



# OPZHN

## Jaderné zbraně





# Jaderné zbraně

- Účinek jaderných zbraní je založen na využití energie, která se uvolňuje při jaderných přeměnách. Jsou určeny k ničení živé síly, bojové techniky a objektů.
- K uvolňování energie dochází buď při štěpení jader těžkých prvků (např. U, Pu) nebo při syntéze jader lehkých prvků (H, Li). V prvním případě hovoříme o štěpné reakci, ve druhém o reakci termonukleární.





# Jaderné zbraně

- **Rozdělení jaderných náloží**
- štěpné (jednofázové)
- termonukleární (dvoufázové)
- vodíkouranové (třífázové)
- novodobé (neutronová bomba, gama nálož)





# Jaderné zbraně

- **Štěpné bomby** jsou založeny na principu vytvoření nadkritického množství samovolně se štěpící náplně z  $^{239}\text{Pu}$  nebo  $^{235}\text{U}$ . Účinnost štěpení se zvyšuje přidavným zdrojem neutronů a použitím vhodného reflektoru neutronů. Mohutnost těchto bomb se pohybuje mezi 10 až 100 kt TNT.





# Jaderné zbraně

- **Termonukleární bomba** funguje na principu syntézy lehkých jader (deuteria, tritia a deuteridu lithia). V první fázi dochází k explozi klasické trhaviny, což má za následek vytvoření nadkritického stavu štěpného materiálu a posléze spontánní štěpení  $^{239}\text{Pu}$  nebo  $^{235}\text{U}$ , které vytvoří podmínky pro jadernou fúzi. V druhé fázi následuje syntéza deuteria a tritia. Mohutnost bomb se pohybuje mezi 100 kt až několika desítkami Mt TNT.





# Jaderné zbraně

- **Vodíkouranová bomba (superbomba)** – v prvním kroku dochází opět k explozi klasické trhaviny a ke štěpení  $^{239}\text{Pu}$  nebo  $^{235}\text{U}$  v důsledku vytvoření nadkritického množství štěpného materiálu. Takto uvolněná energie iniciuje syntézu lehkých jader a ve třetím stádiu dochází ke štěpení přírodního uranu neutrony uvolněnými při syntéze lehkých jader.





# Jaderné zbraně

- **Novodobé bomby**
- **Gama nálože** – představují modifikaci termonukleární bomby. Konstrukčně jsou uspořádány tak, že obal je tvořen nějakým stabilním izotopem (např.  $^{59}\text{Co}$ ), který se v důsledku interakce s neutrony emitovanými při termonukleárním výbuchu, přemění na příslušný radionuklid ( $^{60}\text{Co}$ ). Tyto radionuklidy jsou v okamžiku výbuchu rozmetány do okolí a způsobují několikanásobně větší zamoření prostředí než klasická štěpná bomba o téže mohutnosti.





# Jaderné zbraně

- **Novodobé bomby**
- **Neutronová bomba** – v podstatě se jedná o termonukleární bombu o nízké mohutnosti (0,1 – 10 kt TNT). Je charakteristická tím, že z celkové uvolněné energie při výbuchu se největší část vyzáří ve formě pronikavé radiace (75 – 80%). V neutronové bombě se využívá beryliových reflektorů. Materiální ztráty jsou minimální v porovnání s jinými typy jaderných bomb. Neutrony o vysoké energii (14 MeV) mají velkou pronikavou schopnost a dokáží usmrtit i osoby ukryté v tancích apod.





# Tritolový ekvivalent

- Ničivou sílu jaderných zbraní posuzujeme podle tzv. tritolového ekvivalentu. Je to takové množství trinitrotoluenu, při jehož výbuchu se uvolní energie stejná jako při výbuchu dané jaderné nálože. Vyjadřujeme jej v kilotunách (kt) nebo v megatunách (Mt).





## Mohutnosti (ráže) jaderných nábojů

- Podle tritolového ekvivalentu dělíme jaderné náboje se štěpnou náloží na malé, střední a velké ráže.
- Velmi malé ráže                      do 1kt
- Malé ráže                                do 15kt
- Střední ráže                            do 100kt
- Velké ráže                                do 1Mt
- U jaderných nábojů s termonukleární náloží se dosahuje hodnot desítek Mt – hovoříme o zvláště velkých mohutnostech (rážích)





## Charakteristika jaderného výbuchu

- Jaderný výbuch je charakterizován uvolněním velkého množství energie v omezeném prostoru v krátkém čase. Uvolnění energie při výbuchu je provázeno značným zvýšením teploty. Vznikají plyny o vysoké teplotě a tlaku. Tyto plyny rychle expandují. Působí na okolní prostředí – vzniká tlaková vlna (vzduch, voda) nebo vlna stlačení (půda).





## Charakteristika jaderného výbuchu

- Jaderný výbuch je dále provázen světelným zářením a radioaktivním zářením. Světelné záření může způsobit vzplanutí hořlavých materiálů na velké vzdálenosti.
- Neutrony a záření gama vysílané během jaderné reakce a krátce po ní (do 15s) nazýváme pronikavou radiací. Po skončení jaderného výbuchu vzniká radioaktivní kontaminace, která je způsobena štěpnými zplodinami, nezreagovanou jadernou výbušninou a indukovanou radioaktivitou způsobenou reakcí nuklidů s neutrony.





## Charakteristika jaderného výbuchu

- Mezi tyto čtyři základní ničivé faktory JV se počítá ještě EMI-  
elektromagnetický impuls, který způsobuje narušení  
elektronických systémů v okolí JV.
- Existuje tedy pět základních ničivých faktorů JV z nichž každý  
reprezentuje určitou část energie uvolněné výbuchem.





# Charakteristika jaderného výbuchu

- U jaderného výbuchu se pouze 85% energie uvolní ve formě kinetické (tepelné) energie, zbytek připadá na ionizující záření.
- Tlaková vlna 50%
- Světelné záření 35%
- Radioaktivní kontaminace 10%
- Pronikavá radiace 5%
- Výše uvedené poměry závisí na druhu nálože a podmínkách výbuchu.





# Časový průběh JV

- $t=10^{-6}\text{s}$  – proběhla podstatná část jaderné reakce – vznikající páry jsou zahřáté na  $10^6\text{°C}$  – probíhá silné vyzařování gama a neutronového záření
- $t=10^{-4}\text{s}$  – vzniká žhavá oblast a tlaková vlna – teplota  $50\,000\text{°C}$  poloměr 20m. Tlak v čele vlny je  $10^9\text{kg.m}^{-2}$ .
- $t=10^{-2}\text{s}$  – teplota klesá na  $3500\text{°C}$  poloměr roste na 120m. Tlak v čele vlny je  $10^5\text{kg.m}^{-2}$ .
- $t=10^{-1}\text{s}$  – teplota vzrůstá na  $8000\text{°C}$ , poloměr 200m, čelo TV 300m, tlak v čele  $10^4\text{kg.m}^{-2}$ . končí působení neutronů.
- $t=3\text{s}$  – teplota klesá na  $1500\text{°C}$ , poloměr 300m, čelo TV 1700m, tlak v čele  $3000\text{kg.m}^{-2}$ . 95% celkové dávky gama záření je již vyzářeno.
- $t=60\text{s}$  – výška oblaku 3km, průměr 2km. TV je ve vzdálenosti 20km – její ničivé účinky končí.
- $t=10\text{min}$  – končí vzestup a rozvoj oblaku – výška 10-13km, průměr 5-6 km.
- $t=\text{nad } 10\text{ min}$  – vypadávání radioaktivních produktů na zemský povrch. Dochází k rozptylování oblaku výbuchu.





# Druhy jaderných výbuchů

- Jaderné výbuchy rozdělujeme podle výšky výbuchu nad terénem na výbuchy výškové, vzdušné, pozemní (na vodní hladině) a podzemní (podvodní).
- Výškové (troposférický-15km, stratosférický-50km, ionosférický-150km, kosmický-nad 150km)
- Vzdušné (nízký, vysoký, velmi vysoký, výškový)
- Pozemní
- Podzemní (zakrytý, otevřený)





# Druhy jaderných výbuchů

- Vzdušný – svítící oblast má tvar koule, oblak není příliš tmavý, mezi sloupem prachu a hlavou oblaku bývá krátce po výbuchu mezera, na terénu nevzniká kráter, radioaktivní kontaminace jen v okolí epicentra.





# Druhy jaderných výbuchů

- Pozemní – svítící oblast má tvar polokoule ležící na zemském povrchu, později se tvar silně deformuje, oblak šedohnědý, sloup prachu je spojen s hlavou, na terénu vzniká silně zamořený kráter, dochází k silné radioaktivní kontaminaci terénu v oblasti centra i ve stopě.





# Druhy jaderných výbuchů

- Podzemní – svítící oblast není viditelná, oblak nemá hřibovitý tvar, nízký dostup oblaku, vznik hlubokého kráteru, velmi vysoká radioaktivní kontaminace kráteru i stopy.





# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Tlaková vlna – účinek tlakové vlny závisí především na hodnotě přetlaku v jejím čele. Působení TV je buď přímé nebo nepřímé. Nepřímo působí TV prostřednictvím úlomků ze zničených předmětů, létajícím kamením apod. Účinky na objekty závisí na jejich vzdálenosti od JV a na materiálu ze kterého jsou zkonstruovány. Účinky na osoby závisí na jejich vzdálenosti od JV – resp. na hodnotě přetlaku v čele TV.
- Hodnota přetlaku v  $\text{kg.m}^{-2}$ , účinky na osoby

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| $10^4$            | smrtelná zranění |
| $6-10 \cdot 10^3$ | těžká zranění    |
| $3-6 \cdot 10^3$  | střední zranění  |
| $1-2 \cdot 10^3$  | lehká zranění    |
| pod $10^3$        | bezpečný přetlak |





# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Tlaková vlna – ochrana:

Osoby – nebezpečí TV se značně sníží, ukryje-li se člověk za libovolnou překážku nebo zalehne. Lze využít ochranných vlastností terénu, staveb a bojové techniky.





# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Světelné záření – ničivé účinky tohoto záření se určují hodnotou tzv. světelného impulsu ( $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ).
- Objekty – dochází ke vzplanutí hořlavých materiálu, požáry porostů
- Osoby - dočasná až trvalá slepota, popáleniny prvního až třetího stupně v závislosti od ochrany a vzdálenosti od JV





# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Světelné záření – ochrana:

Objekty – preventivní protihořlavé nátěry, nátěry hlínou, použití nehořlavých materiálů

Osoby – nebezpečí SZ se značně sníží, ukryje-li se člověk do ochranných objektů (okopy, zákopy, úkryty). Lze využít ochranných vlastností terénu, staveb a bojové techniky. Nikdy se přímo nedívat do JV.





# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Pronikavá radiace – při JV vzniká silné ionizující záření tvořené především zářením gama, neutrony, zářením beta a alfa. Do pronikavé radiace zahrnujeme záření, které je vysláno do 15s po JV a to pouze gama a neutrony (alfa a beta mají krátký dosah).
- Nebezpečí spočívá v poškození buněk vlivem ionizujícího záření. Účinky mohou být okamžité, pozdní a genetické. (např. nemoc z ozáření, rakovinné bujení, genetické změny u potomků apod.)





# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Pronikavá radiace – ochrana:

Koeficient oslabení  $k$  charakterizuje ochranné vlastnosti různých objektů a bojové techniky. Vyjadřuje, kolikrát zeslabí daný objekt radioaktivní záření. Některé  $k$ :

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Les                        | 2  |
| Dřevěné stavby             | 3  |
| Obrněné transportéry       | 4  |
| Tanky, domy                | 10 |
| Zákopy                     | 20 |
| Ochranné úkryty s nakrytím | 40 |

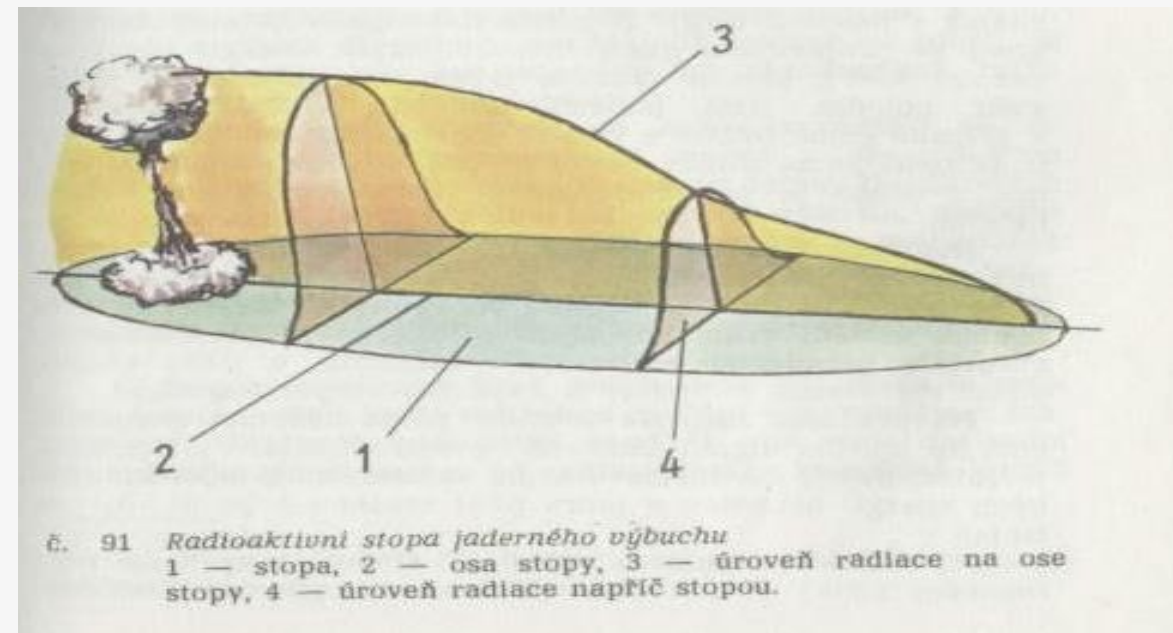
Osoby – je nutné využít ochranných vlastností terénu, staveb a bojové techniky.





# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Radioaktivní kontaminace – existují tři zdroje RZ: štěpné produkty, indukovaná radioaktivita, nezreagovaná štěpná výbušnina. Podíl jednotlivých zdrojů na celkové aktivitě závisí na energii výbuchu, druhu výbuchu, druhu nálože apod.
- Radioaktivní kontaminace terénu vzniká dvojitým způsobem. V okolí JV dochází působením neutronů k indukované radioaktivitě a dále působí tzv. radioaktivní spad – což je vypadávání radioaktivních částic z oblaku JV. Vypadávající částice způsobují tzv. radioaktivní stopu.

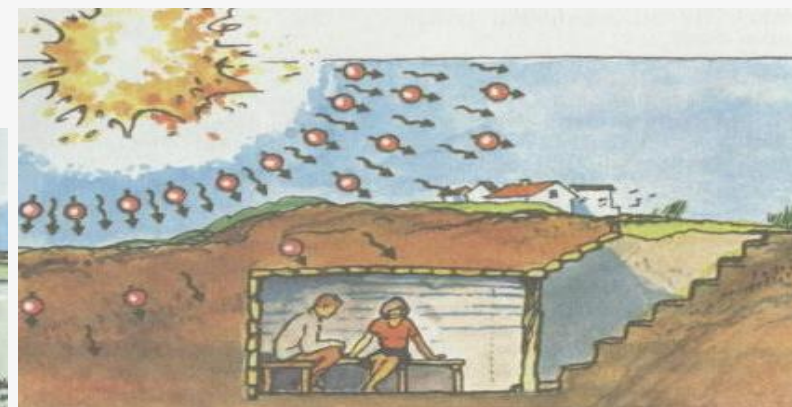




# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Radioaktivní kontaminace – ochrana:

je v podstatě stejná jako u pronikavé radiace – co nejlépe odstínit zdroje ionizujícího záření, používat PIKO, v kontaminovaných prostorech se zdržovat pouze po nezbytně nutnou dobu, hlídat obdrženou dávku ozáření, využívat ochranné vlastnosti terénu a bojové techniky.





# Ničivé faktory a ochrana proti nim

- Elektromagnetický impuls – je závažným projevem JV bez ničivého účinku na osoby.
- Vzniká při absorpci gama záření ve velkých výškách (300-500km). Vytváří se silné elektrické a magnetické pole, které má za následek vznik napěťových impulsů na všech elektrických vodičích. Účinek EMI je přirovnáván k účinkům blesku – je však daleko výraznější a zasahuje plošně (i více než 1000 km od epicentra).
- Ochrana proti EMI – zabudované protipřepětové obvody, speciální konstrukce, stínění, použití optoelektronických součástek.





# Množství jaderné výbušniny

- Kritická množství izotopů

|                                           |              |
|-------------------------------------------|--------------|
| • $^{233}\text{U}$                        | 17 kg        |
| • $^{233}\text{U}$ s použitím odražeče n  | 5 kg         |
| • $^{235}\text{U}$                        | 44 kg        |
| • $^{235}\text{U}$ s použitím odražeče n  | 15 kg        |
| • $^{239}\text{Pu}$                       | 15 kg        |
| • $^{239}\text{Pu}$ s použitím odražeče n | 4,4 kg       |
| • $^{249}\text{Cf}$                       | <b>5,3 g</b> |
| • $^{249}\text{Cf}$ s použitím odražeče n | <b>1,6 g</b> |





# Radiologické zbraně

- Radiologická zbraň (někdy nazývaná též špinavá bomba) je tvořena klasickou trhavinou, jejíž exploze rozmetá do okolí radioaktivní látky (např.  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{241}\text{Am}$  a jiné), které následně způsobí kontaminaci okolí. Některé z uvedených radionuklidů mají rovněž vysoce toxické vlastnosti. Vyrobit radiologickou zbraň není o moc náročnější než vyrobit klasickou bombu, přičemž největší překážkou je sehnání radioaktivního materiálu. Hlavním účelem této zbraně je vyvolat zděšení u obyvatelstva a zapříčinit dlouhodobou nemožnost používat budovy a přilehlá prostranství bez provedení nákladné dekontaminace. Předpokládané použití této zbraně je především v hustě obydlených místech, popř. v místech s velkým hospodářským významem (nádrže na pitnou vodu apod).





# Radiologické zbraně

- Ničivé účinky radiologické zbraně jsou nesrovnatelně nižší než u jaderné zbraně. Tato zbraň není schopna způsobit závažné zdravotní následky většího rozsahu. Počet obětí v okamžiku exploze je srovnatelný s počtem obětí při výbuchu klasické výbušniny stejné mohutnosti.
- Nejnebezpečnější radioaktivní materiál se nachází v jaderných elektrárnách a jaderných zbraních. Naštěstí riziko, že teroristé získají materiál z těchto zdrojů je nízké. Lépe dostupný je radioaktivní materiál používaný v průmyslu (diagnostika) nebo lékařství (radiofarmaka) apod. Taktéž nelze vyloučit útok na jaderné palivo při jeho převozech a např. i útok velkým dopravním letadlem na reaktor jaderné elektrárny.

