

Israele vs Iran: GBU-57A/B MOP, Spacca-Bunker o Bunker Intatto?

 comedonchisciotte.org/israele-vs-iran-gbu-57a-b-mop-spacca-bunker-o-bunker-intatto

23 giugno 2025



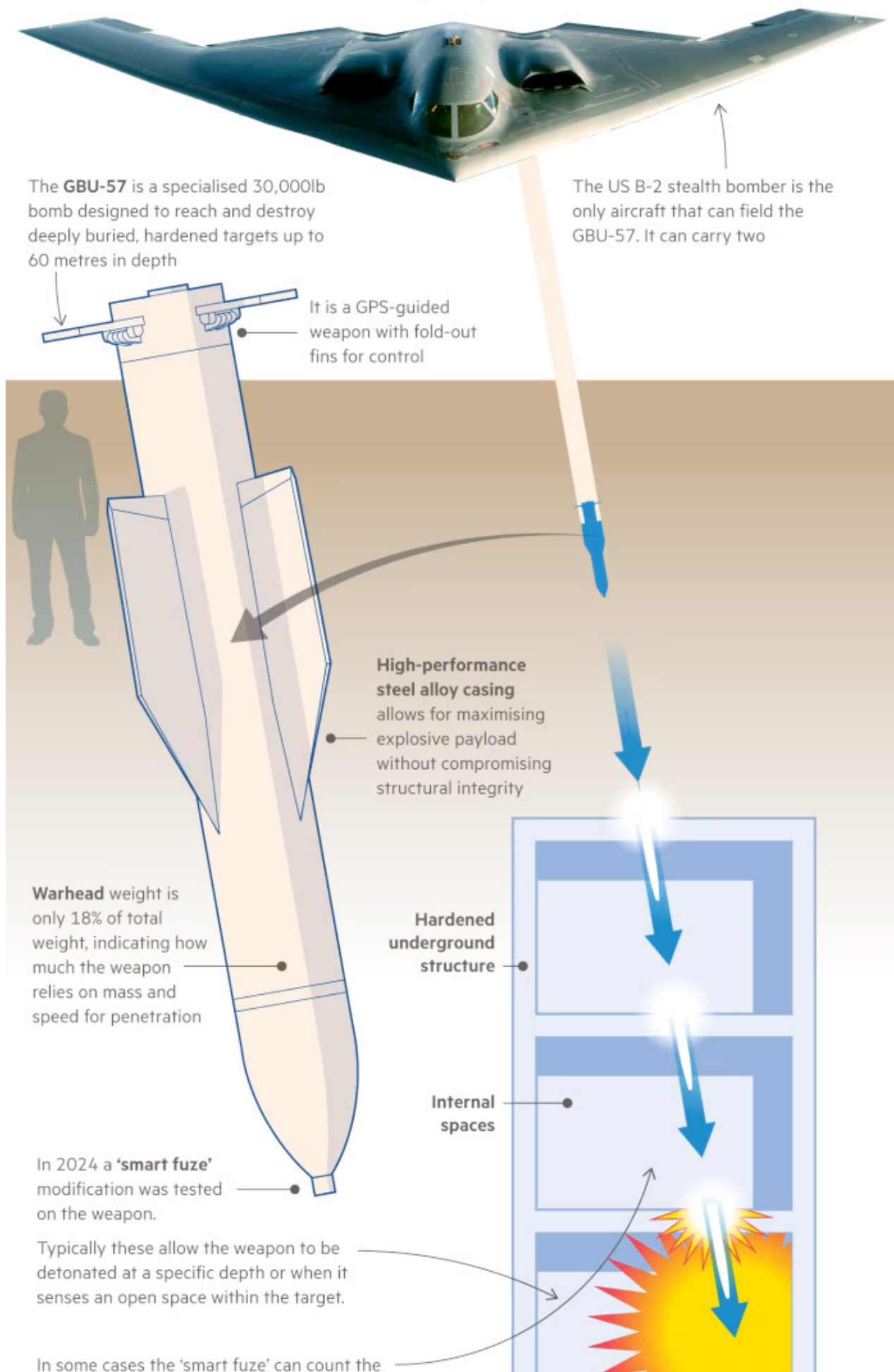
Israele (e gli USA) contro le strutture sotterranee iraniane

Mike Mihajlovic

bmanalysis.substack.com

Il GBU-57A/B Massive Ordnance Penetrator (MOP), sviluppato dagli Stati Uniti, è una delle armi convenzionali più potenti mai costruite, un “bunker buster” non nucleare progettato per distruggere strutture sotterranee profondamente sepolte e temprate.

The Massive Ordnance Penetrator (MOP)



spaces passed through before detonating
within the specific target space



Photo: Reuters

Sources: US DOTE; USAF; FT research

© FT

Questo articolo fornisce una descrizione tecnica delle capacità e dei limiti del MOP nel colpire i siti militari sotterranei iraniani, compresi gli impianti nucleari e i centri di comando. Analizzeremo quanto sono profondi questi bunker, di cosa sono fatti e se il MOP può effettivamente distruggerli.

Il contesto storico dell'uso dei bunker buster nei conflitti moderni del secondo dopoguerra comprende la Guerra del Golfo e l'Iraq (1991-2003). Nonostante l'uso massiccio di bunker buster, molti bunker iracheni erano sopravvissuti grazie alla loro profondità e al tipo di costruzione. Alcuni attacchi avevano provocato vittime civili, sollevando preoccupazioni etiche sulla possibilità di danni collaterali.

