμο του Κόλπου. Παρατηρήθηκε πενταπλασιασμός των λεμφωμάτων, των λευχαιμιών και των καρκίνων σε πνεύμονα, εγκέφαλο, γαστρεντερικό σύστημα, οστά και άλλα όργανα.

3. Περιβαλλοντική μόλυνση: Η εναπόθεση του ραδιενεργού ουρανίου στην επιφάνεια του εδάφους και η μεταφορά του μέσω των καλλιεργειών στην τροφική αλυσίδα αποτελεί έναν επιπλέον κίνδυνο για τους κατοίκους των βομβαρδισμένων περιοχών.
-

Εκτός από τη ραδιενέργεια, το απεμπλουτισμένο ουράνιο παρουσιάζει και έντονη χημική τοξικότητα, αντίστοιχη με αυτή του πλουτωνίου.

Ο Αμερικανικός στρατός ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε και προμήθευσε σε άλλα νατοϊκά κράτη αυτό το υλικό. Επειδή δεν προκαλεί ωστικό ή θερμικό κύμα όπως τα πυρηνικά όπλα, χαρακτηρίστηκε ως «συμβατικό όπλο». Η ονομασία αυτή καθυσύχασε τις κυβερνήσεις των νατοϊκών χωρών, οι οποίες δεν ανησύχησαν για πιθανές επιπτώσεις

στους στρατιώτες τους, παρότι το υλικό είναι ραδιενεργό.

Κατά τον πόλεμο στη Νότια Γιουγκοσλαβία το 1999, το ΝΑΤΟ χρησιμοποίησε χιλιάδες βλήματα με απεμπλουτισμένο ουράνιο. Σε μια εξαιρετική εργασία με τίτλο «Προσδιορισμός Απεμπλουτισμένου Ουρανίου σε Περιβαλλοντικά Δείγματα με την Τεχνική της γ-Φασματοσκοπίας» (συγγραφείς: Δ.Ι. Κιράγγελος, Π.Κ. Ρούνι, Ν.Π. Πετρόπουλος, Μ.Ι. Αναγνωστάκης, Ε.Π. Χίνης, Σ.Ε. Σιμόπουλος – Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, Ε.Μ.Π.), μετρήθηκε ο ρυθμός ραδιενεργού δόσης ως προς την απόσταση από ένα τέτοιο βλήμα. Σε άμεση επαφή, ο ρυθμός δόσης είναι χιλιάδες φορές υψηλότερος από το φυσικό υπόβαθρο, ενώ σε απόσταση 20 εκατοστών μειώνεται σε επίπεδα υποβάθρου.

Αυτή η συμπεριφορά αφορά την εξωτερική έκθεση. Ωστόσο, με την εισπνοή των προϊόντων καύσης που δημιουργούνται από τις συγκρούσεις των βλημάτων με στόχους, η εσωτερική δόση είναι πολύ μεγαλύτερη και πιο επικίνδυνη, καθώς το ουράνιο εκπέμπει ακτινοβολία μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα θυγατρικά στοιχεία του ουρανίου είναι επίσης ραδιενεργά και κατά τη διάσπασή τους εκπέμπουν σωματίδια-άλφα, τα οποία έχουν πολύ πιο καταστροφικό αποτέλεσμα στον ανθρώπινο ιστό απ' ό,τι η γ-ακτινοβολία.

[Απεμπλουτισμένο ουράνιο](#)

