

Prostorové detektory PZS

Doc. Ing. Karel Burda, CSc.



Program

Prostorové detektory PZS

1. Úvod
2. Objemové detektory
3. Hraniční detektory
4. Ochrana detektorů
5. Závěr

1. Úvod

Prostorové detektory

- Prostorové detektory jsou určeny k detekci pohybu útočníka kontrolovanou **oblastí**.
- Důležitou charakteristikou prostorových detektorů je tzv. **detekční diagram**. Detekční diagram budeme definovat jako **část prostoru**, ve které může daný detektor případný incident detektovat.
- Podle tvaru detekčního diagramu budeme prostorové detektory klasifikovat na:
 - **objemové** detektory,
 - **hraniční** detektory.
- **Objemové** detektory („volumetric detectors“) mají detekční diagram v podobě **třírozměrného geometrického útvaru**. Pokud se útočník začne uvnitř tohoto útvaru pohybovat, tak způsobí vyhlášení poplachu.
- **hraniční** detektory („line detectors“) mají detekční diagram v podobě plochy nebo linie, kterými se v kontrolované oblasti definují **virtuální hranice**. Pokud útočník tuto hranici překročí, tak dojde k vyhlášení poplachu.

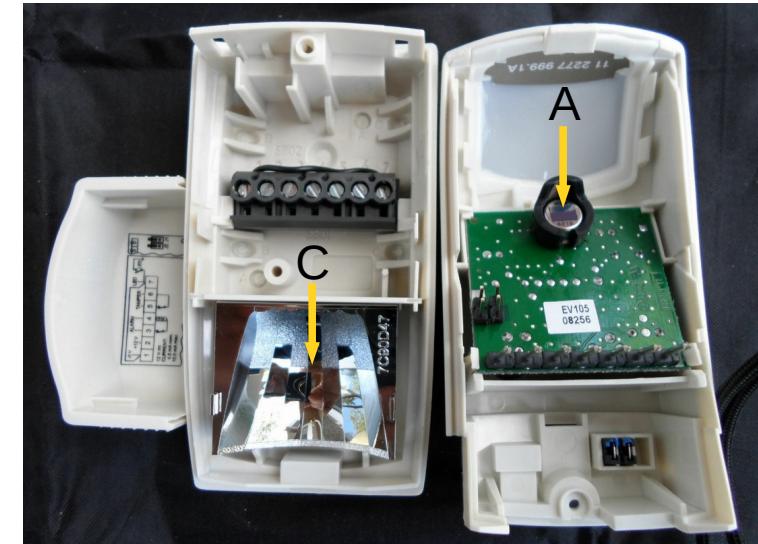
2. Objemové detektory

Objemové detektory

- Objemové detektory mají detekční diagram v podobě **třírozměrného geometrického útvaru**. Pokud se útočník začne uvnitř tohoto útvaru pohybovat, tak způsobí vyhlášení poplachu.
- Jedná se o asi **nejrozšířenější** třídu ze všech detektorů. Výhodou je jejich nízká cena a dobrá pravděpodobnost detekce útočníka.
- Umisťují se zejména v **interiérech**, kde se **nacházejí** aktiva, tak i na **přístupech** k těmto prostorům.
- Typy:
 - **pasivní infračervené** (PIR) detektory,
 - **mikrovlnné** (MW) detektory,
 - **duální** (PIR+MW) detektory.
- Detektory **PIR** jsou pasivní (tj. neemitují žádnou energii) a tak lze v jednom prostoru umístit více detektorů, aniž by se ovlivňovaly. Špatně detekují osoby, které se pohybují směrem přímo k detektoru.
- Detektory **MW** jsou aktivní a je problematické umisťovat tyto detektory ve vzájemném dosahu. Špatně detekují osoby, které se pohybují kolmo ke spojnici detektor-osoba.
- K eliminaci slabin obou výše uvedených typů se stále častěji používají **duální** detektory, které jsou jejich kombinací.

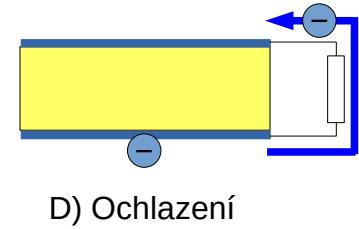
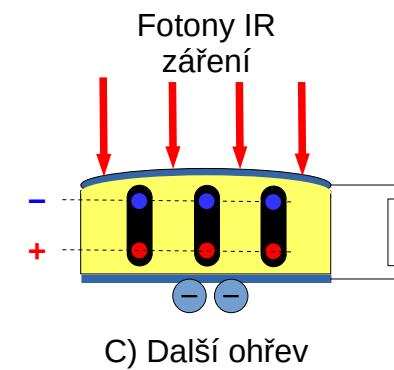
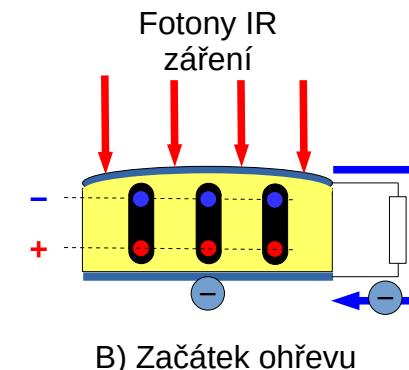
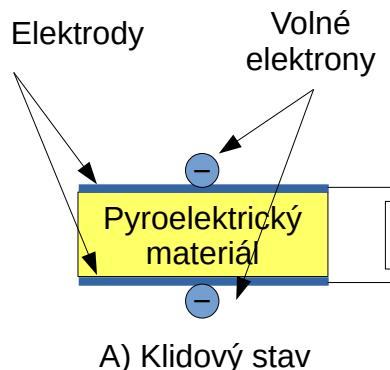
Detektor PIR

- Detektor PIR („Passive InfraRed sensor“) je pasivní typ detektoru, kde příznakem výskytu osoby ve střežené oblasti je její **infračervené záření**.
- Infračervené (IR – „Infrared“) záření osoby je soustředěno na **pyroelektrický snímač** (na obou obrázcích součástka A). Pomocí vestavěného **filtru** v okénku tohoto snímače je spektrum dopadajícího záření omezeno na pásmo kolem **9,4 µm**, v němž lidské tělo září nejvíce.
- K soustředění IR záření na pyroelektrický snímač se obvykle používá soustava **Fresnelových** (čti frenelových) **čoček** (okno B ve víku detektoru na obrázku vlevo). Méně obvyklá je soustava parabolických zrcadel (soustava C na obrázku vpravo).



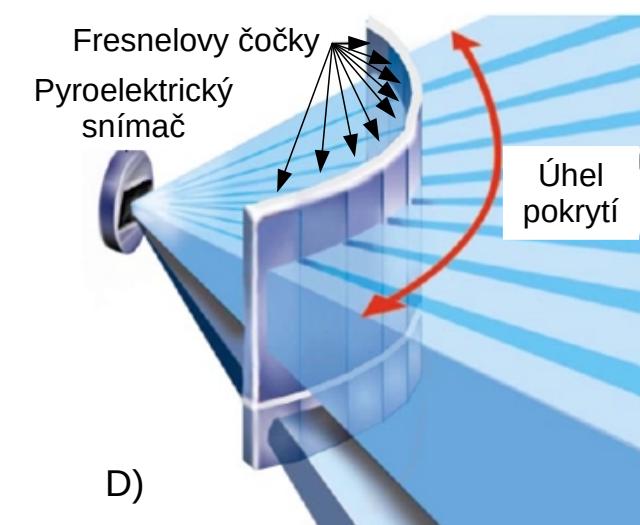
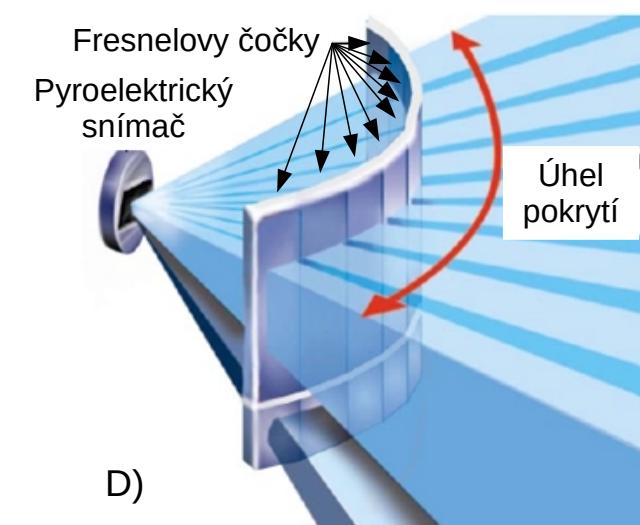
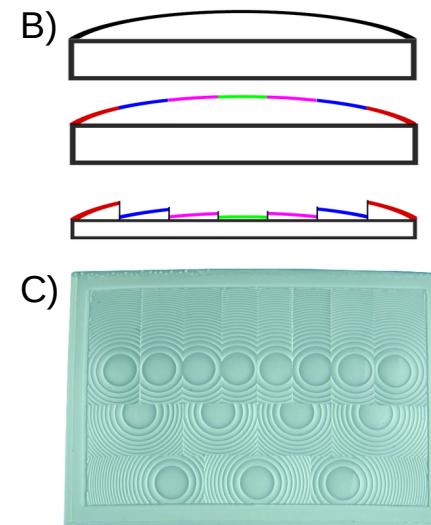
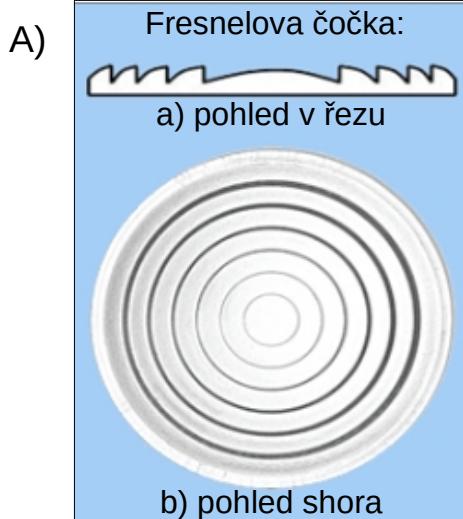
Pyroelektrický jev

- Pyroelektrika jsou podmnožinou piezoelektrik. Na obrázku A je destička pyroelektrika v bočním řezu. Na horní a dolní stranu destičky jsou naneseny elektrody, které jsou propojeny rezistorem. V klidovém stavu neprotéká rezistorem žádný proud.
- Dopadem fotonů IR záření na horní stranu destičky (obr. B) se tato strana zahřeje a v důsledku tepelné roztažnosti dojde k její mírné deformaci (vyboulení). Tato deformace je ekvivalentní deformaci způsobené mechanickým tahem. Jak víme z popisu piezoelektrického jevu, tak důsledkem deformace piezoelektrika je jeho polarizace. Na polarizaci destičky reagují svým přesunem volné elektrony z horní elektrody a rezistorem proteče proud.
- Přesunem všech volných elektronů proud rezistorem nakonec zanikne (obr. C), i když ohřev pokračuje dále. Zánikem IR záření (obr. D) se horní destička začne ochlazovat a vrátí se k původnímu tvaru. Zmizí tím i polarizace a přebytek elektronů z dolní elektrody se přes rezistor vrátí zpět na horní elektrodu. Tím se systém vrátí do klidového stavu stavu (obr. A).



