



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Analýza radiových sítí u HZS Středočeského kraje a možnost jejich rekonfigurace v reálných podmínkách HZS Středočeského kraje

Analysis of Radio Networks Used in Fire Department of Central Bohemia and the Possibility of Reconfiguration in Real Conditions at Fire Department of Central Bohemia

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: Ing. René Mildorf

Jan Hanzlík

Kladno, květen 2017

Z a d á n í d i p l o m o v é p r á c e

Student: **Jan Hanzlík**
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Téma: **Analýza radiových sítí u HZS Středočeského kraje a možnost jejich rekonfigurace v reálných podmínkách HZS Středočeského kraje**
Téma anglicky: Analysis of Radio Networks Used in Fire Department of Central Bohemia and the Possibility of Reconfiguration in Real Conditions at Fire Department of Central Bohemia

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce bude vypracování návrhu možného rozvoje digitální a analogové radiové sítě používané u HZS Středočeského kraje a zpracování metodiky k jejich efektivnějšímu praktickému využití. V teoretické části práce bude provedena analýza stávajícího skutečného stavu obou sítí používaných v podmínkách HZS Středočeského kraje a bude proveden rozbor možností spojení jednotek PO v místě zásahu a spojení s KOPIS. Praktická část bude zahrnovat návrhy možností rozvoje stávajících radiových sítí, popis provedených testů v reálném provozu. Testy budou prováděny jak pro spojení jednotek PO v místě zásahu, tak i pro spojení s KOPIS. Ověření efektivity navrhovaných opatření bude provedeno SWOT analýzou, na jejímž základě budou vypracovány podklady možného rozvoje obou radiových sítí.

Seznam odborné literatury:

- [1] JONÁK, Jiří, Linkové a bezdrátové technické prostředky používané pro komunikaci a určování zeměpisné polohy, ed. 1., Praha: Vydavatelství PA ČR, 2002, 116 s., ISBN 80-7251-096-7
- [2] FREJLACH, Karel, Paket rádio (Packet-Radio), ed. 1., České Budějovice: PVT, reprografická sekce, 1994, 80 s., ISBN 80-900046-3-6
- [3] VODRÁŽKA, Jiří a PRAVDA, Ivan, Principy telekomunikačních systémů, ed. 1., Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 137 s., ISBN 80-01-03366-X

Vedoucí: Ing. René Mildorf
Konzultant: Ing. Petr Lebloch

Zadání platné do: 20.08.2018

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 12.12.2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Analýza radiových sítí u HZS Středočeského kraje a možnost jejich rekonfigurace v reálných podmínkách HZS Středočeského kraje vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně dne 10.05.2017

.....
podpis

Poděkování

Děkuji radioamatérům z kladenské klubové stanice OK1KKD, radioamatérům z pražské klubové stanice OL3Z a radioamatérům OK2ZZ a OK2XZZ z brněnské klubové stanice OK2R za nezištnou materiální a odbornou pomoc při přípravě a provádění testů. Dále děkuji plk. JUDr. Jaroslavu Mrnkovi, příslušníkovi KŘ HZS Středočeského kraje za poskytnutí dat z historie kladenské požární ochrany.

Velký dík patří vedoucímu práce kpt. Ing. René Mildorfovi za odborné vedení diplomové práce a také konzultantovi Ing. Petru Leblochovi za pomoc při prováděných testech, ale především za dlouhodobé odborné předávání profesních i životních zkušeností a praktické připomínky k obsahu diplomové práce.

Abstrakt

Tato práce si klade za cíl vypracování návrhu možného rozvoje radiových sítí používaných u Hasičského záchranného sboru Středočeského kraje a zpracování metodiky k jejich efektivnějšímu praktickému využití. Práce by měla naznačit další směr rozvoje radiové komunikace jednotek požární ochrany.

V teoretické části práce bude provedena analýza stávajícího skutečného stavu radiových sítí používaných v podmínkách Hasičského záchranného sboru Středočeského kraje a bude proveden rozbor možností spojení jednotek požární ochrany na taktické i operační úrovni. Zároveň bude proveden rozbor současných teoretických možností rozvoje radiových sítí, především v pásmu 160MHz.

Praktická část bude obsahovat popis provedených testů v reálném provozu. Testy budou prováděny jak pro spojení jednotek požární ochrany na taktické, tak i na operační úrovni. Budou provedeny SWOT analýzy používaných a uvažovaných radiových systémů a jejich konečné porovnání, z něhož vzejde závěrečné doporučení pro řešení radiového spojení pro jednotky požární ochrany.

Klíčová slova

Hasičský záchranný sbor, radiová síť, Pegas, DMR, dPMR, radiostanice.

Abstract

This thesis aims to prepare a proposal for a possible development of radio networks used by the Fire Brigade of the Central Bohemian Region and elaborate a methodology for their more effective practical use. The thesis should indicate the next direction for the development of radio communication of fire brigade units.

In its theoretical part, the thesis will analyze the current state of the radio networks used in the conditions of the Fire Brigade of the Central Bohemian Region and will analyze the possibilities of radio communication among fire brigade units at the tactical and operational levels. In addition, an analysis of current theoretical possibilities of radio network development will be carried out, especially in the 160 MHz band.

The practical part will include a description of tests carried out in real traffic. The tests will be carried out for communication among fire brigade units at the tactical and operational levels. SWOT analyses of the used and considered radio systems and their final comparison will be made, which will serve as a basis for a final recommendation for the solution of radio communication for fire brigade units.

Keywords

Fire Brigade, radio network, Pegas, DMR, dPMR, radio stations.

Obsah

1	ÚVOD	11
2	SOUČASNÝ STAV	13
2.1	Úvod do řešené problematiky	13
2.1.1	Elektromagnetické vlnění – spektrum	13
2.1.2	Antény – teorie	16
2.2	Analýza dosud získaných poznatků na základě literárních rešerší a vlastních poznatků	17
2.2.1	Počátky spojení v IZS.....	17
2.2.2	Integrovaný záchranný systém	18
2.2.3	Spojení v rámci jednotek PO (HZS a JSDH).....	20
2.2.4	JSDH – radiové svolávání	25
2.2.5	Současný stav analogové radiové sítě HZS Středočeského kraje.....	27
2.2.6	Radiokomunikační systém Pegas u HZS Středočeského kraje.....	28
2.2.7	Způsob komunikace jednotek PO.....	32
2.2.8	Způsob komunikace HZS Středočeského kraje	33
2.2.9	Popis způsobů modulace radiových signálů FM, DMR II a dPMR..	35
2.2.10	Antény a jejich aplikace u jednotek PO	37
2.3	Posouzení těchto poznatků s vlastním cílem práce.....	38
2.3.1	Posouzení stavu radiového spojení v PO	40
2.3.2	Antény a jejich vliv na radiové spojení v PO	40
2.3.3	Posouzení způsobů modulace radiových signálů na základě technické specifikace	41
3	CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY.....	44

3.1	Hypotézy.....	48
4	METODIKA	49
4.1	Testy spojových prostředků na taktické úrovni.....	49
4.1.1	Kabelové kanály rozvodny VN POLDI – Dříň	49
4.1.2	Věžový dům Vítězná 2955, Kladno	51
4.1.3	Úsek železniční tratě Kladno – Lužná.....	51
4.1.4	Budova „Nové scény“ Národního divadla v Praze	52
4.1.5	Stanice metra “B” – Karlovo náměstí	53
4.2	Testy spojových prostředků na operační úrovni	53
4.2.1	Porovnání přenosových vlastností modulace FM a digitální modulace v pásmu 160 MHz v laboratorních podmínkách	53
4.2.2	Porovnání přenosových vlastností modulace FM a digitální modulace v pásmu 160 MHz v provozních podmínkách HZS.....	55
4.2.2.1	Testování na trase Kladno – Švermov, ul. Velvarská	58
4.2.2.2	Testování na trase Čabárna – Brandýsek	59
4.2.2.3	Testování na trase Vinařice.....	60
4.2.2.4	Testování na trase Pchery	61
4.3	Použité statistické metody - SWOT analýza.....	62
5	VÝSLEDKY	63
5.1	Vyhodnocení testů spojových prostředků na taktické úrovni.....	63
5.1.1	Kabelové kanály rozvodny VN POLDI – Dříň	63
5.1.2	Věžový dům Vítězná 2955, Kladno	64
5.1.3	Úsek železniční tratě Kladno – Lužná.....	65
5.1.4	Budova „Nové scény“ Národního divadla v Praze	66
5.1.5	Stanice metra “B” – Karlovo náměstí	66

5.2	Vyhodnocení testů spojových prostředků na operační úrovni	66
5.2.1	Porovnání přenosových vlastností modulace FM a digitální modulace v pásmu 160 MHz v laboratorních podmínkách	66
5.2.2	Porovnání přenosových vlastností modulace FM a digitální modulace v pásmu 160 MHz v provozních podmínkách HZS.....	68
5.2.2.1	Vyhodnocení testování na trase Kladno – Švermov, ul. Velvarská	69
5.2.2.2	Vyhodnocení testování na trase Čabárna – Brandýsek	72
5.2.2.3	Výsledky testování na trase Vinařice.....	73
5.2.2.4	Výsledky testování na trase Pchery	74
5.3	SWOT analýza jednotlivých radiových systémů	75
5.3.1	SWOT analýza při použití radiostanic na taktické úrovni.....	75
5.3.2	SWOT analýza při použití radiostanic na operační úrovni	79
6	DISKUZE.....	83
6.1	Hypotéza č. 1 – Stávající analogový FM radiový systém v pásmu 160 MHz, používaný jednotkami PO je vyhovující	84
6.2	Hypotéza č. 2 – Uvažovaný digitální radiový systém DMR II v pásmu 160 MHz, uvažovaný k použití jednotkami PO je vyhovující	86
6.3	Hypotéza č. 4 – Stávající digitální radiokomunikační systém PEGAS v pásmu 400 MHz, používaný jednotkami PO je vyhovující.....	88
6.4	Vhodný radiokomunikační systém pro jednotky PO	90
7	ZÁVĚR.....	91
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	92
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	94
10	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	99

11	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	100
12	PŘÍLOHY	101

1 ÚVOD

Výběr tématu byl pro mne od počátku studia jasný, chtěl jsem se soustředit na porovnání radiových systémů u integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“) a zvláště na praktické porovnání stávajícího analogového radiového systému hasičského záchranného sboru (dále jen „HZS“) v pásmu 160 MHz se systémy digitálními v pásmu 160 MHz, které by měly nahradit stávající analogový radiový systém.

Řadu let pracuji u HZS Středočeského kraje na funkci spojového technika. Problematikou radiového spojení v HZS a IZS se dlouhodobě zabývám a velmi mě zajímá i její historie. Sleduji přínosy i nedostatky radiového spojení u HZS v minulosti i nyní, a vidím dopady změn v praktickém užívání. Velmi zajímavé, poučné a inspirující jsou i názory starších hasičů a kolegů na počátky zavádění radiového spojení, výpočetní techniky v požární ochraně (dále jen „PO“), změny přístupu hasičů (k technice i práci) a porovnávání problematiky radiového spojení se současným stavem u nás a stavem v zahraničí.

I když jsou moje možnosti ovlivňování změn spojového systému HZS Středočeského kraje velmi omezené, zaměřuji svoji činnost na maximální zjednodušení komunikačních systémů a hlavně na zajištění jejich funkčnosti za nestandardních (ztížených) povětrnostních podmínek, při kterých je systém IZS většinou aktivován a bezchybné radiové spojení je naprostou nezbytností.

Za přínos této práce radiovému spojení v HZS/IZS považuji:

- Upozornění na nutnost pečlivého výběru vhodného typu digitální modulace při případné záměně stávající infrastruktury a koncových prvků analogové radiové sítě HZS v pásmu 160 MHz. Je zde žádoucí zamyslet se nad požadavky hasičů a omezeným přidělem stávajícího kmitočtového spektra v perspektivě následujících 30 let.

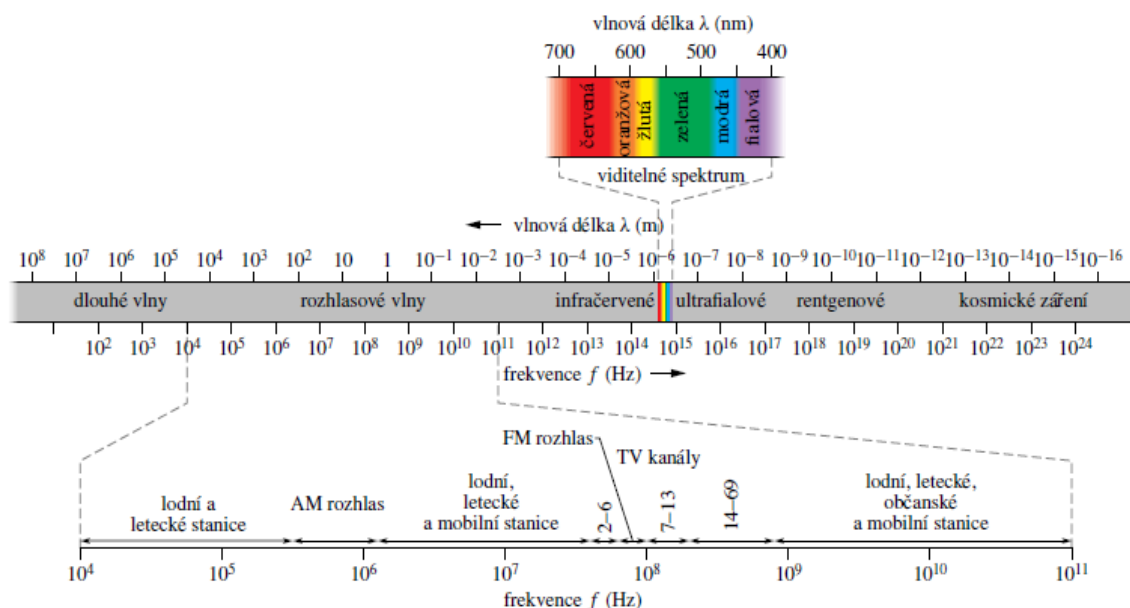
- Výsledky porovnání audio přenosů a stávajícího analogového systému v pásmu 160 MHz a plánovaného digitálního systému v pásmu 160 MHz, které jsem praktickým měřením a porovnáním zjistil. Zjištěné výsledky porovnání rozdílných způsobů radiových přenosů uvedené v této diplomové práci nebyly před jejím odevzdáním nikde zveřejněny.
- Snahu o vyhodnocení testů pomocí objektivizovaného vizuálního zdokumentování výsledků porovnáním doby příjmu signálu a počtu výpadků na vybraných testovacích úsecích v terénu se současným archivováním příslušných audio nahrávek.
- Upozornění na možnosti optimálního využití přiděleného kmitočtového spektra zvýšením radiového pokrytí území z převaděčů volbou kvalitnějších anténních napáječů, minimalizací radiového vyzařování do sousedních krajů volbou vhodných radiových stanovišť převaděčů a jejich antén.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Úvod do řešení problematiky

2.1.1 Elektromagnetické vlnění – spektrum

Radiové spektrum (v současné době odpovídá frekvencím od 9 kHz do 3 THz - kmitočtový příděl dle Zákona o elektronických komunikacích (dále jen „ZEK“) tzn. vlnovým délkám v rozsahu od 33 km do 0,1 mm) je podmnožinou elektromagnetického spektra. Ze své podstaty je radiové spektrum nerozšiřitelné. Je fyzikálně dáno a lze pouze koordinovat jeho použití s okolními státy, což v sousedství se Spolkovou republikou Německo a Rakouskou republikou je vzhledem k jejich technickému náskoku pro Českou republiku (dále jen „ČR“) ztrátové. Rozvojem techniky lze využití radiového spektra rozšiřovat (jednak směrem k vyšším kmitočtům, případně využitím speciálních technik radiového přenosu), vždy je ale nutné respektovat jeho fyzikální podstatu a tomu přizpůsobit požadované vlastnosti přenosu.



Obr. 1 Spektrum elektromagnetických vln [1, str. 890]

Omezená rozšiřitelnost radiového spektra a nedostatek kmitočtů pro potřeby HZS jsou mottem této práce, která je zaměřena komplexně na jeho optimální využití u HZS při respektování provozních potřeb HZS a zachování ekonomie radiového spojení.

Elektromagnetické vlnění má dvě navzájem neoddělitelné složky – elektrickou a magnetickou. Každá z těchto složek v čase mění svůj rozkmit - amplitudu - z nuly do kladného maxima, zpět do nuly, dále do záporného maxima a zpět do nuly. Potom se děj stále znovu periodicky opakuje. Jeden každý časový úsek, v němž proběhne tento cyklus, tj. změna amplitudy od nuly k oběma maximům a zpět k nule, nazýváme perioda. Vyjadřuje se v jednotkách času - sekundách. Protože grafickým znázorněním časového průběhu těchto změn je sinusoida, zařazujeme je mezi periodické děje, které je zvykem označovat jako harmonické. Chceme-li pak vyjádřit, kolikrát za jednotku času se u daného vlnění periodický děj (cyklus) zopakuje, použijeme veličinu zvanou kmitočet, jejíž jednotkou je Hertz (Hz). Tato jednotka vyjadřuje počet cyklů za sekundu.

Tab. 1 Rozdělení rádiového spektra [2, kapitola 2, odst. 1]

číslo pásma N	symboly	rozsah kmitočtů (dolní mez mimo, horní mez včetně)	odpovídající názvy pásem	metrické zkratky pro pásma
4	VLF	3 až 30 kHz	myriametrové	Mam
5	LF	30 až 300 kHz	kilometrové	km
6	MF	300 až 3000 kHz	hektometrové	hm
7	HF	3 až 30 MHz	dekametrové	Dm
8	VHF	30 až 300 MHz	metrové	m
9	UHF	300 až 3000 MHz	decimetrové	dm
10	SHF	3 až 30 GHz	centimetrové	cm
11	EHF	30 až 300 GHz	milimetrové	mm
12	---	300 až 3000 GHz	decimilimetrové	---

Je to právě kmitočet vlnění, který předurčuje, jak se konkrétní vlnění bude chovat v různých prostředích a za různých okolností.

Vedle údaje o kmitočtu se často používá také údaj o vlnové délce. Vyjadřuje vzdálenost, kterou elektromagnetické vlnění urazí během jednoho cyklu, a uvádí se v jednotkách délky - metrech. Vztah mezi rychlostí šíření, kmitočtem a délkou vlny je dán vzorcem $c = f \cdot \lambda$, kde:

c = rychlost [m/s] ($3 \cdot 10^8$ m/s)

f = kmitočet [Hz]

λ = vlnová délka [m]

Struktura zemské atmosféry

Ve výškách 50 až 600 km, kde je již hustota atmosféry velmi malá, ionizuje ultrafialové a rentgenové záření atmosférické plyny. Této části atmosféry říkáme ionosféra. Vlivem působení ultrafialového záření, rentgenového záření a po dopadu nabitých částic se v silně zředěných plynech uvolňují z molekul neutrálního plynu elektrony a z původně neutrální molekuly se vytváří kladný iont. Tím dochází k přeměně elektricky inertního prostředí na vodivé prostředí, v němž se snižuje rychlost šíření rádiového signálu a na rozhraní mezi inertní atmosférou a ionizovaným plynem dochází k lomu směru šíření rádiového signálu. Současně s ionizací probíhá opačný proces - rekombinace. Při tomto procesu se volné elektrony spojují s pozitivně nabitými ionty a vytvářejí elektricky neutrální atom plynu. Stupeň ionizace závisí na intenzitě a spektru ionizujícího záření, na délce působení záření a na rychlosti rekombinace. Stupeň ionizace je nejvyšší v nejvyšších výškách ionosféry.

Vzhledem k jejím vlastnostem ovlivňují za běžných podmínek kmitočty do cca 35 MHz (to byl důvod pravidelných nežádoucích „dálkových“ příjmů – rušení v dobách, kdy byly používány v PO kmitočty horního okraje krátkovlnného pásma 32 MHz). Na kmitočtech 160 MHz nejsou uváděné anomálie šíření radiových vln příliš časté.

Šíření radiových vln

Vzhledem k radiovým kmitočtům, používaným u HZS bude v této kapitole omezen popis šíření na pásmo 160 MHz, 400 MHz a okrajově na pásmo 30 MHz (dříve používané frekvence u PO):

- a. Přímá prostorová vlna je takový způsob šíření elektromagnetického pole k přijímací anténě, kdy se elektromagnetické pole šíří přímo volným prostorem. Na elektromagnetické pole minimálně působí povrch země prostřednictvím Fresnelovy zóny, a nepůsobí na něj ionosféra.
- b. Přenos povrchovou vlnou nastává, šíří-li se elektromagnetické pole podél zemského povrchu k přijímači. Útlum intenzity povrchové vlny výrazně závisí na stupni narušení Fresnelovy zóny (vlnová délka, vzdálenost zemského povrchu) a materiálových konstantách povrchu země (vlhkost). Je ale nutné zahrnout i odrazy od rozměrných pozemních překážek (ve vztahu k délce vlny) a případných radiových stínů za takovouto překážkou (velikost, materiál překážky). To je převládající způsob šíření radiových vln v pásmech 160 a 400 MHz, používaných v podmínkách IZS.

Ionosférická prostorová vlna - přichází na přijímač po odrazu či ohybu v horních vrstvách ionosféry. Ty, jak již bylo uvedeno v předchozím rozboru, mají na šíření současně používaných radiových kmitočtů v IZS malý vliv a proto nejsou dále uvažovány [3].

2.1.2 Antény – teorie

Jako vysílací či přijímací anténa může sloužit v podstatě vodič jakéhokoliv tvaru a délky, umístěný v jisté výši nad zemí a spojený vhodným způsobem s vysílačem nebo přijímačem. Každý anténní zářič je charakterizován směrovým účinkem, součinitelem směrovosti, ziskem, vstupní impedancí a účinným kmitočtovým rozsahem.

Směrový účinek zářiče je schopnost zářiče vyzařovat (případně přijímat) elektromagnetickou energii pouze do určitého prostoru, definovaného prostorovými úhly ve vodorovné a svislé rovině. Směrové účinky jsou důsledkem toho, že vyzářená energie je v prostoru rozložena nerovnoměrně – v jednom směru se pole zesiluje, v jiném potlačuje.

Aby se mohly navzájem jednotlivé antény srovnávat, zavádí se pojem součinitel směrovosti. Ten udává, o co je v místě příjmu elektromagnetické pole silnější než pole vybuzeané v témže místě zářičem, který by stejný přiváděný vysokofrekvenční výkon vyzařoval zcela rovnoměrně do celého prostoru. Takový pomyslný a prakticky nerealizovatelný vztažný zářič se nazývá izotropní (všesměrový).

V praxi je účelnější posuzovat směrové vlastnosti různých anténních systémů jejich srovnáním s půlvlnným dipólem, který je základním typem anténního zářiče. Skutečný zisk antény zesílení pole ve směru maximálního vyzařování je proto praktickým měřítkem výkonnosti antény a udává se prostým číslem, nebo obvykleji v dB, kolikrát je pole silnější než pole vztažného zářiče, jímž je zpravidla půlvlnný dipól (jednotka dB), či častěji izotropní zářič (jednotka dBi) [4, str. 349-360].

2.2 Analýza dosud získaných poznatků na základě literárních rešerší a vlastních poznatků

2.2.1 Počátky spojení v IZS

Dlouhodobá neformální spolupráce záchranných složek - profesionálních jednotek PO, jednotek sborů dobrovolných hasičů (dále jen „JSDH“) a zdravotnické záchranné služby (dále jen „ZZS“) na místě zásahu byla v minulosti nutnou podmínkou úspěšné práce záchranných složek. Vzhledem k absenci radiového spojení z místa zásahu na dispečink (operační středisko) řídil akci operativně velitel zásahu na místě mimořádné události. Velitelem zásahu (pokud nebyl zřízen štáb zásahu) byl velitel první profesionální jednotky hasičů (požárníků), která se dostavila na místo zásahu. Mohl být vystřídán hodnostně vyšším příslušníkem

hasičů. Doba se změnila a jednotky PO začínaly mít na stále větší části území k dispozici funkční radiové spojení se svým operačním střediskem z míst mimořádných událostí. Umožnila to síť radiových převaděčů HZS v pásmu 160 MHz. Ve Středočeském kraji se podařilo pokrýt radiovým signálem i velmi problematické lokality (např. chráněnou krajinnou oblast Kokořínsko s velmi členitým terénem). Oprávněně se začal i v radiovém spojení používat termín „plošné pokrytí“. To byl na jedné straně značný přínos, ale postupně se začala omezovat „samostatnost rozhodování“ na místě zásahu při spolupráci záchranných složek. Neformální spolupráce na místě zásahu samozřejmě stále probíhala a probíhá, ale jednotlivé složky byly výrazně vázány svými interními předpisy (např. nemožnost přeladění na frekvence spolupracující složky). Přibližně od roku 2001 již nastupuje období většího rozšíření mobilních telefonů a zlepšeného pokrytí území signálem globálního systému pro mobilní komunikaci (dále jen „GSM“), což situaci ve spojení dost zjednodušilo a ZZS i HZS mohly využít své radiostanice ke vzájemné koordinaci akcí na místě zásahu.

V roce 2000 byla ve Středočeském kraji spuštěna neveřejná radiová síť Ministerstva vnitra České republiky (dále jen „MVČR“) – radiokomunikační systém Pegas, který je určen pro použití složkami IZS.

2.2.2 Integrovaný záchranný systém

IZS není veřejná instituce, nebo bezpečnostní sbor, je to *koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací [5, §2 písm. a].* Jednotlivé složky IZS zákon dělí na základní a ostatní. *Základními složkami integrovaného záchranného systému jsou Hasičský záchranný sbor České republiky, jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a Policie České republiky. Ostatními složkami integrovaného záchranného systému jsou vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil, ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory, ostatní záchranné sbory, orgány ochrany veřejného zdraví, havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby, zařízení civilní ochrany, neziskové organizace*

a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím [5, §4 odst. 1 a 2]. Všechny tyto výše uvedené složky IZS potřebují navzájem komunikovat a tato komunikace je zabezpečována různými způsoby. Pro účely této práce budeme pro komunikaci IZS uvažovat komunikaci základních složek IZS a v užším pojetí komunikaci HZS krajů a jednotek PO.

Systém IZS byl ustanoven až zákonem o integrovaném záchranném systému a o změně některých předpisů v roce 2000, ale spolupráce jeho současných složek byla nutná i před uvedením tohoto zákona v platnost. Zpětným pohledem do historie lze konstatovat, že systém je funkční. Hůře ale dopadá srovnání neformální radiové koordinace spolupráce složek před 15 – 30 lety a nyní.

Na úrovni operačních středisek HZS, ZZS i Policie České republiky (dále jen „PČR“) je stávající koordinační funkčnost systému na vysoké úrovni (hlasové i datové propojení operačních středisek). Výrazně horší funkčnost systému je ale na operační a taktické úrovni. Zde se místo neformální spolupráce prosadila předpisy stanovená závislost na vlastním operačním středisku.

Z pohledu radiového spojení na taktické a operační úrovni není vzájemná spolupráce dobrá. V analogové síti 160 MHz, kde měli hasiči na vozidlových radiostanicích všechny převaděče ZZS a naopak ZZS měla kmitočty HZS, se mohly obě složky přímo domluvit, což bylo výhodné při navigaci na místo zásahu v nepřehledném a složitém terénu. Tato možnost se však přestala využívat. S PČR nemohla být obdobná spolupráce nikdy uskutečněna pro rozdílnost kmitočtového přidělu (80 MHz PČR a 160 MHz HZS).

Jako zlepšení stavu se nabízelo v digitálním radiokomunikačním systému Pegas hovorové prostředí IZS. Toto hovorové prostředí (dříve „otevřené kanály“, nyní „hovorové skupiny“) se z různých důvodů monitoruje pouze na operačních střediscích základních složek IZS, přestože se pokrytí přechodem na režim hovorových skupin (dále jen „TKG“) vylepšilo. Dlouhodobě se zde ukazuje formálnost radiového spojení v IZS na operační a taktické úrovni, které se omezuje

pouze na zkoušky spojení, protože nebylo a není co předávat. Operační střediska jednotlivých složek IZS mezi sebou komunikují datově s vysokým komfortem, pro vozidla je scanování několika hovorových skupin TKG z technických důvodů nepraktické a v reálném provozu nepoužívané. Scanování DIR kanálů IZS na taktické úrovni je z praktického hlediska nereálné a v současné době prakticky nevyužitelné. Z tohoto pohledu by se dalo říci, že „nutnost spojení v IZS“ byla v posledních cca 20 letech pouze argumentem k získávání peněz do rozšiřování digitálního radiokomunikačního systému Pegas.

2.2.3 Spojení v rámci jednotek PO (HZS a JSDH)

Zcela jiná situace ve spojení IZS je mezi složkou HZS a JSDH. Tam se v pásmu 160 MHz jedná o dlouhodobou a nezbytnou spolupráci jednotek při řízení záchranných prací. Proto se v této práci bude spojením jednotek PO nazývat radiové spojení mezi HZS - krajským operačním a informačním střediskem (dále jen „KOPIS“), vozidly, zasahujícími hasiči a JSDH - vozidla, zasahující hasiči.

Spojení v požární ochraně bylo vždy členěno do několika úrovní:

- spojení v místě zásahu (úroveň taktická) velitel zásahu – hasiči;
- spojení z místa zásahu k řídicí složce (úroveň operační) – nyní ke KOPIS;
- spojení mezi řídicími složkami; nyní mezi KOPISy krajů, případně mezi KOPISem kraje a operačním a informačním střediskem (dále jen „OPIS“) Ministerstva vnitra – Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen „MV - GŘ HZS ČR“) a operačními středisky jiných složek IZS.

V každé době byly způsoby spojení na všech úrovních poplatné technickému rozvoji společnosti a velikosti území, na kterém musela jednotka být schopna v rozumném časovém limitu účinně zasáhnout. Koncem padesátých let byly konány první pokusy s radiostanicemi u PO, ale byly poplatné použitým radiostanicím a přiděleným kmitočtům (jediný pracovní kmitočet byl v okolí 35 MHz a na značné

části území, zhruba rozloha dvou dnešních krajů, byl shodný). Zcela přelomovou událostí pro radiové spojení v PO na operační úrovni byla dodávka vozidlových radiostanic TESLA typ VR21 v roce 1985, pracujících v pásmu 160 MHz. Na místě zásahu (taktická úroveň) byla situace jednodušší.

U běžných zásahů probíhala komunikace „tváří v tvář“ a záleželo pouze na mohutnosti hlasu velitele zásahu, jak velké území dokázal „ukřičet“. Něco dokázaly zprostředkovat hasiči-spojky, ale docházelo k velké prodlevě předávaných pokynů a hrozilo i jejich zkomolení. Samozřejmě byly i dohodnuté zvukové a optické signály, ale na větší vzdálenosti, případně v noci či v lese bylo jejich použití problematické. Kolem roku 1965 se k jednotkám PO dostaly i přenosné radiostanice z produkce TESLA Pardubice VXW100 a PR22 pro taktické spojení v místě zásahu.



Obr. 2 TESLA VXW100 a PR35 [6]

Provozní využití těchto radiostanic bylo poněkud diskutabilní a v podmínkách zasahujících hasičů se neosvědčily. V roce 1985 byly pro zasahující hasiče dodány přenosné radiostanice TESLA PR35 v pásmu 160 MHz. Malé, lehké, ve vhodném kmitočtovém pásmu, s levným zdrojem s velkou výdrží na jedno nabití byly pro zasahující hasiče přínosem. Měly však i nedostatky v podobě malé odolnosti proti vodě, velké citlivosti na pády (poškozování krystalů a reproduktoru) a malý vysokofrekvenční výkon. Jejich využití v taktickém řízení a obliba u hasičů byla značná.

Rozvolnění centrálních nákupů radiostanic v roce 1991 vedlo k nákupům zahraničních radiostanic samostatnými sbory PO okresů. Radiostanice různých výrobců byly spolu v parametrech návštěvní omezeně slučitelné a byly problémy i se zpětnou kompatibilitou téhož typu radiostanice. Po překonání prvotních problémů se podařilo sboru PO v Kladně (po roce 1995 už dále pod názvem HZS okresu Kladno) vytvořit a odladit kompromisní plán přenosu „malých dat“ pro nakoupenou směs radiostanic, který byl přijat jako celonárodní plán přenosu „malých paketů dat“ u PO, ten se u Sboru PO v Kladně úspěšně využíval ve spojení s výpočetní technikou a zdokonalováním programu „Výjezd“. Pomocí datového přenosu dohodnutých kódů typické činnosti – statusů se usnadňovala a zpřesňovala práce spojačky na operačním středisku. V roce 1995 byla díky technickému pokroku zrušena ohlašovna požárů na požární stanici Slaný a tato stanice se tak stala bezobslužnou [7, 8].

Od 1. ledna 2001 ke krajskému uspořádání hasičských záchranných sborů. Bylo rozhodnuto, že KOPIS HZS Středočeského kraje bude umístěno v sídle HZS Středočeského kraje v Kladně a bude dočasně doplněné sektorovými OPIS v Kolíně a Mladé Boleslavi. To byla pro spojení v HZS zcela zásadní změna. Ze stávajícího okresního uspořádání, kdy si okres „vystačil“ s přiděleným okresním kanálem, případně s jedním radiovým převaděčem se muselo z KOPIS v Kladně radiově ovládat území okresů Kladno, Beroun, Praha – Západ, Příbram a Rakovník; ze sektorového OPIS v Kolíně území okresů Benešov, Kolín, Kutná Hora a jižní část Prahy-východ; ze sektorového OPIS v Mladé Boleslavi území okresů Mladá Boleslav, Mělník, Nymburk a severní část Prahy-východ. Pohled na členitost Středočeského kraje dával hned zpočátku tušit, že to nebude jednoduchý úkol.

Bylo stanoveno několik kritérií, která měla být (a stále jsou) při plánování radiového spojení na operačním území Středočeského kraje dodržována:

- radiově „dosáhnout“ na převaděč vlastními silami z KOPIS (s minimalizací využití služeb a technologií cizích firem);

- používat pokud možno neexponované, málo obsazené, lokality z důvodu nižší úrovně radiového rušení;
- udržet minimální ceny za nájmy a zřizování převaděčů;
- pokrýt radiovým signálem co největší zájmové území;
- volbou vhodných stanovišť a antén minimalizovat radiové rušení do sousedních krajů;
- zohlednit dostupnost kóty pro servis zařízení i v zimních měsících.

Realizace ukázala, že technicky lze vyřešit i téměř protichůdné požadavky, ale administrativa byla a je největším problémem a brzdou výstavby. Postupně se dařilo doplňovat stávající síť radiových převaděčů a zříditi i několik vykrývačů pro vyčleněné lokality, které se nepodařilo ze základní sítě převaděčů uspokojivě pokrýt. Doba pokročila a výrobci své radiostanice začali vybavovat standardními programovatelnými funkcemi s normovanými parametry. Radiostanice začínaly mít téměř jednotné rozměry, to vše významně podporovalo konkurenční prostředí. Po době nejednotnosti spojových prostředků u sborů PO v ČR (u HZS okresu Kladno byly hojně využívány radiostanice značky Maxon) se MV - GŘ HZS ČR v roce 1999 ujalo funkce koordinátora a stanovilo jednotné typy nakupovaných radiostanic pro HZS ČR. Jako vozidlové radiostanice byly vybrány Motorola GM380 a GM360, přenosné Motorola GP340 a GP380.



Obr. 3 MAXON PM150 [9]



Obr. 4 MAXON SL70 [10]

Nebyla to špatná volba a výhoda jednotnosti vybavení vozidel se následně projevila ve zjednodušeném projektování zástaveb vozidel při jejich hromadném

objednávání. Pozitivní roli sehrála i rozsáhlá prodejní a servisní síť značky Motorola. Nemalou výhodou analogového spojového systému v pásmu 160 MHz bylo konkurenční prostředí, které významně ovlivňovalo cenu radiostanic. Spojením možností úplného programování radiostanic uživatelem, možnost výběru dodavatelů a v neposlední řadě i možnost nekomplikované záměny radiostanic různých firem (využito při dodávkách radiostanic pro JSDH) se dosáhlo značné efektivity analogové radiové sítě 160 MHz.



Obr. 5 Radiostanice používané v současnosti - MOTOROLA GM360 a GP380 [11]

Přínosné bylo i vydání zákona č. 127/2005 Sb. Zákon o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů. Zákon mimo jiné stanovil povinnou kanálovou rozteč 12,5 kHz v pásmu 160 MHz. Uvedenou kanálovou rozteč neměly přesluhující radiostanice TESLA VR21, dosluhující radiostanice MAXON PM150, ale ani velmi oblíbené přenosné radiostanice TESLA PR35. ZEK byl avizován několik let předem. Proto byly v posledních letech nákupy radiostanic nové kanálové rozteči přizpůsobeny. Nastala doba nákupů jednotných typů radiostanic. Jednotnost měla velké výhody při tvorbě programů pro programování radiostanic v kraji, nákupu náhradních dílů a opravách radiostanic. Velkým přínosem pro činnost operačních středisek HZS bylo, že odstraněním radiostanic TESLA VR21 mohla být použita kanálová ochrana uzavřením přijímače subtónem (dále jen „CTCSS“), omezující nežádoucí příjem na monitorovaném kanálu. Další striktní požadavek ZEK na přeladění dle evropsky schváleného kmitočtového rozdělení se

přes značné úsilí jednotlivých krajů nepodařilo u HZS ČR od roku 2010 do května 2017 uskutečnit.

Průběžně se vyskytovaly technické problémy, které bylo nutné řešit. Přechodem na digitální televizní vysílání se začalo vyskytovat občasné nepravidelné rušení na vstupním kmitočtu převaděče Mezivrata. Byla vysledována poměrně značná závislost rušení na počasí (na vlhkosti vzduchu). Problematický se pro převaděče HZS ukázal i rozvoj bezdrátových komunikačních počítačových sítí WiFi. Jejich zřizovatelé si kompletují různá zařízení, která v plastové skříni propojí chuchvalci nestíněných vodičů a vzniklá rušení neřeší (např. od vyzařujících spínaných zdrojů). To výrazným způsobem snižuje citlivost a dosah převaděčů HZS.

2.2.4 JSDH – radiové svolávání

Zcela samostatnou kapitolou bylo a je svolávání jednotek sborů dobrovolných hasičů obcí k mimořádným událostem. Před rokem 1980 bylo svolávání JSDH prováděno pouze telefonem se všemi negativními důsledky z toho plynoucími. Výsledkem velmi často byla nemožnost povolání dobře vyzbrojené místní jednotky k zásahu.

Aby se zvýšila akceschopnost JSDH byla první výjezdová vozidla každé aktivní JSDH vybavována radiostanicí VR20 (v pásmu 32 MHz) ve výjezdové cisternové automobilové stříkačce (dále jen „CAS“). Radiostanice měla dvě funkce. Při výjezdu sloužila jako vozidlová radiostanice a při parkování v požární zbrojnici JSDH byla kabely propojena s kompletem příslušenství, pevně umístěným v požární zbrojnici (síťový napáječ, základnová anténa a poměrně primitivní jednotka jednoduché selektivní volby vlastní konstrukce sboru PO Kladno, která spínala rotační sirénu). Řešení to nebylo špatné, ale mělo několik úskalí. Vozidlovou radiostanicí bylo nutné před výjezdem vozidla odpojit od základnového kompletu a po příjezdu opět připojit. Často se stávalo, že hasiči vyjeli k zásahu i s připojeným základnovým kompletem, případně po návratu od zásahu zapomněli zpětně připojit základnový komplet k radiostanici. Zcela zásadní byla součástková základna, ze které byly

radiostanice vyrobeny. Použité konektory byly konstruovány pro velmi omezený počet rozpojení (byly mnohapólové, příliš subtilní) a nehodily se pro časté připojování, prováděné ve spěchu. Důsledkem byla velká poruchovost takto provozovaných radiostanic.

Prvním nákupem nových radiostanic (MAXON PM150) Sboru PO Kladno se v roce 1992 uvolnilo cca 30 ks vozidlových radiostanic TESLA VR21 v pásmu 160 MHz. Sbor PO Kladno, jakožto koordinátor sborů PO pro okresy v západní části současného Středočeského kraje, zorganizoval další nákupy pro jednotlivé sbory PO okresů a počet uvolněných radiostanic se navýšil na cca 120 ks. Pro jejich další praktické využití byla u Sboru PO Kladno navržena, otestována a zadána do výroby zásuvná deska selektivní volby, která po vložení do ovládací skříňky radiostanice VR21 a doplnění radiostanice o síťový napájecí zdroj se záložním napájením a základnovou anténou tvořila pevně instalovaný základnový komplet na požární zbrojnici, který spínal rotační sirénu. Komplet umožňoval selektivní vyhlašování požárního poplachu na jednotlivé zbrojnice vybraným JSDH se zpětným potvrzením vyhlášeného poplachu a automatické dálkové testování elektronické části celého kompletu. Protože se staly JSDH novým typem radiového svolávání jednoduše dostupné, začaly se mnohem častěji využívat a to i na vzdálenější mimořádné události. Právě časté svolávání JSDH se stalo zcela neočekávaně závažným problémem. Některým občanům vadilo častější houkání sirény a začaly se množit stížnosti na rušení nočního klidu. I když se to dnes zdá úsměvné, v té době se podobné stížnosti občanů braly velmi vážně a hrozící vyřazení JSDH z poplachových plánů by způsobilo narušení akceschopnosti hasičů. Urychleně byla pro vybrané obce vytvořena varianta pro svolávání přes přenosné radiostanice a pracovalo se na variantě s pagery, kterou se během několika měsíců podařilo ve všech obcích s častějšími výjezdy úspěšně zprovoznit.

V pozdější době se díky vývoji technologií přešlo administrativním rozhodnutím na GSM svolávací systém u JSDH, zařízení KANGA prostřednictvím krátkých textových zpráv v GSM. Výhodou bylo velmi slušné radiové pokrytí obcí a použití

běžných mobilních telefonů jednotlivých členů požární jednotky obce. Nezanedbatelnou výhodou bylo i nespouštění rotačních sirén pro vyhlášení požárního poplachu. Za nevýhody lze považovat nezaručený přenos zpráv s velmi kolísavou latencí (jednotky sekund až hodin) a nemožnost HZS jakkoliv do systému zasahovat.

2.2.5 Současný stav analogové radiové sítě HZS Středočeského kraje

V současné době využívá HZS k radiovému spojení na taktické a operační úrovni dva nezávislé neveřejné radiové systémy.

Prvním systémem je **analogová radiová síť HZS ČR v pásmu 160 MHz**, používaná od roku 1985. Na operační úrovni se ve Středočeském kraji provozuje převážně semiduplexně přes síť radiových převaděčů, výjimečně simplexně na „okresních“ kmitočtech přímo, případně přes radiové vykrývače (severní část okresu Mladá Boleslav, západní část okresu Rakovník, okolí Českého Brodu, Slapská přehrada). Základním prvkem radiové infrastruktury Středočeského kraje je radiový převaděč. Radiový převaděč je bezobslužné elektronické zařízení, umístěné na vyvýšeném místě v terénu. Radiový převaděč se skládá ze dvou vozidlových radiostanic, vysokofrekvenčních filtrů, síťového napájecího a nabíjecího zdroje, zálohovací baterie, většinou 12 V/40 Ah. Převaděč je doplněn ještě GSM komunikátorem. Celek je uložen v kovové skříni se stanoveným krytím. Dalším příslušenstvím je anténa s napájecím kabelem a nelze opomenout ani nutný přívod síťového napětí. Místo pro převaděč je pečlivě vybíráno dle již výše uvedených pravidel HZS Středočeského kraje. Každý převaděč má přidělen svůj pár kmitočtů. Na prvním kmitočtu trvale přijímá a na druhém kmitočtu souběžně vysílá to, co na prvním kmitočtu přijímá. Kmitočtový odstup mezi prvním a druhým kmitočtem je v radiové síti HZS ČR stanoven na 4,5 MHz. U HZS se používá ještě jeden typ radiového prvku infrastruktury – radiový vykrývač. Jeho funkce je obdobná převaděči – je to elektronické zařízení, které radiově vykrývá požadované území, ale pouze na simplexním kanálu. Provoz na simplexním kanálu převádí na

kanálový pár příslušného převaděče. Důvodů pro použití vykrývačů je několik. Prioritním důvodem je, že jsou místa ve Středočeském kraji, kam se nedá z KOPI Su přímo dovolat (terénní překážky, vzdálenost). Proto se použije navázání vykrývače na převaděč (ideálně místně příslušný území), který je v dosahu vykrývače. Dalším důvodem zřizování vykrývačů je zjednodušení obsluhy. Významným důvodem pro použití vykrývačů je i úspora kmitočtového páru, nutného k provozu převaděče. Tento jednoduchý popis zdaleka nevystihuje celou šíři dané problematiky. Problém mohou způsobovat kombinační kmitočty (různé kombinace násobků součtů a rozdílů kmitočtů), způsobené provozem zařízení ostatních nájemců objektu (např. vysílače FM rozhlasu) v blízkém okolí antény převaděče. O tom, že výše uvedené není pouze hypotetický problém, svědčí skutečnost, že jsme z uvedených důvodů byli nuceni přemístit převaděče ze stanovišť televizní věž Cukrák a televizní věž Mezivrata.

2.2.6 Radiokomunikační systém Pegas u HZS Středočeského kraje

Druhým radiovým systémem používaným u HZS Středočeského kraje je **radiokomunikační systém Pegas**. Ten je provozován na technologickém standardu Tetrapol, který se objevil již v roce 1987 ve Francii. Jeho první reálné nasazení do provozu ve velké radiokomunikační síti proběhlo u francouzského četnictva zprovozněním sítě RUBIS v roce 1993. Standard Tetrapol oproti předchozím radiokomunikačním systémům využívá výhod digitálního trunkového systému, jenž umožňuje přidělování rádiových zdrojů dle aktuálního využití systému. Je využito frekvenčního dělení 50kHz pásma do čtyř 12,5kHz kanálů za použití frekvenčně děleného vícenásobného přístupu (dále jen „FDMA“). Výhoda frekvenčně děleného vícenásobného přístupu oproti časově dělenému vícenásobnému přístupu (dále jen „TDMA“), jenž rozděluje použité frekvenční pásmo do čtyř timeslotů, spočívá ve větší vzdálenosti rozestupů základnových stanic. Veškerá komunikace prostřednictvím standardu Tetrapol je šifrována v celé úrovni komunikace. Technologický standard Tetrapol je monopolní systém

s jediným výrobcem většiny komponentů, především koncových prvků systému a svou koncepcí vyhovuje a je používán převážně vojenskými a bezpečnostními složkami [12, str. 8 - 18, 13, str. 56].

Historie technologie Tetrapol v ČR

Počátky radiokomunikačního systému Pegas sahají až do roku 1993, kdy *parlament ČR rozhodl ve svém usnesení č.175/1993 o výstavbě tzv. páteře hromadné rádiové sítě pro Policii ČR [14, str. 65].* Již v roce 1994 bylo vyhlášeno výběrové řízení a v druhém kole byla vybrána jediná nabídka poskytující digitální řešení a to technologie TETRAPOL nabízená společností Matra Communications. Zpětným ohlédnutím do historie je též nutno konstatovat, že v době výběru radiokomunikačního systému již byla ve Francii funkční síť standardu Tetrapol, ale výstavba konkurenčních sítí technologie TETRA započala až od roku 1997. Označení hromadné rádiové sítě systému MC 9600 francouzské firmy MATRA Communication (resp. MATRA – LAGARDÉRE) s protokolem TETRAPOL v ČR je PEGAS [15]. Avšak v dalším období se jednání o radiokomunikačním systému ocitlo na mrtvém bodě, až do povodní v roce 1997 na Moravě, kdy byla vyslovena nutnost společné komunikace složek IZS. V následujících dvou letech, především díky rychlému rozvoji nových technologií, byly navrhovány různé alternativy k projektu Pegas. Až v roce 1999 bylo rozhodnuto bezpečnostní radou státu o dobudování sítě Pegas, pracující na standardu Tetrapol od společnosti Matra Nortel Communications. V první polovině roku 2000 byla pokryta Praha první funkční částí systému Pegas, regionální sítí RN00. K uvedení do provozu došlo ještě před zasedáním Mezinárodního měnového fondu a Skupiny Světové banky v Praze v září 2000. Následně se pokračovalo s výstavbou nejrozsáhlejší regionální sítě RN01 ve Středních Čechách, která byla plně dokončena roku 2002. Rádiová síť Pegas byla v roce 2003 z technického infrastrukturního hlediska dokončena s 95% pokrytí území (platí pro vozidlový terminál a mimo vojenské újezdy). V roce 2004 byly koncové terminály téměř plně distribuovány v Policii ČR, která již využívá tuto síť pro bezpečnostní účely v oblasti hlasových služeb a pilotně ověřuje datové

přenosy [16, str. 38]. Pro jednotlivé HZS krajů byly distribuovány terminály Pegas od roku 2002 a docházelo k jejich nasazování do provozu. Do rutinního provozu se ale toto zařízení nasadilo až po testovacím provozu o několik let později. Základem řešení celostátního systému Pegas jsou jednotlivé regionální sítě, které po propojení tvoří národní síť [17, str. 202 - 210]. Pro některé složky IZS byly terminály distribuovány už dříve, například pro HZS Středočeského kraje byly terminály dodány již v roce 2000 pro testování a zajištění zasedání Mezinárodního měnového fondu v Praze.

Radiokomunikační systém Pegas

Radiokomunikační systém Pegas je složen ze 14 regionálních sítí koncipovaných dle krajského uspořádání ČR. Rozmístění základnových stanic bylo dáno kompromisem mezi požadavky uživatelů, finanční náročností a též technickou úrovní systému v dané době. K největšímu zásahu do radiokomunikačního systému Pegas došlo v roce 2016 s přechodem z režimu otevřených kanálů do režimu hovorových skupin. Pro HZS Středočeského kraje tak došlo k navýšení z 3 možných komunikací v režimu otevřených kanálů na 10 možných komunikací v režimu hovorových skupin při rozšířeném pokrytí o další základnové stanice.

Radiokomunikační systém Pegas umožňuje komunikovat v několika režimech. Přednostně je využíván pro hlasovou komunikaci, dále umožňuje jednoduché datové přenosy jako například přenos statusových hlášení prostřednictvím krátkých textových zpráv, předávání automatické lokalizace vozidel za použití globálního polohového systému (dále jen „GPS“), nebo také lustrace používané Policií ČR.

Komunikace v přímém režimu (DIR)

Terminálům na základě přidělených oprávnění při zavádění do systému je umožněno komunikovat v předem definovaných kanálech přímého režimu DIR. Zpravidla je shodné nastavení dle příslušnosti k dané organizaci. To znamená, že všechny terminály HZS mají přístupné DIR kanály určené pro HZS a společné DIR kanály IZS pro vzájemnou komunikaci těchto složek. Režim DIR je ale omezen na prostor pokrytý signálem samotného terminálu a je realizován bez registrace

účastníka systémem [17, str. 202 - 208]. Jedná se tedy o komunikaci koncových zařízení ve vzájemném rádiovém dosahu bez použití dalšího zařízení pro rozšíření rádiového dosahu. Tento režim je využíván v omezené lokalitě, například hasiči v místě mimořádné události nebo jednotlivými útvary PČR. Komunikace v přímém režimu je šifrovaná.

Nezávislý převaděčový režim (IDR)

Obdobou přímého režimu, avšak se zvětšeným rádiovým dosahem je nezávislý převaděčový režim. V režimu IDR pro možnost komunikace platí z hlediska oprávnění terminálů obdobné podmínky jako v režimu DIR, avšak terminál musí být v rádiovém dosahu nezávislého převaděče IDR.

Komunikace s využitím infrastruktury základnových stanic a vykrývačů

Jedná se o veškeré datové přenosy a především v tomto režimu je radiokomunikační systém využíván. Hlasovou komunikaci terminálů je možné realizovat několika způsoby:

- **Individuální hovor** – komunikace pouze mezi dvěma terminály, také může být rozšířena až na pět terminálů v konferenci. Obdoba individuálního hovoru je prostup přes ústřednu do telefonní sítě. Stále však zůstává režim komunikace semiduplexní. Využití tohoto režimu lze nalézt spíše u Policie ČR pro individuální komunikaci pouze mezi vybranými terminály.
- **Broadcast** – též nazývané „Hlášení dispečera“, je možnost podat jednosměrně informaci prostřednictvím vybraných terminálů předem definované skupině terminálů aktuálně zaregistrovaných a přihlášených v systému.
- **Skupinové komunikace** – jsou nejčastěji využívaným režimem komunikace, v němž lze využít předností digitálního radiokomunikačního systému. Terminály mají přiděleny práva pro vstup do jednotlivých TKG na základě „provozního řešení systému Pegas“. Podmínkou je, aby se terminál nacházel v definovaném pokrytí základnových stanic a zjednodušeně řečeno měl oprávnění ke vstupu do komunikace TKG. Skupinové komunikace TKG je možné i operativně slučovat. Děje se tak prostřednictvím tzv. „Otevřených

kanálů“ [18, 19]. Právě režim otevřených kanálů se používal v systému Pegas do roku 2016, než celý systém přešel na režim TKG. Výhody režimu TKG proti režimu otevřených kanálů spočívají v dynamickém přidělování rádiových zdrojů na jednotlivých základnových stanicích a v úspornějším využívání linkových zdrojů systému Pegas. Pro HZS Středočeského kraje to v praxi přineslo navýšení možného počtu skupinových komunikací HZS a rozšíření pokrytí na hranicích Středočeského kraje o vybrané základnové stanice okolních regionálních sítí.

Ve všech výše uvedených režimech je možné sestavení tísňového hovoru stisknutím tísňového tlačítka terminálu. Přesné podmínky pro sestavení tísňové komunikace jsou nastaveny pro každou organizaci v systému Pegas samostatně dle jejich vlastních potřeb [12, str. 19 - 27].

2.2.7 Způsob komunikace jednotek PO

Radiovou komunikaci PO je nutné rozlišovat v úrovni taktické a operační. Taktická úroveň je spojení v radiové síti velitele zásahu. To znamená rádiové spojení jednotlivých hasičů včetně velitele navzájem v místě mimořádné události. Dále je nutné rádiové spojení jednotek požární ochrany s operačním střediskem, které je oddělené od spojení v místě zásahu. Oba typy komunikace jsou realizovány mimo jiné radiovým spojením, dalo by se říci stejnými prostředky, avšak z technického hlediska je samotná realizace radiového spojení odlišná. Je třeba mít na paměti, že radiostanice jsou jen další prvek výbavy hasičů, určené k usnadnění a zefektivnění práce, proto by jejich používání nemělo být složité a pro obsluhu by mělo být maximálně jednoduché.

Spojení na taktické úrovni

Při spojení v radiové síti velitele zásahu, v místě zásahu, je kladen požadavek na maximálně spolehlivé spojení. Protože mimořádná událost může nastat prakticky kdekoliv, je nutné zajistit, aby se jednotliví hasiči navzájem byli schopni dorozumět.

Není prakticky možné pokrýt celé hasební obvody infrastrukturou rádiové sítě, včetně podzemních prostorů. Také použité spojové prostředky, přenosné radiostanice, mají omezený rádiový dosah. Protože se hasiči často pohybují v prostředí se sníženou viditelností, zvýšeným hlukem a s všudypřítomným hrozícím nebezpečím, je nutné zajistit radiové spojení pro předávání rozkazů, zpráv a také okamžitou možnost varování před hrozbami, které mohou ohrozit životy zasahujících hasičů. Z výše uvedených důvodů se pro radiové spojení v místě zásahu používá přímého spojení mezi jednotlivými radiostanicemi v místě zásahu. V případech, kdy přímé spojení není dostačující, lze použít též mobilních prostředků pro rozšíření rádiového signálu jako například mobilní převaděč či nezávislý digitální opakovač, ale použití takového zařízení má svá úskalí. Spojení na taktické úrovni prostřednictvím infrastruktury rádiové sítě by mohlo docházet také k zarušení radioprovozu při souběžných zásazích u jiných mimořádných událostí a také z pohledu KOPIS je nežádoucí.

Spojení na operační úrovni

Na základě potřeby spojení KOPIS s jednotkami PO na celém území kraje a spojení jednotek PO navzájem se pro zajištění rádiového spojení z místa mimořádné události s KOPIS a dalšími jednotkami PO používá radiové spojení za použití infrastruktury rádiové sítě. U HZS Středočeského kraje se jedná o soustavu převaděčů a vykrývačů analogové rádiové sítě a digitální radiokomunikační systém Pegas.

2.2.8 Způsob komunikace HZS Středočeského kraje

Z důvodu specifických potřeb jednotek PO je třeba volit vhodné prostředky, které vyhoví požadavkům uživatelů. Jak již z výše uvedeného vyplývá, u HZS Středočeského kraje jsou použity dva druhy radiokomunikačních prostředků.

Analogové radiostanice v pásmu 160 MHz jsou používány z důvodu jejich dostupnosti a jednoduchosti pro přímé spojení v místě zásahu. Používány jsou také

pro primární spojení většiny jednotek PO sborů dobrovolných hasičů obcí s KOPIS a jako záložní spojení jednotek PO HZS Středočeského kraje s KOPIS. Nutno podotknout, že terminály Pegas byly využívány i na taktické úrovni, ale po vyhodnocení provozních zkušeností bylo spojení na taktické úrovni vráceno ke staršímu a jednoduššímu analogovému systému.

Radiokomunikační systém Pegas je využíván u všech jednotek HZS jako primární způsob komunikace s KOPIS, pozvolna dochází také k rozšiřování terminálů systému Pegas i k JSDH. Vhodnost radiokomunikačního systému Pegas pro tento způsob spojení je dána menšími nároky na znalosti obsluhy samotných terminálů. Prostřednictvím radiokomunikačního systému Pegas je též díky projektu spolufinancovaného ze strukturálních fondů Evropské Unie přenášena poloha většiny výjezdových vozidel HZS vybavených GPS přijímačem připojeným k terminálu Pegas [20, str. 14 - 15].

Z důvodu nejednotnosti způsobu spojení jednotek PO v celé ČR, ale i jednotek PO ve Středočeském kraji a na základě výše uvedeného došlo u HZS Středočeského kraje ke sjednocení způsobu komunikace jednotek PO vydáním Nařízení náměstka ředitele HZS Středočeského kraje pro IZS a OŘ číslo 3/2016, k používání spojových prostředků v místě zásahu. Nařízení vychází nejen z ekonomických důvodů a výše uvedených specifik komunikace jednotek PO, ale též ze závěrů testů prováděných Institutem ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč ve spolupráci s HZS kraje Vysočina prokazujících oříznutí počátku komunikace v režimu DIR. Nařízení stanovuje všem jednotkám PO ve Středočeském kraji používat pro spojení v místě mimořádné události analogové radiostanice v pásmu 160 MHz. Pro spojení jednotek PO s KOPIS a jednotek PO navzájem nařizuje prioritně používat radiokomunikační systém Pegas.

Současný stav radiových spojových prostředku jednotek PO

Organizace radiového spojení jednotek PO vychází z řádu analogové rádiové sítě, který stanovuje podmínky a pravidla radioprovozu v radiových sítích HZS, ale

tento předpis má značné nedostatky. Používání radiokomunikačního systému Pegas v něm není plnohodnotně začleněno a již několik let se očekává vydání nového předpisu. V analogové radiové síti je situace taktéž nejasná, protože avizovaný přechod v rámci evropské harmonizace kmitočtového spektra se prozatím stále odkládá. Další komplikace jsou dány ukončením výroby profesionální řady analogových radiostanic Motorola GP a GM. Náhrada za nový typ radiostanic nebyla doposud centrálně stanovena a v dosavadních dodávkách zásahové požární techniky za poslední dva roky již byly dodány dva různé druhy nových radiostanic od různých výrobců. Také se veřejně projednává možnost obměny infrastruktury analogových radiových sítí HZS krajů za technologii s digitální modulací, ale tato varianta je stále ve fázi rozhodování. Dále je nutno pamatovat na JSDH, jež jsou nedílnou součástí způsobu plošného pokrytí jednotkami PO a v široké veřejnosti často opomíjeným prvkem IZS. V roce 2016 působilo ve Středočeském kraji celkem 631 akceschopných jednotek PO sboru dobrovolných hasičů obcí. Rozdělením do kategorií jednotek požární ochrany (dále jen „JPO“) to bylo 15 jednotek kategorie JPO II, 217 jednotek kategorie JPO III a 399 jednotek kategorie JPO V [21, str. 33]. Většina JSDH je vybavena pouze analogovými radiostanicemi. Vybavenost spojovými prostředky takto vysokého počtu JSDH nelze provést finančními prostředky HZS Středočeského kraje, ale zároveň musí být zachována kompatibilita používaných spojových prostředků napříč celou ČR. Z předchozích několika vět vyplývá komplikovaná situace v oblasti spojové služby HZS krajů. Nejasná budoucnost vývoje radiových sítí tím ovlivňuje rozvoj analogových radiových sítí jednotlivých HZS krajů a způsobuje chaos při plánování nákupů spojových prostředků.

2.2.9 Popis způsobů modulace radiových signálů FM, DMR II a dPMR

Modulace je proces, při kterém je nějaká vlastnost nosné vlny ovlivňována signálem modulačním. Používá se modulace amplitudová (AM), fázová (PM) nebo kmitočtová (FM). Modulační signál tak ovlivňuje buď amplitudu, fázi nebo kmitočet

nosné vlny. Je-li modulační signál signálem číslicovým, hovoříme o modulaci (klíčování) digitální. U digitální modulace rozeznáváme také tři základní druhy klíčování:

- Amplitudové (ASK),
- fázové (PSK),
- kmitočtové (FSK).

Obecně může být klíčování (modulace) vícestavové (M-stavové, přičemž $M=2^m$ různých signálů vyjadřuje odpovídající m-tice bitů. V případě binárního klíčování je $M=2^1=2$). Teoreticky je zde velké množství požadavků (často protichůdných) pro vývojáře systému. Pro uživatele je rozhodující, že se modulace musí „vejít“ do přidělené kanálové šíře. V některých případech (digitální vysílání) je nezbytný i podstatně větší výpočetní výkon v radiostanici pro modulaci/demodulaci (tzn. problém přenosných radiostanic – výrazně kratší doba provozu na jedno nabití baterie).

FM úzkopásmová modulace (dále budeme nazývat FM modulace nebo též analogová modulace) je léty prověřený druh modulace, která se převážně používá pro radiové spojení mezi pozemními pohyblivými radiostanicemi, případně mezi pozemními pevnými a pohyblivými radiostanicemi. Principem FM modulace je kmitočtové „ovlivňování“ stálé amplitudy nosné vlny modulačním kmitočtem. Velikost „ovlivňování“ je nutné sladit s povolenou kanálovou roztečí danou Opatřením obecné povahy z Českého telekomunikačního úřadu (dále jen „ČTÚ“) a standardy Evropského ústavu pro telekomunikační normy (dále jen „ETSI“) [22].

Digitální modulace za použití standardu DMR II ETSI (dále budeme nazývat též zkráceně modulace DMR II) – uvedený způsob digitální modulace dokáže v jednom kanálovém přidělu 12,5 kHz uskutečnit dva kanály s částečně nezávislým přenosem. Nezávislost spočívá v tom, že lze jedním kanálem přenášet např. hlas a druhým kanálem nezávisle data. Částečná nezávislost je dána tím, že při

zaklíčování se vysílá v obou kanálech a při příjmu oba kanály data (hlas) přijímají. Jedná se o přenos TDMA. K dispozici jsou dva shodné, volně konfigurovatelné kanály bod-bod s šířkou pásma 12,5 kHz s využitím hlas/hlas, hlas/data, nebo data/data [23, kapitola 6, 24].

Digitální modulace za použití standardu dPMR ETSI (dále budeme nazývat též zkráceně modulace dPMR) - uvedený způsob digitální modulace dokáže v jedné polovině současného kanálového přidělu 12,5 kHz obsadit pouze polovinu tohoto kanálu (6,25 kHz). Tuto polovinu přidělu si systém interně přerozdělí na přenos hlasu a nezávislý přenos pomalých dat (identifikace, statusy, GPS). K dispozici je jeden kanál bod-bod s šířkou 6,25 kHz s přenosem hlasu a pomalých dat. Druhá polovina šířky v současnosti přiděleného kanálu není využívána. Je to úspora přiděleného kmitočtového spektra, které by bylo možné využít pro další nezávislé radiové přenosy HZS. To by byla ta zásadní „digitální dividenda“ při přechodu HZS na digitální provoz v pásmu 160 MHz s modulací dPMR, možnost výrazného navýšení počtu zcela nezávisle provozovaných radiových kanálů HZS ve stávajícím kmitočtovém přidělu od ČTÚ [25].

2.2.10 Antény a jejich aplikace u jednotek PO

I když se prodejci antén snaží své antény „papírově vylepšovat“ uváděním nepřesných a zavádějících údajů - např. vyjadřování zisku antény v jednotkách dBi (zisk je potom o 2,1 dB vyšší proti zisku stejné antény v jednotkách dB - to vnáší další nejasnosti do porovnávání výrobci publikovaných údajů antén). Je nutné mít na paměti, že z fyzikální podstaty jsou elektrické parametry každé antény dány jejími rozměry, konstrukčním provedením a instalací dle doporučení výrobce. Žádné „záračné antény“ neexistují.

Je logické, že by nebylo praktické instalovat na vozidlo všesměrovou čtyřdipólovou anténu, jejíž elektrické parametry (zisk, všesměrovost, úhel vertikálního vyzařování) by byly pro vozidlo optimální, ale instalace takové antény

by měla i některé méně vhodné vlastnosti mechanické (výška 5,3 m, trubka Ø 60 mm, hmotnost bez uchycení 5 kg). Takovou anténu je vhodné použít pro základnovou radiostanici, případně pro převaděč, pokud to místní podmínky dovolí.

Je žádoucí, aby anténa vyzářila (přijala) energii s minimálními ztrátami. Minimální ztráty se zajistí shodnou impedancí (přizpůsobením) antény a napáječe. Uvedený požadavek je v případě úzkého kmitočtového pásma konstrukčně snadno splnitelný. Vyjadřuje se parametrem „Poměr stojatých vln“. Je to poměrová (bezrozměrná) jednotka, udávající zhruba poměr energie jdoucí k anténě k energii, která se nevyzářená vrací zpět k vysílači. Hodnota se pohybuje v intervalu $1 \div \infty$. Prakticky dosahované hodnoty u HZS jsou $1,1 \div 2,3$. To ale není jediné postačující kritérium. Jsou požadavky na vyzáření energie v požadované polarizaci, v požadovaném vertikálním vyzařovacím úhlu (souvisí s délkou antény v poměru k vyzařovanému kmitočtu, s konstrukcí a orientací antény. Neméně důležitý je i požadavek na vysílání/příjem v určitém azimutu, případně bez omezení směrových účinků antény. Opomíjený parametr u HZS bývá účinný kmitočtový rozsah antény. Vstupní impedance reálné antény je veličina kmitočtově závislá. To, jak moc je závislá záleží na typu antény a na předmětech v okolí antény (do vzdálenosti cca 3λ). Pokud uvážíme kmitočtovou šířku pásma 160 MHz, není to hodnota zanedbatelná a je nutné ji zohlednit, zvláště při kompromisním nastavování prutových vozidlových antén. Z praktického hlediska přistupují požadavky na proveditelnou instalaci antény v požadovaném místě a směru, mechanickou odolnost antény a příslušenství, odolnost proti povětrnosti a vandalismu, odolnost antény a k ní připojovaných dílů zařízení proti atmosférickému přepětí.

2.3 Posouzení těchto poznatků s vlastním cílem práce

Cíl této práce jsem chtěl pojmout komplexněji, a to nejen porovnáním kvality přenosů FM a typů digitálních systémů. Je zde pro blízkou budoucnost radiového

spojení na operační úrovni v pásmu 160 MHz u HZS zcela zásadní rozhodnutí o tom, zda zůstat u stávající FM modulace, nebo přejít na modulaci digitální a na jaký její typ. Je řada dalších neřešených administrativně-technických problémů, které výrazným způsobem narušovaly a narušují radiové spojení v PO a IZS. Na tyto problémy jsem chtěl také upozornit a pokusit se navrhnout jejich řešení:

- Z pohledu plánování infrastruktury považuji za nutné upozornit na ohleduplnost k ostatním krajům, potažmo k usnadnění a zjednodušení kmitočtového plánování pro HZS ČR, při rozvahách o umístění převaděčů, volbách jejich anténních systémů a hlavně kvalitních nízkoútlumových napáječů. Platí zásada, že vysokofrekvenční energie ztracená na anténě a jejím svodu už nelze na straně přijímače nahradit. Tímto relativně velmi levným opatřením by se dalo vylepšit stávající i budoucí radiové spojení v pásmu 160 MHz u HZS ČR.
- Za velmi důležité považuji i uplatnění odborných znalostí a „zdravého selského rozumu“ při stanovování požadavků a kontroly jejich splnění na typ a způsob instalace antén, zvláště při vystrojování vozidel v některých dodavatelských firmách. Faktem je, že pokud je jediným výběrovým kritériem vítězné firmy nabídnutá nejnižší cena, tak podle toho většinou dopadne i „odborný“ způsob montáže.
- Je nutné zmínit i ZEK a Opatření obecné povahy ČTÚ. Jejich zvyšující se hodnoty povoleného škodlivého vyzařování zvyšují celkové šumové pozadí a omezují dosahy radiového spojení záchranných složek. Tyto složky mají celostátní působnost a velmi výrazně při své činnosti registrují omezování dosahů jejich radiového spojení. Pro záchranné a bezpečnostní složky by bylo žádoucí částečně kompenzovat zvýšené hodnoty šumového pozadí umožněním navýšení maximálního efektivního vyzařovaného výkonu z 10 na 60 W.
- Vhodné kmitočtové plánování v rámci HZS ČR je také nezanedbatelné. Přidělit dvěma převaděčům na jednom územním celku stejný kmitočet, rozlišený pouze subtónem CTCSS, neumožní současný provoz obou převaděčů.

- Vítaným bonusem pro záchranné a bezpečnostní složky státu by byla podmínka ČTÚ při vydávání licencí operátorům na kmitočty (nejen GSM) - umožnit instalace radiových systémů IZS a jejich napájení za symbolické nájemné na radiově vhodných objektech s jejich zařízením (případně na jejich objektech).

2.3.1 Posouzení stavu radiového spojení v PO

Současný stav radiového spojení v PO by se dal shrnout výrazem „koncepční nejednotnost“. Zatímco do radiokomunikačního systému Pegas se investují miliardy korun z rozpočtu MVČR (otázkou je, zda vždy účelně), živoří analogový radiový systém řadu let na nestanovení základní odborné koncepce z MV - GŘ HZS ČR a na nutnosti financovat systém z provozních prostředků jednotlivých HZS krajů. Pokud by se způsob financování otočil, zanikne systém Pegas během několika měsíců.

Analogový radiový systém se přizpůsobuje požadavkům uživatele, zatímco v systému Pegas se uživatel přizpůsobuje možnostem systému a náhlým změnám výrobního programu jediného dodavatele.

2.3.2 Antény a jejich vliv na radiové spojení v PO

Zásahová vozidla jednotek PO mají určitá specifika, která výrazně omezují použitý typ antény. Lze je jednoduše stanovit. Anténa nesmí omezovat vozidlo v průjezdu místy, pro které je určeno a nesmí omezovat použití zařízení, kterým je vozidlo vybaveno. Uvedené požadavky mohou vyvolat nutnost náhlých technických změn, které z důvodu bezpečnosti musí být provedeny i přesto, že částečně zhorší radiové spojení se zasahujícími vozidly. Příkladem je ustanovení o mezikrajské výpomoci, které již dříve zasáhlo do úprav všech vozidlových antén na technice HZS Středočeského kraje. Vzhledem k nedostatku požárních stanic na levém břehu Vltavy v Praze bylo rozhodnuto, že vozidla HZS okresu Kladno budou v případě mimořádných událostí (obtížně průjezdné mosty) zasahovat na levobřežní části Prahy. Problémem se stala výška zásahových vozidel v součtu s délkou používaných antén $5/8\lambda$ a možnou výškou elektrické troleje v Praze.

Z důvodu bezpečnosti se muselo u zásahových vozidel HZS okresu Kladno přejít na kratší a radiově méně vhodné antény $1/4\lambda$.

Případ instalace nevhodné antény nastal při dodávce zahraničního vozidla CAS Dennis na požární stanici Kladno. Vozidlo mělo sklolaminátovou karoserii a dodavatel si zjednodušil problém s anténní protiváhou instalací lodní antény (plastová trubka délky asi 2 metry, \varnothing 40 mm). Anténa dobře sloužila asi měsíc až do okamžiku, než ji větev stromu při zásahu v obci ulomila. Protože cena náhradní antény byla značně vysoká a nevyřešila by problém možného opětovného poškození, byla část střechy sklolaminátové karoserie doplněna o kovovou protiváhu a takto upravená karoserie umožňovala korektně nainstalovat standardní prutovou vozidlovou anténu.

Z výše uvedeného je zřejmé, že v zájmu bezpečnosti a skutečných provozních podmínek vozidel je nutné přistupovat ve volbě vozidlových antén ke kompromisům, které, jak je uvedeno výše, sníží radiové dosahy spojení. Neméně důležitý je i požadavek na jednotné vystrojení vozidel HZS z důvodů snadné záměny poškozených dílů, v tomto případě anténních prutů. Jejich poruchovost není při nasazení vozidel v obtížných terénních podmínkách (lesní požáry) zanedbatelná.

2.3.3 Posouzení způsobů modulace radiových signálů na základě technické specifikace

Analogové FM:

- kanálová rozteč 12,5 kHz;
- nízké náklady na pořízení radiostanic;
- v dobrých radiových podmínkách kvalitní přenos hlasu;
- levné zřízení infrastruktury převaděčů;
- nezávislost na jednom výrobcu;
- otevřenost systému (nejsou přenosové protokoly);

- neumožňuje přenášet data ani identifikaci stanice v hovorovém kanále současně s hlasovou komunikací;
- kvalita hlasu je velmi závislá na správném nastavení zdvihu a korektním nastavení 12/25kHz šířky kanálu;
- značné rozšíření radiostanic (i mimo HZS, JSDH) – možnost odposlechů;
- nemožnost šifrování hovoru.

DMR II:

- kanálová rozteč 12,5 kHz;
- TDMA;
- umožňuje na jednom přiděleném kanálu 12,5 kHz dva částečně nezávislé přenosy (např. hlas a data), ale se shodným klíčováním;
- jedná se o otevřený protokol;
- je možné používat šifrování hovoru;
- nezávislost na jednom výrobcí;
- po rozpadu synchronizace opětovné navázání komunikace po asi 0,8 sekundy;
- nadstavbové funkce (přenos statusů, případně GPS) nejsou mezi výrobci kompatibilní;
- převaděče nelze vyrobit amatérským způsobem (závislost na komerčních výrobcích);

dPMR:

- kanálová rozteč 6,25 kHz - v daném kmitočtovém přidělu lze osadit dvakrát více kanálů (na různých převaděčích);
- FDMA;
- jedná se o otevřený protokol;
- přenos pomalých dat na pozadí hovoru v kanálu 6,25 kHz (typicky statusy, GPS);
- je možné používat šifrování hovoru;

- nezávislost na jednom výrobcí;
- po rozpadu synchronizace opětovné navázání komunikace po asi 0,8 sekundy;
- nadstavbové funkce (přenos statusů, případně GPS) nejsou mezi výrobci kompatibilní;
- převaděče nelze vyrobit amatérským způsobem (závislost na komerčních výrobcích).

PEGAS:

- FDMA;
- používá šifrování hovoru;
- umožňuje několik nezávislých hovorů současně na jednom území;
- umožňuje vytvořit komunikační prostředí přes celý kraj, republiku;
- umožňuje individuální volání a malou konferenci;
- přenášení pomalých dat mimo hovor (řídící nebo datový kanál);
- uzavřený protokol;
- jediný výrobce na světě;
- infrastrukturu nelze vyrobit amatérským způsobem (závislost na jednom výrobcí);
- značné finanční náklady;

3 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem práce je zhodnocení stávajících radiových sítí používaných u HZS Středočeského kraje, komplexní zhodnocení možných přínosů přechodu z FM na digitální provoz v pásmu 160 MHz na taktické a operační úrovni. Dále navrhnout a zhodnotit možnosti dílčích úprav a vylepšení radiových sítí HZS, mimo jiné se zaměřením na anténní techniku. Na základě literární rešerše a odborných zkušeností z praxe je vypracováno několik hypotéz, na které lze odpovědět především provedenými testy se spojovými prostředky v reálném provozu. Pro skutečný přínos je třeba vycházet ze způsobu komunikace jednotek PO, která je dána nejen historií ale především specifickými potřebami na spojení jednotek PO při řešení mimořádných událostí a na cestě k nim.

Výsledkem této práce bude zjištění a SWOT analýza možností komunikace v podmínkách HZS Středočeského kraje prostřednictvím používaných spojových prostředků a vytipovaných možných použitelných spojových prostředků. Výsledky této práce by měly napomoci v rozhodování, jakým směrem se ubírat při koncepci radiových sítí a používání spojových prostředků u HZS ČR.

Odpověď na základní otázku „Co HZS požaduje od radiového spojení“ se dá poměrně jednoduše formulovat v následujících šesti bodech pro spojení na taktické i operační úrovni:

- a. funkčnost v běžných a především i v nestandardních podmínkách (počasí, plošné výpadky elektřiny, terorismus) - nezávislost (minimální závislost) na ostatních dodavatelích;
- b. pokrytí zájmového území požadovaným radiovým signálem;
- c. možnost jednoduché komunikace s KOPIS;
- d. jednoduchá operativní konfigurovatelnost celého radiového systému vlastními silami HZS;
- e. minimální poruchovost a snadná údržba;
- f. minimální pořizovací a provozní náklady.

Bod a. Funkčnost v běžných ale především nestandardních podmínkách je velmi jednoduše splnitelný u spojení na taktické úrovni (na volných plochách do cca 1 km²), ale na úrovni operačního spojení si zaslouží důkladnou analýzu jak celého systému, tak i jednotlivých prvků a jejich montáže. Je logické, že čím je navržený systém méně komplikovaný, tím je odolnější. Ať z hlediska poruch, tak i minimalizací nedodaných služeb od dodavatelů, kteří nemají funkční svoji technologii. Dost podstatná je i dodávka elektrické energie, jejíž nefunkčnost dokáže vyřadit z provozu každý radiový systém. Na základě dlouhodobých zkušeností bylo u HZS Středočeského kraje stanoveno, že do konce roku 2018 musí být všechny prvky radiového systému v pásmu 160 MHz schopny samostatného provozu bez dodávky elektrické energie z veřejné sítě po dobu 72 hodin. Kvalitní montáž zařízení s vyrovnaným zemním potenciálem kompletu převaděče (případně základnové radiostanice) významně omezuje poruchovost zařízení a je nejlepší ochranou proti účinkům atmosférického přepětí (ke škodě věci ale není vždy možné zachovat v nájemních objektech pravidlo o vyrovnaném zemním potenciálu). Samozřejmostí je i důkladné mechanické upevnění částí systému, vystavených povětrnosti (antény, koaxiální kabely). Každá nepřesnost se projeví a většinou se tak stane v nejméně vhodném okamžiku (porucha na vysokém stožáru v mrazu a větru).

Bod b. Pokrytí zájmového území radiovým signálem je poměrně komplikovaný a vyžaduje složitější rozbor. Požadovaného radiového pokrytí lze dosáhnout několika způsoby, nejlépe ale jejich kombinací.

Jde o následující možnosti:

- **Umístění převaděče** – to je rozhodující kritérium pro radiové pokrytí zájmového území. Najít nejvyšší kótu s přívodem elektrické energie a tam zřídit převaděč je velmi efektivní způsob dosažení žádoucího radiového pokrytí svého zájmového území, není však optimální. Je nutné respektovat oprávněné požadavky sousedních krajů na minimální ovlivňování jejich území nežádoucím radiovým signálem ze sousedního kraje. Výhodnější způsob efektivního využití omezeného kmitočtového přídělů pro potřeby HZS jsem

zvolil před pěti lety u HZS Středočeského kraje pro vykrytí jeho jižní části. Zcela logicky se pro umístění převaděče nabízela nejvyšší kóta tamní oblasti, Javorová skála, spolu s 50 metrů vysokým příhradovým stožárem a objektem Armády ČR na vrcholu. Výška kóty a stožáru nabízela excelentní pokrytí velké části Středočeského kraje radiovým signálem a spolu s nulovým ročním nájmem, ostrahou objektu a zálohovanou elektrickou energií dělala z uvedené kóty ideální místo pro instalaci radiového převaděče. Přesto nebyla uvedená kóta pro instalaci převaděče využita a byla dána přednost instalaci převaděče na kótě nižší, v lokalitě Monínec u horní stanice lyžařské lanovky. Důvod byl jediný, instalací převaděče na Javorové skále by převaděč HZS Středočeského kraje radiově zasahoval do celého Jihočeského kraje a prakticky by se výrazně omezila možnost použití jeho frekvence pro velkou oblast ČR. Proto byl převaděč umístěn tak, aby jeho anténa byla asi 5 metrů pod vrcholem kopce, který u antény účinně zastiňuje radiové vyzařování do Jihočeského kraje. Obdobně bylo řešeno i umístění radiového vykryvače v lokalitě Mužský (Chráněné krajinné oblasti Český ráj), kde se využitím stávajících terénních vyvýšenin dosáhlo přirozeného zastínění antén ve směru Libereckého kraje.

- **Použití antén na převaděčích, KOPISu a zásahových vozidlech** - antény a jejich vhodné použití je u HZS poněkud opomíjené téma. Dobře zvolená, umístěná a pravidelně kontrolovaná anténa je významným prvkem v radiovém spojení, dalo by se říci nejdůležitějším a nejtajemnějším. Proč? Vezmu-li jakoukoliv homologovanou radiostanic, nastavím-li odpovídající kmitočet, výkon, typ modulace a připojím ji ke stávající anténě, budou výsledky ± shodné. Vezmu-li ale jakoukoliv homologovanou anténu přizpůsobenou použitému kmitočtu a připojím ji ke stávající radiostanici, výsledky mohou být a budou zásadním způsobem odlišné. Je to proto, že teorie antén je dost složitá a výběr antény je často náhodný - teoretický rozbor antén je uveden v samostatné kapitole.

Bod c. Možností jednoduché komunikace s KOPIS se rozumí přímá radiová komunikace KOPIS-převaděč, případně KOPIS-převaděč-vykryvač bez jakýchkoliv

dalších zprostředkovaných služeb jiných poskytovatelů (datového připojení). Proto je důležité, aby všechny převaděče HZS Středočeského kraje byly v radiovém dosahu KOPIS. To se ve Středočeském kraji až na jednu výjimku podařilo.

Bod d. Jednoduchá operativní konfigurovatelnost celého systému vlastními silami HZS. V analogovém radiovém systému jsou všechny prvky infrastruktury a koncové radiostanice majetkem HZS, který si je dostupným programovým vybavením může téměř libovolně operativně konfigurovat dle vlastních potřeb. Téměř libovolně je nutné chápat v kontextu poskytnutého kmitočtového přidělu z MV - GŘ HZS ČR a v souladu s provozním řádem Analogové radiové sítě HZS ČR. To je nezanedbatelná provozní výhoda, kterou plně ocení správci radiové sítě.

Bod e. Minimální poruchovost a snadná údržba je vcelku jasný a pochopitelný požadavek. Je ale na zvážení, zda má význam po dlouhodobém bezporuchovém provozu analogových radiostanic a stále se snižujícím jejich cenám dávat do opravy radiostanici po 12 letech bezporuchového provozu, protože radiostanice již morálně zastarává.

Bod f. Minimální pořizovací a provozní náklady. Opět jasný požadavek, který lze díky konkurenčnímu prostředí mezi výrobcí a mezi prodejci radiostanic naplňovat.

3.1 Hypotézy

Hypotéza č. 1 – Stávající analogový FM radiový systém v pásmu 160 MHz, používaný jednotkami PO je vyhovující:

- a. pro taktické řízení na místě zásahu;
- b. pro operační řízení jednotek PO.

Hypotéza č. 2 – Uvažovaný digitální radiový systém DMR II v pásmu 160 MHz, uvažovaný k použití jednotkami PO je vyhovující:

- a. pro taktické řízení na místě zásahu;
- b. pro operační řízení jednotek PO.

Hypotéza č. 3 – Jiný digitální radiový systém v pásmu 160 MHz by měl pro radiové spojení jednotek PO významné výhody:

- a. pro taktické řízení na místě zásahu;
- b. pro operační řízení jednotek PO.

Hypotéza č. 4 – Stávající digitální radiokomunikační systém PEGAS v pásmu 400 MHz, používaný jednotkami PO je vyhovující:

- a. pro taktické řízení na místě zásahu;
- b. pro operační řízení jednotek PO.

4 METODIKA

4.1 Testy spojových prostředků na taktické úrovni

Tato část diplomové práce obsahuje několik skupin testů, na kterých jsem se v průběhu svého působení u HZS Středočeského kraje aktivně podílel, případně je navrhoval a organizoval. Testy proběhly v roce 2006 a jejich cílem bylo porovnání šíření radiového signálu na taktické úrovni v praktických podmínkách zásahové činnosti jednotek PO. Testy byly prováděny s FM radiostanicemi v pásmu 160 MHz (analog), s terminály Pegas (režim DIR) v pásmu 400 MHz (digitál) a informativně s krátkodobě zapůjčenými FM radiostanicemi v pásmu 400 MHz (analog) v následujících lokalitách:

- kabelové kanály rozvodny vysokého napětí (dále jen „VN“) Poldi - Dříň;
- věžový dům Vítězná 2955, Kladno - Rozdělov;
- úsek železniční tratě Kladno - Lužná;
- suterénní prostory „Nové scény“ Národního divadla v Praze;
- stanice metra Národní třída – Praha.

4.1.1 Kabelové kanály rozvodny VN POLDI – Dříň

Účel testů a popis testovaného objektu

Účelem testů v kabelových kanálech elektrorozvodny POLDI - Dříň za aktivní spolupráce spojových techniků HZS hl. m. Prahy bylo porovnání jednotlivých radiových systémů v podmínkách stísněných železobetonových prostorů a silného průmyslového rušení. Rozvodna 110 kV POLDI - Dříň se nachází v areálu bývalé huti POLDI - Dříň. Je napájena nadzemním vedením 4 x 110 kV. Elektrické rozvody na úrovni 35 kV, 6 kV, a 3x400 V jsou kompletně vedeny kabely v kabelových kanálech. Testy byly prováděny v suterénu rozvodny, kde začínaly všechny kabelové kanály.

Severní kabelový kanál k bývalé hale elektropecí měl rozměry 1,8 x 2,2 m (š x v). Kabelový kanál byl v hloubce asi 2 metry pod úrovní terénu. Obsahoval velmi malé množství nízkonapěťových a sdělovacích kabelů (do 10 ks) – důvodem bylo zrušení haly obloukových pecí a odstranění příslušných kabelů včetně protipožárního vstrojení.

Jižní kabelový kanál ke středoječné válcovně měl rozměry 1,75 x 1,95 m (š x v). Kabelový kanál byl v hloubce asi 2 metry pod úrovní terénu. Byl zaplněn kabely odhadem na 90 % a plně vstrojen (např. protipožární přepážky a dveře). V době testů byla středoječná válcovna ještě v provozu.

Průběh testů v kabelových kanálech

Jedna skupina testujících (A) byla trvale na pevném měřicím stanovišti v suterénu rozvodny, druhá (B), mobilní skupina, se pohybovala ve vyznačených kabelových kanálech. Testy byly prováděny dvěma radiostanicemi Motorola GP380 v pásmu 400 MHz, dvěma radiostanicemi GP340 v pásmu 160 MHz, dvěma radiostanicemi GP380 v pásmu 160 MHz a čtyřmi přenosnými terminály Pegas G2 SMART. Radiostanice a terminály byly rovnoměrně rozděleny mezi dvě testovací skupiny. Radiostanice a terminály pracovaly v DIR kanálech („U“ a „Y“ v pásmu 160 MHz; na kmitočtech Všeobecného oprávnění č. VO-R/16/08.2005-28 448,490 MHz; a DIR14 a DIR16 v systému Pegas). Vysokofrekvenční výkony radiostanic a terminálů byly nastaveny na maximum vysokofrekvenčního výkonu koncových stupňů (5 W u radiostanic v pásmu 160 MHz, 4 W u radiostanic v pásmu 400 MHz a 2 W u terminálů Pegas).

Během testů střídavě vysílaly obě skupiny postupně všemi druhy provozů (dva nezávislé kanály v pásmu 160 MHz analog, jeden nezávislý kanál v pásmu 400 MHz analog, dva nezávislé kanály radiokomunikačního systému Pegas - pásmo 400 MHz digitál) a sluchem se zjišťovala kvalita přenášené modulace. V místech s počátky výpadků či zániku modulace některého z přenosových systémů byly udělány upřesňující testy pro objektivní stanovení přesného místa problému.

4.1.2 Věžový dům Vítězná 2955, Kladno

Účel testů a popis testovaného objektu

Účelem testů, které se uskutečnily v červenci 2006 v prostorách věžového domu v Kladně za spolupráce spojových techniků HZS hl. m. Prahy, bylo porovnání jednotlivých radiových systémů v podmínkách obytné budovy staré zástavby se značným vertikálním členěním a ověření možností komunikace v blízkém okolí budovy. Věžový dům (Vítězná 2955, Kladno 4) je jedním ze šesti čtrnáctipodlažních věžových domů, postavených v letech 1954 - 1958. Konstrukce je z litého železobetonu, vyzdělána pálenými cihlami. Ve věžovém domě se nachází 76 bytových jednotek. Výška domu je 51 metrů. V podzemí jsou další dvě podlaží. V 1. podzemním podlaží (dále jen „PP“) jsou sklepy, prádelna, výměník tepla, v 2. PP je kryt civilní ochrany (dále jen „CO“). Domy mají statut kulturní památky.

Průběh testů ve věžovém domě

Jedna skupina testujících (A) byla trvale na pevném měřicím stanovišti v přízemí věžového domu. Druhá (B), mobilní skupina, se pohybovala ve všech veřejných prostorech objektu, v přilehlém okolí objektu do vzdálenosti 50 metrů a dále v neveřejně přístupných prostorech – výměník tepla, kryt bývalé CO, strojovna výtahu a střecha. Testy byly prováděny shodnými spojovými prostředky jako v případě testů v kabelových kanálech.

4.1.3 Úsek železniční tratě Kladno – Lužná

Účel testu a popis testovaného objektu

Účelem tohoto testu bylo ověření možností radiového spojení různých radiových systémů při simulaci skutečné mimořádné události, kdy technická závada na železničním nákladním vagonu způsobila požár suché trávy a následně i rozsáhlý požár lesa mezi železniční zastávkou Kladno - Rozdělov a železniční stanicí Kamenné Žehrovice na trati Kladno – Lužná u Rakovníka. Situaci u skutečné události komplikovala délka pásma požáru (800 metrů + dvě oddělená ohniska po

100 metrech), komplikace s dopravou vody a problémy s radiovým spojením na místě zásahu.

Průběh testů u železniční tratě

Jedna skupina testujících (A) byla trvale na pevném měřicím stanovišti na okraji lesa u propustku pod železniční tratí. Druhá (B), mobilní skupina, se pohybovala směrem k železniční stanici Kamenné Žehrovice v koridoru o šíři 150 metrů od železniční tratě. Testy byly prováděny shodnými spojovými prostředky jako v případě testů v kabelových kanálech, ale již bez analogových radiostanic v pásmu 400 MHz. Počasí v době testu – jasno, bezvětrí, teplota 20 až 24 stupňů. Pro ověření vlivu počasí na průběh testu byly testy v plném rozsahu opakovány za deště a v průběhu října 2006 za mlhy.

4.1.4 Budova „Nové scény“ Národního divadla v Praze

Účel testů a popis testovaného objektu

Účelem testů, které se uskutečnily v květnu 2006 v prostorách „Nové scény“ Národního divadla v Praze, bylo porovnání jednotlivých radiových systémů a porovnání terminálů systému Pegas první generace, které se v uvedených prostorách testovaly v roce 2000. Průběh testů řídili spojovní technici HZS hl. m. Prahy, kteří v uvedených prostorách dříve připravovali námětová cvičení složek IZS. Testů jsem se zúčastnil jako tester mobilní skupiny. K testům byly vybrány technologické prostory v 5., 4., 3., 2., a 1. PP. Jednalo se o prostory o ploše asi 4 000 m², výška 5 metrů s poměrně značnou členitostí a obtížnou prostorovou orientací. Dále prostory pro veřejné parkování v 5. až 1. PP.

Průběh testů v Národním divadle v Praze

Jedna skupina testujících (A) byla postupně na pevných měřicích stanovištích prostorů divadla. Druhá (B), mobilní skupina, se pohybovala v podzemních prostorech divadla. Testy byly rozděleny na dvě odlišné části. První část testů probíhala v podzemních značně členěných technologických prostorech budovy „Nové scény“, druhá část testů se uskutečnila v podzemních parkovacích

prostorech. Testy byly prováděny shodnými spojovými prostředky jako v případě testů v kabelových kanálech.

4.1.5 Stanice metra "B" – Karlovo náměstí

Účel testů a popis testovaného objektu

Účelem testů, které se uskutečnily v květnu 2006 v prostorách stanice metra "B" Karlovo náměstí (výstup na Palackého náměstí) bylo zjišťování možnosti komunikací na taktické úrovni porovnáním jednotlivých radiových systémů. Průběh testů řídili spojovní technici HZS hl. m. Prahy, kteří v uvedených prostorách připravovali námětové cvičení složek IZS v roce 2005. Testů jsem se zúčastnil jako tester mobilní skupiny. Bylo testováno pouze ve veřejnosti přístupných místech (horní a dolní vestibul stanice, nástupiště, pojízdná schodiště).

Průběh testů ve stanici metra Karlovo náměstí

Jedna skupina testujících (A) byla postupně na pevných měřicích stanovištích prostorů stanice metra Karlovo náměstí. Druhá skupina (B), mobilní skupina, se pohybovala v prostorech vestibulů, schodišť a nástupiště za normálního provozu metra. Testy byly prováděny shodnými spojovými prostředky jako v případě testů v kabelových kanálech.

4.2 Testy spojových prostředků na operační úrovni

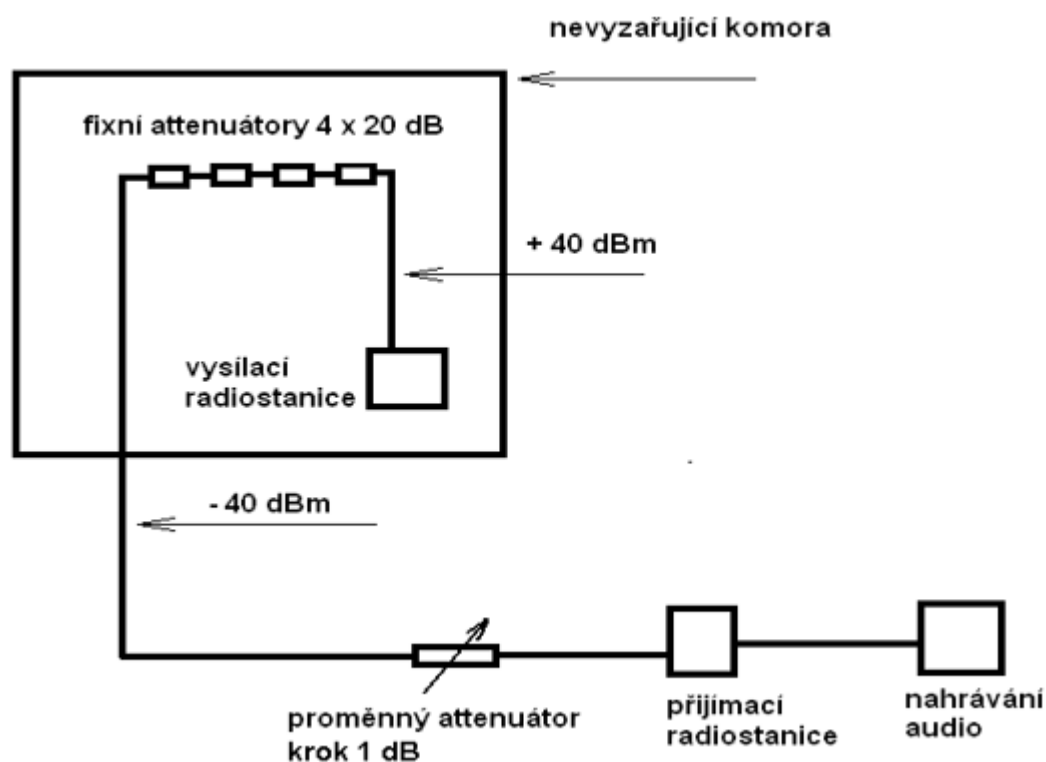
4.2.1 Porovnání přenosových vlastností modulace FM a digitální modulace v pásmu 160 MHz v laboratorních podmínkách

Účelem praktického testu bylo porovnat v laboratorních podmínkách analogovou FM úzkopásmovou modulaci s digitální modulací DMR II.

Průběh testu byl po předběžném ověření parametrů použitých radiostanic organizován tak, že vysílací radiostanice byla umístěna do měřicí stíněné komory včetně útlumových článků 4 x 20 dB a přes vysokofrekvenční průchodku byl veden koaxiální kabel mimo stíněnou komoru do proměnného útlumového článku a dále do přijímací radiostanice. Pro měření byly použity radiostanice Motorola typ

DM4600, měření bylo provedeno na kmitočtu 145,3500 MHz. Vysílací radiostanice byla včetně napájecího zdroje umístěna do stíněné nevyzařující komory. Vysokofrekvenční výkon byl nastaven na 1 W. Útlumové články byly připojeny přímo na výstup radiostanice. Důvodem bylo omezit vyzařování vysokofrekvenční energie a tím zabránit ovlivnění měření.

První měření bylo provedeno s mikrofonním kabelem provlečeným průchodkou vně stíněné komory, aby bylo možno radiostanici zaklíčovat. V této konfiguraci se ukázalo, že měření není příliš reprodukovatelné, protože je ovlivňováno polohou mikrofonu. Příčinou bylo vyzařování mikrofonního přívodu. Proto bylo měření nakonec provedeno s obsluhou vysílací radiostanice uvnitř stíněné komory po celou dobu měření.



Obr. 6 Zapojení komponent při statickém měření

V prvním kroku byly radiostanice přepnuty do režimu DMR II a na proměnném útlumovém článku byl nastaven takový útlum, aby byla na vstupu přijímací radiostanice právě taková úroveň vysokofrekvenčního signálu, při které bude DMR II přenos přerušen. Tím byla stanovena hranice útlumu pro ještě možný

přenos digitální modulace. Následně byly provedeny testy se stejnými radiostanicemi přepnutými do režimu FM modulace a provedeny zvukové záznamy pro posouzení při nastavení útlumu zjištěného v předešlém testu.

Použité prostředky při statickém měření

- stíněná komora;
- pevné útlumové články Narda model 768-20 v. č. 8509, 8411, 8206, 8539;
- proměnný útlumový článek Texscan model MA-202, MA212;
- propojovací kabely 50 Ohm;
- Radiostanice Motorola DM4600 v. č. 511TSMB878 a Motorola DM4600 v. č. 511TSV0929.

4.2.2 Porovnání přenosových vlastností modulace FM a digitální modulace v pásmu 160 MHz v provozních podmínkách HZS

Níže uvedenou sérii testů a závěry z nich považuji za stěžejní část diplomové práce. Důvodem je snaha o prvotní praktické ověření a rozbor možností nových přenosových technologií, využitelných v podmínkách HZS ČR a upozornění na možné problémy, které mohou vzniknout neuváženým zavedením nových technologií v radiovém spojení v pásmu 160 MHz bez důkladných předchozích testů a jejich porovnáním se stávajícím analogovým radiovým přenosem.

Způsob provádění testů

Původní představa o provádění testů s různými druhy modulací a jejich vyhodnocení prostým sluchovým porovnáváním srozumitelnosti byla po prvním dnu testování v říjnu 2016 rychle opuštěna. Oba druhy modulace mají natolik rozdílný reprodukováný vjem, že prosté porovnání sluchem nebylo relevantní. Byl navržen a realizován způsob porovnání dvou nízkofrekvenčních záznamů radiostanic při jízdě ve vozidle a na základně s jejich následným PC vyhodnocením. Vyhodnocení bylo podmíněčně funkční, ale určitě neobjektivní (více nastavitelných proměnných). Po dvou měsících neúspěšného experimentování bylo přikročeno

k jednoduchému způsobu nahrávky ve vozidle a následně ke grafickému porovnání a vyhodnocení výsledků.

Po zjištění reálných možností vyhodnocování výsledků testů znovu započaly testovací jízdy. Na vybraných úsecích silnic (1x zástavba, 3x terén s nízkou zástavbou až bez zástavby) byly prováděny jednosměrné radiové testy mezi základnovou radiostanicí (trvalý vysílač) a vozidlem, pohybujícím se po vyznačených trasách (trvalý přijímač). Průběh radiového signálu během jednotlivých testovacích jízd byl ve vozidle přijímán, v notebooku archivován zvukovým záznamem a současně vizualizován programem GoldWave v6.27.

Průběh testů: Před každou testovací jízdou byl domluven způsob modulace, zařazený anténní útlum a okamžik zahájení jízdy (dle momentálního silničního provozu). Poté na zvolené zkušební trase projelo stanovenou konstantní rychlostí vozidlo se spuštěným záznamovým zařízením, které zapisovalo přijímaný nízkofrekvenční signál z demodulátoru radiostanice. Jízdy se stále opakovaly při postupných změnách způsobu modulace, velikosti vysokofrekvenčního útlumu a změnách konstantní rychlosti v projížděném úseku. Pro zvýšení přesnosti testů se každá jízda opakovala při shodných nastavených parametrech v jednom a následně ve druhém směru, případně při kratších testovacích úsecích byla trasa tam i zpět projeta při jedné testovací jízdě. Jízdy byly uspořádány tak, aby co nejdříve po sobě následovaly jízdy s rozdílnými způsoby modulace. Dále následovaly jízdy s postupně měněným vysokofrekvenčním útlumem a až následně byly jízdy opakovány při změněné konstantní rychlosti. Poté byly změněny radiostanice na základně i ve vozidle a porovnávalo se stejným způsobem vysílání v jiném digitálním formátu s FM modulací z těchto druhů radiostanic.

Na závěr bylo porovnáno FM vysílání (12,5 kHz) z radiostanic obou digitálních formátů s radiostanicí pouze FM.

Radiové testy v režimu DIR standardu DMR II byly prováděny v radioamatérském pásmu 144 MHz (konkrétně na kmitočtu 145,32500 MHz). Důvodem k využití radioamatérského pásma k testům zařízení pro HZS bylo

stanovení druhů modulace v Povolení k radioprovozu pro MV - GRH HZS ČR na kmitočty HZS, kterému testované druhy modulací odporovaly. Protože z definice radioamatérských pásem jsou určena k sebevzdělání a výhradně nekomerčním účelům, byly prováděné testy HZS zcela v souladu se ZEK. Vzhledem k frekvenčnímu odstupu kmitočtů radioamatérů a HZS (v současné době 24 MHz – odstup bude v následujících letech pravděpodobně nižší), jsou zjištěné výsledky aplikovatelné na kmitočty používané u HZS. Testy byly opět prováděny na limitní hranici srozumitelnosti modulace (dosaženou výběrem testovacích tras a za použití útlumových článků), aby mohlo být provedeno porovnání jednotlivých druhů modulace.

Radiové testy v převaděčovém režimu. Velká většina provozu na operační úrovni probíhá přes převaděče. V roce 2013 měl HZS Středočeského kraje z ČTÚ vystaveno „Individuální oprávnění k využívání rádiových kmitočtů pozemní pohyblivé služby a pevné služby“ č. 199102/TI s možností použití FM a DMR II způsobu modulace pro testování přes převaděč i v DIR DMR II. Byly prováděny porovnávací testy a výsledky testů FM a DMR II provozu přes převaděč a v DIR DMR II byly obdobné, ale podrobná dokumentace z průběhu testů nebyla pořizována. Z úsporných důvodů bylo Oprávnění začátkem roku 2016 zrušeno. Radiové testy porovnáním FM provozu s digitálními provozy s využitím radioamatérských digitálních převaděčů nemohly být uskutečněny z důvodu zákazu FM provozu na těchto převaděčích (softwarová úprava převaděče pro zablokování FM provozu) a provozu těchto převaděčů na kmitočtech pásma 440 MHz.

Použitá zařízení

- **Základna** (bod A), Kladno, Havlasova 1036: Pro testy v DIR anténa $\lambda/4$ na střeše rodinného domu ve výšce 405 m n. m., svod RG58 (15 metrů); výkon 8,5 W; vozidlové radiostanice umožňující provoz FM/DMR II; FM/dPRW; FM (pro ověření). Použitý testovací kmitočet 145,250 MHz.

Používané radiostanice: Motorola DM4600, v.č. 511TSMB878;

Hytera MD785G, v.č. 16N11A0064;

ICOM IC-F5122D, v.č. 01001369-0;

Motorola GM360, v.č. 103TBU7564.

- **Vozidlo** (bod B): anténa $\lambda/4$ na střeše vozidla, svod RG58 (5 metrů), vysokofrekvenční útlumový článek 6 dB v.č. 1431, vysokofrekvenční útlumový článek 0 – 9 dB, model 3007-100 v.č. 18554; vozidlové radiostanice umožňující provoz FM/DMR II; FM/dPMR; FM (pro ověření); Notebook se softwarem GoldWave v6.27 a propojovacími kabely k jednotlivým radiostanicím.

Používané radiostanice: Motorola DM4600, v.č. 511TSV0929;

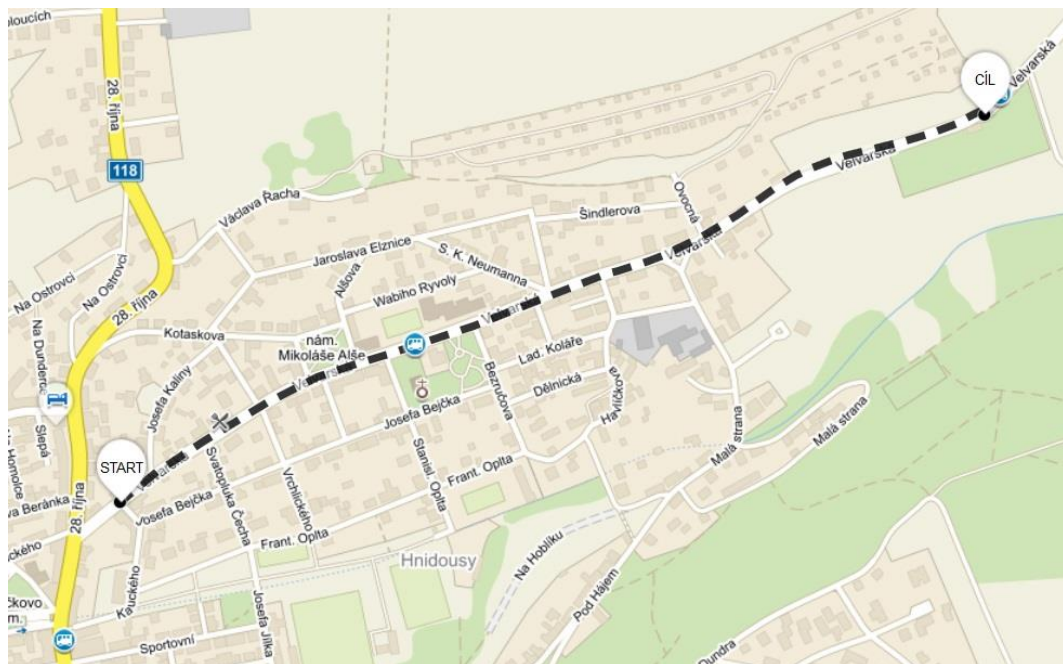
Hytera MD785, v.č. 15O10A0876;

ICOM IC-F5122D, v.č. 01001370-4;

Motorola GM360, v.č. 103TDW4178.

4.2.2.1 Testování na trase Kladno – Švermov, ul. Velvarská

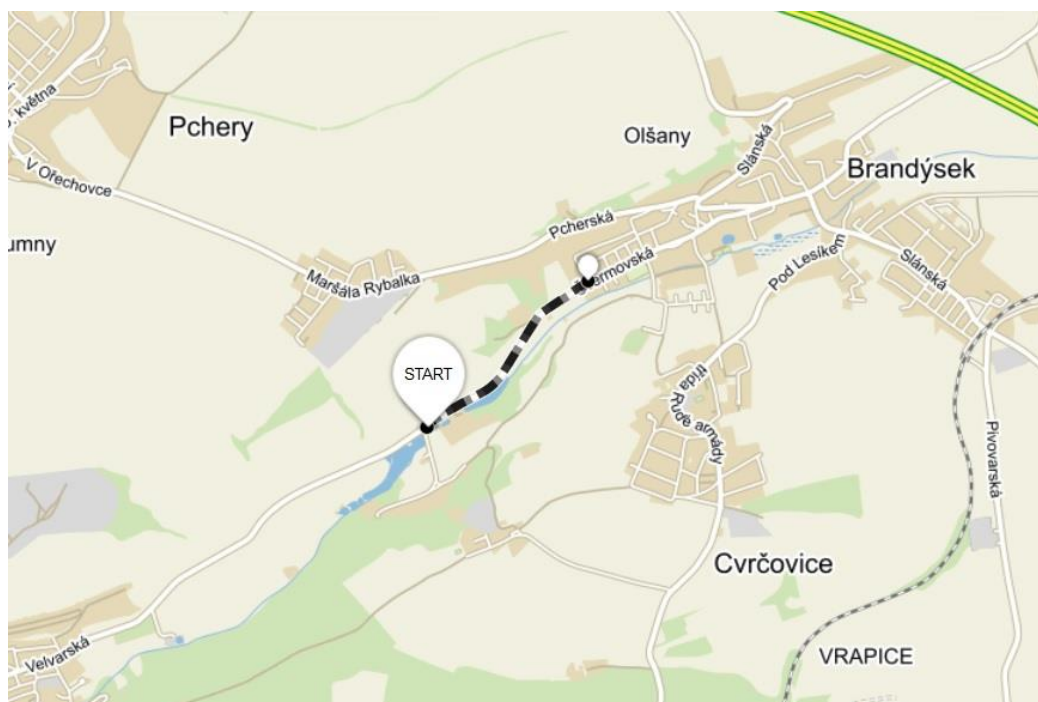
Radiové testy v přímém režimu; testované druhy provozu: FM, DIR DMR II, DIR dPMR; testy v obci při rychlostech 40 km/hod a 45 km/hod. Testování na trase bylo prováděno oběma směry.



Obr. 7 Trasa Kladno – Švermov, ul. Velvarská

4.2.2.2 Testování na trase Čabárna – Brandýsek

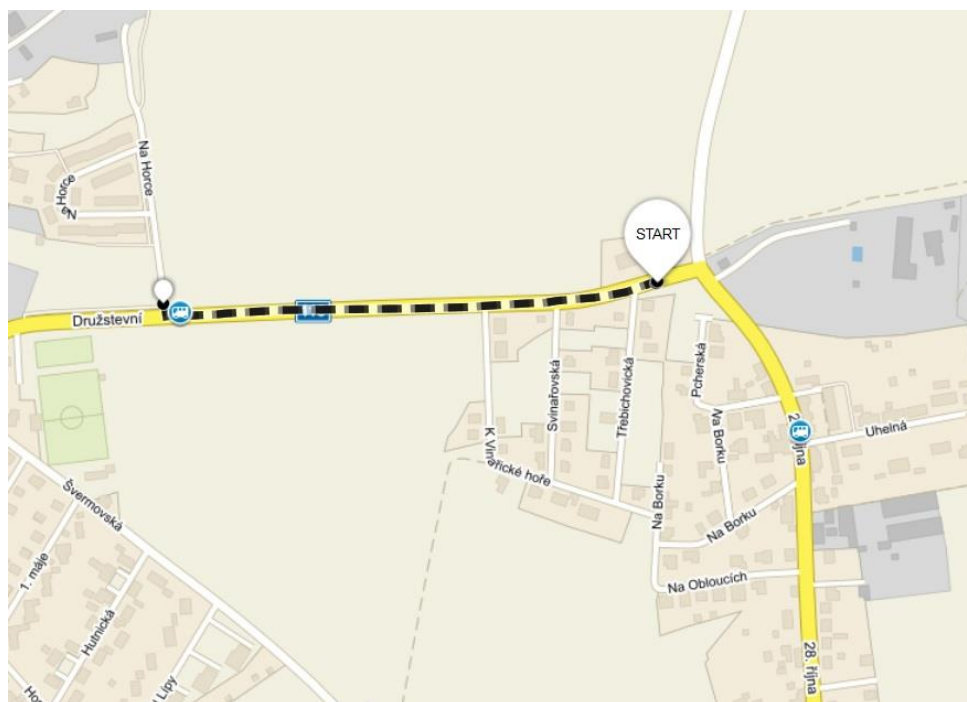
Radiové testy v přímém režimu; testované druhy provozu: FM, DIR DMR II, DIR dPMR; testy mimo obec při rychlostech 50 km/hod a 70 km/hod (testy v nižších rychlostech bylo po celé trase obtížné provádět vzhledem k celodennímu silnému silničnímu provozu). Testování v rychlostech nad 30 km/h vždy začínalo a končilo ve stejném bodě (Čabárna), testování v rychlosti 30 km/h začínalo vždy v bodě Čabárna a končilo v místě otáčení v obci Brandýsek.



Obr. 8 Trasa Čabárna – Brandýsek a zpět

4.2.2.3 Testování na trase Vinařice

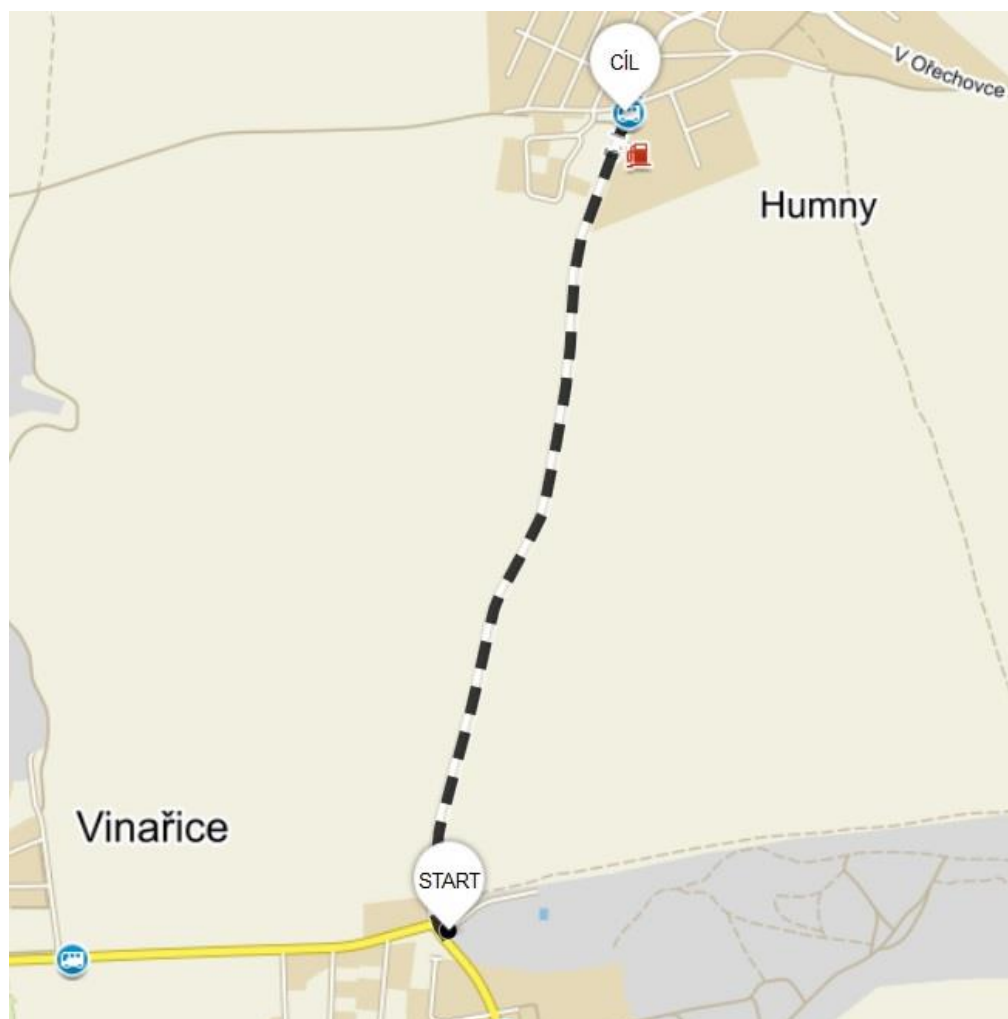
Radiové testy v přímém režimu; testované druhy provozu: FM, DIR DMR II, DIR dPMR; testy mimo obec při rychlostech 30 km/hod a 50 km/hod. Testování vždy začínalo a končilo ve stejném bodě.



Obr. 9 Trasa Vinařice

4.2.2.4 Testování na trase Pchery

Radiové testy v přímém režimu; testované druhy provozu: FM, DIR DMR II, DIR dPMR; testy mimo obec při rychlostech 50 km/hod a 70 km/hod (testy v nižších rychlostech nebylo prováděno vzhledem k celodennímu silničnímu provozu). Testování na trase bylo prováděno oběma směry.



Obr. 10 Trasa Pchery

4.3 Použité statistické metody - SWOT analýza

SWOT analýza je univerzální analytická technika, která umožní zhodnocení vnitřních a vnějších faktorů ovlivňujících jednotlivé radiové systémy. Následně bude proveden rozbor vnitřních a vnějších faktorů. Vnitřní faktory lze rozdělit na silné a slabé stránky, vnější faktory na příležitosti a hrozby. To vyplývá již ze samotného názvu analýzy SWOT:

- **Strengths** - silné stránky;
- **Weaknesses** - slabé stránky;
- **Opportunities** – příležitosti;
- **Threats** – hrozby.

Rozdělení musí být provedeno objektivně, ideálně několika odborníky a ti by se měli v rozdělení faktorů shodovat. Pro lepší názornost je vhodné rozdělení zapisovat do maticové tabulky. Nejde o výčet všech faktorů, zapisují se pouze důležité faktory.

Tab. 2 Vzor maticové tabulky SWOT analýzy

SWOT analýza		
vnitřní faktory	silné stránky	Slabé stránky
vnější faktory	příležitosti	hrozby

Na základě provedené SWOT analýzy lze porovnat jednotlivé radiové systémy vzhledem k požadavkům na ně kladeným a vybrat tak nejvhodnější radiový systém pro použití jednotkami PO. Taktéž na základě provedené analýzy je možné určit směr vývoje vybrané radiové sítě [26, 27].

5 VÝSLEDKY

5.1 Vyhodnocení testů spojových prostředků na taktické úrovni

5.1.1 Kabelové kanály rozvodny VN POLDI – Dříň

Severní kabelový kanál (světle modrá barva – první trasa - viz Obr. 11).

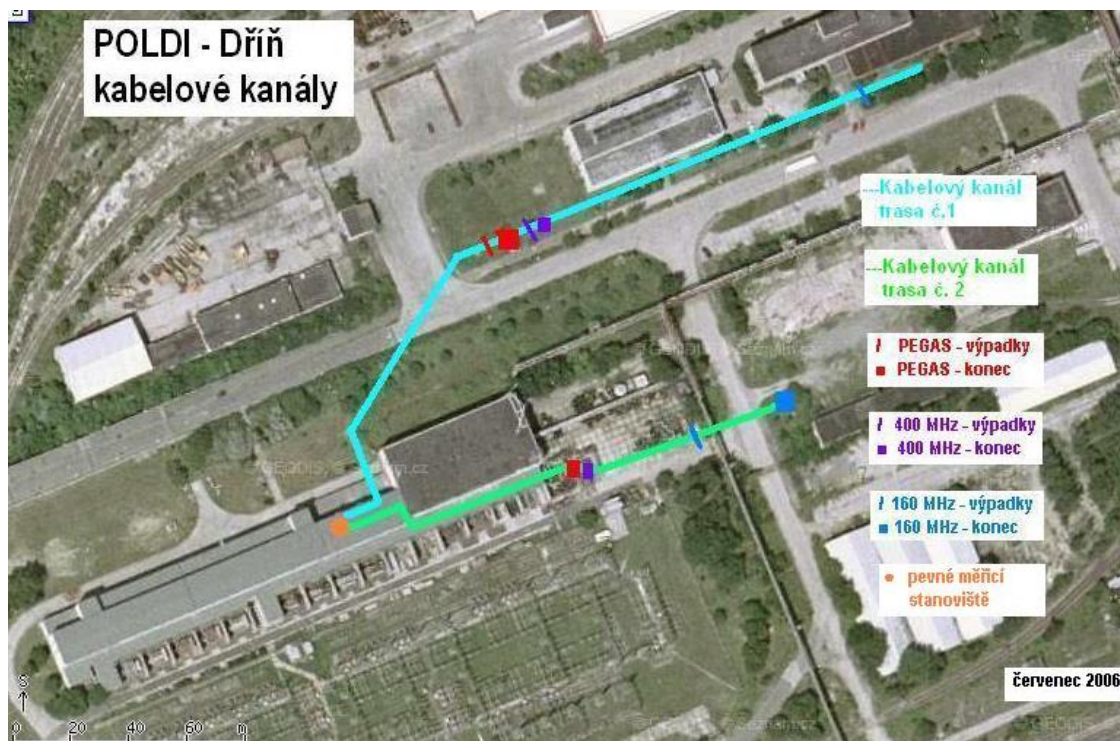
Vzhledem k větším rozměrům kanálu, chybějící protipožární výstroji (přepážky, dveře) a nízké úrovni rušení (absence vysokonapěťových kabelů), byly zjištěné dosahy spojení poměrně vysoké. Dle očekávání byl zjištěn nejnižší dosah u systému Pegas, o cca 15 metrů delší dosah byl u analogu 400 MHz a velmi dobrý dosah (výpadky/šum) byl zjištěn u systému analog 160 MHz – test až do zániku signálu byl vzhledem k ohrožení testerů předčasně ukončen u nejbližšího výlezu (hlodavci, velké množství odpadků). Test v tomto kabelovém kanálu by bylo možné s vhodnou výstrojí bez větších problémů opakovat.

Východní kabelový kanál (světle zelená barva – druhá trasa - viz Obr. 11).

Výsledky testů odpovídaly předpokladům, oba radiové systémy v pásmu 400 MHz přestaly přijímat u otevřených požárních dveří, Pegas na úrovni dveří, analog asi 5 metrů za otevřenými dveřmi. V tomto kabelovém kanálu byly oba 400 MHz radiové systémy zatíženy značným mnohocestným šířením signálů (odrazy), proto byly výpadky (šumy) zaznamenávány po celé délce zkušební trasy, u terminálů Pegas byly výpadky s výrazně delším trváním. U analogu v pásmu 160 MHz se od vyznačeného místa začaly projevovat šumy, které na rozdíl od testů v předchozím kabelovém kanálu občas končily krátkým výpadkem radiového spojení. Opakování radiových testů v tomto kabelovém kanálu bych nedoporučoval pro nemožnost porovnávání (středojemná válcovna je již dlouhodobě mimo provoz).

V kabelových kanálech se ve všech testech nejlépe osvědčil analogový radiový systém v pásmu 160 MHz. Výpadky signálu způsobené mnohacestným šířením

radiového signálu byly zanedbatelné a možný trvalý výpadek spojení byl dlouhodobě předem signalizován postupně se zvyšujícím šumem.



Obr. 11 Testy v kabelových kanálech rozvodny VN POLDI – Dřív

5.1.2 Věžový dům Vítězná 2955, Kladno

Z přízemí věžového domu lze všemi testovanými radiovémi prostředky radiově obsáhnout všechny veřejně i neveřejně přístupné prostory domu včetně okolí do 50 m od domu. Jediné výjimky jsou (nyní bývalá) strojovna výtahů a pochozí střecha objektu. V těchto místech byl funkční pouze analogový systém v pásmu 160 MHz.

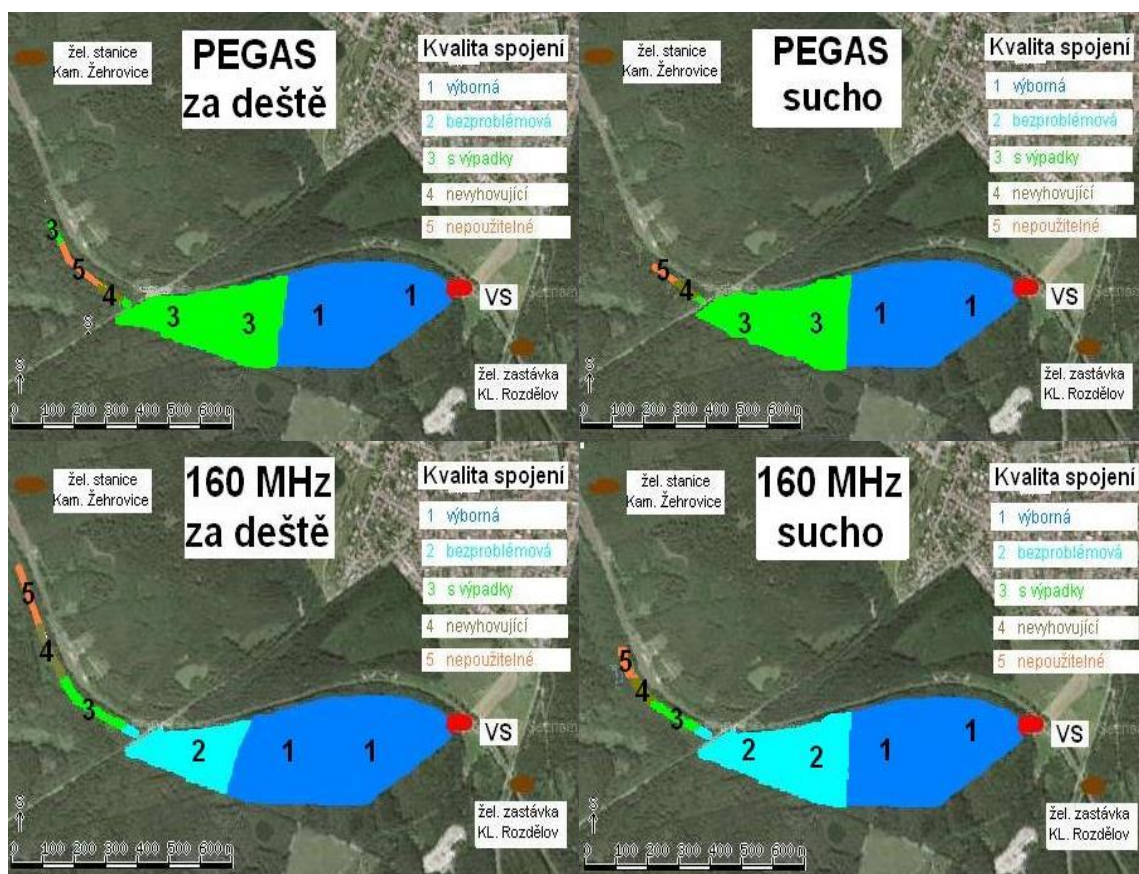
Při testech jsme měli k dispozici i kryt bývalé CO v 2. PP. Kryt má rozměry cca 20x10 metrů, několik šachtových výlezů a spojovací podzemní chodbu se sousedním krytem ve vedlejším věžovém domě. Provedli jsme několik zajímavých testů šíření signálu. Asi nejzajímavější bylo náhodné zjištění, že při uzavřených ocelových dveřích krytu byl radiový signál 400 MHz i 160 MHz detekovatelný na chodníku u asi 20 metrů vzdálené silnice.

Prostředí věžového domu je velmi vhodné pro opakované reprodukovatelné radiové testy. Pro případné testy v bývalém krytu je nutný vhodný ochranný oděv a obuv.

5.1.3 Úsek železniční tratě Kladno – Lužná

Při vzdálenosti testovacích skupin nad 400 metrů se projevila přednost analogového systému v pásmu 160 MHz. Místa s nižší úrovní pokrytí se indikovala postupným mírným zvyšováním šumu v modulaci, stačilo se přemístit o půl metru k okamžitému získání kvalitní modulace. U terminálů Pegas nastal okamžitý výpadek modulace při zvýšení chybovosti přenosu a jeho obnovení bylo doprovázeno nutností změny stanoviště a hlavně časovou prodlevou při obnovení příjmu, což je pro zasahujícího hasiče obtížně použitelné.

Výsledky opakovaných testů za deště a za mlhy byly prakticky rovnocenné s výsledky prvního testování. Vzhledem k tomu, že v lesním porostu je velmi omezeno zjišťování polohy pomocí GPS (platilo zvláště pro starší typy GPS přijímačů typ SIRF2), nemohlo být opakované testování prováděno ve shodných bodech s prvním testem. Výsledky testu jsou zobrazeny na Obr. 12.



Obr. 12 Testy v okolí úseku železniční tratě Kladno - Lužná

Praktickým poznatkem z provedených testů u železniční tratě bylo zjištění, že s výkonnými přenosnými radiostanicemi v pásmu 160 MHz, používanými asi od roku 1995 by k problémům s radiovým spojením na taktické úrovni při tomto zásahu nemělo dojít.

5.1.4 Budova „Nové scény“ Národního divadla v Praze

Podrobné záznamy prováděných testů již nelze dohledat, protože byly organizovány spojovými techniky HZS hl. m. Prahy, jež v současné době již nepůsobí u HZS ČR. Avšak shrnutím provedených testů lze konstatovat, že při běžných testech radiového spojení, odpovídajících činnosti hasičů na taktické úrovni, podávaly všechny tři radiové systémy srovnatelné výsledky. V extrémních (uměle navozených) situacích se u terminálů Pegas začaly projevovat větší výpadky.

5.1.5 Stanice metra “B” – Karlovo náměstí

Podrobné záznamy prováděných testů již nelze dohledat, protože byly organizovány spojovými techniky HZS hl. m. Prahy, jež v současné době již nepůsobí u HZS ČR. Avšak shrnutím provedených testů lze konstatovat, že při testech radiového spojení, odpovídajících činnosti hasičů na taktické úrovni, byly všechny tři radiové systémy pouze velmi omezeně použitelné. Vzniklou situaci by umožnil vyřešit mobilní radiový převaděč za podmínky správného umístění.

5.2 Vyhodnocení testů spojových prostředků na operační úrovni

5.2.1 Porovnání přenosových vlastností modulace FM a digitální modulace v pásmu 160 MHz v laboratorních podmínkách

Výsledky testů prokázaly, že v tomto statickém měření je rozdíl mezi bezchybným přenosem modulace DMR II a zcela žádným přenosem modulace velmi malý, k zániku modulace stačilo přepnout proměnný útlumový článek o 1 dB. Po dosažení úrovně, kdy DMR II přestal přenášet modulaci, byly obě radiostanice přepnuty na provoz FM modulace a byl pořízen zvukový záznam. Záznam byl

pořízen při tomto nastavení útlumového článku a reprezentuje schopnost FM přenášet modulaci při úrovni signálu těsně pod hranou 1 dB, kdy přenos modulací DMR II již není funkční. Poté byl zvětšen útlum proměnného útlumového článku o další 1 dB a byl pořízen další záznam.

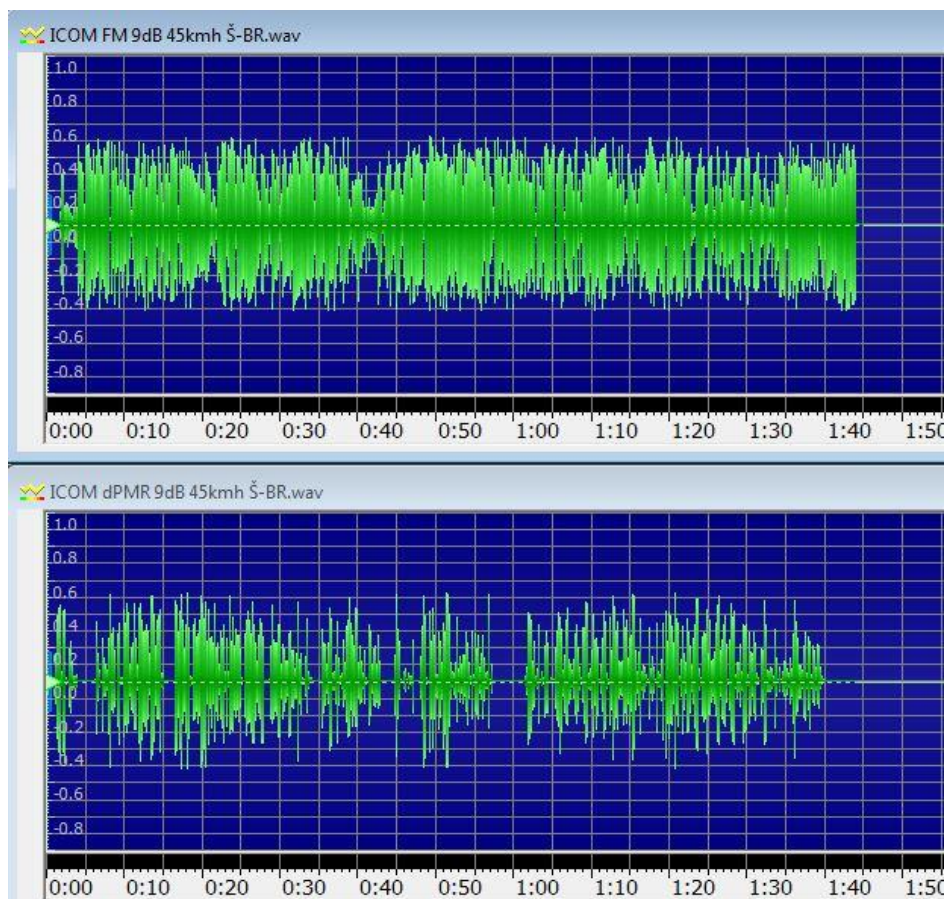
Zjednodušeně řečeno, první záznam představuje schopnost FM modulace přenášet informace při takové úrovni nastaveného útlumu, kdy DMR II již informaci nepřenáší. Při takovémto útlumu je FM modulací přenášena celá informace pouze s mírným šumem na pozadí. Druhý záznam představuje schopnost analogové FM modulace přenášet informaci při úrovni nastaveného útlumu o 1 dB větší než u předešlého záznamu. I zde byla FM modulací přenášena celá informace bez výpadků, ale na pozadí byl značný šum, který znepříjemňoval interpretaci přenášené zprávy.

Pro praktické porozumění tomuto srovnání je nutno zdůraznit, že se jedná o měření statické, které je ekvivalentní situaci, kdy je vozidlo v klidu. Zcela jiná situace nastane tehdy, je-li vozidlo v pohybu. Potom by se měly uplatnit prostorové fluktuační úrovně signálu, které jsou způsobeny interakcí přímé a odražené vlny, resp. několika odražených vln z různých směrů. Při analogovém přenosu se fluktuační projeví známým „mobilefekt“ (periodickým nárůstem a poklesem šumu v závislosti na rychlosti jízdy). Při digitálním DMR II přenosu dochází vlivem fluktuačních k periodickým rozpadům synchronizace a tím i radiového spojení. Software radiostanice synchronizaci opět navazuje, ovšem s určitým časovým zpožděním asi 0,8 sekundy. Po tuto dobu není reprodukována modulace a dochází k výpadkům radiového spojení. K následným rozpadům synchronizace může vzhledem ke zvýšené chybovosti přenosu docházet v krátkých časových intervalech po sobě. To má za následek delší výpadky v radiovém digitálním spojení. Vlivem toho by měl být rozdíl mezi délkou výpadků analogového (FM) a digitálního (DMR II) přenosu, v případě že je mobilní terminál v pohybu, větší než při statickém měření. Proto byly uskutečněny i další testy za reálného provozu v terénu za pohybu přijímací radiostanice.

5.2.2 Porovnání přenosových vlastností modulace FM a digitální modulace v pásmu 160 MHz v provozních podmínkách HZS

Výsledky testů v reálném provozu byly taktéž zaznamenány. Při všech testech byl vždy zařazen pevný útlumový článek 6 dB a následně se nastavoval proměnlivý útlumový článek 0 – 9 dB, proto budou uváděny pouze hodnoty nastavení proměnlivého útlumového článku. Pro opakování testů by tedy bylo nutné k uvedeným hodnotám připočítat útlumový článek 6 dB. Pro větší míru objektivnosti byly ke všem testům vyhotoveny vizualizace modulace reprodukováného nízkofrekvenčního signálu. Vzhledem k počtu a datové obsáhlosti záznamů nebyly tyto zvukové záznamy a veškeré vyhotovené grafy připojeny k této práci.

Například při měření vyhotoveném s radiostanicemi ICOM je zobrazeno na Obr. 16 porovnání FM a DMR II modulace při útlumu 9dB v pohybu přijímací radiostanice konstantní rychlostí 45 km/h na trase Kladno – Švermov, ul. Velvarská, směrem k obci Brandýsek.



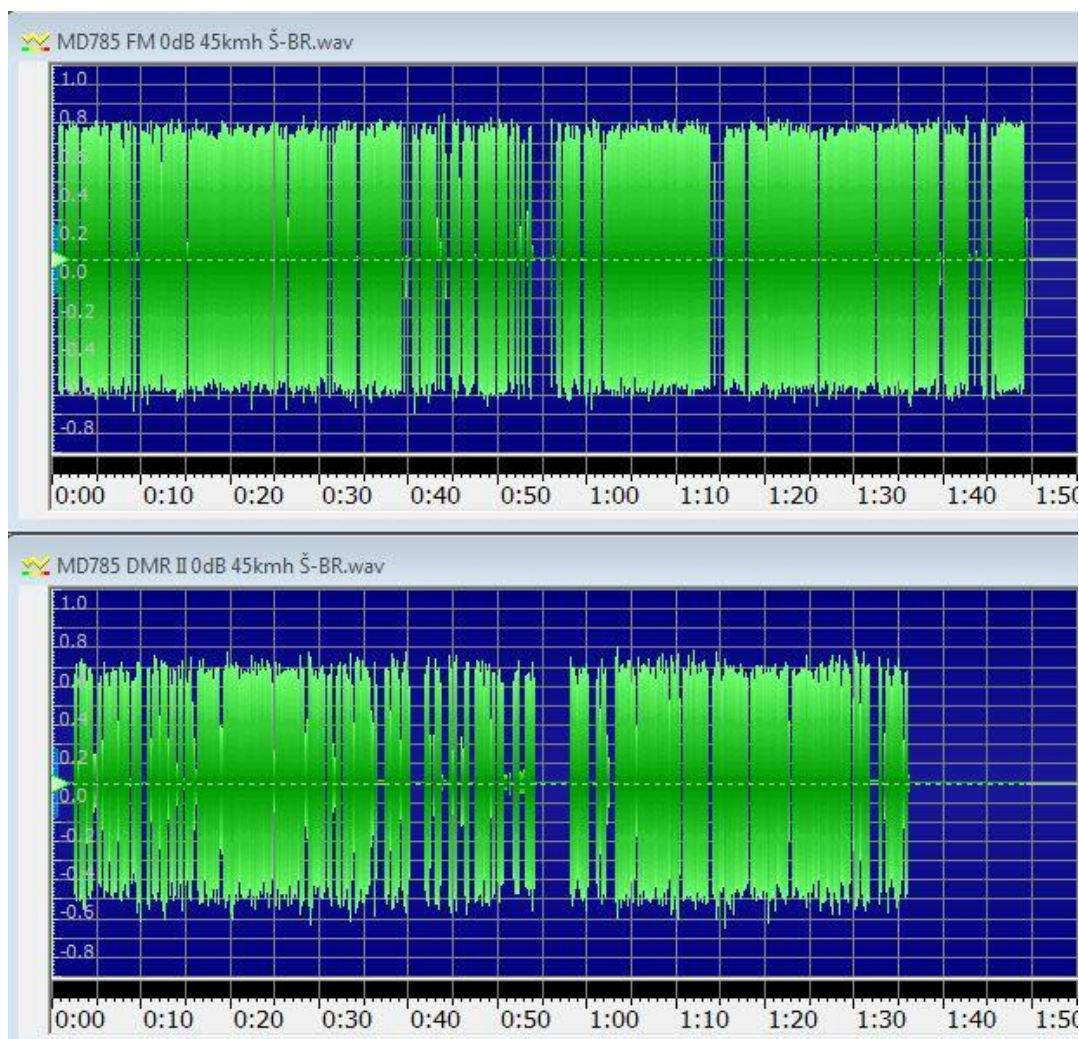
Obr. 13 Porovnání FM a DMR modulace

Pro zhodnocení grafické podoby výsledků provedených testů bylo nutné pracovat i odpovídajícími audiozáznamy. Je to dáno tím, že při digitální modulaci, až na pár výjimek, zpravidla vizualizace odpovídá srozumitelné reprodukci přenášené zprávy. Při hodnocení analogové FM modulace je nutno posuzovat schopnost porozumění přenášené zprávy na šumovém pozadí. To znamená, že při digitální modulaci (spodní graf na Obr. 16) jsou jasně viditelné výpadky přenášené informace, ale při analogové modulaci (horní graf na Obr. 16) je v grafu zobrazen i reprodukováný šum na pozadí. Na základě grafické podoby a zvukové reprodukce bylo možné určit a objektivně porovnat srozumitelnost analogové a digitální modulace.

5.2.2.1 Vyhodnocení testování na trase Kladno – Švermov, ul. Velvarská

Na této trase bylo prováděno prvotní testování, při němž byly zjištěny další podrobnosti k provádění testů. Bylo zjištěno, že z hlediska objektivního porovnání analogové a digitální modulace musí být porovnávány výsledky za použití stejných radiostanic. Při použití radiostanic Motorola bylo nutné provádět testy modulace FM i DMR II, stejně tomu bylo i u radiostanic Hytera a u radiostanic ICOM se musí vždy provádět testy modulace FM i dPMR. Je to dáno odlišným nastavením nízkofrekvenčních cest výrobci jednotlivých radiostanic. Zjištění různého vysokofrekvenčního výkonu na anténním konektoru radiostanice bylo potvrzeno následným změřením, pro prováděné testy to však není na závadu. Výčet provedených testů je uveden v Příloze 1 - Tab. 11 Úplný výčet testování na trase Kladno – Švermov.

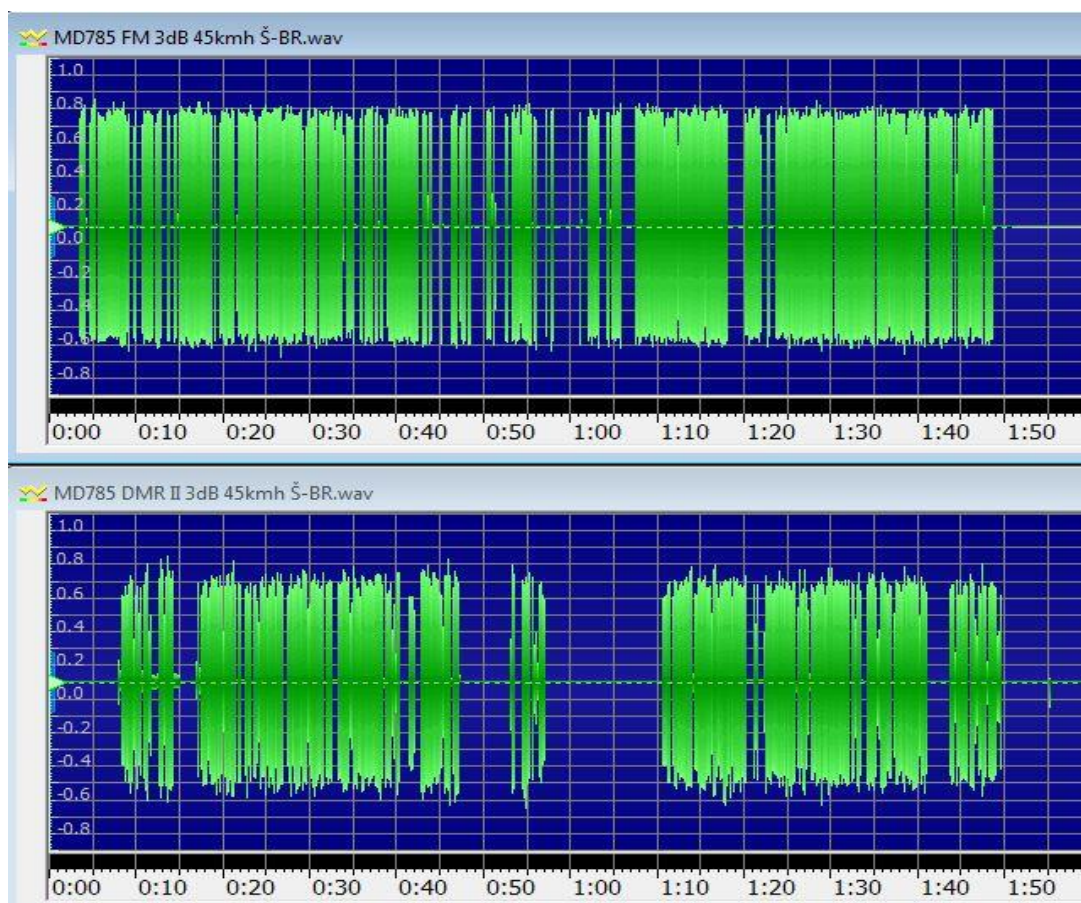
Při testování bylo zjištěno, že s nižším zařazeným útlumem je reprodukce vysílané informace srozumitelnější použitím digitální modulace (je jedno jestli se jedná o DMR II nebo dPMR). Obr. 14 znázorňuje porovnání FM a DMR II modulace při zařazeném útlumu 0 dB při rychlosti 45 km/h ve směru Švermov – Brandýsek.



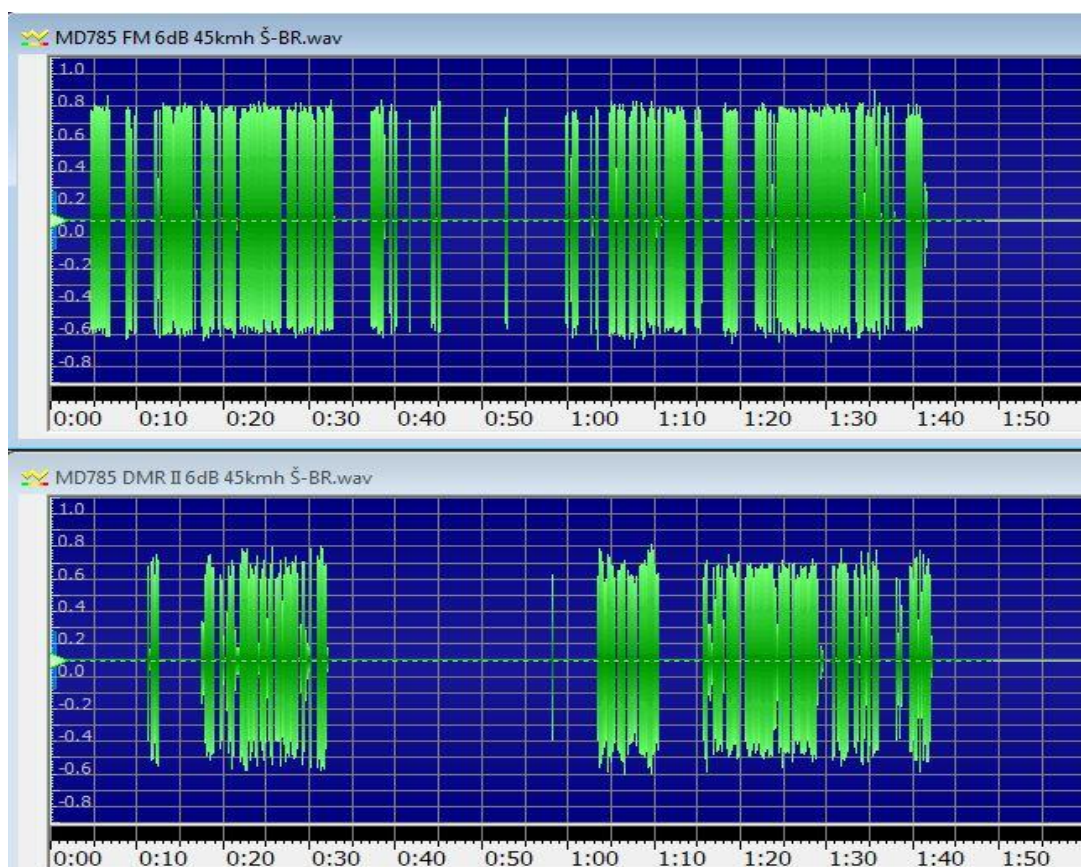
Obr. 14 Porovnání FM a DMR II modulace na trase Kladno - Švermov, zařazený útlum 0dB

Při navyšování zařazeného útlumu se však zvyšují výpadky v digitální modulaci výrazněji než v analogové FM modulaci. Obr. 15 znázorňuje porovnání FM a DMR II modulace při zařazeném útlumu 3 dB při rychlosti 45 km/h ve směru Švermov – Brandýsek.

Dalším navyšováním zařazeného útlumu bylo při digitální modulaci nemožné přenést mluvené slovo. Použitím analogové modulace bylo rozumět některým pasážím vysílané zprávy, ale pro předávání zpráv jednotkám PO prakticky nepoužitelné. Obr. 16 znázorňuje porovnání FM a DMR II modulace při zařazeném útlumu 6 dB při rychlosti 45 km/h ve směru Švermov – Brandýsek.



Obr. 15 Porovnání FM a DMR II modulace na trase Kladno - Švermov, zařazený útlum 3dB



Obr. 16 Porovnání FM a DMR II modulace na trase Kladno - Švermov, zařazený útlum 6dB

Oba druhy digitální modulace se vyznačují „plechovou“ reprodukcí hlasu, při vyšším útlumu „kostičkování“, případně náhlému přerušení reprodukce. Analogová FM modulace má oproti digitální modulaci zvýšený šum na pozadí, ale mluvené slovo lze vyslechnout. Zvyšující se šum také upozorní obsluhu na slabý radiový signál.

Na závěr bylo porovnáno FM vysílání (12,5 kHz) z radiostanic obou digitálních formátů proti radiostanici pouze FM a mezi kvalitou přenosů modulace nebyly zaznamenány rozdíly.

5.2.2.2 Vyhodnocení testování na trase Čabárna – Brandýsek

Testování na této trase probíhalo ve více krocích a různými rychlostmi (30, 45, 50 a 70km/h). Výčet provedených testů je uveden v Příloze 2 - Tab. 12 Úplný výčet testování na trase Čabárna - Brandýsek.

Při porovnání FM modulace a DMR II modulace za použití radiostanic DM4600 je příznačné, že při nižším zařazeném útlumu se jeví lépe modulace DMR II. V FM modulaci jsou slyšet výpadky a šum, v DMR II je hlas čistý, malé výpadky jsou nejspíše dopočítávány softwarově v dekodéru přijímací radiostanice. Navyšováním zařazeného útlumu se objem přenesené informace prostřednictvím modulace FM a DMR II vyrovnává. Při dalším navyšování útlumu jsou výpadky modulace DMR II delší, přičemž FM modulace se o mnoho nezhoršuje. Při takovémto útlumu již je FM modulace výhodnější než DMR II, ale není již vhodné pro předávání zpráv z důvodu četných výpadků.

U radiostanic MD785 je při porovnání modulace FM a DMR II přeneseno přibližně stejné množství informací. Předpoklad stejné reprodukce zvuku s DM4600 se nepotvrdil, nejspíše je použit odlišný software v dekodéru radiostanice. Toto by mělo však být softwarově upravitelné. Z toho vyplývá, že i při dodržení stejného standartu lze nastavením dosahovat různých výsledků.

Porovnání modulací FM a dPMR při použití radiostanic ICOM vychází lépe pro FM modulaci. Při FM modulaci je reprodukován zvuk sice s výrazným šumem, ale

je přeneseno podstatně větší procento předávané informace. Modulace DMR II umožnila přenést nepatrně více informace než modulace dPMR. Nutno podotknout, že dPMR využívá poloviční kanálovou šířku (6,25 kHz) oproti FM a DMR II modulaci (12,5 kHz).

Předpokládané rozdíly v přenášené modulaci při různých rychlostech se výrazně neprojevily. Testovalo se rychlostmi od 30 km/h do 70 km/h, což zhruba odpovídá rozsahu běžných rychlostí těžké techniky PO.

5.2.2.3 Výsledky testování na trase Vinařice

Testování probíhalo vždy při konstantní rychlosti 50 km/h (mimo rozjíždění, otáčení a zastavování). Výčet provedených testů je uveden v Příloze 3 - Tab. 13 Úplný výčet testování na trase Vinařice.

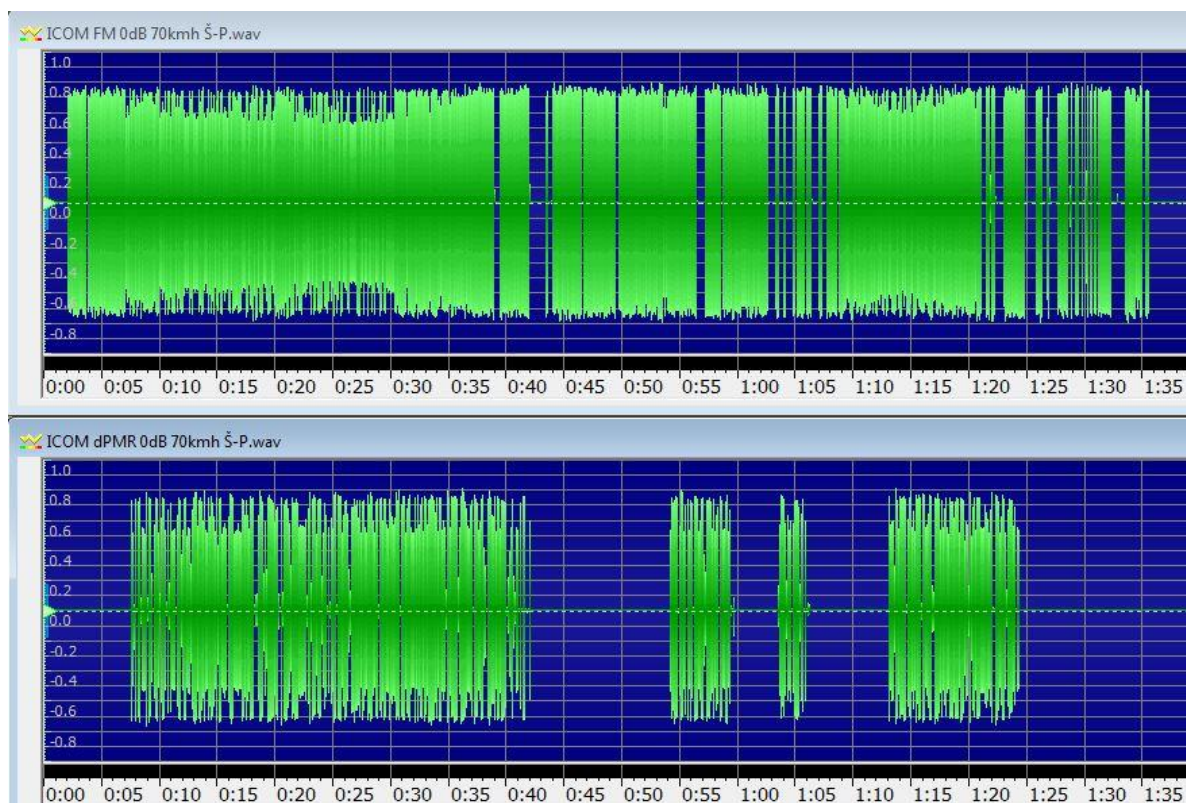
Při porovnávání FM a DMR II modulace bylo při nízkém zařazeném útlumu přenášeno zhruba stejné množství informace, v digitálním režimu s čistším přednesem „plechového“ zvuku. Při navyšování zařazeného útlumu se projevovaly u FM modulace drobné výpadky, u DMR II díky dopočítávání v dekodéru byly tyto výpadky eliminovány. Dalším navyšováním útlumu již DMR II nedokáže dopočítávat a chybovost je vysoká, FM modulace se zhoršuje jen nepatrně a procentuálně je přenášeno stejné množství informace. S ještě větším zařazeným útlumem jsou výpadky DMR II modulace tak vysoké a časté, že nelze vyslechnout přenášenou informaci, FM modulace při stejném útlumu přenesla podstatně více informací, ale pro běžný provoz je četnost výpadků příliš vysoká. Porovnávání FM modulace a DMR II modulace bylo prováděno radiostanicemi DM4600 a MD785, oba druhy radiostanic vykazovaly podobné výsledky. Při porovnání modulace FM a dPMR je přenášen větší obsah zprávy prostřednictvím FM modulace, ale za zvýšeného šumu na pozadí.

5.2.2.4 Výsledky testování na trase Pchery

Testování bylo prováděno ve směru Pchery – Švermov v rychlosti 50 km/h a ve směru Švermov - Pchery v rychlosti 70 km/h. Trasa zahrnovala i terénní převýšení, které mělo vliv na radiový přenos. Výčet provedených testů je uveden v Příloze 4 - Tab. 14 Úplný výčet testování na trase Pchery.

Testování potvrdilo předchozí výsledky porovnání modulace FM a DMR II. Dále bylo vysledováno, že při zvyšujícím se šumem v FM modulaci zpravidla předurčuje výpadek dPMR modulace na stejné trase. Na Obr. 17 Porovnání FM a dPMR modulace je možné si všimnout zvýšené úrovně šumu při FM modulaci od času 0:37 a při dPMR modulaci lze v následujícím časovém průběhu vypořadovat výpadek modulace.

Ani při těchto testech nebyla pozorována závislost kvality přenášené informace na rychlosti (do rychlosti 70 km/h).



Obr. 17 Porovnání FM a dPMR modulace.

5.3 SWOT analýza jednotlivých radiových systémů

5.3.1 SWOT analýza při použití radiostanic na taktické úrovni

- FM modulace na taktické úrovni

Tab. 3 SWOT analýza analogové FM modulace na taktické úrovni

analogová FM modulace – spojení na taktické úrovni		
	silná stránka	slabá stránka
vnitřní původ - vyplývající ze systému	<p>nejlepší dosahy spojení</p> <p>nepřítomnost náhlých výpadků spojení („signalizace“ postupným zvyšováním šumu v signálu)</p> <p>dlouhá výdrž baterií na jedno nabití</p> <p>značná mechanická odolnost radiostanic v podmínkách zasahujících hasičů</p> <p>snadný a rychlý servis, minimální poruchovost</p> <p>minimální administrativní zátěž na úrovni HZS</p> <p>v současné době mají k dispozici všechny JPO s radiostanicemi</p> <p>možnost konfigurace koncových zařízení vlastními silami</p>	<p>kanálová rozteč 12,5kHz</p> <p>při slabém radiovém signálu je zvýšený šum na pozadí</p> <p>nemá šifrování komunikace</p> <p>nemožnost přenášení dat mimo hovorový kanál</p>
	příležitosti	hrozby
vnější původ - vyplývající z okolí	<p>systém je dlouhodobě vyráběn a dodáván – jedná se o ověřenou technologii</p> <p>většina výrobců digitálních RDST v pásmu 160MHz podporuje i analogovou FM modulaci</p> <p>příznivé pořizovací i provozní náklady</p>	<p>vzhledem k velkému rozšíření uvedené technologie možnost odposlechů, případně i rušení</p> <p>vzhledem k dlouhé době výroby tohoto systému a z toho plynoucí nasycení trhu a poklesu cen radiostanic je reálné nebezpečí, že výrobci prosadí nové standardy a utlumí výrobu FM analogových radiostanic</p>

- **DMR II modulace na taktické úrovni**

Tab. 4 SWOT analýza DMR II modulace na taktické úrovni

DMR II modulace – spojení na taktické úrovni		
	silná stránka	slabá stránka
vnitřní původ - vyplývající ze systému	čistá reprodukce zvuku (bez šumu) možnost šifrování komunikace minimální administrativní zátěž na úrovni HZS možnost současného přenášení jednoduchých dat mimo hlasovou komunikaci možnost konfigurace koncových zařízení vlastními silami	kanálová rozteč 12,5kHz náhlý výpadek radiového spojení v mezních příjmových podmínkách kratší doba provozu na jedno nabití baterie
	příležitosti	hrozby
vnější původ - vyplývající z okolí	otevřený standart ETSI – více výrobců	kompatibilita pouze základních vlastností systému mezi jednotlivými výrobci

- **dPMR II modulace na taktické úrovni**

Tab. 5 SWOT analýza dPMR II modulace na taktické úrovni

dPMR modulace – spojení na taktické úrovni		
	silná stránka	slabá stránka
vnitřní původ - vyplývající ze systému	<p>kanálová rozteč 6,25kHz – možnost použití dvou dPMR současně - dvojnásobná kapacita</p> <p>čistá reprodukce zvuku (bez šumu)</p> <p>možnost šifrování komunikace</p> <p>minimální administrativní zátěž na úrovni HZS</p> <p>možnost současného přenášení jednoduchých dat mimo hlasovou komunikaci v kanálu 6,25kHz</p> <p>možnost konfigurace koncových zařízení vlastními silami</p>	<p>náhlý výpadek radiového spojení v mezních příjmových podmínkách</p> <p>kratší doba provozu na jedno nabití baterie</p>
	příležitosti	hrozby
vnější původ - vyplývající z okolí	<p>otevřený standart ETSI – více výrobců</p>	<p>kompatibilita pouze základních vlastností systému mezi jednotlivými výrobci</p>

PEGAS na taktické úrovni

Tab. 6 SWOT analýza radiokom. systému PEGAS na taktické úrovni

radiokomunikační systém PEGAS – spojení na taktické úrovni		
	silná stránka	slabá stránka
vnitřní původ - vyplývající ze systému	<p>vybaveny profesionální jednotky HZS</p> <p>provoz a servis bez finančních nároků na uživatele – hradí MVČR</p> <p>teoretická možnost spojení mezi složkami v IZS (PČR, ZZS, AČR)</p> <p>čistá reprodukce zvuku (bez šumu)</p> <p>možnost šifrování komunikace</p>	<p>náhlý výpadek radiového spojení v mezních příjmových podmínkách</p> <p>nutnost používání dalšího zařízení pro komunikaci s dobrovolnými JPO (jsou vybaveny RDST s FM modulací)</p> <p>kratší doba provozu na jedno nabití baterie</p> <p>vzhledem k použitému pásmu a digitálnímu zpracování signálu je kratší radiový dosah v DIR</p> <p>přenosné terminály všech generací nevyhovují v DIR latencí začátků hovoru – ohrožují bezpečnost zasahujících hasičů</p> <p>nemožnost konfigurace koncových zařízení vlastními silami</p>
	příležitosti	hrozby
vnější původ - vyplývající z okolí	<p>možnost spojení v IZS</p>	<p>monopolní systém – pouze jeden výrobce (V ČR pouze jeden distributor)</p> <p>závislost na provozu technologií cizích firem</p> <p>několikanásobná pořizovací cena koncových prvků</p> <p>systém pracuje v kmitočtovém pásmu, které bude muset během následujících 10-15let uvolnit</p> <p>hrozba hrazení servisních úkonů jednotlivými organizacemi</p>

5.3.2 SWOT analýza při použití radiostanic na operační úrovni

- FM modulace na operační úrovni

Tab. 7 SWOT analýza analogové FM modulace na operační úrovni

analogová FM modulace – spojení na operační úrovni		
	silná stránka	slabá stránka
vnitřní původ - vyplývající ze systému	<p>v současnosti všechny jednotky PO mají k analogové RDST k dispozici</p> <p>nepřítomnost náhlých výpadků spojení („signalizace“ postupným zvyšováním šumu v signálu)</p> <p>dlouhá výdrž baterií na jedno nabití</p> <p>značná mechanická odolnost radiostanic v podmínkách zasahujících hasičů</p> <p>snadný a rychlý servis, minimální poruchovost</p> <p>minimální administrativní zátěž na úrovni HZS</p> <p>možnost konfigurace koncových zařízení vlastními silami</p> <p>možnost konfigurace radiové sítě dle vlastních potřeb HZS</p>	<p>kanálová rozteč 12,5kHz</p> <p>při slabém radiovém signálu je zvýšený šum na pozadí</p> <p>nemá šifrování komunikace</p> <p>nemožnost přenášení dat mimo hovorový kanál</p> <p>náklady na pořízení, servis a provoz zařízení jsou hrazeny z rozpočtu HZS kraje</p>
	příležitosti	hrozby
vnější původ - vyplývající z okolí	<p>systém je dlouhodobě vyráběn a dodáván – jedná se o ověřenou technologii</p> <p>většina výrobců digitálních RDST v pásmu 160MHz podporuje i analogovou FM modulaci</p> <p>příznivé pořizovací i provozní náklady</p>	<p>vzhledem k velkému rozšíření uvedené technologie možnost odposlechů, případně i rušení</p> <p>vzhledem k dlouhé době výroby tohoto systému a z toho plynoucí nasycení trhu a poklesu cen radiostanic je reálné nebezpečí, že výrobci prosadí nové standardy a utlumí výrobu FM analogových radiostanic</p>

- **DMR II modulace na operační úrovni**

Tab. 8 SWOT analýza DMR II modulace na operační úrovni

DMR II modulace – spojení na operační úrovni		
	silná stránka	slabá stránka
vnitřní původ - vyplývající ze systému	<p>čistá reprodukce zvuku (bez šumu)</p> <p>možnost šifrování komunikace</p> <p>minimální administrativní zátěž na úrovni HZS</p> <p>možnost současného přenášení jednoduchých dat mimo hlasovou komunikaci</p> <p>možnost konfigurace koncových zařízení vlastními silami</p> <p>možnost konfigurace radiové sítě dle vlastních potřeb HZS</p>	<p>kanálová rozteč 12,5kHz</p> <p>náhlý výpadek radiového spojení v mezních příjmových podmínkách</p> <p>je nutné obměnit celou infrastrukturu (převaděče)</p>
	příležitosti	hrozby
vnější původ - vyplývající z okolí	<p>otevřený standart ETSI – více výrobců</p>	<p>kompatibilita pouze základních vlastností systému mezi jednotlivými výrobci</p> <p>sestavení digitálního převaděče vlastními silami není možné</p>

- **dPMR modulace na operační úrovni**

Tab. 9 SWOT analýza dPMR modulace na operační úrovni

dPMR modulace – spojení na operační úrovni		
	silná stránka	slabá stránka
vnitřní původ - vyplývající ze systému	<p>kanálová rozteč 6,25kHz – možnost nezávislého použití více dPMR současně na různých místech – více nezávislých kanálů</p> <p>čistá reprodukce zvuku (bez šumu)</p> <p>možnost šifrování komunikace</p> <p>minimální administrativní zátěž na úrovni HZS</p> <p>možnost současného přenášení jednoduchých dat mimo hlasovou komunikaci</p> <p>možnost konfigurace koncových zařízení vlastními silami</p> <p>možnost konfigurace radiové sítě dle vlastních potřeb HZS</p>	<p>náhlý výpadek radiového spojení v mezních příjmových podmínkách</p> <p>je nutné obměnit celou infrastrukturu (převaděče)</p>
	příležitosti	hrozby
vnější původ - vyplývající z okolí	<p>otevřený standart ETSI – více výrobců</p>	<p>kompatibilita pouze základních vlastností systému mezi jednotlivými výrobci</p> <p>sestavení digitálního převaděče vlastními silami není možné</p>

- PEGAS na operační úrovni

Tab. 10 SWOT analýza radiokom. systému PEGAS na operační úrovni

radiokomunikační systém PEGAS – spojení na operační úrovni		
	silná stránka	slabá stránka
vnitřní původ - vyplývající ze systému	<p>vybaveny profesionální jednotky HZS</p> <p>provoz a servis bez finančních nároků na uživatele – hradí MVČR</p> <p>teoretická možnost spojení mezi složkami v IZS (PČR, ZZS, AČR)</p> <p>čistá reprodukce zvuku (bez šumu)</p> <p>možnost šifrování komunikace</p>	<p>velmi malá možnost ovlivnění podoby radiokomunikačního systému a jeho rekonfigurace</p> <p>náhlý výpadek radiového spojení v mezních příjmových podmínkách</p> <p>kratší doba provozu na jedno nabití baterie</p> <p>zastaralé propojení základnových stanic – nespolehlivá infrastruktura</p> <p>nemožnost konfigurace koncových zařízení vlastními silami</p> <p>Značná administrativní náročnost na agendu se systémem</p>
	příležitosti	hrozby
vnější původ - vyplývající z okolí	<p>možnost spojení v IZS</p>	<p>monopolní systém – pouze jeden výrobce (v ČR pouze jeden distributor)</p> <p>závislost na provozu technologií cizích firem</p> <p>několikanásobná pořizovací cena koncových prvků i infrastruktury</p> <p>systém pracuje v kmitočtovém pásmu, které bude muset během následujících 10-15 let uvolnit</p> <p>hrozba hrazení servisních úkonů jednotlivými organizacemi</p>

6 DISKUZE

Vzhledem k různorodé činnosti potřeb jednotek PO na radiovou komunikaci vyplývají i různé nároky na radiokomunikační systém. Je potřeba problematiku zvažovat ze dvou pohledů. Z pohledu samotných hasičů na místě mimořádné události, kdy je zapotřebí co možná nejjednodušší systém s maximální spolehlivostí. Z pohledu řízení jednotek je nutné navázat komunikaci operačního střediska s velitelem zásahu. To je zcela jiný požadavek, navíc se při komunikaci používají i kódy typické činnosti, což jsou přednastavené zprávy, jež se často opakují, a dále je přenášena GPS lokalizace vozidel HZS.

Splnit oba dnešní požadavky v jednom radiovém systému tak, aby zůstal zachován i patřičný uživatelský komfort, se ukázalo jako velmi obtížné. V současné době prakticky politickým rozhodnutím je k tomu určen radiokomunikační systém Pegas, avšak z objektivních důvodů jej na taktické úrovni HZS Středočeského kraje nepoužívá. Zatím se prokázalo, že nevhodnější je použití dvou odlišných systémů a to z mnoha důvodů. Prakticky to znamená, že velitel zásahu používá dvě radiostanice. Jednu pro spojení s mužstvem a druhou pro spojení s operačním střediskem. Samozřejmě byly zkoušeny různé varianty s jednou radiostanicí formou scanování kanálů, ale ať z důvodu nevhodné funkčnosti, nebo pouze z faktu, že nelze současně vyslechnout obě komunikace od toho bylo upuštěno.

Dalším problémem bylo politické rozhodnutí o nasazení radiokomunikačního systému Pegas. Byla snaha prosadit tento systém i přes neslučitelnost požadavků z řad HZS a vlastností systému. Často je tento systém zaštiťován společným hovorovým prostředím IZS, ale v praxi nejsou nastaveny pravidla takovéto komunikace. Na druhou stranu, technologie Tetrapol není špatnou volbou své doby. Problémy vyplývají spíše z interních nastavení práv uživatelů a snahy prosadit toto řešení na všech úrovních. Samotná technologie Tetrapol je již cca 30 let stará. Propojení většiny základnových stanic do páteře sítě odpovídá době výstavby. Použité frekvenční pásmo 400 MHz je vyhovující pro spojení na operační úrovni, ale

už z principu se nemůže rovnat dosahu v pásmu 160 MHz při spojení na taktické úrovni. A v neposlední řadě z důvodu různých problémů s radiovým spojením vyplývajících z výše uvedeného se samotným uživatelům podvědomě vrylo do paměti, že Pegas je špatný. Nakonec uživatelé k systému přistupují jako k nutnému zlu a většina i organizačních problémů je odkazována na příčinu v nefunkčním radiokomunikačním systému.

Pro správný výběr vhodného řešení radiokomunikace jednotek PO je nezbytné, aby se vedení HZS ČR společně s HZS krajů shodla na požadavcích komunikací, včetně priorit. Nelze vybírat radiokomunikační systém, pokud neznáme důležitost jednotlivých požadavků. Jinak řečeno: Nelze provést správný výběr, pokud sami nevíme, co chceme.

Proto dále bude k problematice přistupováno s faktem, že Radiokomunikační systém Pegas u HZS je nasazen a využíván. Lze tedy vyzdvihnout hlavní problémy k řešení v Pegasu a dále se zabývat vhodným radiokomunikačním systémem, který umožní komunikaci i dobrovolným jednotkám PO s profesionálními na operační úrovni a vybrat nejvhodnější způsob spojení na taktické úrovni.

6.1 Hypotéza č. 1 – Stávající analogový FM radiový systém v pásmu 160 MHz, používaný jednotkami PO je vyhovující

a. pro taktické řízení na místě zásahu: ANO

Systém se jeví jako velmi vhodný a vzhledem k použitému frekvenčnímu pásmu jako ideální. Protože zpravidla nejsou požadovány další funkce jako např. telemetrie od jednotlivých zasahujících hasičů, GPS jednotlivých hasičů (což je zajisté dobrý marketingový tah prodejců spojových prostředků, ale například při zásahu v budově nereálné), splňuje systém požadavky spojení na taktické úrovni kompletně.

Pro spojení na místě zásahu není pro hasiče prioritní šifrování, naprosto čistý přenos hlasu, jsou to přidané hodnoty, které jsou „hezké“, ale pouze za předpokladu správné funkčnosti základních požadovaných vlastností. Je

třeba mít na paměti, že radiostanice je jen jedním z mnoha prvků vybavení hasiče a měla by mu při práci pomáhat, proto by používání radiostanic nemělo být složité. Pro zasahující hasiče je na místě zásahu prioritní spolehlivý přenos hlasu, kdy na správné funkčnosti může v extrémních případech záviset lidský život. Příznačný šum pro analogovou FM modulaci je pro hasiče jasným znamením o nízké síle radiového signálu, případně radiového rušení a tím dopředu upozorní na možnou ztrátu komunikace.

Systém analogové úzkopásmové FM modulace je v praxi hasičských sborů dlouhodobě používán. Radiostanice vyrábí více konkurujících si firem, proto jsou prodejní ceny radiostanic a jejich příslušenství nízké. V poslední době tak prudce vzrostla jejich rozšířenost i u JPO V. Analogová FM modulace splňuje všechny požadavky pro použití na taktické úrovni, v současné době je jakýmsi standardem u jednotek PO a nemá význam jej měnit. Hypotéza byla potvrzena.

b. pro operační řízení jednotek PO: Podmínečně ano

Zde již není situace zdaleka tak jednoznačná. Stávající systém má nesporné přednosti (snadná konfigurovatelnost), ale i nedostatky (nedostatek radiových kanálů, přenos dat společně s hlasovou komunikací). Jedná se o systém prověřený mnoha rozsáhlými dlouhodobými mimořádnými událostmi (např. povodně). Z ekonomického hlediska je nespornou výhodou velmi nízká cena komponent, naopak nelogickou nevýhodou je to, že veškeré pořizovací a provozní náklady jsou hrazeny na rozdíl od systému Pegas z rozpočtu HZS a obcí. Je zde i hledisko technické. V současné době je používána standardní kanálová rozteč 12,5 kHz, ale do budoucna mohou být legislativně upraveny požadavky na snížení kanálové rozteče. Stávající kanálová rozteč 12,5 kHz se již při analogovém přenosu nedá významně (na 6,25 kHz) snížit a přitom požadavky na přiděly kmitočtů rostou. Proto je přechod na nižší kanálovou rozteč nebo jiný druh modulace v budoucnu nevyhnutelný. V současné době je analogová radiová síť s FM modulací

u HZS ČR provozována jako záložní radiová síť pro profesionální jednotky PO a pro většinu dobrovolných jednotek PO jako primární radiová síť. Protože primární radiovou sítí pro profesionální jednotky PO je radiokomunikační systém Pegas, nejsou na analogovou radiovou síť kladeny vyšší požadavky. Tato síť je tak stále pouze „udržována“ jednotlivými HZS krajů, především díky nízkým nákladům na provoz a HZS krajů vyčkávají na rozhodnutí MV - GŘ HZS ČR, jakým směrem se bude rozvoj analogové radiové sítě HZS ČR ubírat. Hypotéza byla potvrzena.

6.2 Hypotéza č. 2 – Uvažovaný digitální radiový systém DMR II v pásmu 160 MHz, uvažovaný k použití jednotkami PO je vyhovující

a. pro taktické řízení na místě zásahu: NE

Na základě prováděných testů a dřívějších dlouhodobých testování přenosných radiostanic u HZS Středočeského kraje lze konstatovat, že rozhodně ne. Vyskytují se zde neočekávané okamžité ztráty spojení v členitějších místech mimořádných událostí. Vzhledem k nutnému digitálnímu kódování a dekódování (požadavky na výpočetní výkon) má radiostanice vyšší spotřebu a tím i nižší délku provozu na jedno nabití baterie. Pro taktické řízení v místě zásahu je uvažovaný digitální radiový systém DMR II nevyhovující a pro zasahující hasiče nemá jeho použití v místě mimořádné události žádné výhody oproti stávajícímu systému. Stávající analogový FM systém spojení je zcela vyhovující, bezpečný s nízkými pořizovacími a provozními náklady. Hypotéza nebyla potvrzena.

b. pro operační řízení jednotek PO: ANO, ale není nejvhodnější

Díky provedeným testům nelze přímo vyjádřit, jaký způsob modulace je lepší nebo horší. Musíme vycházet z potřeb na systém kladených. Stávající síť převaděčů radiového systému HZS je navrhována pro dosah mobilních

radiostanic, tedy radiostanic umístěných v požární technice. Má splňovat přenos informací z místa mimořádné události a z cesty k ní.

Analogová FM modulace má při zapojeném vyšším útlumu na anténě radiostanice sice vyšší podíl na přenosu informace, ale četnost výpadků u jedoucího vozidla je vysoká. Při nižším zařazeném útlumu, což odpovídá dostatečnému radiovému signálu, je modulace DMR II bez výpadků a bez šumu. Zvuk se díky digitalizaci jeví jako „plechový“, ale reprodukce hlasu je srozumitelná.

Výhodné je i oddělení dat (statusů) od hlasu. Na kmitočtovém přidělu 12,5 kHz jsou vytvořeny dva kanály, z nichž jeden může být použit pro přenos hlasu a druhý pro přenos dat. V současné době je používána standardní kanálová rozteč 12,5 kHz, ale do budoucna mohou být legislativně upraveny požadavky na snížení kanálové rozteče. Výhody modulace DMR II budou uplatňovány až po obměně všech prvků v radiové síti, tzn. včetně všech radiostanic dobrovolných jednotek PO. Radiostanice i převaděče systému DMR II dokáží zpracovat i standardní FM úzkopásmovou modulaci, což by bylo výhodné v překlenovacím období při zavádění systému. Hypotéza byla potvrzena.

Hypotéza č. 3 – Jiný digitální radiový systém v pásmu 160 MHz by měl pro radiové spojení jednotek PO významné výhody

a. pro taktické řízení na místě zásahu: NE

Na základě prováděných testů bylo dosaženo srovnatelných výsledků s modulací DMR II. Stejně jako systém DMR II nepřináší ani dPMR na taktické úrovni pro hasiče výhody. Platí zde vše, co již bylo popsáno výše pro použití modulace DMR II na taktické úrovni. Hypotéza nebyla potvrzena.

b. pro operační řízení jednotek PO: ANO

Testovaný dPMR systém modulace prokázal obdobné vlastnosti jako systém DMR II. Systém dPMR umožňuje oddělení přenosu hlasu od dat. Podstatnou

výhodou systému je, že výše uvedené umožňuje při použití celkové kanálové rozteče 6,25 kHz. Praktickým důsledkem je možnost zvýšení počtu zcela nezávislých radiových kanálů pro HZS při stávajícím kmitočtovém přidělu od ČTÚ. V porovnání s modulací DMR II tak nabízí dPMR až dvojnásobnou kapacitu přenosů hovoru a přenosů pomalých dat. Oproti stávající analogové FM modulaci to znamená obsazení poloviny kmitočtového přidělu stávajícího radiového kanálu. Používaná kanálová rozteč má také dostatečné rezervy pro možné legislativní změny v podobě požadavku na snížení kanálové rozteče. Pro možné využití předností dPMR modulace je nutná výměna všech prvků v radiové síti. Radiostanice i převaděče systému dPMR dokáží zpracovat i standardní FM úzkopásmovou modulaci, což by bylo výhodné v překlenovacím období při zavádění systému. Hypotéza byla potvrzena.

6.3 Hypotéza č. 4 – Stávající digitální radiokomunikační systém PEGAS v pásmu 400 MHz, používaný jednotkami PO je vyhovující

a. pro taktické řízení na místě zásahu: NE

Zkušenosti s používáním terminálů Pegas na taktické úrovni jsou značně rozporuplné. Po vybavení HZS Středočeského kraje terminály Pegas bylo rozhodnuto vedením HZS Středočeského kraje o nasazení pro spojení na taktické úrovni do rutinního provozu. Protože terminály na taktické úrovni nepřinesly žádné výhody, přecházely jednotlivé územní odbory HZS Středočeského kraje zpět k analogovým radiostanicím. Vzhledem k nepříjemné vlastnosti terminálů – „uřezávání“ začátků relací při provozu v DIR a monitorování radiové infrastruktury (nutný předpoklad dosažitelnosti terminálu individuálním hovorem) se projevovalo několikasekundové odřezávání začátku relace v režimu DIR. To bylo částečně vyřešeno nastavením terminálů, kterým se nařizovalo deaktivovat monitorování radiové infrastruktury v provozu DIR. Situace se tím zlepšila,

ale odřezávání začátků je stále je patrné. Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč provedl v roce 2011 testy terminálů Pegas v režimu DIR. Součástí testů bylo také zjištění času oříznutí začátku komunikace. Na základě této zprávy vedení HZS Středočeského kraje rozhodlo, že terminály Pegas jsou pro zasahující hasiče potenciálně nebezpečné a vydalo pokyn, kterým se nařizuje používat na taktické úrovni pouze analogové radiostanice. V některých krajích se terminály Pegas na taktické úrovni ale stále používají. Hypotéza nebyla potvrzena.

b. pro operační řízení jednotek PO: Podmínečně ano

K radiokomunikačnímu systému Pegas přistupuje HZS za specifických podmínek. HZS je vybaven koncovými prvky, které většinu obdržel od MVČR, nehradí servis terminálů a údržbu infrastruktury přímo, ale toto je hrazeno cestou MVČR. Nutno upozornit, že Pegas je systém velmi nákladný na pořízení, provoz i nutné technické a administrativní záležitosti. Paradoxně však HZS Středočeského kraje nestojí použití systému Pegas téměř nic, protože použití infrastruktury, servis a obnovu terminálů mají hasiči bezplatnou. Toto krátkozraké ekonomické hledisko výrazně deformuje vztahy mezi jakýmkoliv radiovým systémem a radiokomunikačním systémem Pegas.

Ze zkušeností předchozích let lze konstatovat, že pokud nebyly nepříznivé povětrnostní podmínky a HZS přizpůsobilo své potřeby tomu, co nám správce systému povolil, a technologie umožnila, tak bylo spojení funkční. Pegas technicky umožňuje komunikaci všech složek IZS, ale nejsou stanovena pravidla pro použití vzájemné komunikace. V posledním roce se přechodem z režimu otevřených kanálů do režimu hovorových skupin výrazně zlepšily komunikační možnosti HZS Středočeského kraje. Bylo umožněno používat více komunikačních prostředí a to na větším území.

Avšak nezlepšily se tím slabiny celého systému. Za nepříznivých povětrnostních podmínek dochází k rozpadu sítě díky zastaralému propojení základnových stanic, na což bylo ze strany HZS Středočeského kraje mnohokrát upozorňováno, ale bez kladné odezvy. Pro HZS Středočeského kraje je nepřijatelné, aby radiokomunikační systém přestal být funkční právě v době častých bouřek nebo vichřice. Hypotéza byla potvrzena.

6.4 Vhodný radiokomunikační systém pro jednotky PO

Na taktické úrovni se jako nejvhodnější na základě potřeb uživatelů a parametrů prokázalo použití analogové FM modulace v pásmu 160 MHz. Použitím FM modulace se pro zasahující hasiče v místě zásahu z hlediska radiového spojení nic nezmění. Sbory tak nebudou muset obměňovat nejpočetnější část spojových prostředků z důvodu přechodu na jiný systém. Důvody pro zachování analogové FM modulace na taktické úrovni jsou přímé, jasné a nezpochybnitelné.

Na operační úrovni se z hlediska potřeb zasahujících jednotek PO jako vhodné možnosti dají považovat dva radiokomunikační systémy. Jsou jimi systémy používající modulaci DMR II a dPMR. Na základě poznatků lze konstatovat, že výhodnější by byla volba dPMR modulace a to především z důvodu využití poloviční kanálové rozteče oproti DMR II. Zde však narážíme na problém přezbrojení jednotek PO. U HZS ČR to není zásadní problém, ale vzhledem k množství dobrovolných jednotek kategorie JPO II, JPO III a JPO V to může trvat příliš dlouhou dobu.

7 ZÁVĚR

Tato práce si kladla za cíl analyzovat a navrhnout řešení radiového spojení jednotek PO. Byl stanoven jasný závěr pro používání analogové FM modulace při komunikaci jednotek PO na taktické úrovni, jež je podložen technickými parametry, sérií prováděných testů, ale také praktickou zkušeností z používání u HZS Středočeského kraje.

Na operační úrovni byl přijat radiokomunikační systém Pegas jako fakt. HZS krajů zpravidla obdržely většinu koncových prvků od MVČR anebo přímo na jejich pořízení obdržely potřebné finance. Systém používají bez starostí o infrastrukturu. Na druhou stranu HZS může ovlivňovat zásahy do nastavení a organizace systému pouze minimálně. Pro zvýšení spolehlivosti radiokomunikačního systému Pegas bylo poukázáno na několik oblastí, jež si zaslouží další podrobnou analýzu a bude třeba se jimi zabývat.

Na základě prováděných testů, technické specifikace a dřívějších poznatků z praxe se jako vhodní nástupci analogové radiové sítě HZS ČR potvrdily dva systémy. Jsou to systémy v pásmu 160 MHz s modulací dPMR a DMR II. Vhodnějším ze systémů se však ukázal ten se způsobem modulace dPMR. Nově vyvstala otázka, jak nejlépe provést obměnu analogové radiové sítě HZS ČR, aby byly dopady na uživatele pokud možno co nejmenší.

Jako podstatná se ukázala nutnost shody vedení HZS ČR a všech HZS krajů v otázce stanovení potřeb na radiovou komunikaci pro další postup při výběru radiokomunikačního systému.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CAS – Cisternová automobilová stříkačka

CO – Civilní ochrana

ČR – Česká republika

CTCSS - Continuous Tone Coded Squelch System – zavření přijímače subtónem

ČTÚ – Český telekomunikační úřad

DIR – Direct mode – přímý režim digitálních radiových systémů

DMR II – Digital Mobile Radio tier II – otevřený standard ETSI pro digitální radiostanice

dPMR – digital Private Mobile Radio – otevřený standard ETSI pro digitální radiostanice

ETSI - European Telecommunications Standards Institute – Evropský ústav pro telekomunikační normy

FDMA – Frequency division multiple access – Frekvenčně dělený vícenásobný přístup

FM – Frekvenční (kmitočtová) modulace

GPS – Global positioning system – Globální polohový systém

GSM – Groupe spécial mobile – globální systém pro mobilní komunikaci

HZS – Hasičský záchranný sbor

IDR – Independent digital repeater - Nezávislý digitální opakovač

IZS – Integrovaný záchranný systém

JSDH – Jednotka sboru dobrovolných hasičů

JPO – Jednotka požární ochrany

KOPIS – Krajské operační a informační středisko

MV - GR HZS ČR – Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky

MVČR - Ministerstvo vnitra České republiky

OPIS - Operační a informační středisko

PČR - Policie České republiky

PO – Požární ochrana

PP – Podzemní podlaží

RDST - Radiostanice

TDMA – Time division multiple access - Časově dělený vícenásobný přístup

TKG – Režim hovorových skupin radiokomunikačního systému Pegas

VN – