

# ŠEDESÁT LET OBORU PASIVNÍCH SYSTÉMŮ V ČESKÉ REPUBLICE

Petr Svoboda – 5/2017

## Úvod

Předkládaný text má přispět k objektivní informovanosti o problematice oboru pasivních sledovacích systémů, který má v ČR téměř šedesátiletou tradici a jehož produkty s označením PRP-1 KOPÁČ, RAMONA, TAMARA A VĚRA jsou známé po celém světě.

## 1. Vysvětlení základních pojmů

Názvem **pasivní detekce vzdušných cílů** lze obecně označit zjištění létajících objektů pasivními metodami - technikou, která ke zjištění cíle nevyužívá vlastní vyzařování (vysílání signálů), ale pouze přijímá a vyhodnocuje jeho charakteristické příznaky v optickém, zvukovém, tepelném nebo elektromagnetickém spektru.

Pokud lze relativně plynule a přesně zajistit vyhodnocování polohových souřadnic pohybu cíle, hovoříme o sledování, resp. **pasivním sledování trajektorie letu**.

**Identifikací** se nazývá rozpoznání typu cíle. Může mít různou úroveň věrohodnosti, včetně t. zv. individuální identifikace, např. rozpoznání konkrétního letounu mezi ostatními letouny shodného typu a režimu činnosti.

Ze značně široké oblasti pasivních systémů různého určení, je v tomto článku dále věnována pozornost pouze radiotechnickým průzkumným pasivním systémům velkého dosahu.

Pro zjednodušení textu je používáno jejich současné zkrácené označení - **pasivní sledovací systémy (PSS), resp. pasivní systém**.

## 2. Zdroje informací pro pasivní sledovací systém

Soudobé letouny, nebo obecněji létající vzdušné objekty, jsou vybaveny řadou aktivních palubních systémů, které pro zajištění bezpečnosti letu a vedení bojové činnosti vyzařují signály s různou modulací, výkonem i kmitočtem nosné vlny. Předmětem zájmu pasivních systémů je proto signál, jeho parametry v prostoru, čase a souvislostech.

Vzhledem k fyzikálním možnostem detekce, jsou pro soudobé pasivní systémy reálným zdrojem informací hlavně signály palubních radiolokátorů, identifikačních odpovídačů, navigačních dotazovačů, rušičů (impulsních nebo šumových) a prostředků přenosu dat (Data Link).

## 3. Používané principy určování polohy cílů

Z hlediska principu lokalizace polohy (zaměřování) cíle lze pasivní systémy rozdělit na

- a) směroměrná zařízení (DF- Direction Finding)
- b) zařízení s časově a kmitočtově rozdílovou metodou určování polohy cílů,
- c) časově rozdílová, t. zv. hyperbolická zařízení (tří a více-poziční), resp. časově součtová, t. zv. eliptická (jedno-poziční) zařízení pro určování polohy cílů.

Každý z uvedených principů má své výhody a nevýhody v konstrukční, cenové i uživatelské oblasti. Ani v oboru pasivních systémů nelze vytvořit jednoduchý, levný a univerzální systém, který by řešil všechny uživatelské požadavky. Z uvedených principů zaměřování je pro detekci (zjištění) a sledování vzdušných cílů nejvhodnější časově rozdílová-hyperbolická metoda (TDOA – *Time Difference of Arrival*), vyznačující se způsobností okamžité (mono-impulzní), vysoce přesné a jednoznačné lokalizace polohy zdroje signálu. Zatím nic přesnějšího v oboru pasivních systémů není známo. Proto i v následující části tohoto článku je věnována pozornost právě hyperbolickým pasivním systémům.