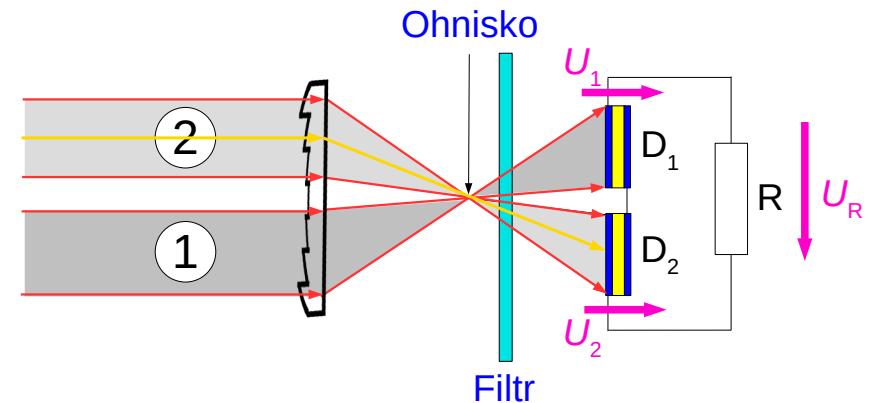
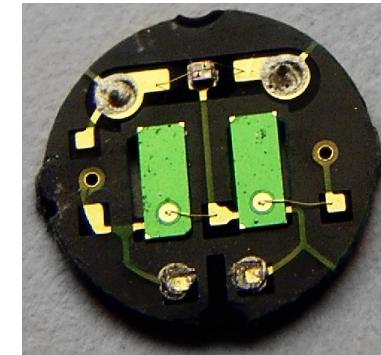
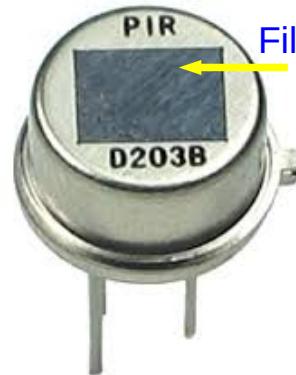
Fresnelova čočka

- **Fresnelova čočka** (obr. A) slouží ke zvětšení **dosahu** detektoru. Prakticky se jedná o klasickou konvexní čočku (obr. B), která je "zborcena" po mezikružích. Fresnelova čočka je tak tenčí a ztráty IR záření při průchodu čočkou jsou nižší.
- Detektory se obvykle vybavují celou **soustavou čoček** (obr. C), která bývá lisována z teflonu a vhodně vytvarována. Na pyroelektrický snímač pak dopadá IR záření **z více různých směrů** (obr. D), čímž se zvětšuje velikost střeženého prostoru.



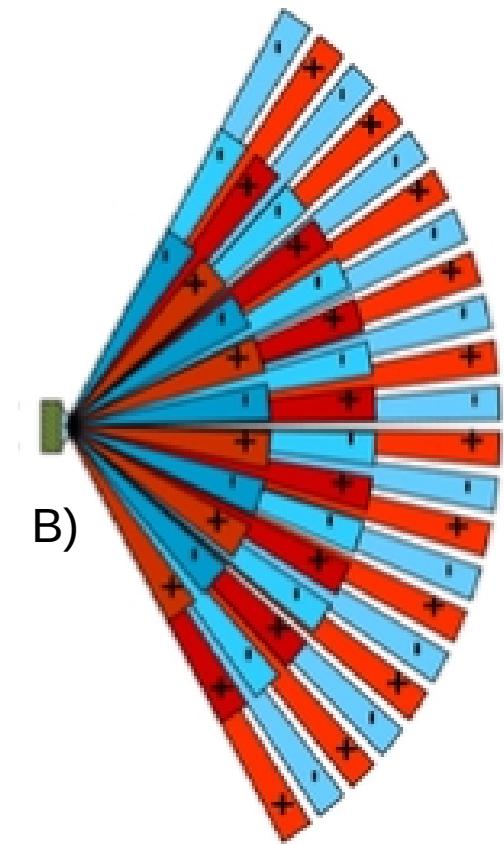
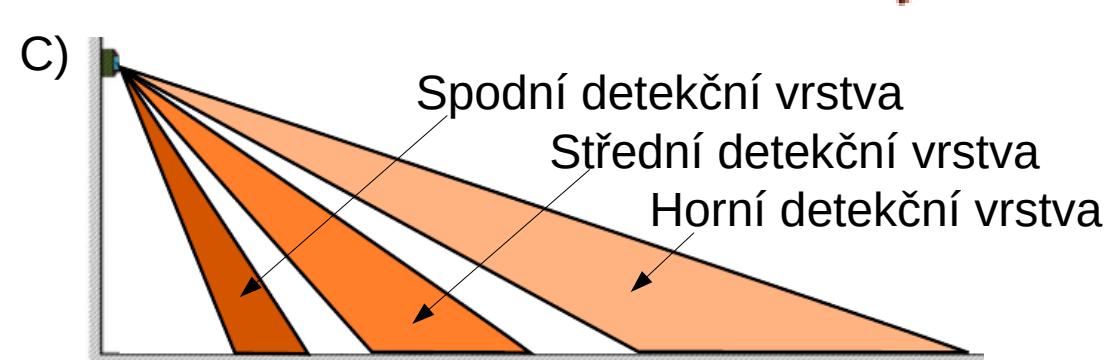
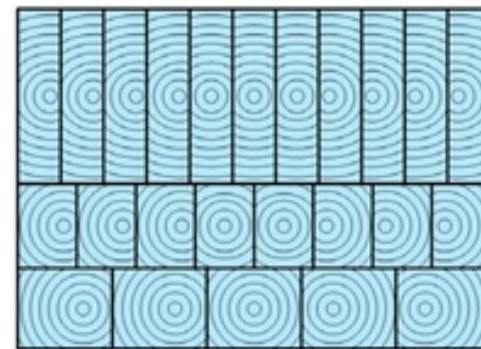
Princip fungování detektoru PIR

- Jádrem detektoru PIR je **pyroelektrický snímač** (obrázek vlevo), v němž se nacházejí **dvě pyroelektrické destičky** v **rozdílovém** zapojení (obrázek uprostřed). Rozdílovým zapojením se eliminují **rušivé** jevy, jako je například změna teploty vzduchu v místnosti a mechanické otřesy (elektrody na piezoelektrických destičkách z nich zároveň dělají akcelerometry).
- Každá čočka před snímačem rozdělí snímanou oblast na dva **laloky** (1 a 2) a na **slepou** zónu mezi těmito laloky. Záření z 1. laloku dopadá jen na destičku D_1 , záření z 2. laloku jen na D_2 a záření ze slepé zóny dopadá bez využití do prostoru mezi destičky.
- Pokud je intenzita záření Ψ z 1. laloku **stejná** jako z 2. laloku, tak je napětí na obou destičkách stejné (tj. $U_1 = U_2$) a napětí na rezistoru $U_R = U_1 - U_2 = 0$.
- Pokud se však například ve 2. laloku objeví **útočník**, tak Ψ z tohoto směru je vyšší. Pak tedy napětí $U_2 > U_1$ a napětí $U_R \neq 0$. To způsobí vyhlášení poplachu.



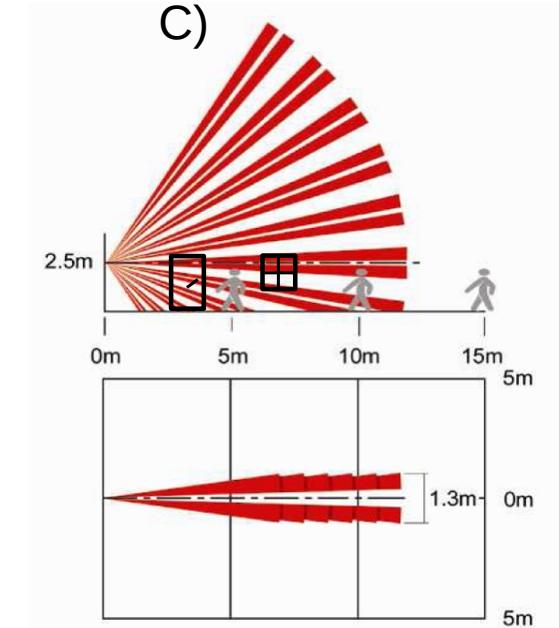
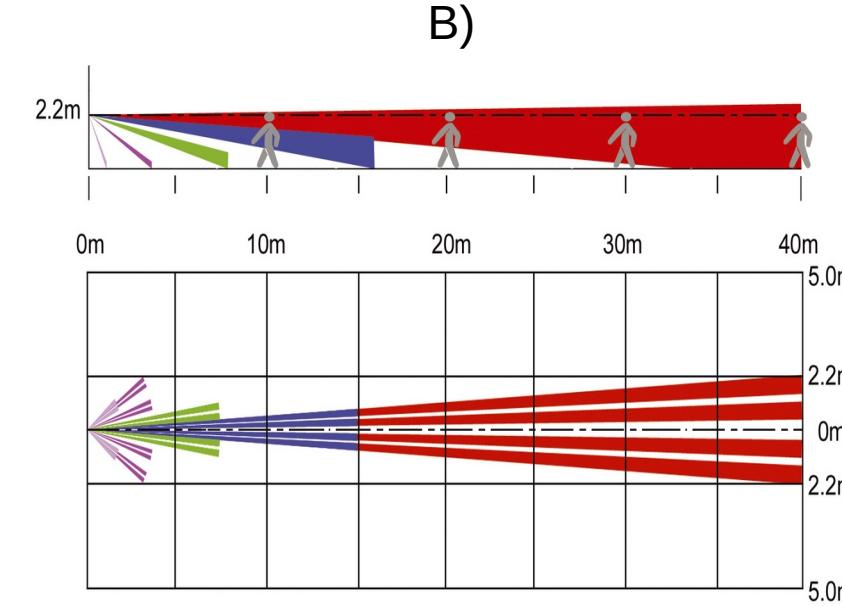
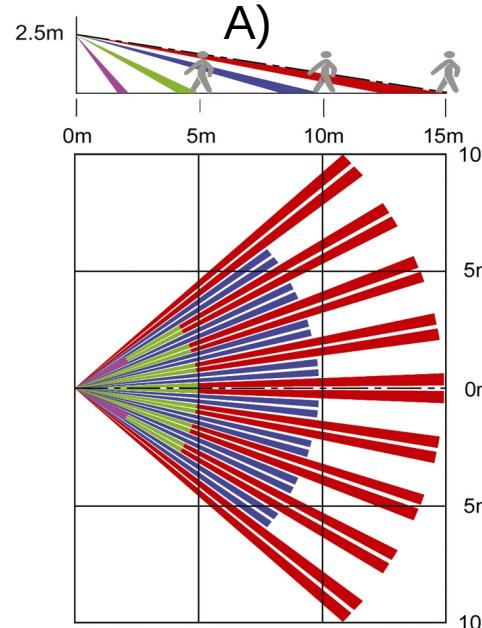
Soustava čoček a detekční diagram detektoru PIR

- Na obr. A je příklad **soustavy Fresnelových čoček** PIR detektoru ve třech řadách.
- Každá čočka (viz obr. B s detekčním diagramem při pohledu zdola) vytvoří 2 laloky oddělené slepou zónou. Detekci útočníka v červeně označených lalocích (+) zajišťuje jedna z destiček a totéž zajišťuje v modře označených lalocích (-) druhá z destiček.
- Pomocí 11 čoček v horní řadě (obr. A) vznikne 22 laloků s **nejdelším** dosahem (obr. B). Ty tvoří **horní detekční vrstvu** (obr. C - pohled z boku). 8 čoček v prostřední řadě vytvoří 16 laloků **střední detekční vrstvy** a 5 čoček v dolní řadě vytvoří 10 laloků **spodní vrstvy**.
- Uspořádání laloků do vrstev umožňuje **rovnoměrné** pokrytí střeženého prostoru.



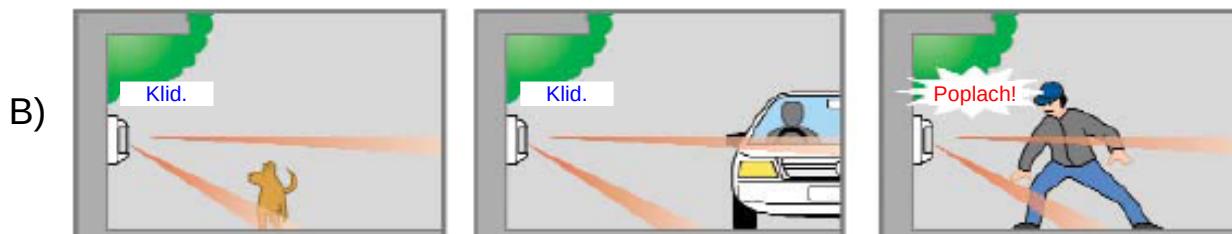
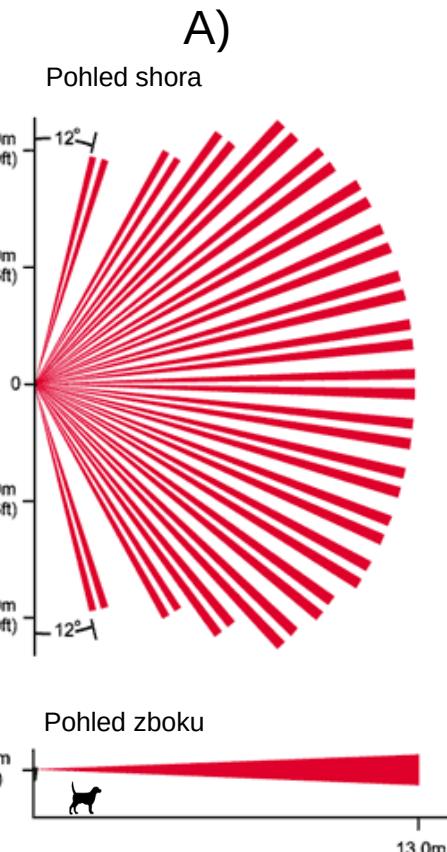
Typy čoček pro detektory PIR

- Celá soustava Fresnelových čoček se v praxi **zjednodušeně** nazývá jen „čočka“. Nejvíce se používají čočky s následujícími detekčními diagramy.
- A – **klasická** čočka: detekční diagram tvoří šikmo sklopené, široké vějíře.
- B – **chodbová** čočka: detekční diagram tvoří velmi úzké a dlouhé vějíře.
- C – **záclonová** čočka: detekční diagram tvoří dva úzké, vertikálně postavené vějíře.
- Obvykle se využívá klasická čočka. Chodbová čočka je určena pro dlouhé chodby a záclonová čočka slouží k detekci průniku útočníka dveřmi, či okny.