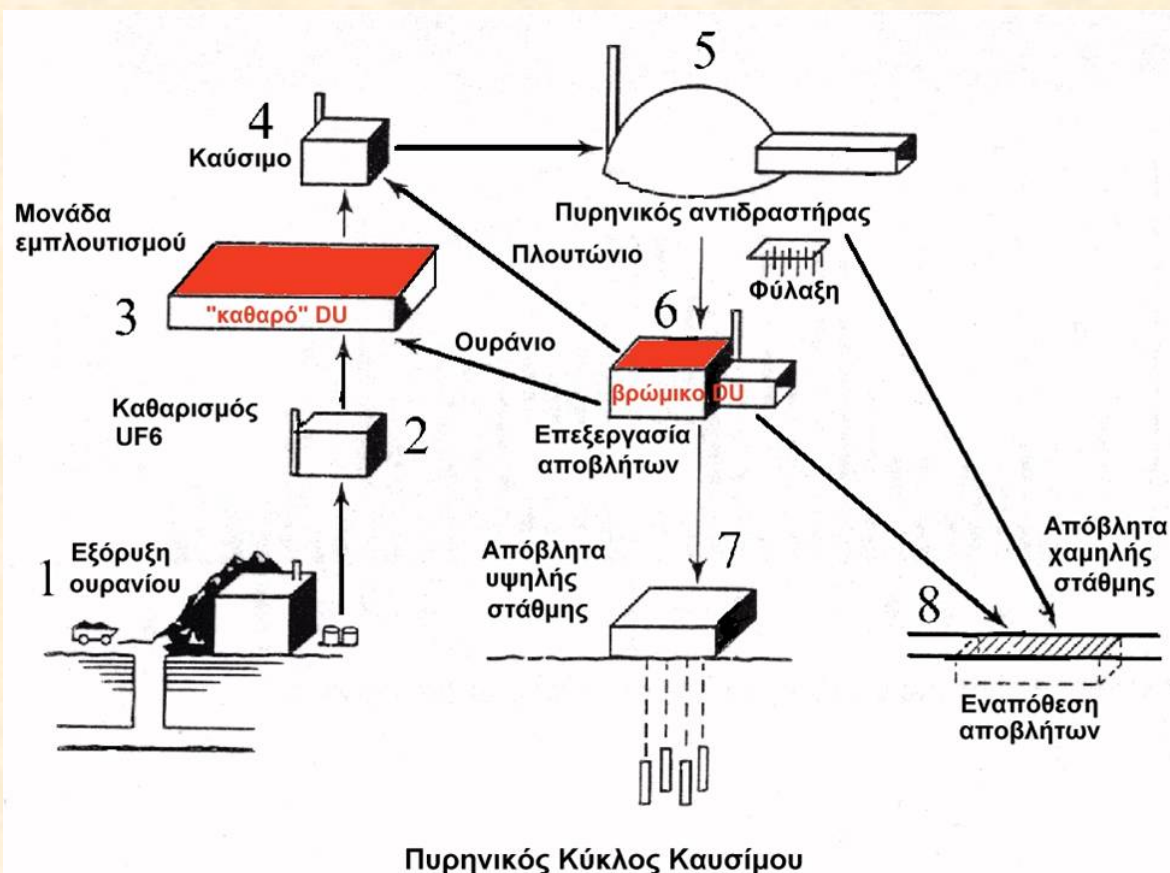
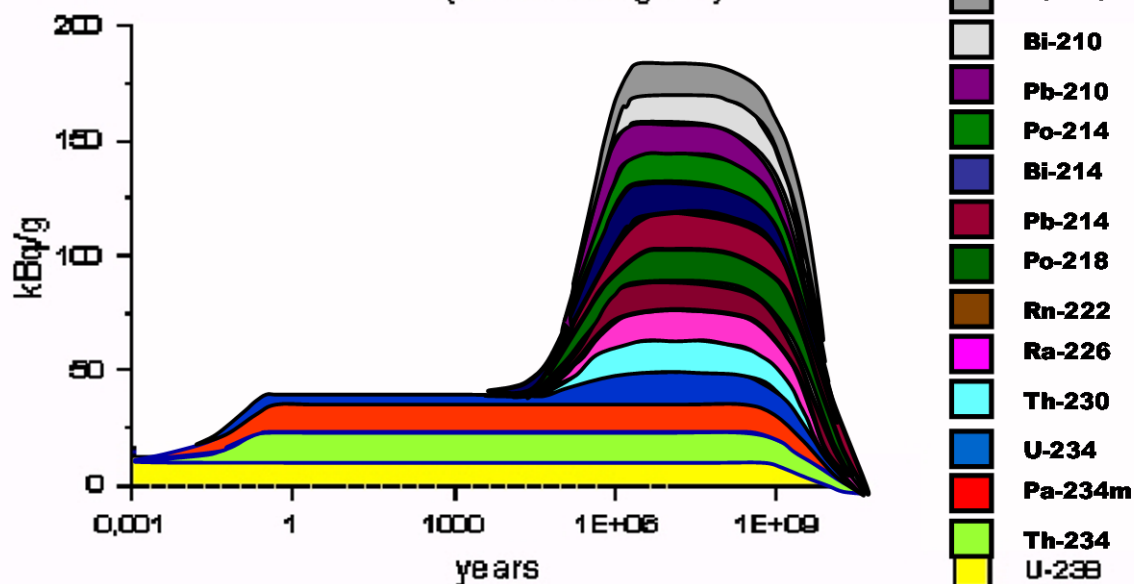
[Πως δρα το απεμπλουτισμένο ουράνιο](#)

[Απεμπλουτισμένο ουράνιο-ραδιενεργά όπλα](#)

[Απεμπλουτισμένο ουράνιο - ANTITET-ΡΑΔΙΑ](#)

Depleted Uranium Activity

(stacked diagram)



DEPLETED URANIUM

Uranium (U) is a naturally occurring radioactive element, which in its pure form has a silvery color and is classified as a heavy metal. It has a specific gravity of 19 g/cm³ and is 70% heavier than lead. Uranium is considered a material with low-level radioactivity. In its natural form, it consists of three isotopes: U-234, U-235, and U-238.