In Libano, i bunker busters hanno avuto un successo parziale a causa della complessità della geologia e dell'estensione delle gallerie.

Ad oggi, il MOP non è mai stato utilizzato in combattimento. I test simulati suggeriscono una potenziale efficacia, ma le condizioni reali – meteo, terreno, contromisure nemiche – restano sconosciute.

Caratteristiche tecniche:

Peso: ~30.000 libbre (~13.600 kg)

Lunghezza: ~20,5 ft (6,2 m)

Diametro: 0,8 m (31,5 pollici)

Testata: ~5.342 lb (2.423 kg)

Peso dell'esplosivo:

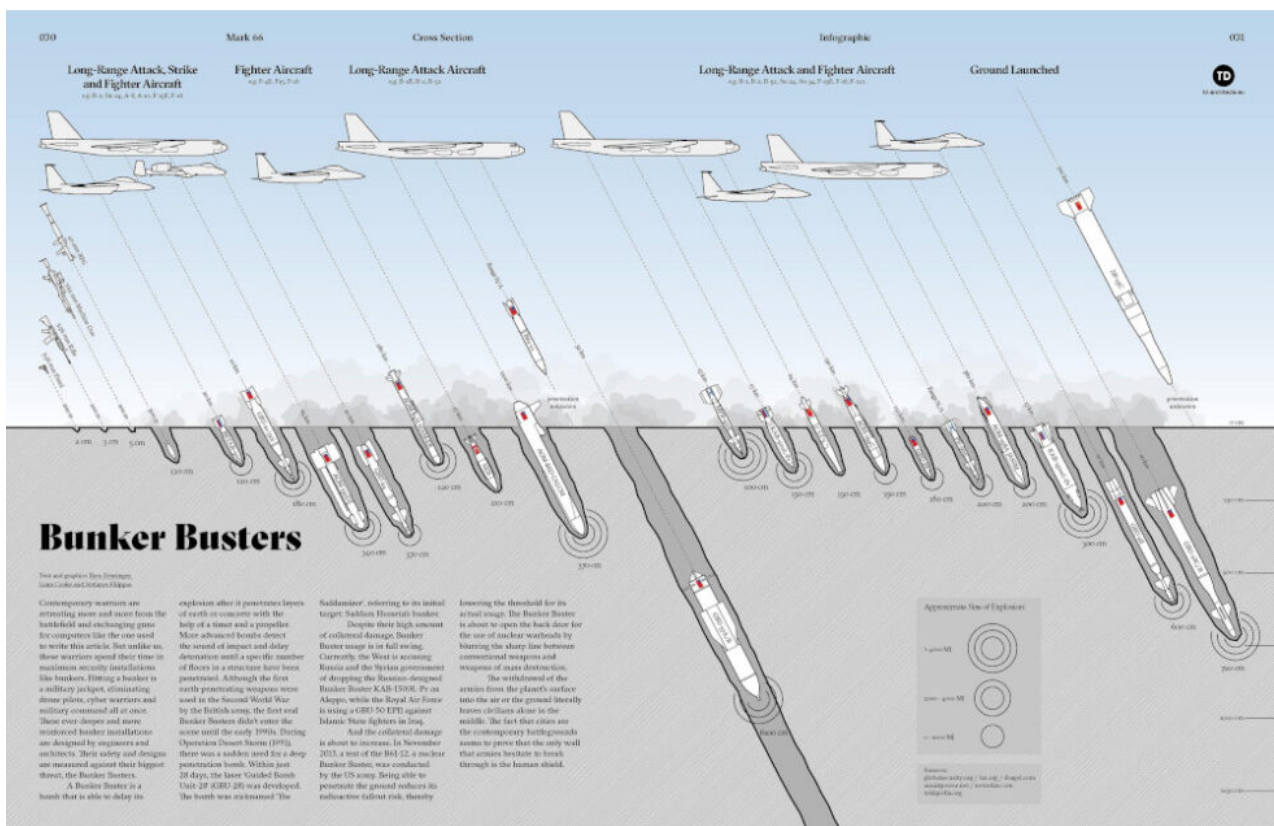
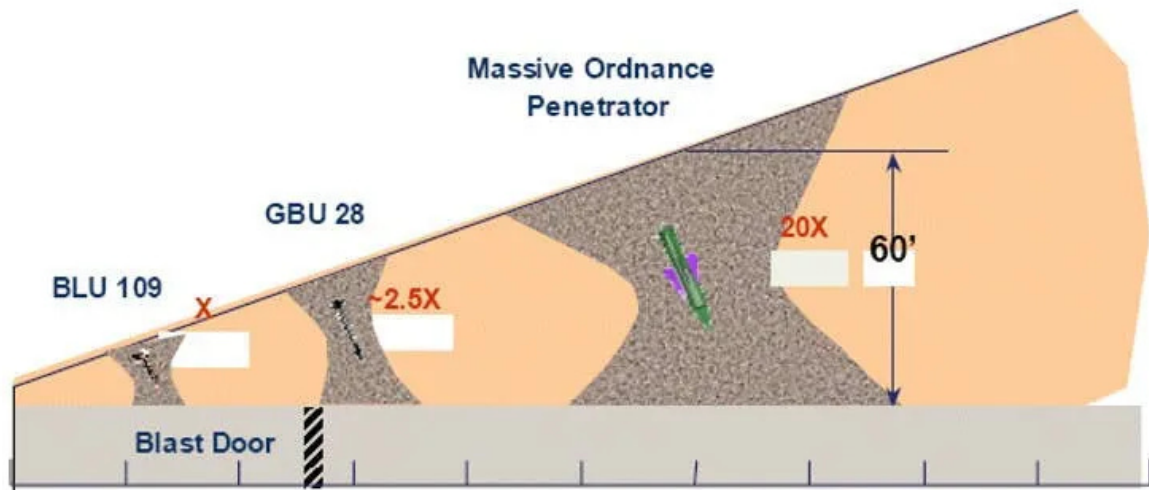
- **AFX-757:** 4.590 libbre (2.082 kg)
- **PBXN-114:** 752 libbre (341 kg)