## 4. České pasivní sledovací systémy

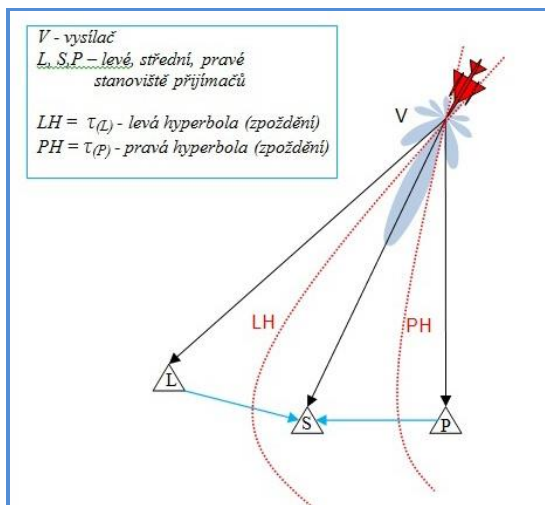
Česká i zahraniční veřejnost byla z různých úrovní již mnoho let informována o radiotechnickém pasivním systému TAMARA. V tisku se však o něm dosud píše jako o "pasivním radaru" nebo "radaru". Obojí není správné, protože radar (radiolokátor) se vyznačuje vyzařováním elektromagnetické energie do prostoru a vyhodnocováním přijatých odrazů od různých objektů - letounů, lodí, a pod.

Pozemní a palubní letecké i lodní radiolokátory tvoří jeden z nejvýznamnějších technických prostředků v civilních i vojenských aplikacích.

Není proto náhodné, že téměř souběžně s vynálezem radaru a jeho následným použitím v době druhé světové války, byla vyvíjena i technika pro průzkum a rušení radiolokačních, obecněji radiotechnických (nekomunikačních) signálů.

Koncem padesátých let byla ve výzkumném pracovišti tehdejší Československé lidové armády vynalezena zcela nová časoměrně-hyperbolická metoda, potvrzená patentem ČSR - autor Doc. Ing. Vlastimil Pech, CSc. - umožňující jednoznačné, mono-impulsní a vysoce přesné určení polohy zdroje radiotechnických signálů.

Podstatou metody je vyhodnocování časových rozdílů ozáření tří navzájem vzdálených pozemních přijímacích stanic impulsním signálem zjišťovaného zdroje.



Obr.1: Hyperbolický 2D systém se třemi stanovišti

Časové rozdíly v ozáření jednotlivých stanic totiž jednoznačně definují parametry hyperbolických křivek (přesněji hyperboloidů) v jejichž průsečíku je zdroj signálu.

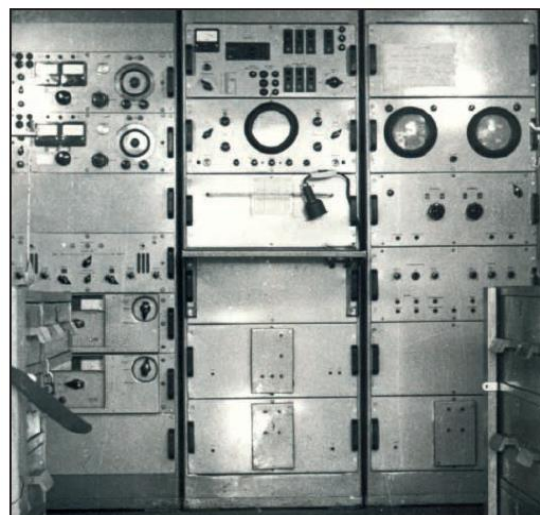
Jde o inverzní metodu k známému navigačnímu systému LORAN, který je naopak tvořen několika pozemními vysíláči a speciální přijímací a vyhodnocovací aparaturou na palubě letounů.

Vynález nezůstal teorií, ale velmi rychle se uplatnil v praxi. Již za několik let disponovala naše armáda technikou PRP-1 KOPÁČ (Přesný Radiotechnický Pátrač, resp. KOrelačníPÁtraČ).



Obr. 2: Centrální stanice PRP-1 „KOPÁČ“

Na střeše vozidla jsou vidět přijímací antény pro kmotočtová pásma L a X a paraboly mikrovlnných pojítek k bočním stanicím.



Obr. 3: Aparatura centrální stanice PRP-1 (zleva) přijímače, analyzátor signálů a hyperbolická vyhodnocovací skříň

V sedmdesátých letech začala naše armáda používat druhou generaci této techniky pod názvem RAMONA a v dalším desetiletí již třetí generaci nazvanou TAMARA.