The half-life of a radioisotope is the amount of time required for its initial radioactivity to decrease by half. The radioactivity emitted due to the radioactive decay of the isotopes present in natural uranium (U-234, U-235, and U-238) is 25.4 Bq/mg. In nature, these isotopes are typically in equilibrium with their decay products—that is, the radioactivity of the decay products is approximately equal to that of the parent uranium isotope.

The decay products of U-238 include Thorium-234 (Th-234), Protactinium-234 (Pa-234), U-234, Thorium-230 (Th-230), Radium-226 (Ra-226), Radon-222 (Rn-222), Polonium-218 (Po-218), Lead-214 (Pb-214), Bismuth-214 (Bi-214), Polonium-214 (Po-214), Lead-210 (Pb-210), Bismuth-210 (Bi-210), and Polonium-210 (Po-210). According to the decay chain, the total radioactivity of U-238 increases over a period of 2000 years, peaking at a value four times greater than its original level. The isotopes of natural uranium decay primarily through the emission of alpha particles, while the emission of beta and gamma radiation is significantly lower.

Very fine uranium particles can settle on surface water, plants, and soil.

Natural uranium must be enriched in the fissile isotope U-235, which is used for nuclear fission. This process is carried out in an enrichment facility (see Chapter 3, Nuclear Fuel Cycle). During enrichment, the concentration of U-235 is increased from 0.72% to higher levels ranging from 2% to 94%.

The byproduct of this process is depleted uranium (DU), which contains mostly U-238 at concentrations lower than 0.72%. DU is a byproduct of enrichment facilities that prepare nuclear fuel for use in power-generating nuclear reactors.

Depleted uranium can also result from waste processing (see Chapter 6, Nuclear Fuel Cycle), in which unburned U-235 is recovered and returned to the enrichment facility, along with plutonium formed from the neutron absorption of U-238. The fact that the same enrichment facility can enrich uranium up to 90% U-235—suitable for nuclear weapons—ties the "peaceful" use of nuclear energy directly to its military applications.

Due to its extreme hardness, adding depleted uranium to munitions significantly increases their armour-piercing capability. The high speed and mass of DU rounds give them a high momentum, enabling them to penetrate thickly ar-

moured targets such as bunkers and battle tanks. These rounds, after piercing the target's armour, explode inside, causing the instantaneous death of the crew and turning the tank into a shapeless metallic radioactive mass.

The action of depleted uranium is three-fold:

1. **External Radiation:** A person standing near a depleted uranium round weighing about 100 grams is exposed to radiation levels approximately ten thousand times higher than normal background radiation.
2. **Internal Exposure:** When a DU round hits a target, it ignites in the air, producing uranium oxides that disperse into the atmosphere. These compounds, when inhaled, enter the human body and irradiate it from within. This internal exposure is considered the most dangerous. Affected organs include the bones, lymph nodes, liver, and kidneys, with symptoms such as cancer and immune system damage. There may also be congenital abnormalities in future generations.

At the International Conference held in Baghdad in December 1998, the health effects on Iraqis eight years after the Gulf War were presented. For example, cases of lymphomas, leukaemia, and cancers of the lungs, brain, gastrointestinal system, bones, and other body parts had increased fivefold.

3. **Environmental Contamination:** The deposition of radioactive uranium on the ground and its transfer through

crops into the food chain poses an additional risk to residents of bombed areas.

In addition to its radioactivity, depleted uranium exhibits intense chemical toxicity, similar to that of plutonium, and primarily affects the kidneys.

The U.S. military was the first to use and distribute this material to other NATO countries. Since it does not cause shock waves or thermal explosions like nuclear weapons, it was classified as a conventional weapon. This characterization reassured the governments of NATO countries, which did not raise concerns about potential health risks to their troops, despite the material's radioactivity.

During the war in Southern Yugoslavia in 1999, NATO used thousands of depleted uranium rounds. In an outstanding study titled *"Determination of Depleted Uranium in Environmental Samples Using Gamma Spectroscopy"* by D.I. Karangelos, P.K. Rounis, N.P. Petropoulos, M.I. Anagnostakis, E.P. Chinis, and S.E. Simopoulos (Department of Nuclear Technology, National Technical University of Athens), radiation dose rates were measured at various distances from a DU projectile. At direct contact, the dose rate is several thousand times higher than background radiation and decreases to background levels at a distance of 20 centimetres.

This behaviour concerns external radiation exposure. However, inhalation of uranium particles formed from impacts delivers a much greater internal dose, as

the uranium irradiates the human body from within. Its decay products are also radioactive, and during their decay they

emit alpha particles, which are far more damaging to human tissue than gamma rays.