Detektory PIR imunní vůči zvířatům

- Pro domácnosti se psy, kočkami apod. jsou nabízeny detektory PIR, které dokáží střežit domácnost, i když se v ní pohybuje domácí **zvíře**. Tyto detektory jsou buď ve variantě s tzv. zvířecí čočkou, nebo ve variantě se dvěma snímači.
- Detektor se **zvířecí čočkou** má touto čočkou upraven detekční diagram tak, aby detekční zóny vedly a končily několik desítek centimetrů nad zemí. Pohybující se zvíře je tak mimo zorné pole detektoru (viz obr. A, dole).
- Detektor se **dvěma snímači** snímá jedním snímačem ve spodní detekční vrstvě a druhým snímačem ve vyšších vrstvách. K vyhlášení poplachu je zapotřebí detekce útočníka oběma snímači (viz obr. B, zcela vpravo).

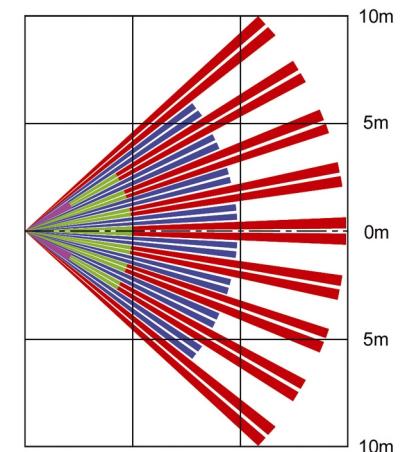


Detektory PIR - vlastnosti

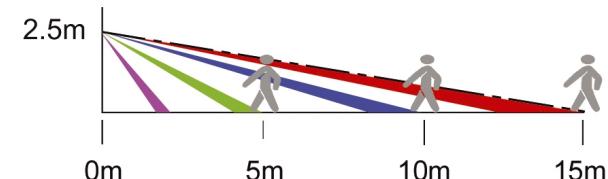
- Detektory PIR v pravém slova smyslu nedetekují osoby, ale **pohybující** se objekty o **teplotě** lidského těla.
- Typické uspořádání prostoru, v němž detektor PIR detekuje, ilustrují obrázky A a B.
- V případě pohybu objektu směrem k detektoru, nebo od něho (tzv. **radiální** směr, viz obr C) je detektor citlivý **nejméně**. Pomalým přiblížováním útočníka se napětí U na destičkách zvyšuje pomalu. Proud I rezistorem R je malý a útočník tak nemusí být detekován.
- **Nejcitlivější** je detektor pro tzv. **tangenciální** směr pohybu (kolmý na spojnici detektor - osoba), kdy pyroelektrické destičky zachytávají záření objektu střídavě a jejich napětí a tedy i proud I se rychle a významně mění.
- U detektorů PIR je zapotřebí zajistit **přímý výhled** do střeženého prostoru. Není vhodné je umísťovat proti oknům a zdrojům tepla. Záření slunce, nebo reflektorů přes okna a zapnutí topení mohou být zdroji **falešných** poplachů.

Prostor detekce u detektoru PIR

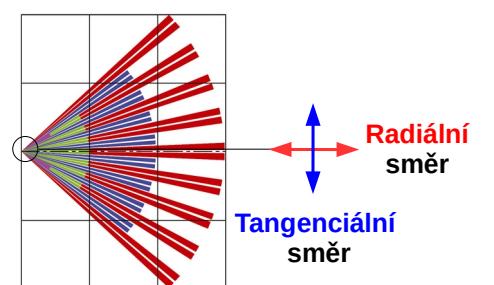
A) Pohled shora



B) Pohled z boku



C) Radiální a tangenciální směr



Dopplerův jev

- **Dopplerův jev:** pokud se zdroj vlnění a pozorovatel navzájem pohybují, tak kmitočet f' vlnění zdroje je odlišný oproti kmitočtu f změřenému pozorovatelem.
- Zdroj vlnění může být buď **primárním** zdrojem (např. auto, jehož motor vydává zvuk), nebo **sekundárním** zdrojem (např. letadlo, jehož povrch odráží rádiový signál vysílaný pozemním radarem).
- Pokud se zdroj a pozorovatel pohybují po přímce, která je spojuje, tak platí:

$$f' = f \cdot \left(\frac{c}{c \pm v} \right)$$

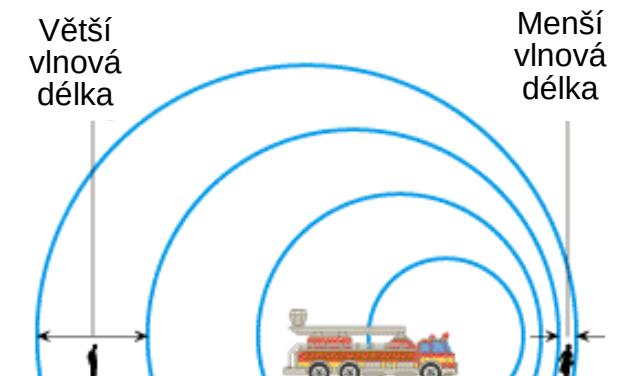
Vlnoplochy (množina bodů se stejnou fází)



A) Stojící vozidlo

Vlnová délka

Větší vlnová délka



B) Jedoucí vozidlo

Menší vlnová délka

kde

f' = změřený kmitočet,

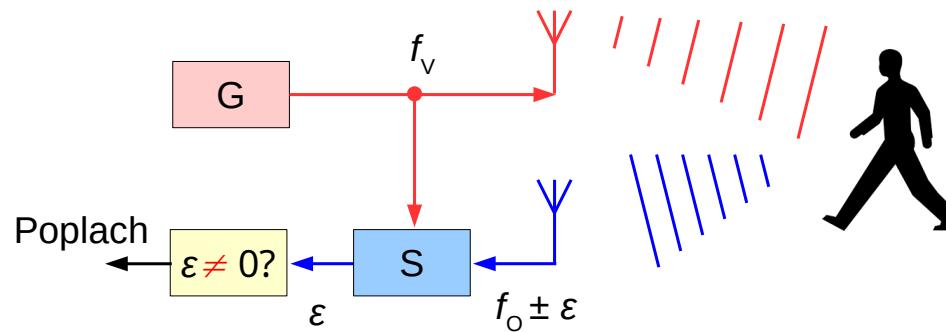
f = emitovaný kmitočet,

c = rychlosť šíření vlnění (elektromagnetické $3 \cdot 10^8$ m/s, akustické 332 m/s),

v = vzájemná rychlosť zdroje a pozorovatele. V případě přiblížování je záporná a v případě vzdalování je kladná.

Mikrovlnné detektory - princip

- Mikrovlnné detektory („Microwave motion detector“ - MW) fungují na základě **Dopplerova** jevu. Obvykle využívají rádiové záření v pásmu kolem **10 GHz**.
- **Generátor G** (obr. vlevo) generuje signál o kmitočtu f_V , který je vysílací anténou vyzářen do prostoru, přičemž okolní objekty tento signál odrážejí. Odrazy od statických objektů budou mít kmitočet $f_O = f_V$ a od pohyblivého objektu bude mít odraz kmitočet o hodnotě $f_O = f_V \pm \varepsilon$, kde ε je dopplerovský posun. Odražené signály zachytává přijímací anténa.
- Přijaté signály jsou vedeny na jeden vstup směšovače S a vysílaný signál je přiveden na druhý z obou vstupů. Směšovač generuje ze signálů na obou vstupech signály s kmitočty f , které jsou různými lineárními kombinacemi f_O a f_V . Dolní propustí se přitom vybírá signál s rozdílovou kombinací $|f_O - f_V| = \varepsilon$. Pokud $\varepsilon \neq 0$, tak je vyhlášen poplach.

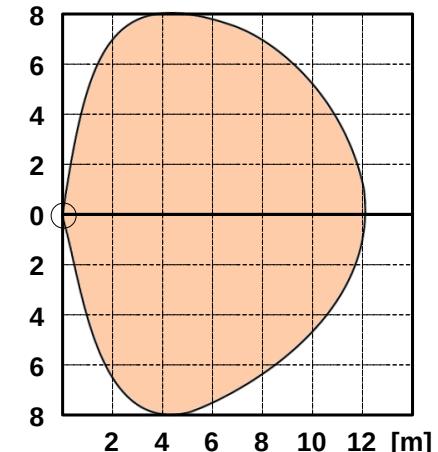


Mikrovlnné detektory - vlastnosti

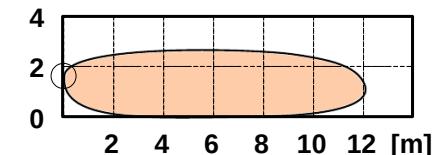
- Mikrovlnné detektory nedetekují jen osoby, ale obecně detekují **pohybující** se objekty.
- Typické tvary prostoru, v němž mikrovlnný detektor detekuje, ilustrují obrázky A a B.
- Pokud je pohyb objektu směrem k detektoru, nebo od něho (tzv. **radiální** směr, viz obr C), tak dopplerovský posun ϵ je maximální a detektor je **nejcitlivější**. Při směru kolmém k radiálnímu (tj. **tangenciální** směr) je hodnota ϵ rovna nule a pohybující se objekt **nelze** detekovat.
- Nastavení mikrovlnných detektorů je složitější a může dojít často k falešnému poplachu, protože detektor při špatném seřízení sleduje **stav i mimo střeženou zónu** (rádiové vlnění proniká např. stěnami a okny). MW detektory je nutno umístit tak, aby nebyly ve vzájemném dosahu.

Prostor detekce mikrovlnného detektoru

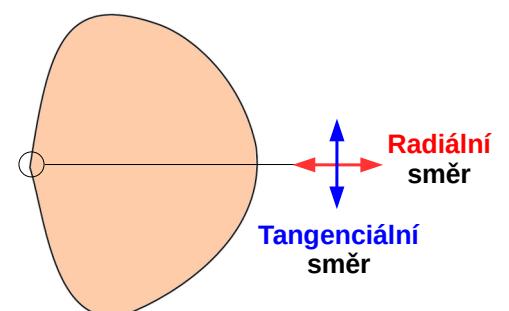
A) Pohled shora



B) Pohled z boku

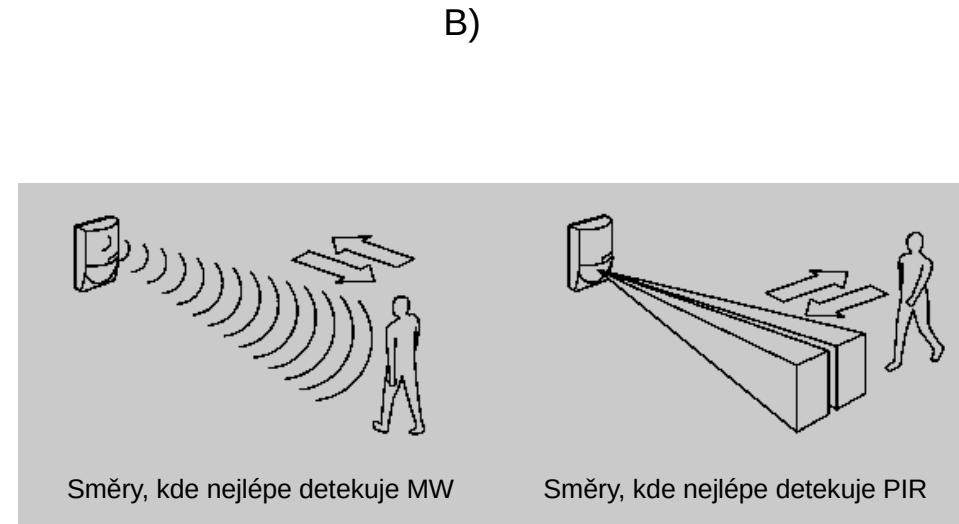


C) Radiální a tangenciální směr

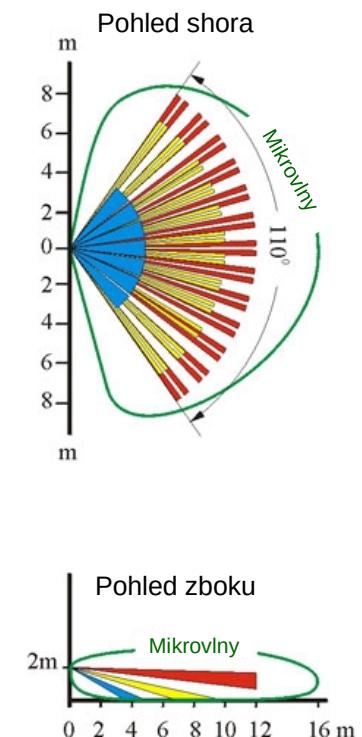


Duální detektory

- Duální detektor je obvykle **kombinace** detektoru **PIR** a **MW** (obr. A).
- Uvedenou kombinací **eliminujeme** slabinu každého z nich pomocí přednosti toho druhého (obr. B). Typický detekční diagram je na obr. C.
- K vyhlášení poplachu lze obvykle volit buď **součinovou** logiku (poplach je vyhlášen jen, když útočníka detekují oba detektory), nebo **součtovou** logiku (poplach je vyhlášen, když útočníka detekoval alespoň jeden z detektorů).