Capacità di penetrazione [1]: oltre 200 piedi di cemento armato o 1.000 piedi di terra (in condizioni ideali)

Sistema di guida: GPS/INS per il puntamento di precisione

Piattaforma di lancio: Bombardiere stealth B-2 Spirit

- Penetrator variant
- Blast variant
- Parafoil-deployed vehicle variant



Meccanica, effetti e impatto strutturale delle munizioni ad alta massa

Questa sezione esplora la meccanica di penetrazione, gli effetti strutturali e i danni risultanti causati da penetratori ad alta massa e alta velocità che impattano su cemento armato e roccia, con il supporto di diagrammi semplificati e analisi basate sulla fisica.

La capacità di colpire bunker sotterranei profondamente interrati è stata per lungo tempo un problema nelle operazioni militari strategiche. Queste strutture rinforzate sono progettate per resistere agli attacchi convenzionali e spesso ospitano centri di comando, depositi di armi o infrastrutture critiche. L'uso di munizioni penetranti a massa elevata – come il GBU-57A/B Massive Ordnance Penetrator (MOP), le bombe russe di classe FAB-3000 o le testate specializzate trasportate da missili balistici come il Kinzhal e il misterioso Oreshnik – rappresenta uno dei metodi più efficaci per distruggere tali obiettivi.

Per saperne di più sui metodi di attacco alle strutture sotterranee, potete leggere [qui](#) e [qui](#).

Il MOP è una bomba ad elevata massa a guida di precisione, progettata specificamente per colpire obiettivi sotterranei rinforzati.

Essas são as bombas MOP dos bombardeiros B2 que os EUA usaram para destruir com o programa nuclear do Irã

Essas bombas são indetectáveis a radares e tem o poder de perfurar o solo para detonar o que está enterrado pic.twitter.com/RMXEDDNyNb

— Alisson Pacheco (@alissonjpacheco) [June 22, 2025](#)

A differenza delle bombe tradizionali, il MOP usa la sua massa e la sua velocità per perforare strati di roccia e cemento prima di esplodere in profondità. La sua esplosione crea intense onde d'urto e sovrappressioni che possono far crollare tunnel e caverne, anche se la testata non li colpisce direttamente.

Meccanica della penetrazione

Quando un penetratore ad alta massa colpisce un bersaglio a velocità elevata subisce una complessa sequenza di interazioni con il materiale che impatta. Il processo può essere suddiviso in tre fasi principali:

Contatto iniziale e craterizzazione

Al momento dell'impatto, l'energia cinetica del proiettile viene trasferita alla superficie del bersaglio, provocando una sollecitazione localizzata che va ben oltre il limite di snervamento del materiale. Ciò comporta la formazione di crateri e lo spostamento iniziale del materiale lungo le direzioni radiali e laterali.

* Velocità: > 250 m/s tipica per le bombe a gravità di grandi dimensioni; fino a 1.800 m/s per i sistemi ipersonici.

* Onde di stress: un'onda d'urto si propaga attraverso il mezzo bersaglio, dando inizio alla spallazione e alla frattura.

* Risposta del materiale: il calcestruzzo si comporta come un solido fragile in presenza di elevati stress deformativi, mentre il terreno e la roccia possono presentare caratteristiche sia duttili che fragili a seconda della composizione e della compattazione.

Fase di tunneling

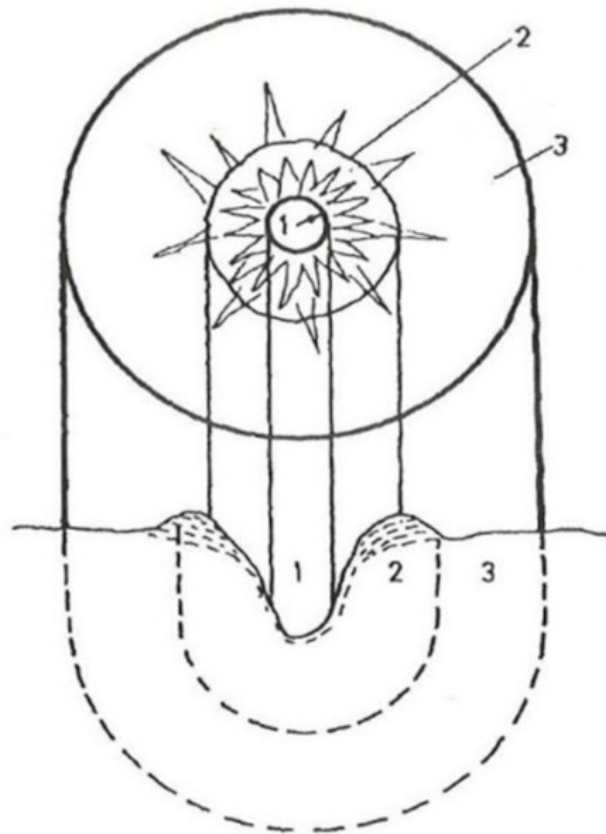
Man mano che il penetratore procede in avanti, scava un tunnel attraverso il mezzo. La resistenza è dovuta principalmente all'attrito e alla deformazione plastica del materiale circostante. La forma e la massa del penetratore, così come il suo angolo di attacco, influenzano significativamente questa fase.