Systémy RAMONA a TAMARA byly vyvíjeny pro potřeby všech států Varšavské smlouvy. Byly to prostředky radiotechnického průzkumu pro nejvyšší stupně velení. Podle tehdejšího označení šlo o organizační stupně armáda a front.

Podle údajů výrobce bylo exportováno kolem 50 systémů a praxe prokázala jejich vysokou užitnou hodnotu. Potvrdilo se, že sledování letounů je možné velmi efektivně zajistit i pouhým pasivním příjmem signálů vyzařovaných z letounů, a že pomocí analýzy signálů lze navíc rozpoznávat typy letounů nebo pozemních (případně hladinových) radiotechnických vysílačů a velmi přesně určovat jejich polohu a další charakteristiky.

První typ PRP-1/KOPÁČ byl v operačním použití plných dvacet let. Skládal se ze čtyř skříňových vozidel Praga-V3S, z toho tři se speciální přijímací a vyhodnocovací aparaturou a jednoho vozidla s ručním zobrazovacím zařízením Planžet. Přijímací antény byly umísťovány na střeše skříňové karoserie nebo ve vhodných výškových objektech. Vyhodnocovací aparaturu tvořily bloky s několika sty vakuových elektronek, hyperbolickými indikátory, analyzátozem signálů a originálním hybridním počítačem, který umožňoval změřit časová zpoždění operátorem označeného cíle s přesností 100 nanosekund. Na tehdejší československou i zahraniční součástkovou základnu to jsou jistě i dnes pozoruhodné parametry. Širokopásmový přijímací systém byl přeladován ručně nebo elektromechanicky. Operátor vyhodnocovací části mohl v ručním režimu sledovat trajektorie šesti až osmi letounů.

Druhý typ, nazvaný přitažlivým jménem RAMONA, již představoval rozsáhlý systém přepravovaný na třinácti terénních automobilech TATRA-148. Šest automobilů přepravovalo anténní aparaturu a příhradový kotvený stožár, který bylo možné vysunout do výšky až 25 metrů. Dalších sedm automobilů přepravovalo kontejnery s elektronikou přijímací a vyhodnocovací části systému. Systém RAMONA byl již vybaven poměrně výkonným číslicovým počítačem pro okamžité vyhodnocování souřadnic, trajektorií a typů zjišťovaných pozemních i vzdušných cílů a pro dálkové řízení činnosti přijímačů všech tří stanovišť.



Obr.4: RAMONA- anténní jednotka na stožáru 25 m

Výstupní datové informace byly předávány pomocí úzkopásmového telefonního kanálu na vzdálenou zobrazovací aparaturu Planžet-2/3 vybavenou číslicovým počítačem a velkoplošnými elektromechanickými zobrazovacími panely. Systém umožňoval automatické sledování tras až 20 letounů a určování jejich typu a režimu činnosti.

Třetí typ, nazvaný TAMARA, se vyznačoval nejen vyšším stupněm automatizace a novými možnostmi zpracování signálů, ale také vysokou mobilností (jedna hodina postačila na rozvinutí a předání prvního cíle z nově zaujatého stanoviště) a odolností konstrukce pro činnost v zamořeném prostředí. Komplet tvořilo osm terénních vozidel TATRA-815. Přijímací systém každého ze tří stanovišť byl umístěn ve válci na vrcholu 25 metrů vysokého, teleskopicky výsuvného stožáru, nebo ve stacionárním objektu.



Obr.5: TAMARA- antény na výšce 25 m teleskopu

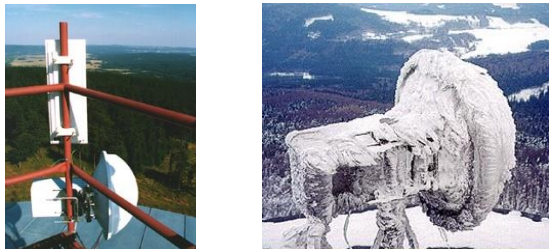
Řízení činnosti celého systému a vyhodnocování dat zajišťovalo čtrnáct počítačů. Získané údaje byly přenášeny po běžných telefonních kanálech na vzdálená velkoplošná zobrazovací zařízení Planžet-4/5. Programové vybavení umožňovalo současné automatické sledování tras až 72 letadel a určení jejich typu na základě okamžité analýzy přijímaných signálů. Paralelně bylo možné sledovat také činnost dalších desítek pozemních vysílačů, určovat jejich typ a přesné souřadnice a při umístění systému na pobřeží pak také lodní provoz - včetně rozpoznávání typů plavidel.

Širokopásmová přijímací aparatura výše uvedených typů techniky byla velice citlivá. Umožňovala příjem prakticky všech tehdy známých radiotechnických vysílačů v pásmu decimetrových až centimetrových vln s dosahem (detekcí vysílačů) do 400 až 500 kilometrů. Použité mono-impulsní zpracování signálu v PSS se vyznačuje nezávislostí na kmitočtovém přeladování zaměřovaného cíle. Tato důležitá vlastnost umožňuje jednoznačné zaměřování kmitočtově agilních radiolokačních cílů, případně signálů šumových nebo impulsních rušičů, které pro pasivní systém představují nejen užitečný zdroj polohových informací, ale též dalších nezbytných parametrů pro odvetná opatření aktivních systémů elektronického boje. Z uvedeného je zřejmé, že vojenská hodnota českých pasivních systémů byla skutečně vysoká.

Činnost specializovaného pracoviště AČR se po demokratických změnách v ČR zaměřila na další rozvoj a užitečné využití pasivních systémů v civilní i vojenské sféře. Na výstavě IDET-94 v Brně byla ve vojenské expozici řízení letového provozu (ŘLP) poprvé veřejnosti v živém přenosu předváděna reálná civilní letová situace sledovaná systémem TAMARA. V témže roce Armáda ČR prezentovala uvedený systém z počítačového záznamu reálného provozu také na mezinárodní výstavě Farnborough International-94 v expozici ČR. V závěru roku 1994 úspěšně skončila první etapa experimentálního provozu systému TAMARA ve vojenském sále ŘLP na mezinárodním letišti Praha-Ruzyně. Systém zaujal svými možnostmi civilní i vojenské specialisty ŘLP a dal podnět k ...*"vymyšlení něčeho provozně nenáročného a levného, speciálně pro potřeby ŘLP"*.

Tento uživatelský impuls našel příznivou a rychlou odezvu. Již v srpnu 1995 se v ČR zrodil (ve zkrácené době osmi měsíců) další typ pasivního sledovacího systému určeného speciálně pro potřeby ŘLP AČR, který dostal jméno VĚRA.

K názvu systému jménem VĚRA dala souhlas paní plukovnice PhDr. Věra Perlingerová – nabídka pojmenování je současně výrazem uznání za její více než čtyřicetiletou práci v oblasti řízení letového provozu.



Obr.6: Antény PSS VĚRA v létě a v zimě



Obr.7: Centrální stanice prvního FV PSS VĚRA

Po typech PRP-1 KOPÁČ, RAMONA a TAMARA, představuje VĚRA již čtvrtou generaci pasivních systémů vyvinutých v České republice. Každý z uvedených typů techniky má svoji konkrétní technologii, technické řešení, software a určení. Jejich společným znakem je využití

časově-hyperbolického principu k určování polohy zdroje elektromagnetických signálů. U systému VĚRA (typu A - určeného pro řízení letového provozu) jsou těmito signály odpovědi palubních odpovídačů sekundární radiolokace (SSR/SIF), vysílané ve formě impulsních kódů. Vývoj PSSV realizovala v roce 1995 nově vzniklá a.s. ERA Pardubice (tvořená zkušeným kolektivem vývojových pracovníků dřívějšího s. p. TESLA Pardubice) na základě požadavku velení letectva a PVO AČR a Mezioborovní komise pro řízení letového provozu MO ČR. První představení funkčního vzoru systému v reálném provozu se uskutečnilo na Aerosalonu-95 v Praze-Ruzyni a upoutalo velkou pozornost laické i odborné veřejnosti.



Obr.8: Na Aerosalonu 95 v Praze-Ruzyni při první ukázce funkčního vzoru PSS VĚRA

(zleva - Ing. Vladimír Kubeček, CSc. (hlavní konstruktér PSS VĚRA), Doc. Ing. Vlastimil Pech, CSc. (autor vynálezu a duchovní otec prvních tří generací pasivních systémů a PS)

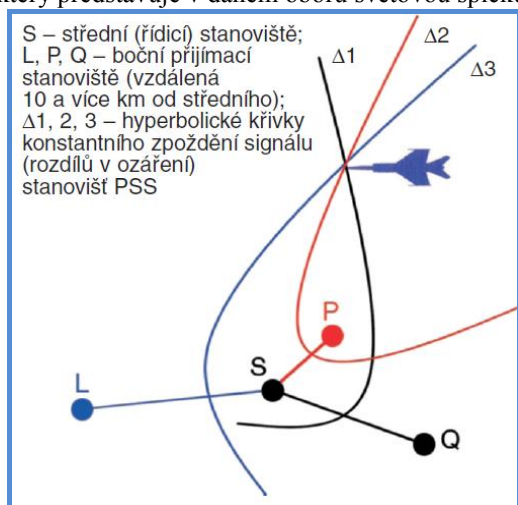
Pasivní sledovací systém VĚRA (nebo zkráceně PSS VĚRA) se skládá minimálně ze tří bezobslužných stacionárních přijímacích stanic rozmístěných na vhodných výškových dominantách v terénu a centrální procesorové stanice. Zpracování přijatých signálů probíhá v reálném čase a zajišťuje okamžité vyhodnocení 2D (X/Y) polohy letounů při použití tří stanovišť, nebo 3D (X/Y/Z) polohy při použití čtyř a více stanovišť, jejich barometrické výšky a identifikačních kódů systémů SSR/SIF. Následně se provádí automatické sledování drah (vedení) všech letounů. Výstupní informace o aktuální vzdušné situaci je předávána přes datové spojení do situačního displeje k zobrazení, dalšímu zpracování a distribuci uživatelům. Při technickém řešení byly použity nejmodernější technologie z oboru mikrovlnné a digitální techniky. Výsledkem je kompaktní, vysoce spolehlivá, rozměrově a váhově minimalizovaná konstrukce. To značně snižuje nároky na výběr stanovišť pro přijímací aparaturu, nároky na obsluhu a technické zajištění provozu. O dosažené úrovni technologie svědčí např. parametry jedné přijímací stanice, jejíž váha je cca 25 kg a elektrický příkon cca 30 wattů.

První funkční vzor systému VĚRA byl instalován na stanovištích s nadmořskou výškou cca 1000 metrů a od srpna 1995 úspěšně testován v nepřetržitém provozu skupinou specialistů Střediska pasivních systémů letectva a PVO AČR. Testování prokázalo, že dosah systému je 400 až 500 km v úhlovém sektoru větším než  $120^{\circ}$  a dostatečně pokrývá celé území ČR (při odpovídajícím radiovém horizontu) i část vzdušného prostoru některých sousedních států. Připomeňme, že jedním ze základních parametrů bezpečnosti letového provozu je dosahovaná přesnost určení polohy letounů. Ověřená stacionární přesnost měření (ve vzdálenosti kolem 100 kilometrů) je u systému VĚRA řádově desítky metrů a prostorově závisí na poloze letounu vzhledem k přijímacím stanicím. Programové vybavení umožňuje automaticky sledovat až 300 letounů současně.



Obr.9: Setkání na výstavě RADAR-96 Brno (zleva - Milan Fědor (hlavní konstruktér), Vlastimil Pech (autor vynálezu), PS, Augustin Polák (VA Brno), Aleš Rudolf (nositel úkolu TAMARA v TESLA Pardubice, Stanislav Branský (Ředitel SPS)

Armáda ČR má již řadu let v provozu celouzemní síť pasivních systémů VĚRA s plně automatickým (bezobslužným) provozem, který je předpokladem k následnému operačnímu využití a plné integraci s celouzemním radiolokačním systémem řízení letového provozu a disponuje současně i mobilním širokopásmovým systémem PSSV-S/M, resp. NG, který představuje v daném oboru světovou špičku.



Obr. 10: Princip 3D hyperbolického měření

Vojenskou expozici ŘLP na výstavě RADAR – 96 v Brně navštívil také tehdejší předseda Parlamentu a nynější prezident ČR, pan Miloš Zeman a popřál vojákům a řešitelům mnoho dalších úspěchů.



Obr. 11: Miloš Zeman – Věra Perlingerová a PS na výstavě RADAR-96

## 5. Závěr

Příklad PSS VĚRA ukazuje, že využití pasivních systémů je mnohem všestrannější, než bylo jejich původní poslání. Jde o zcela konkrétní výsledek konverze původních vojenských průzkumných systémů. Ukazuje, že hyperbolický princip měření zdaleka nevyčerpal všechny možnosti svého dalšího rozvoje. Použití pasivních systémů v ŘLP však nebude znamenat náhradu radiolokátorů, ale jejich doplnění o další, principiálně nezávislý zdroj přesných informací o vzdušné situaci. Integrace dat z radarových a pasivních systémů výrazně přispívá ke zvýšení bezpečnosti celého systému ŘLP.

Zvládnutí vývoje a výroby PSS VĚRA svědčí též o vysokém tvůrčím potenciálu ČR v tomto oboru. Jde o výsledek průběžné, velmi usilovné práce, doslova fandovství a mnoha osobních sebezapření, o výsledek navazující na tradici několika generací pracovníků ve výzkumu, vývoji a užití této techniky, ale též o výsledek podpory rozvoje tohoto oboru příslušnými složkami a řídicími pracovníky v období posledních šedesáti let.

Každý úspěch však přitahuje také zájemce. Není jisté náhodné, že v posledním desetiletí došlo několikrát ke změně majitele firmy - v říjnu 2006 koupil 100% akcií české firmy ERA a.s. Pardubice první zahraniční majitel z USA a přejmenoval ji na „ERABEYOND RADAR“. Koncem roku 2008 se stala majitelem firma SRA - opět z USA. Zatím poslední změna je z 11/2011, kdy se majitelem stala česká firma OMNIPOL.

Přejme si, aby obor PSS měl v ČR další roky úspěšného pokračování.

Závěrem si dovoluji vyslovit názor, že asi největším tajemstvím úspěchu našich pasivních systémů byla kolektivní práce, fandovství pro věc, jasný cíl a státní podpora.

#### **Dodatky:**

a) Pro čtenáře i objektivní popis minulé doby považuji za vhodné zde připomenout vybraná jména vedoucích konstruktérů z vojenských výzkumných ústavů – Doc. Ing. Vlastimila Pecha, CSc., Ing. Milana Fédora, Ing. Františka Ševčíka, CSc., Ing. Jana Vodičku, Ing. Slávka Gotvalda, Ing. Jiřího Endala, Ing. Milana Pohla, Ing. Františka Nového, CSc., Ing. Pavla Hanuláka, Ing. Matušku, Ing. Arnošta Zouhara, Jiřího Povolného, Ing. Doskočila, Ing. Miloslava Macho, CSc., Ing. Karla Mašaráka a tehdejší vedoucí pracoviště VPRS - Ing. Reného Rotkovského a Ing. Karla Heinigeho.

kolegů z Konstruktury Trenčín – Ing. Juraje Pohriljaka, Ing. Zdeňka Dyčka a Ing. Františka Pugzika,

kolegů z LET Kunovice a SUB Uh. Brod - Ing. Slavomíra Černockého a Ing. Zdeňka Hanzelku, CSc.,

kolegů z TESLY Pardubice - Ing. Karla Nekuta, Ing. Jaroslava Pejskara, Ing. Zdeňka Berana, CSc., Ing. Vladimíra Kubečka, CSc., Ing. Jaroslava Loudu, Ing. Eduarda Becka, Ing. Juliuse Reitmayera, Ing. Miroslava Malého, Ing. Jiřího Fajmona, Ing. Oldřicha Hejlka a Ing. Petra Skalického.

K těmto konstruktérům a jejich kolektivům však nedělitelně patří uznání také vojenským uživatelům systémů PRP-1, RAMONA, TAMARA a VĚRA, kteří náročnou a tehdy ve světě ojedinělou techniku zvládli v provozu, svými poznatky dali nespočet podnětů pro její další modernizace a proslavili ji u nás i v zahraničí. Nejen dnešní příslušníci AČR, ale i veřejnost by měla znát (bez uvádění vojenských hodnot) alespoň některá jména vojenských provozních specialistů - ing. Milana Rumpíka, Františka Jandu, Stanislava Prose, Jana Šmotka, Tibora Pomóthyho, Miloše Holého, Ing. Vladimíra Hrabala, Ing. Antonína Kolíska, Jiřího Dobrovolného, Jiřího Pacindu, Ivana Hromníka, Alberta Béma, Ing. Ladislava Kručínského, Ing. Petra Reze, Ing. Zdeňka Pavlíka, Ferdinanda Brezoňaka, Ing. Josefa Vandírka, jakož i velitele prvních dvou rot PRP-1 Antonína Dvořáka, Miroslava Čálíka, jejich následovníků a kolegů – Václava Černého, Ivana Sádovského, Stanislava Hubínka, Jana Kopeckého, Jiřího Odnohy a Jana Poláka, kteří svým umem a obětavostí významně přispěli k úspěchu oboru pasivních systémů. K těmto jmenovaným se řadí desítky dalších praporčíků a vojáků v základní službě, kteří

zajišťovali provoz ve funkcích operátorů, řidičů a pod. Pro mnohé praxe na pasivních systémech představovala nejen zajímavého koníčka, ale též velmi dobrou odbornou přípravu k dalšímu zaměstnání.

Při zavádění techniky do provozu byli specialisté trvale a nevšedním způsobem podporováni velením útvaru radiotechnického průzkumu ve Zbirohu - ing. Jaroslavem Jáskem, Ing. Františkem Pankrácem, ing. Janem Múdrým, Ing. Jozefem Sikelou, Ing. Jiřím Křížem, Ing. Ludvíkem Haklem, Ing. Josefem Mánkem i jejich kolegy a následovníky v dalším období.

Súctou je třeba připomenout práci hlavního iniciátora a patrona vývoje – ing. Jiřího Hofmana, z Generálního štábu naší armády, který inicioval vypracování uživatelských požadavků, založení státního úkolu a jeho vedení z úrovně GŠ po dobu dvou prvních generací PSS.

b) Každý by měl znát a ctít pravdu, že PRP-1 KOPÁČ a další dvě generace PSS, nazvané RAMONA a TAMARA, vznikly ve vojenských výzkumných ústavech, a to až do úrovně funkčních vzorů provozovaných armádou. V polovině sedmdesátých a osmdesátých let byly výsledky výzkumu a vývoje vojáků BEZPLATNĚ předávány do s. p. TESLA Pardubice, kde byl řešen vývoj prototypů, zakončených státními vojskovými zkouškami a následnou sériovou výrobou.

Podnik TESLA o PRP-1 téměř dvacet let vůbec nevěděl. Je proto neetické, že soudobé prezentační materiály a.s. ERA i Omnipolu uvádějí jako jeden z předchozích produktů také PRP-1/KOPÁČ a klíčová role naší armády není v materiálech ERA zmíněna ani jedním slovem.

Přítom i nový systém VĚRA vznikl za plného financování vývoje armádou, která do a.s. ERA průběžně předávala poznatky a náměty z provozu na další úpravy, poskytla stanoviště a veškerou technickou pomoc.

c) Podrobnější popis historie oboru nalezne čtenář v knize Jiří Hofman - Jan Bauer: „Tajemství radiotechnického pátrače TAMARA“ (ISBN 80-866454-02-09, Nakladatelství Sdělovací technika v roce 2003).

#### d) Použité zkratky:

PSS - Pasivní sledovací systém

PVO - protivzdušná obrana státu

AČR – Armáda České republiky

ŘLP – řízení letového provozu

SPS - Středisko pasivních systémů letectva a PVO

SIF/IFF- palubní identifikační signály (Selective Identification Feature / IFF - Identification Friend or Foe