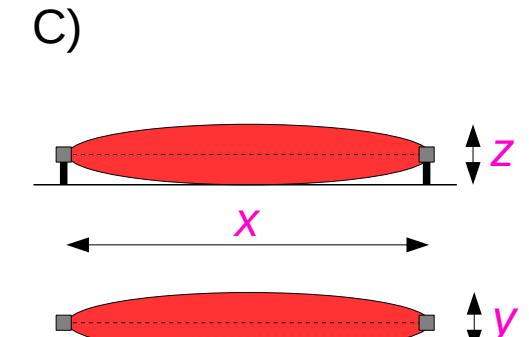
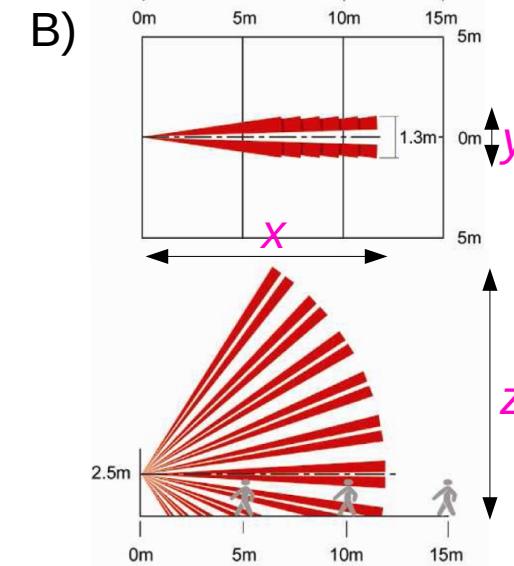
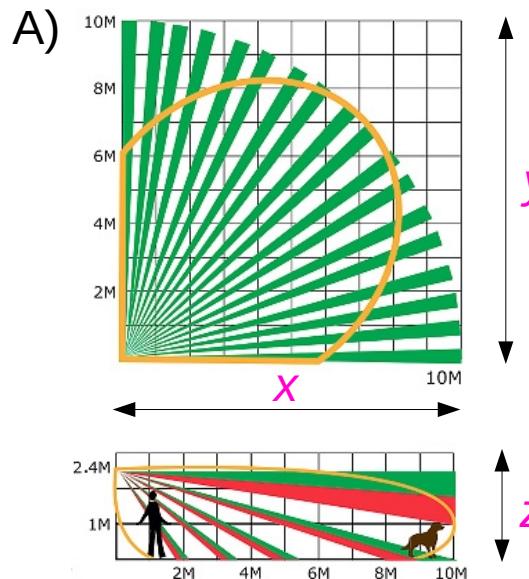
C)



3. Hraniční detektory

Hraniční detektory

- **Hraniční detektory** jsou prostorové detektory, jejichž detekční diagram má podobu plochy nebo linie. Pomocí těchto ploch a linií se v kontrolované oblasti definují **virtuální hranice** a pokud útočník takovou hranici překročí, tak dojde k vyhlášení poplachu.
- **Detekční diagram** je prostorový útvar, v němž detektor může incident detektovat. Každý takovýto útvar má tři rozměry – **x**, **y** a **z** (viz obr A).
- **Typy:**
 - **plošné**: detekční diagram má podobu plochy, tj. jeden z jeho rozměrů lze oproti zbývajícím dvěma zanedbat (viz obr. B, kde je zanedbatelný rozměr **y**),
 - **liniové**: detekční diagram má podobu linie, tj. dva z jeho rozměrů lze oproti zbývajícímu zanedbat (viz obr. C, kde jsou zanedbatelné rozměry **y** a **z**).

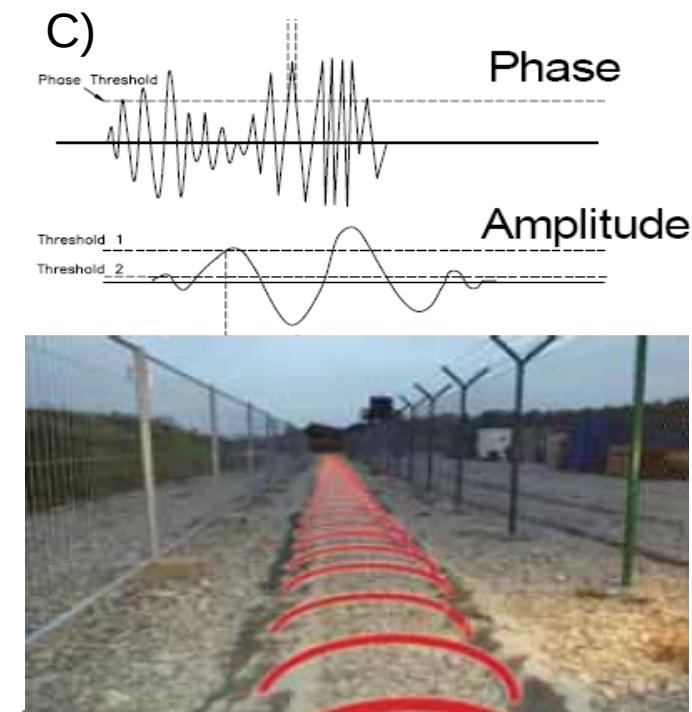
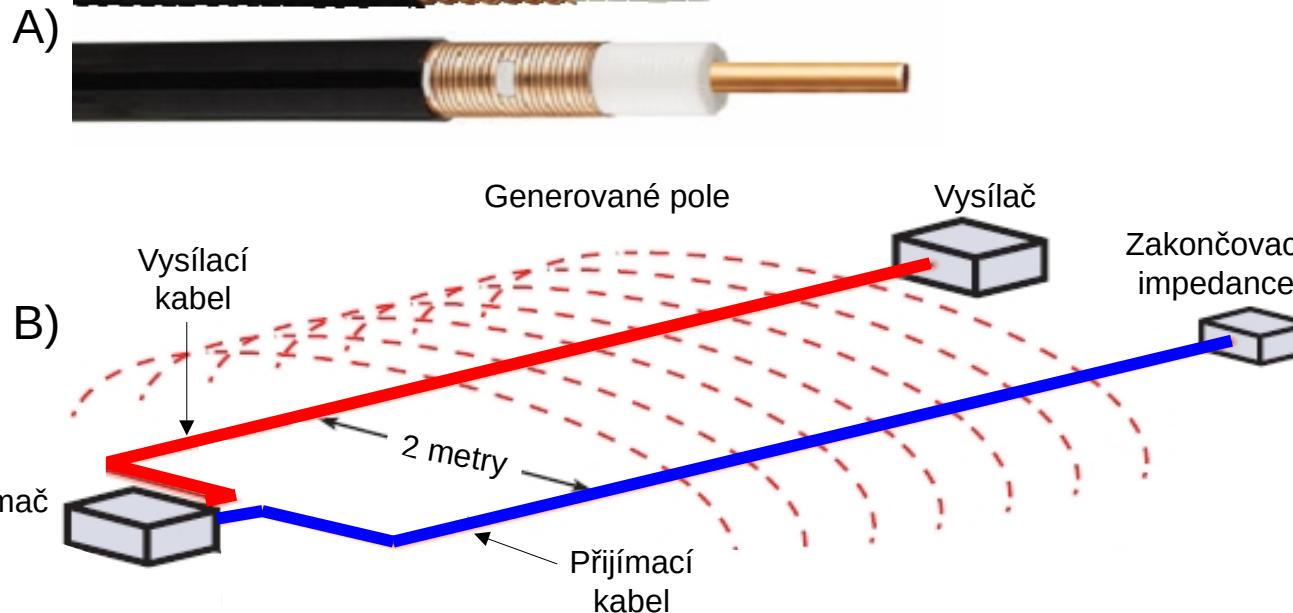


Hraniční detektory - typy

- **Hraniční liniové** detektory jsou prostorové detektory, jejichž detekční diagram má podobu linie, tj. jeden z rozměrů je dominantní a ostatní jsou zanedbatelné.
- Používají se k vytváření dlouhých hranic, kterými jsou typicky hranice pozemku.
- Typy:
 - **zemní**: jejich snímače jsou zakopány v zemi. K nejznámějším patří:
 - štěrbinové kabely,
 - zemní optovláknové kabely,
 - seizmické detektory,
 - **nadzemní**: jejich snímače jsou umístěny nad zemí. K nejznámějším patří:
 - mikrovlnné,
 - infračervené,
 - radarové.
- **Hraniční plošné** detektory jsou prostorové detektory, jejichž detekční diagram má podobu plochy, tj. jeden z rozměrů detekčního diagramu je zanedbatelný.
- Používají k vytváření hranic, kterými jsou typicky hranice budov, místností a předmětů.
- Typy:
 - PIR detektory se záclonovou čočkou.
 - lidarové detektory.

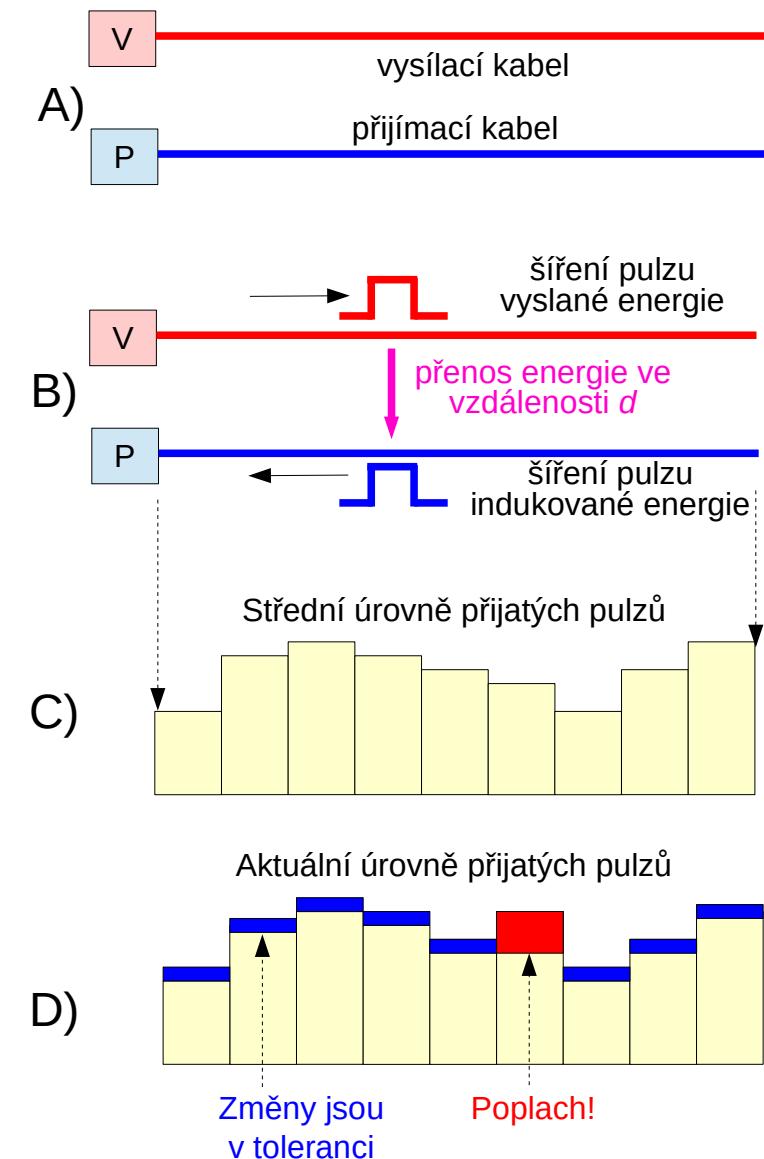
Štěrbinové kabely s kontinuálním režimem

- Jedná se obecně o **direktní** typ detektoru.
- Základem těchto detektorů je speciální koaxiální kabel se **štěrbinami** v plášti (obr. A).
- Zakopaný vysílací kabel (obr. B) těmito štěrbinami kontinuálně **vyzařuje** vf. energii do okolí a souběžně vedený přijímací kabel svými štěrbinami vyzařovanou energii **přijímá**.
- Vstupem útočníka do pole mezi kably dojde ke **změnám** parametrů tohoto pole (obvykle jeho amplitudy a fáze – viz obr. C), což způsobí spuštění poplachu.
- Nevýhodou je, že nelze přesněji určit místo narušení.



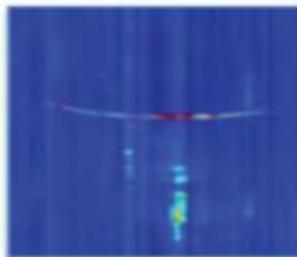
Štěrbinové kabely s pulzním režimem

- V zemi jsou **souběžně** zakopány dva štěrbinové kabely. Jeden je **vysílací** a druhý **přijímací** (obr. A)
- **Vysílač** V periodicky vysílá velmi krátké vysokofrekvenční **pulzy**. Pulz se šíří vysílacím kabelem a přitom část jeho energie je ve formě **elmg. pole** vyzařována přes štěrbiny do **okolí** (obr. B).
- Energie **elmg. pole** se přes štěrbiny **indukuje** do přijímacího kabelu a indukované pulzy se šíří k **přijímači** P (obr. B).
- Podle **okamžiku** přijetí pulzu lze na základě rychlosti šíření signálu odvodit v jaké **vzdálenosti** d došlo k přenosu energie mezi vysílacím a přijímacím kabelem.
- Amplitudy přijatých pulzů pro různé vzdálenosti d se **statisticky** vyhodnocují (obr. C).
- Pokud útočník kabely **překročí** ve vzdálenosti d , tak v tomto místě **ovlivní** šíření elmg. pole mezi kably. Amplituda pulzu z této vzdálenosti tak bude významně **odlišná** od statistického průměru a detektor vyhlásí **poplach** (obr. D).

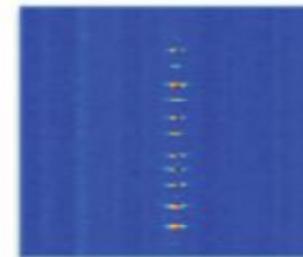


Zemní optovláknový kabel - vlastnosti

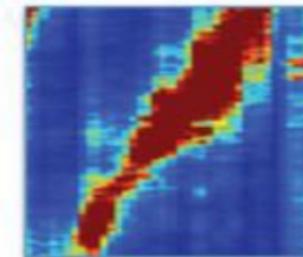
- Kabel s běžným jednovidovým optickým vlákнем je zakopán v několika meandrech do **země**. Snímače jsou však natolik citlivé, že jsou použitelné i jako **plotové** detektory.
- Optické vlákno funguje jako **liniový snímač**, který po celé své délce snímá mechanické otřesy ze svého okolí.
- Analýzou zachycených otřesů lze na vzdálenost jednotek až desítek metrů od kabelu detekovat kráčející **osobu**, jedoucí **vozidlo**, nebo i přelet lehkého **letadla**.
- Výhodou těchto senzorů je **délka** střežené linie – až desítky kilometrů. Určit, která část kabelu otřesy zachytila, lze s přesností jednotek metrů.



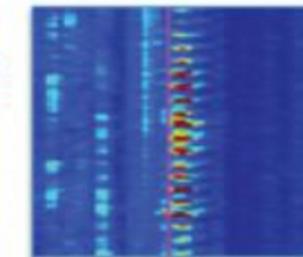
Výstřel



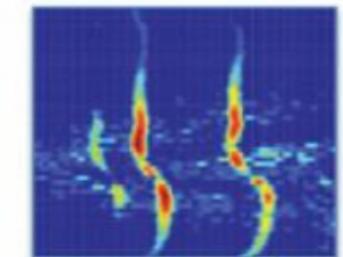
Kopání



Jedoucí vozidlo



Kráčející osoba

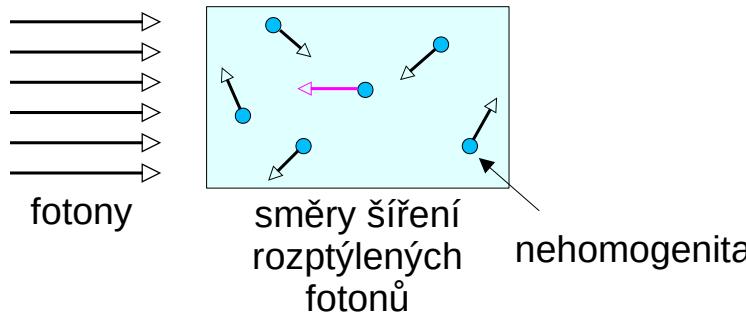


Letící ultralight

Zemní optovláknový kabel – princip (1/2)

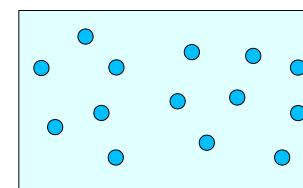
- Zemní optovláknový kabel je **reflexní** detektor, kde se jako snímač používá běžné **jednovidové** vlákno. V takovémto případě se fotony vláknom šíří jako **jediný** paprsek.
- Každé vlákno obsahuje **drobné nehomogenity** (obr. vlevo), které jsou prakticky neodstranitelnou výrobní vadou optických vláken. Využívá se skutečnost, že na těchto nehomogenitách dochází k rozptylu fotonů (tzv. **Rayleighův rozptyl** - čti rejlův), přičemž část rozptylených fotonů **se vrací zpět** k vysílači.
- Hustota nehomogenit ve vlákně je konstantní a tak počet navrácených fotonů je statisticky rovněž konstantní.
- K detekci incidentu se využívá skutečnost, že **tlakem** na vlákno ve vzdálenosti d od detektoru se v tomto místě zmenší průřez Φ vlákna a tedy se zde **zvětší i hustota** nehomogenit (obr. vpravo). To se projeví vyšším počtem fotonů navrácených z příslušné části vlákna.

Rayleighův rozptyl v jádře vlákna

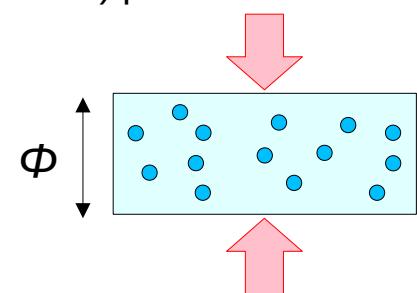


Hustota nehomogenit ve vzdálenosti d :

a) klidový stav

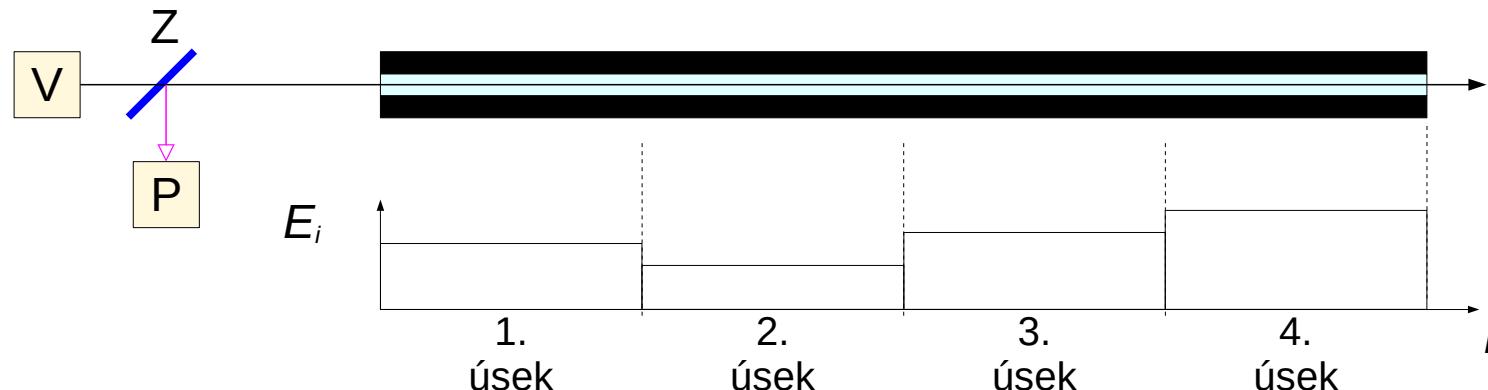


b) po stlačení vlákna



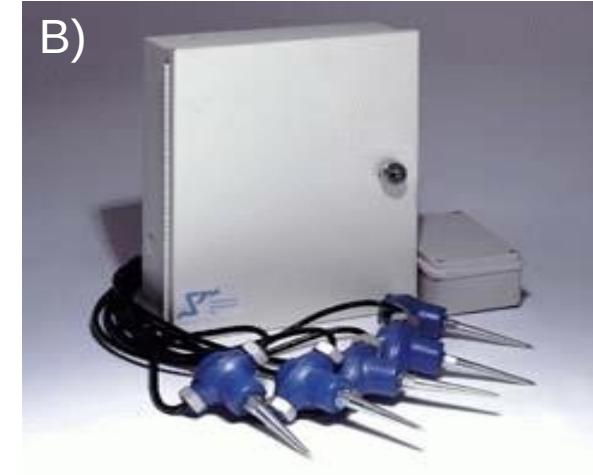
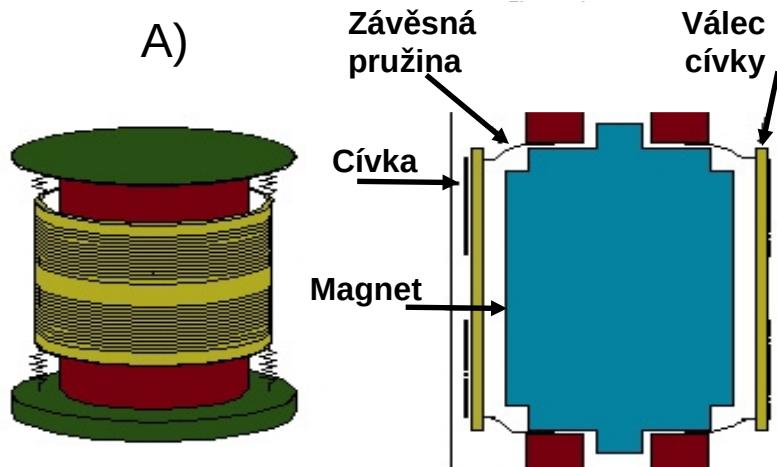
Zemní optovláknový kabel – princip (2/2)

- **Vysílač V** generuje do vlákna přes polopropustné zrcadlo Z velmi krátké **pulzy** fotonů (jednotky ns). Vláknom se tak pohybují mraky fotonů o délce pouze několika metrů. V přestávkách mezi pulzy se vracejí rozptylené fotony. Ty jsou zrcadlem Z **nasměrovány** do **přijímače P**.
- Ze znalosti okamžiku **T** návratu fotonů, lze na základě rychlosti pohybu fotonů **v** odvodit v jaké vzdálenosti **d** došlo k jejich rozptylu. Platí, že $d = v \cdot T/2$.
- Jak již bylo řečeno, hustota nehomogenit ve vlákně je v klidovém stavu konstantní a tak střední počet **E** navrácených fotonů je statisticky rovněž konstantní. K detekci incidentu se využívá skutečnost, že **tlakem** na vlákno ve vzdálenosti **d** se v tomto místě zmenší jeho průřez a tedy se zde **zvětší i hustota** nehomogenit. Zvětší se tím pravděpodobnost interakce fotonů s nehomogenitami v daném místě a to se projeví vyšším počtem fotonů navrácených z úseku vlákna ve vzdálenosti **d**.
- V praxi se dosahuje **metrová přesnost** u kabelů o délce až desítek kilometrů.



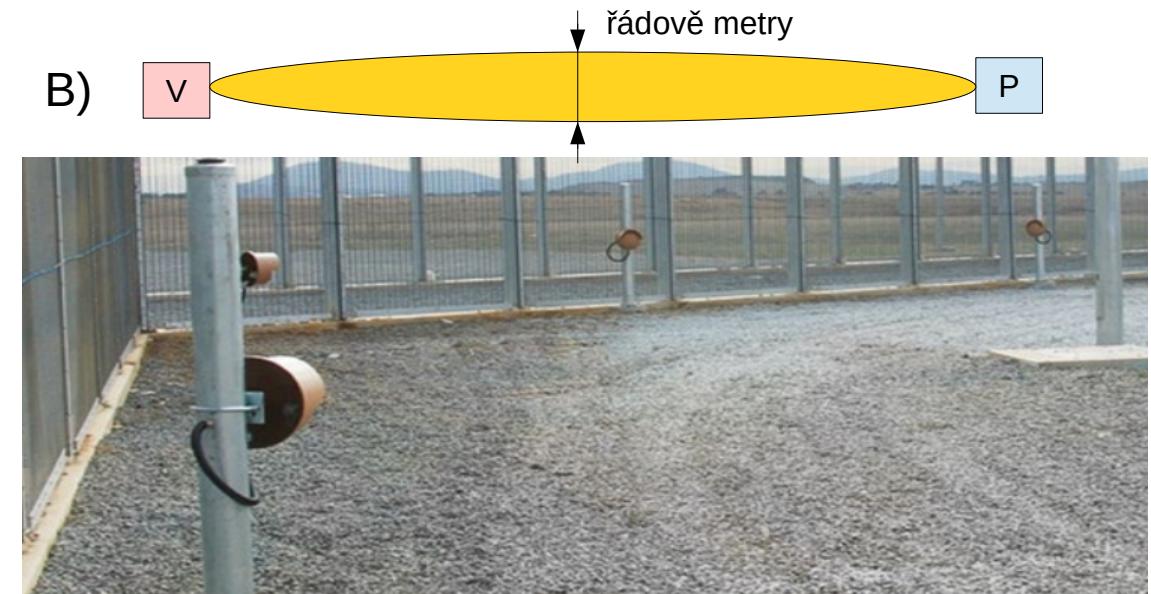
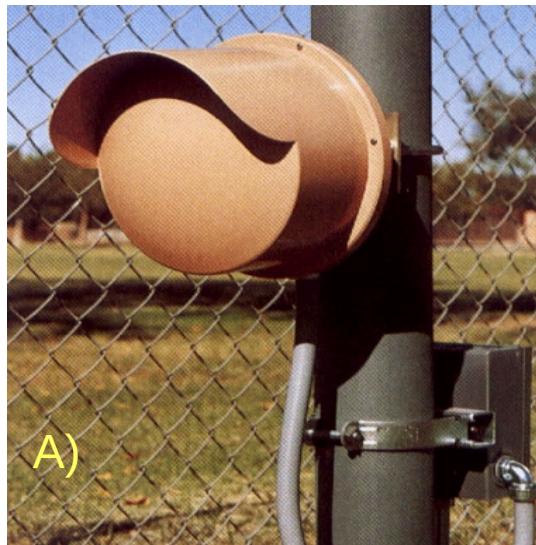
Seizmické detektory

- Seizmické detektory jsou prakticky **akcelerometry**, které snímají otřesy země.
- Obvykle jsou tvořeny (viz obr. A) silným **magnetem** po jehož obvodu je pružně zavěšena **cívka**. Případné otřesy země způsobí okamžitý pohyb magnetu a cívka na tyto otřesy v důsledku pružné vazby reaguje až se zpožděním. Pohyb magnetu indukuje v cívce napětí, jehož časový průběh a spektrum se analyzuje.
- Možné technické řešení ilustruje obr. B. Každý **kolík** obsahuje akcelerometr, který je kabelem spojen s centrální jednotkou. Kolíky se zapichují do země po několika metrech od sebe v požadované linii. **Centrální jednotka** amplitudově i spektrálně vyhodnocuje otřesy zachycené z okolí jednotlivých kolíků. Při detekci příznaků incidentu vyhlásí poplach.



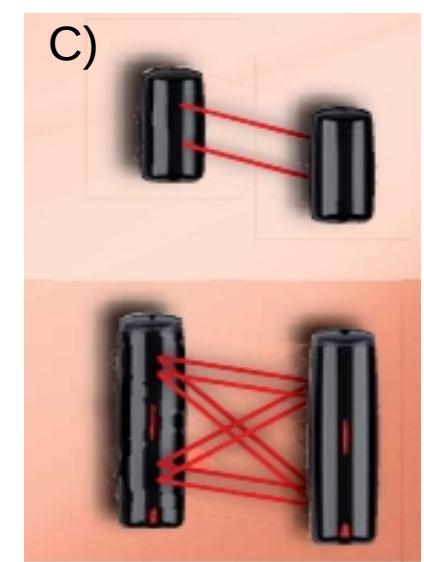
Mikrovlnné liniové detektory (MW bariéry)

- **Mikrovlnné liniové detektory** (alias MW bariéry) jsou **direktním** typem detektorů (obr. A).
- Vysílač V vysílá směrem k přijímači P signál v pásmech 5, 10 nebo 24 GHz. Prakticky veškerá vysílaná energie je soustředěna do **úzkého elipsoidu** (viz obr. B) mezi V a P (tzv. 1. Fresnelova zóna).
- Útočník při vstupu do elipsoidu působí jako **překážka**, takže dojde k **poklesu** úrovně přijímaného signálu. To je příznakem incidentu.
- Dosah MW závor může být až **stovky** metrů.



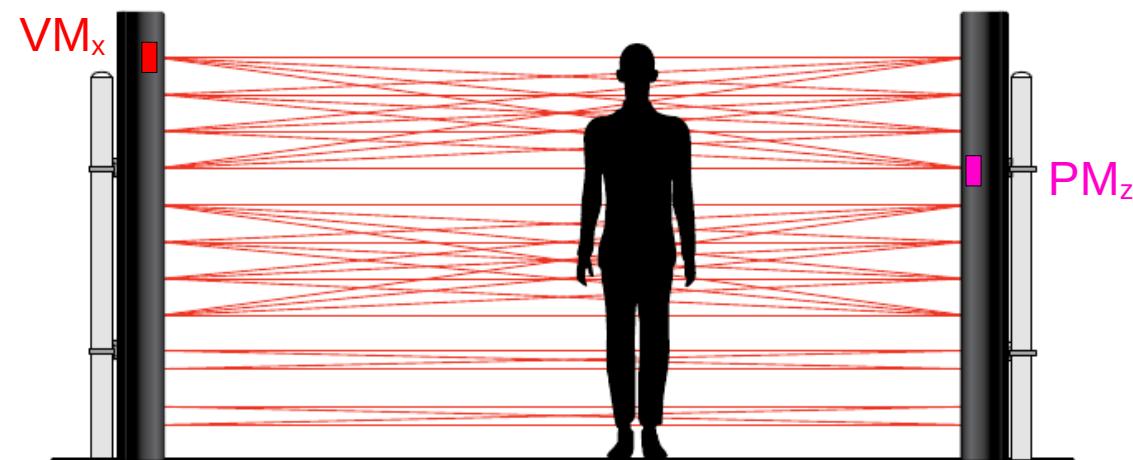
IR líniové detektory

- IR líniové detektory (alias IR závory) jsou **direktním** typem detektoru, který sestává z vysílače a přijímače. Obě tato zařízení mají obvykle podobu stojanů (obr. A).
- Vysílač je osazen vysílacími moduly IR záření a přijímač přijímacími moduly (obr. B). Zdrojem IR paprsku je obvykle **IR dioda LED** a snímačem **fototranzistor**. Před diodou i fototranzistorem je **čočka** (obr. B). Jejich účelem je soustředit IR záření do podoby co nejužšího svazku. Dosahuje se tak dosah i stovky metrů.
- Svazků mezi vysílačem a přijímačem je **více** a mohou být uspořádány mnoha různými způsoby (obr. C).



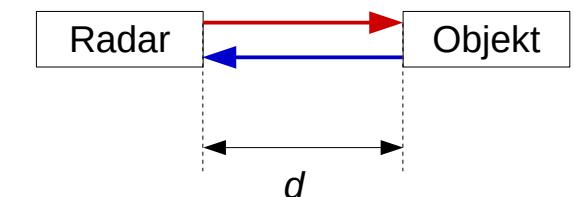
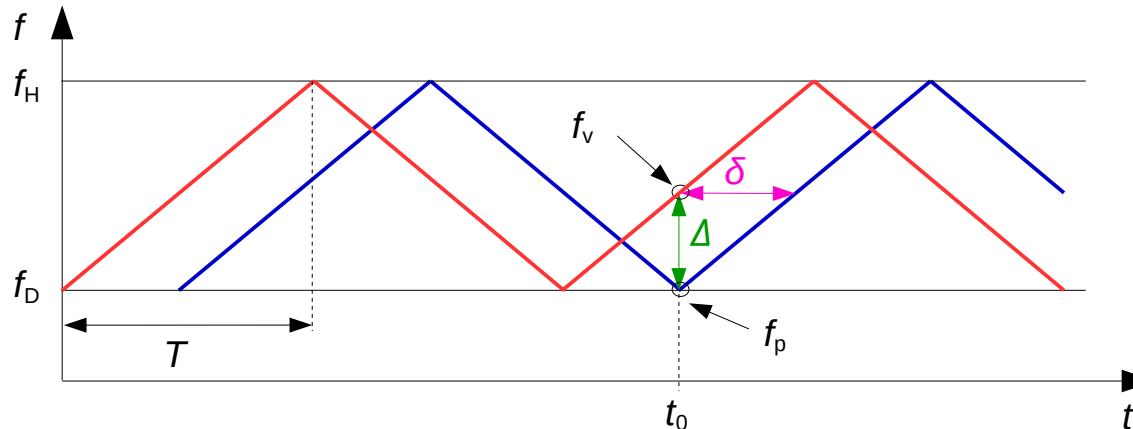
Moderní IR liniové detektory

- Moderní IR závory své svazky **digitálně modulují, multiplexují a adresují**.
- Digitální modulací lze zajistit zejména **automatickou regulaci vysílaného výkonu**. Například pokud padá **mlha**, tak se výkon automaticky zvyšuje k udržení dostatečné intenzity signálu u přijímače.
- Každý vysílací modul s adresou VM_x má k vyslání svého bloku bitů $B_{x,z}$ pro přijímací modul PM_z **přidělen unikátní časový interval $I_{x,z}$** . Blok bitů $B_{x,z}$ obsahuje adresu VM_x i PM_z a případně nějakou řídící informaci. Přijímací moduly PM předávají zachycené adresy řídící jednotce svého stojanu. Ta vyhodnocuje zda modul PM_z ve správném intervalu $I_{x,z}$ zachytí vysílání modulu VM_x , tj. zda v intervalu $I_{x,z}$ nebyla spojnice mezi VM_x a PM_z přerušena. V opačném případě se jedná o příznak incidentu.



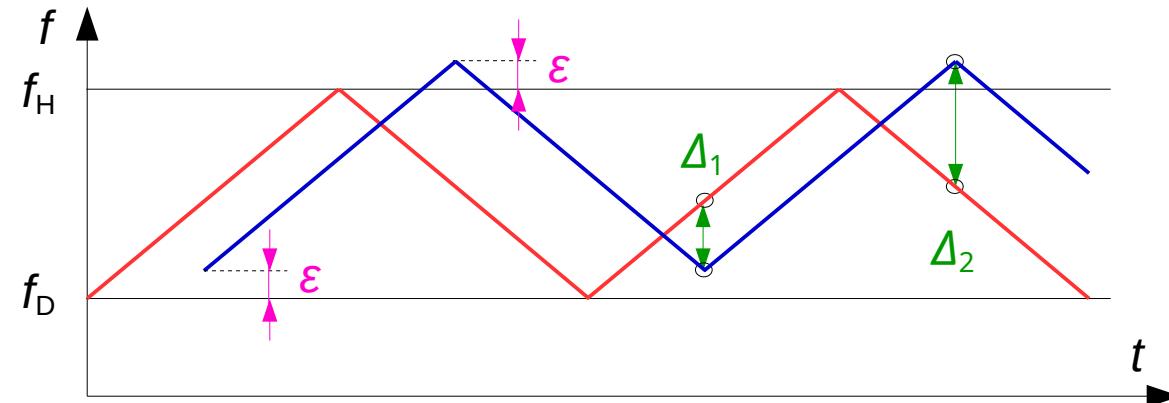
Kmitočtově modulovaný a spojité vysílající radar (FM-CW radar)

- FM-CW radar („Frequency-Modulated Continuous Wave“) vysílá rádiový signál nepřetržitě, přičemž kmitočet f tohoto signálu se v pilovitém průběhu spojitě mění v pásmu od f_D do f_H (červený průběh na obrázku vlevo). Pro rychlosť v přeladování radaru platí, že $v = (f_H - f_D)/T$, kde T je doba přeladění pásma.
- Červený průběh zobrazuje kmitočet vyslaného signálu a modrý odraženého signálu v čase t . Ve vhodných okamžicích lze z naměřeného rozdílu Δ mezi aktuálním kmitočtem f_v vysílaného signálu a aktuálním kmitočtem f_p přijatého signálu určit dobu δ šíření signálu od radaru k objektu a zpět. Pro zakreslený okamžik t_0 například platí, že $f_v = f_p + v \cdot \delta$ a tak $\delta = (f_v - f_p)/v = \Delta/v$.
- Pokud d je vzdálenost objektu od radaru (obrázek vpravo) a c je rychlosť šíření rádiových vln, tak pro dobu δ šíření signálu tam a zpět platí $\delta = 2 \cdot d/c$. Z této a předchozí rovnice nakonec určíme hledanou vzdálenost $d = (c \cdot \Delta)/(2 \cdot v)$.



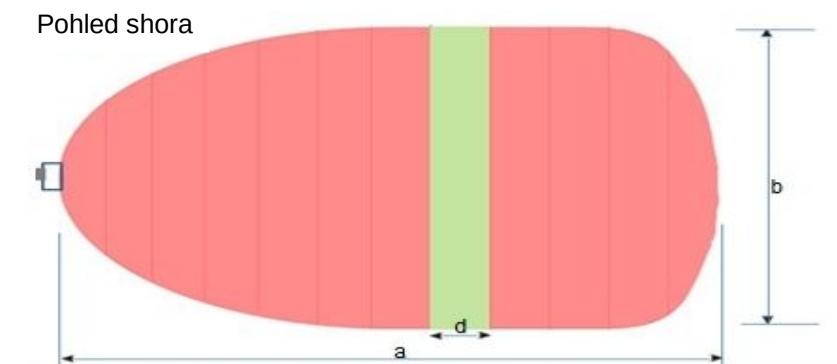
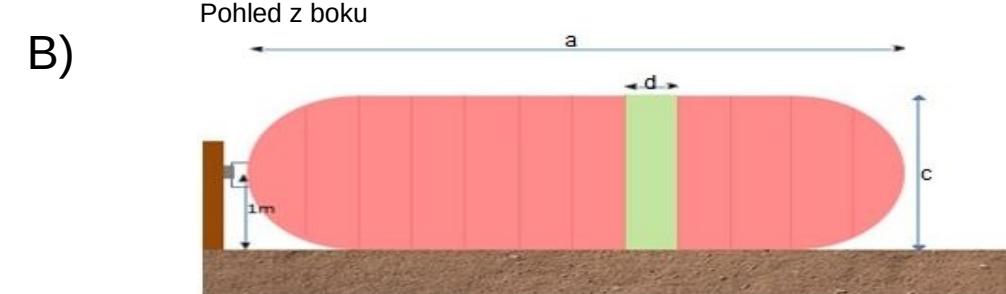
Dopplerovský FM-CW radar

- Dopplerovský FM-CW radar bere v úvahu i Dopplerův jev způsobený pohybem objektu. Radar je sice složitější, ale výsledky měření jsou informačně bohatší – kromě azimutu a vzdálenosti je znám i směr a rychlosť pohybu objektu.
- Přibližováním (náš příklad na obrázku), resp. vzdalováním objektu od radaru se posouvá hodnota kmitočtu přijatého signálu o hodnotu ε .
- Hodnotu ε může radar zjistit z rozdílu kmitočtů vysílaného a přijatého signálu v té části průběhu přelaďování, kdy se kmitočty v obou směrech šíření zvětšují (hodnota Δ_1) a v té části, kdy se kmitočty v obou směrech šíření zmenšují (hodnota Δ_2). Platí, že $\varepsilon = (\Delta_2 - \Delta_1)/2$.
- Pro výpočet vzdálenosti d k objektu platí, že $d = (c \cdot \Delta) / (2 \cdot v)$, kde $\Delta = (\Delta_2 + \Delta_1)/2$.
- Uvedenými výpočty tak radar může určit vzdálenost d objektu i to, zda se objekt přiblížuje ($\varepsilon > 0$), či vzdaluje ($\varepsilon < 0$). Z Dopplerova vztahu lze určit i jakou rychlosťí.



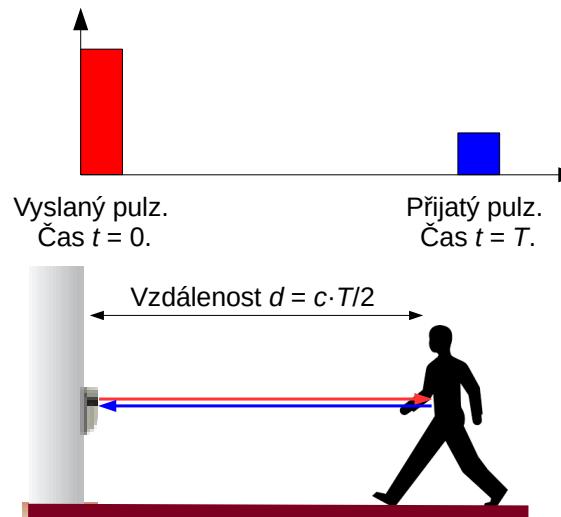
FM-CW radar ke střežení linie

- Nedopplerovský FM-CW radar je mikrovlnný reflexní detektor.
- Radar na obr. A logicky člení střežený prostor do 12 segmentů o šířce d (obr. B).
- Pokud útočník projde například prostorem 3. a 4. segmentu, tak radar na základě zvýšené intenzity odraženého signálu (červené sloupce na obr. C) zjistí, že se v daném prostoru objevil nějaký objekt a vyhlásí poplach.
- Vybrané segmenty (např. segmenty pokrývající příjezdovou bránu) lze ze střežení vyloučit. Vozidla tak mohou branou projíždět bez toho, že by vyvolávaly poplachy.



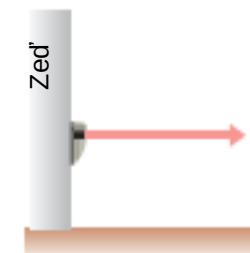
Lidarové detektory

- Základem lidarového detektoru je tzv. **LIDAR** („Light Detection And Ranging“), alias **2D laserový skener**.
- LIDAR je prakticky analog radaru pracující v IR, či optickém pásmu. V zabezpečovacích aplikacích se obvykle využívá varianta s IR laserem.
- Vysílač v určeném směru vyšle **pulz IR** laserového záření a měří dobu **T** do příjetí IR energie odražené od nejbližšího objektu v daném směru (obr. vlevo). Potom pro vzdálenost d k objektu platí, že $d = c \cdot T/2$, kde c je rychlosť šíření IR fotonů.
- Vysílač **cyklicky** mění směr vysílání v určitém **úhlovém rozsahu**, takže lze monitorovat výskyt objektů v **rovině** vymezené tímto úhlem (obr. vpravo).

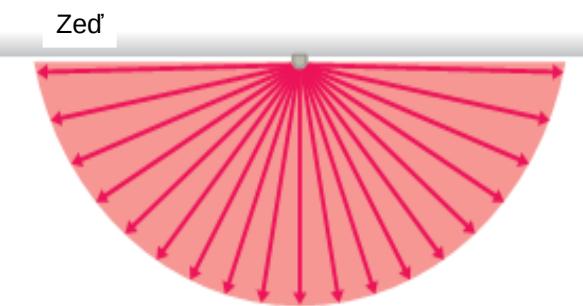


Prostor detekce lidarového detektoru

Pohled z boku

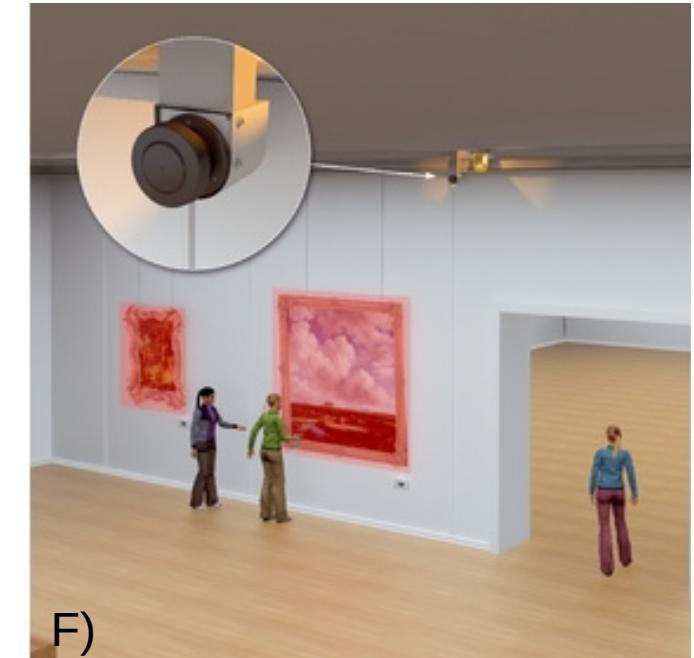
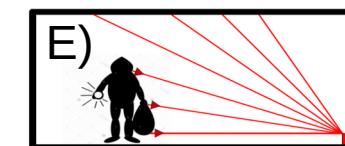
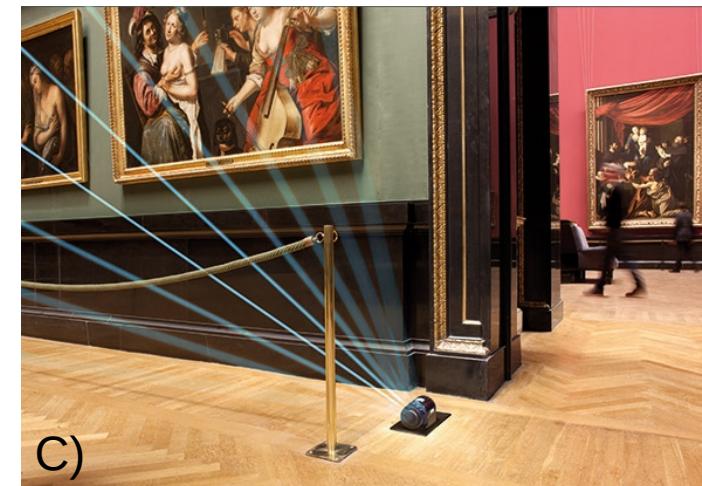


Pohled shora



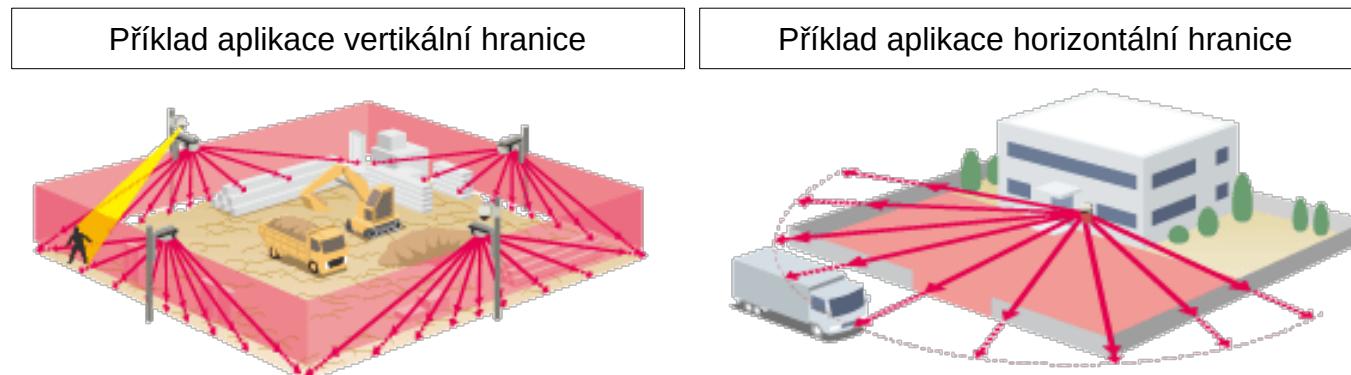
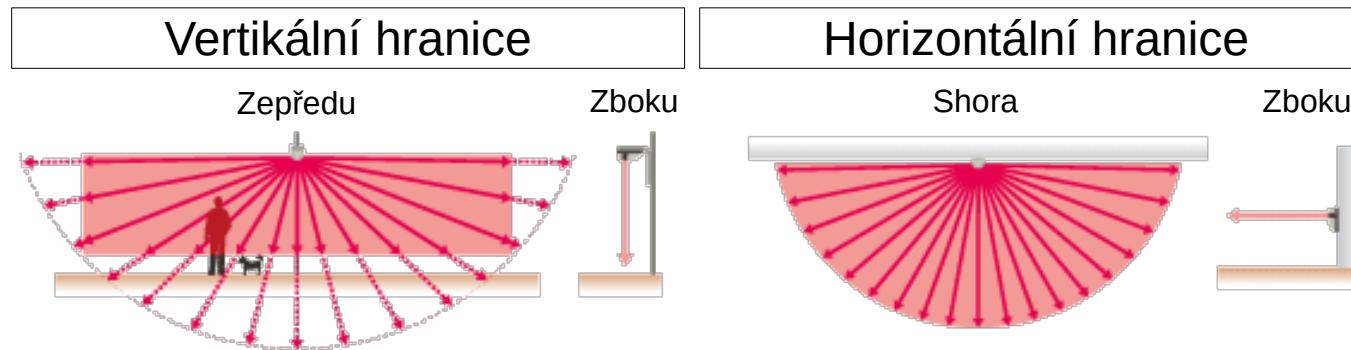
Lidarové detektory k ochraně předmětů

- Lidarové detektory (obr. A, B) se k ochraně předmětů obvykle využívají tak, že **hraniční rovina je vertikální** a je umístěna **mezi** střežený předmět a prostor, odkud může přijít útočník (obr. C).
- Pokud útočník svým tělem **naruší** hraniční rovinu (obr. D, E), tak je vyhlášen poplach. Moderní detektory umožňují přesně **definovat oblasti střežení** (obr. F – červené oblasti před obrazy).



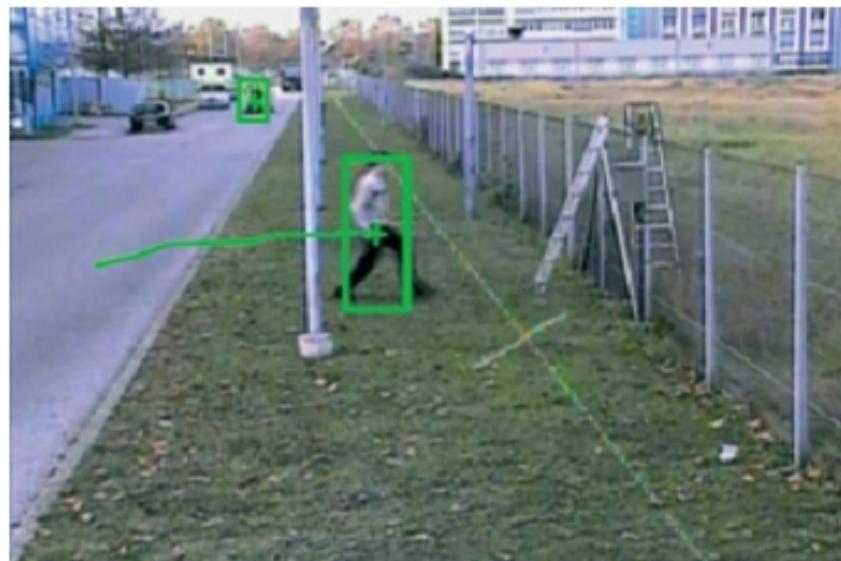
Lidarové detektory v exteriéru

- Lidarové detektory se používají i v exteriéru.
- Hraniční rovina vertikální se obvykle používá k detekci překonávání plotů a zdí.
- Hraniční rovina vodorovná nebo šikmo k zemi se používá k detekci pohybu po pozemku.
- Tvar a velikost střežené oblasti lze opět **softwarově** definovat.



Kamerové systém s analýzou obrazu

- Za specifický typ prostorového detektoru lze považovat **kamerový systém s analýzou obrazu**: kamera snímá střežený prostor a počítač zachycený obraz analyzuje s cílem **identifikovat** pohyblivé objekty.
- V obrazu jsou softwarově definovány **virtuální hranice** (v našem příkladu zelená čára), jejichž překročení pohybujícími se objekty je vyhodnoceno jako incident (viz obrázek).



Dva pohybující se objekty.
(označeny zeleně)



Jeden z objektů překročil
softwarově definovanou
hranici a je spuštěn poplach.

4. Ochrana detektorů

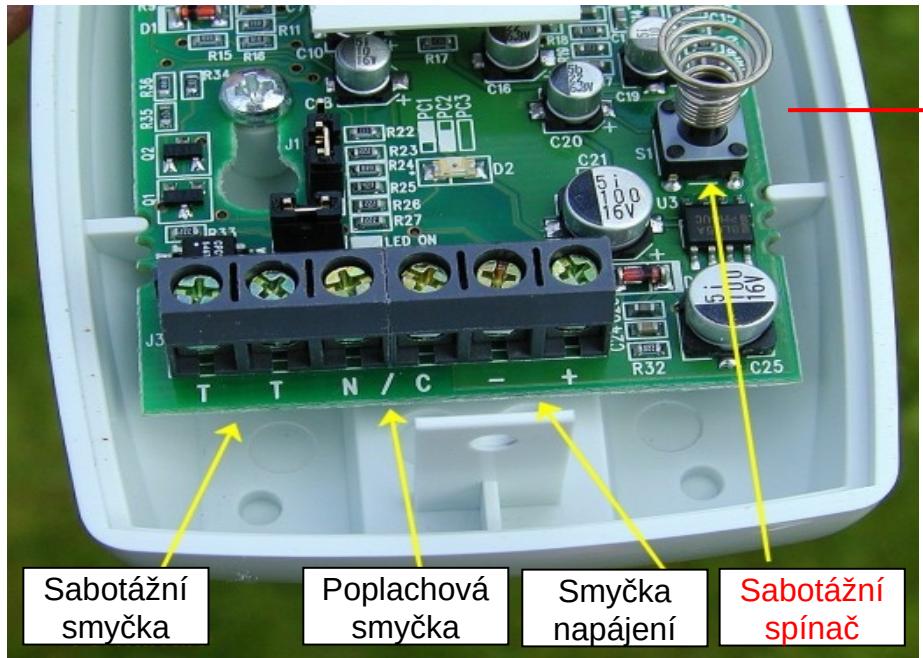
Útoky na detektory

Existují dva odlišné pohledy na umístění detektorů:

- **viditelné umístění**: viditelný detektor má dobrý odrazující účinek a zároveň se snadno instaluje a udržuje. Jeho existence a umístění jsou však zjevné.
- **skryté umístění**: skrytý detektor je hůře zjistitelný, ale nemá odstrašující účinek.
- Útočník se může pokusit o vyřazení detektorů a tím i omezení funkčnosti celého systému. Proto se u detektorů používá:
 - **sabotážní spínač**,
 - detekce **zaclonění** (antimasking),
 - detekce **odklonění**.

Sabotážní spínač

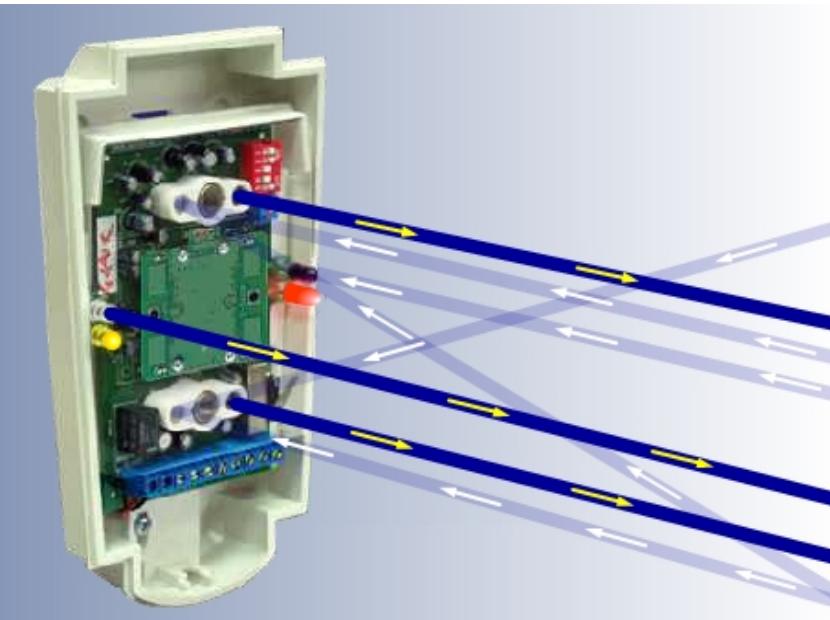
- **Sabotážní spínač** (alias **sabotážní kontakt**) je obvykle mikrospínač ukrytý uvnitř detektoru, který se při sejmutí krytu detektoru rozpojí.
- Zpráva o rozpojení sabotážního spínače (zpráva **Sabotáž**) se odesílá do ústředny. Detekuje se tak pokus útočníka o modifikaci vnitřních obvodů detektoru.



Příklad pro detektor připojený pomocí smyček: Nasazený kryt detektoru udržuje přes odpor stlačené pružiny **mikrospínač** v sepnutém stavu. Sejmutím krytu dojde k rozepnutí spínače a tím i k rozpojení sabotážní smyčky. Ústředna tuto situaci interpretuje jako zprávu typu **Sabotáž**.

Antimasking

- **Zaclonění** (masking) je typ útoku, v němž útočník pomocí vhodné **překážky** znemožní, aby detektor buď mohl do příznakové oblasti vysílat budící energii, nebo mohl energii nesoucí příznaky incidentu přijímat.
- **Ochrana proti zaclonění** (antimasking) je prakticky instalace dalšího interního detektoru, který má zaclonění detektovat. V případě detekce zaclonění je vyslán signál Sabotáž.



Asi nejrozšířenější ochrana před zacloněním je používána u detektorů PIR. Detektor PIR **infradiodou** vysílá IR záření o vlnové délce kolem $1 \mu\text{m}$ do prostoru před detektorem (na obrázku tmavě modré paprsky). Pokud je intenzita odraženého záření (světle modré paprsky) **nízká**, tak je vše v pořádku. V opačném případě došlo k odrazu IR záření od blízkého předmětu, či od nátěru, který detektor zakrývá a do ústředny je odeslána zpráva typu Sabotáž.

Detekce odklonění

- **Odklonění** je typ útoku, v němž útočník ve stavu ústředny Odstřeženo natočí vhodně detektor tak, aby jeho detekční diagram nezasahoval do oblasti, kterou se útočník bude při svém útoku pohybovat.
- **Ochrana proti odklonění** je prakticky instalace interního detektoru, který má natočení detektoru detekovat. Zpravidla se používá akcelerometr. V případě detekce odklonění je vyslán signál Sabotáž.
- Na obrázku vlevo je PIR detektor s akcelerometrem a na obrázku vpravo je kamera s detekcí pohybu, sirénou a akcelerometrem.



5. Závěr

Závěr - shrnutí

- Objemové detektory detekují pohyb osob, přičemž jejich detekční diagram má podobu třírozměrného útvaru:
 - PIR detektory (detekují na základě **infračerveného** záření osoby),
 - MW detektory (detekují **rádiovým** zářením na základě **Dopplerova** jevu),
 - duální detektory (**kombinace** PIR a MW detektoru).
- Hraniční detektory detekují pohyb osob, přičemž jejich detekční diagram má podobu **linie** nebo **plochy**:
 - štěrbinové kabely (detekují na základě změn **elmg. pole** mezi štěrbinovými kabely),
 - zemní **optovlákновé** kabely (detekují elastické **deformace** vlákna na základě změn hustoty jeho **nehomogenit**),
 - **seismografické** detektory (detekují pomocí **akcelerometru** otřesy země).
 - líniové **mikrovlnné** detektory (detekují na základě změn **elmg. pole** mezi parabolickými anténami),
 - líniové **IR** detektory (detekují na základě **přerušení** IR paprsků),
 - FM-CW **radary** (detekují na základě **odrazu** rádiových vln),
 - **lidarové** detektory (detekují na základě **odrazu** IR fotonů).

Závěr – otázka ke zkoušce

Otázka ke zkoušce:

3. Objemové a hraniční detektory PZS:

Typy objemových detektorů – účel a jejich fyzikální princip.

Typy hraničních detektorů – účel a jejich fyzikální princip.

V rámci odpovědi vysvětlit i fungování pyroelektrického snímače.