Fase terminale – Decelerazione ed esplosione

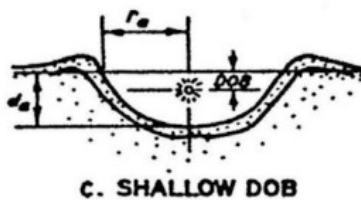
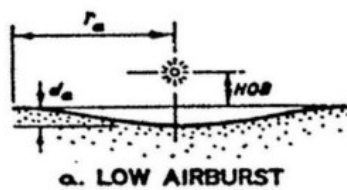
Alla fine, il penetratore decelera a causa delle forze di resistenza cumulative. A questo punto, la carica esplosiva incorporata esplode, trasferendo l'energia direttamente alla struttura circostante. Questa fase è fondamentale per massimizzare il danno alle camere interne.

* Esplosioni interrato: generano crepe radiali, fratture coniche ed espansione della cavità, portando al collasso di gallerie e caverne.

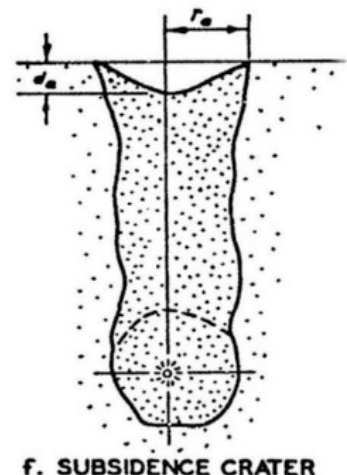
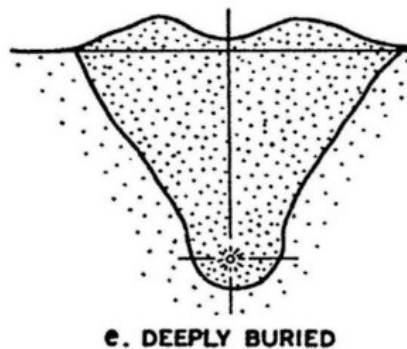
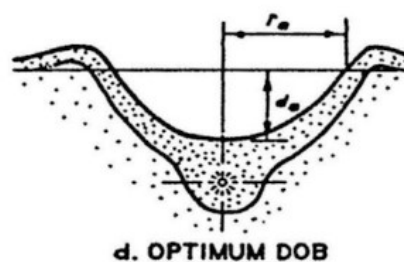
* Propagazione delle onde d'urto: nelle strutture multistrato, le riflessioni e le rifrazioni dell'onda d'urto possono amplificare i danni.



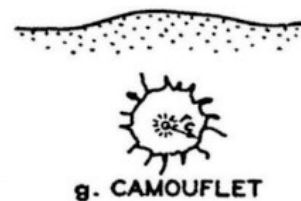
1 - compression zone; 2 - destruction zone; 3 - shock zone.



(DOB - depth of Burst)



f. SUBSIDENCE CRATER



g. CAMOUFLET

Durante l'esplosione al suolo si formano tre zone caratteristiche (in alto). (Fonte: S. Jaramaz, Physics of Explosion); forme del cratere influenzate dalle geometrie dello scoppio (in basso). (Fonte: Craterizzazione da esplosione, Compendio)

Velocità d'impatto

Il calcolo della velocità massima del GBU-57A/B MOP sganciato da 12.000 metri di altitudine da un mezzo che procede a 800 km/h, possiamo farlo in due modi. Prima senza tenere conto della resistenza dell'aria (che suona molto bene ai fini del marketing):

Ignorando la resistenza dell'aria (caduta libera + movimento in avanti)

Se ignoriamo la resistenza dell'aria, la velocità verticale della bomba in caduta libera è $\approx 485 \text{ m/s}$

Velocità totale risultante (somma dei vettori orizzontale e verticale) $\approx 533,6 \text{ m/s}$

Velocità massima senza resistenza dell'aria: $\sim 534 \text{ m/s}$ ($\sim 1.922 \text{ km/h}$)

Se lasciato cadere da 15.000 m, può raggiungere i 600 m/s, ma questa è solo una stima teorica.

Approccio realistico – Con resistenza dell'aria

La bomba incontra resistenza aerodinamica, soprattutto a velocità transoniche e supersoniche. Il MOP è progettato per penetrare, non per planare in modo efficiente. Modelli o simulazioni empiriche (ad esempio, solutori CFD [Computational Fluid Dynamics] o fisici) suggeriscono una velocità terminale dell'ordine di 300-350 m/s, a seconda dell'altitudine e della densità dell'aria.

* A livello del mare: velocità terminale $\sim 280\text{-}310 \text{ m/s}$

* Da alta quota: potrebbe superare brevemente i 350 m/s, poiché la resistenza aerodinamica aumenta gradualmente con l'aria più densa.

Velocità massima realistica con resistenza aerodinamica $\approx 330\text{-}380 \text{ m/s}$, più una piccola componente orizzontale.

A tali velocità, la sola energia cinetica consente alla bomba di penetrare in profondità nelle strutture rinforzate prima della detonazione. Molti bunker buster sono anche dotati di spolette ritardate, che garantiscono l'esplosione dopo la penetrazione del bersaglio.

Le strutture sotterranee dell'Iran: una valutazione strategica

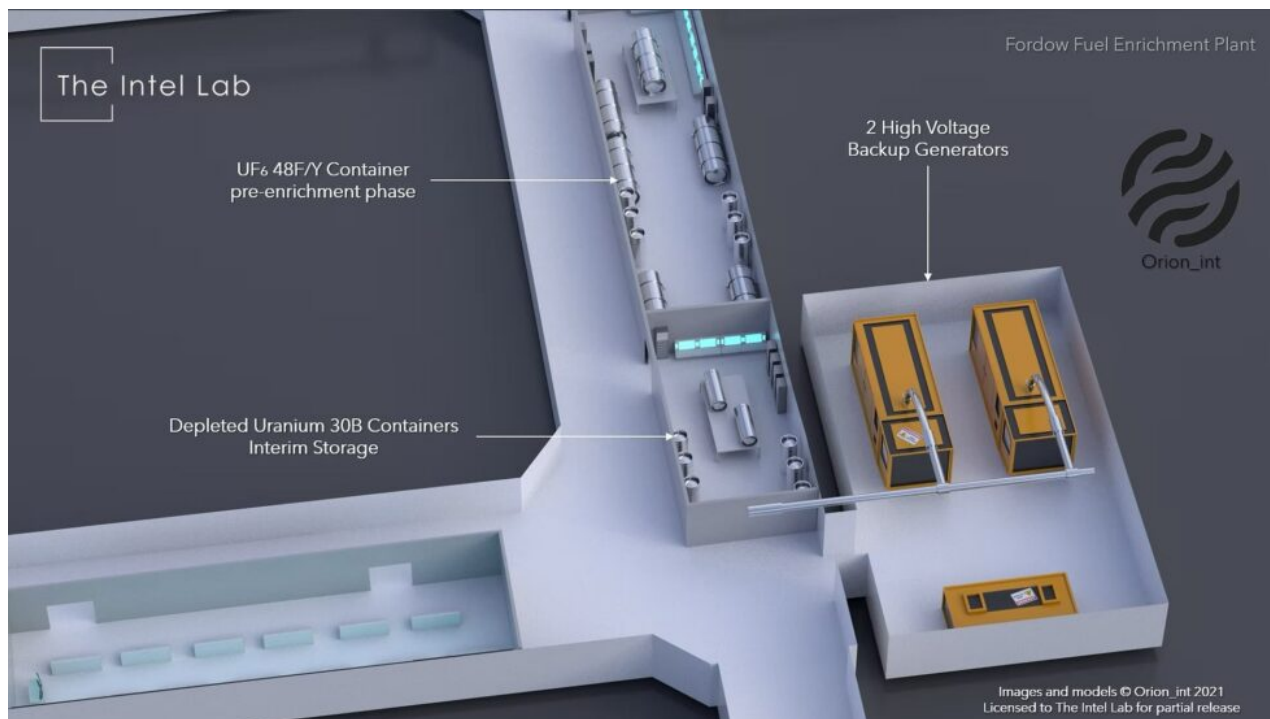
L'Iran ha investito molto in infrastrutture profondamente interrate, progettate per sopravvivere agli attacchi aerei e alle sanzioni. Queste includono:

- * Siti di produzione e stoccaggio di missili
- * Impianti di arricchimento dell'uranio
- * Centri di comando e controllo
- * Sistemi di difesa aerea
- * Rifugi per i leader

Alcune delle più note strutture sotterranee sospettate o confermate includono:

Impianto di Fordow (vicino a Qom) – Sepolto all'interno di una montagna; in precedenza utilizzato per l'arricchimento dell'uranio.





Complesso militare di Parchin – Sospettato di aver condotto in passato ricerche sulle armi nucleari.

Impianto di conversione dell'uranio di Isfahan – Converte l'uranio grezzo in forme utilizzabili nelle centrifughe.

Centri di comando dell'IRGC – Rifugi per la leadership profondamente radicati.

Queste installazioni sono tipicamente costruite con

- * Spessi muri in cemento armato
- * Berme di terra (strati di terra che assorbono le esplosioni)
- * Reti di tunnel a più livelli
- * Punti di accesso e vie di fuga ridondanti

Molti di questi siti sono situati a centinaia di metri sottoterra, il che li rende estremamente difficili da colpire efficacemente. Secondo alcune stime, oltre a quelle citate, l'Iran possiede oltre 70 altre strutture sotterranee.



In molte delle loro strutture gli iraniani hanno utilizzato il calcestruzzo ad altissime prestazioni (UHPC)². L'UHPC è un materiale all'avanguardia che supera notevolmente il calcestruzzo tradizionale in termini di forza, durata e resistenza agli urti. Originariamente sviluppato per le infrastrutture civili in zone sismiche, l'UHPC è diventato un materiale chiave nelle fortificazioni militari grazie alla sua eccezionale resistenza alla compressione e alla trazione.

L'UHPC è un composito a grana fine e fibrorinforzato, che spesso include sabbia di quarzo per ottenere un'elevata durezza e una granulometria fine per un impaccamento denso; cemento Portland combinato con silice pirogenica per una maggiore resistenza e una ridotta porosità; fibre d'acciaio per migliorare la duttilità, la resistenza alla fessurazione e l'assorbimento di energia e superfluidificanti per mantenere la lavorabilità con bassi rapporti acqua/cemento ($\sim 0,2$).

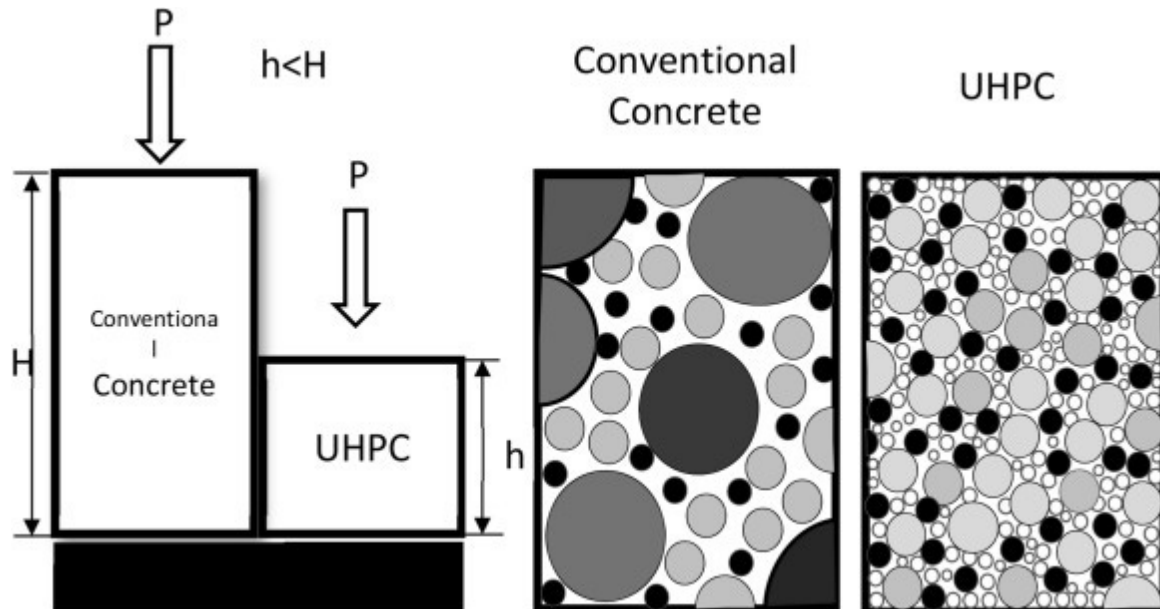
Sono diversi i motivi per cui l'uso di questo materiale, combinato con l'ambiente naturale, può resistere al GBU-57A/B:

Il primo è l'estrema tenacità e una resistenza alla compressione di oltre 280 MPa. Si tratta di una resistenza 4-5 volte superiore a quella del calcestruzzo convenzionale. Questo rallenta notevolmente la penetrazione e aumenta la possibilità di deviazione o rimbalzo del penetratore.

La seconda ragione è che le fibre d'acciaio contribuiscono alla duttilità alla trazione, impedendo un cedimento catastrofico a causa di fessure a ponte.

Il terzo motivo è la dissipazione dell'energia. In caso di impatto le fibre e la matrice assorbono gli urti in modo più uniforme, prevenendo la scheggiatura e la formazione di tappi.

Il quarto motivo è l'integrazione stratificata. L'UHPC è spesso versato in configurazioni multistrato, supportato da calcestruzzo tradizionale o acciaio per una difesa ibrida.



Il GBU-57A/B MOP può distruggere i bunker iraniani?

Esaminiamo tre fattori chiave che determinano se il MOP può distruggere con successo obiettivi temprati.

Risposta strutturale e meccanismi di danneggiamento

I bunker sotterranei sono in genere costruiti con cemento armato, terra rinforzata con acciaio o scavati in zone montuose. La loro sopravvivenza dipende da:

- * Profondità di interramento (DOB)
- * Tipo di rinforzo
- * Layout ridondante
- * Progettazione resistente all'esplosione

Al momento della penetrazione e della detonazione, il cedimento strutturale può presentarsi in diverse modalità:

Scheggiatura

Le onde ad alta sollecitazione si riflettono dalle superfici libere all'interno del bunker creando schegge – frammenti che si staccano dalle pareti interne. La scheggiatura può causare lesioni letali e danni alle attrezzature anche se il guscio esterno rimane intatto.

Craterizzazione e sfondamento

L'esplosione iniziale crea un cratere centrale, rimuovendo gli strati di materiale protettivo ed esponendo le strutture più profonde. Se la carica è sufficientemente potente, può aprire una breccia nelle camere adiacenti.

Collasso progressivo

Le scosse ripetute o le penetrazioni multiple possono portare a un collasso progressivo, soprattutto nei progetti di camere non isolate. I pilastri di sostegno e le lastre del soffitto possono cedere in sequenza.

Sovrappressione da onda d'urto

Anche quando il penetratore non raggiunge completamente la camera principale, la pressione dell'onda d'urto trasmessa attraverso i pozzi di collegamento e i sistemi di ventilazione può rendere inabile il personale e distruggere i dispositivi elettronici sensibili.

Profondità e materiali di costruzione

Prendiamo ad esempio Fordow:

* Si trova a 75-100 metri (250-330 piedi) nel sottosuolo di una montagna. Questa è una stima basata su informazioni pubblicamente disponibili. I bunker chiave iraniani potrebbero essere molto più profondi.

* Spessore stimato del cemento armato: fino a 7 metri di cemento ad alte prestazioni.

* Possibilmente schermato da ulteriori strati di terra e roccia.

Anche il MOP, con la sua immensa potenza, potrebbe non riuscire a penetrare completamente una struttura di questo tipo, soprattutto se colpisce ad angolo o se manca il punto più debole.

Le nuove versioni del MOP potrebbero avere un software migliorato e una guida migliore, ma le prestazioni in combattimento reale non sono ancora state testate.

Efficacia della detonazione

Anche se il MOP raggiunge la profondità prevista, la distruzione non è garantita:

* L'esplosione deve generare una sovrappressione sufficiente a far crollare i tunnel e a danneggiare le strutture interne.

* Potrebbero essere necessari più ordigni mirati all'esatto punto d'impatto, soprattutto per i complessi multicamera.

* I modelli sismici suggeriscono che, a meno che la testata non esploda molto vicino ad aree critiche (come le sale delle centrifughe), l'impianto potrebbe rimanere parzialmente funzionante.

Problemi di targeting

Colpire il punto giusto è fondamentale:

** È necessaria un'intelligence accurata per individuare i condotti d'aria, i canali di ventilazione o i punti deboli.*

** È probabile che l'Iran utilizzi esche, falsi ingressi e mezzi mobili per ingannare gli attaccanti.*

** Le misure di contrasto, come la sigillatura di emergenza delle camere o l'evacuazione del personale, possono attenuare l'impatto di un attacco.*

Senza informazioni e tempistiche precise, anche l'arma più potente può mancare il bersaglio.

Strumenti e tattiche di supporto

Sebbene il MOP sia l'opzione più potente, funziona meglio se combinato con altri strumenti, che possono aiutare ad "ammorbidire" i bersagli. Questi strumenti sono i GBU-28/B, piccoli bunker buster (~5.000 lb), efficaci contro circa 10-20 piedi di cemento, i BLU-109/B, che possono penetrare circa 6 piedi di cemento e sono utili per le ondate successive, le JSOW/JDAM, bombe a guida di precisione per obiettivi secondari come i punti di ingresso e la guerra cibernetica ed elettronica per interrompere le comunicazioni, disattivare i sensori o innescare falsi allarmi.

Insieme, questi strumenti fanno parte di un pacchetto d'attacco completo progettato per massimizzare i danni e minimizzare i rischi.

Cosa significa in pratica? L'USAF può lanciare 4-6 B-2 in volo da Diego Garcia, ciascuno con 2 MOP. Poiché il numero noto di MOP prodotte è di 20-24, un attacco potrebbe consumarne la metà. Questo attacco sarà supportato da diversi gruppi SEAD (USAF e IAF), nonché da 3-4 gruppi d'attacco con capacità bunker-buster minori in un ruolo ausiliario.

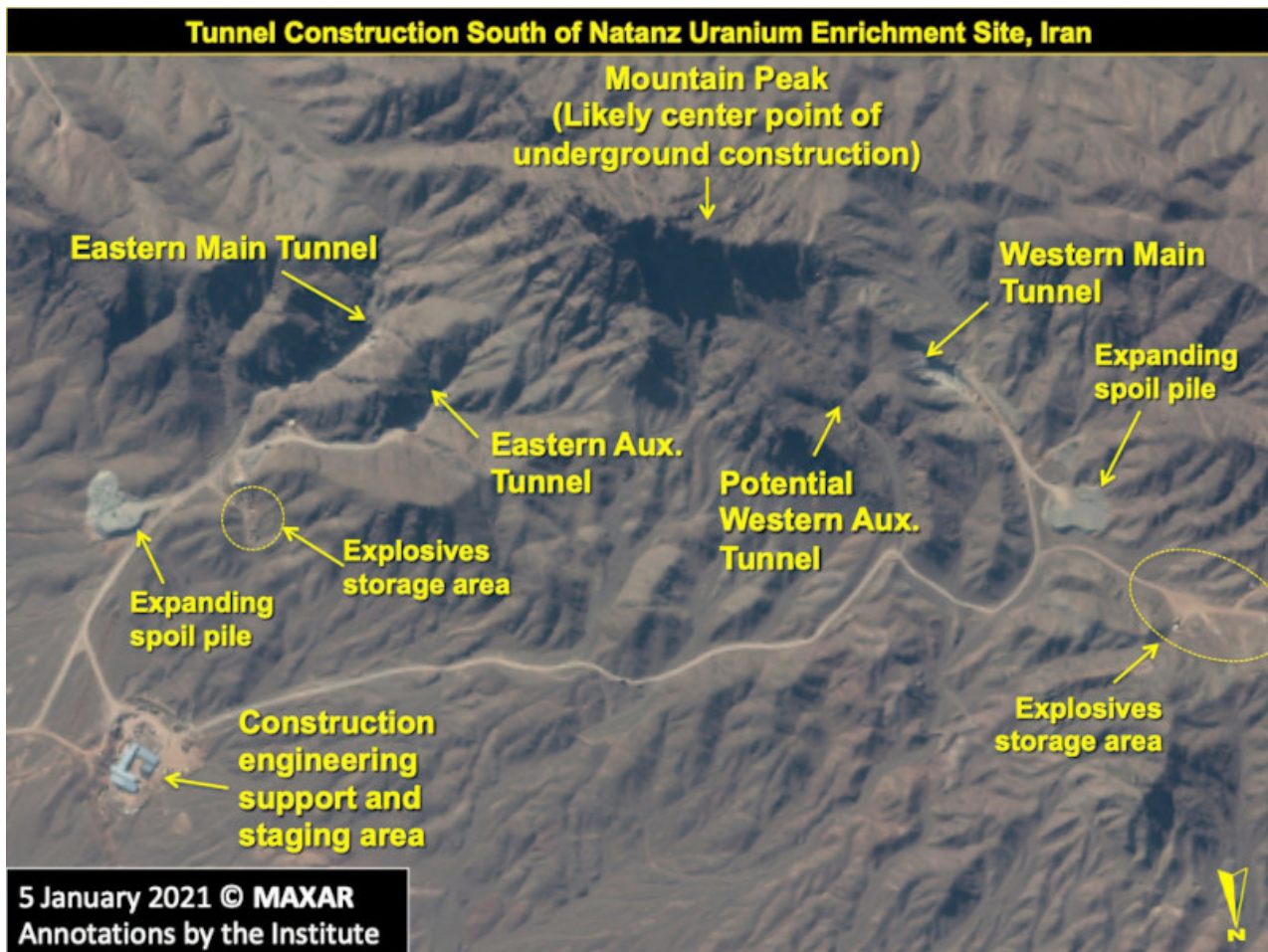
Conclusione

La domanda principale è: può il MOP distruggere le principali strutture sotterranee iraniane?

Iran's nuclear facilities



Source: New Scientist/ Global Security



Il MOP ha la capacità tecnica di distruggere alcuni degli obiettivi iraniani profondamente sepolti, in particolare quelli con un moderata schermatura e punti deboli accessibili; tuttavia, contro siti nucleari fortemente fortificati e multistrato come Fordow, è altamente improbabile che un singolo attacco MOP garantisca la distruzione per diverse ragioni chiave.

Per garantire risultati efficaci sarebbero necessari attacchi multipli, intelligence accurata e verifiche successive all'attacco. Anche in questo caso, le strutture sotterranee e i componenti critici, come progetti, materiale arricchito o personale, potrebbero sopravvivere. Gli iraniani sono consapevoli di ciò che sta per accadere [e che è accaduto] e hanno preso tutte le misure precauzionali necessarie per contrastare la minaccia. È plausibile che gli iraniani abbiano scavato molto più in profondità di quanto si presume.

A livello strategico, l'uso del MOP provocherebbe probabilmente un'escalation, compresi attacchi di rappresaglia da parte dell'Iran o dei suoi proxy. Potrebbe inoltre causare danni collaterali, instabilità regionale e contraccolpi internazionali.

Pertanto, pur offrendo un'opzione militare credibile, il MOP non è una soluzione garantita.

Il Massive Ordnance Penetrator rappresenta l'apice dell'attuale tecnologia di distruzione dei bunker, uno strumento strategico in grado di colpire minacce profondamente sepolte.

Tuttavia, contro le sofisticate infrastrutture sotterranee iraniane, il suo successo dipende da una combinazione di tecnologia, intelligence e tattica.

Per ottenere il massimo impatto, il MOP dovrebbe far parte di una strategia più ampia che comprenda:

- * Ricognizione e sorveglianza avanzate
- * Piattaforme di lancio di precisione
- * Effetti cinetici e cibernetici in sequenza
- * Verifica successiva all'attacco e sforzi di contenimento

Con l'evoluzione della guerra, le tecnologie future, come le armi ipersoniche, i droni autonomi e i sistemi di puntamento basati sull'intelligenza artificiale, potrebbero offrire modi più affidabili per neutralizzare le minacce più profonde.

Mike Mihajlovic

Riferimenti:

1. Ultra-high performance concrete: A review of its material properties and usage in shield tunnel segment Fangyuan Niu, Yuhang Liu, Fangchen Xue, Hao Sun, Tong Liu, Haijun He, Xuguang Kong, Yunteng Chen, Hongjian Liao, Elsevier
2. Rockets and Missiles Over Ukraine, Frontline Books
3. И. А. БАЛА ГАНСКИЙ: ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ, НОВОСИБИРСК
4. I.V. Balagansky: Damaging Effects of Weapons and Ammunition, Willey
5. S. Jaramaz, Physics of Explosion.
6. Cratering by Explosion, Compendium

Link: <https://bmanalysis.substack.com/p/israel-vs-iran-gbu-57ab-mop-bunker>
21.06.2025

17/17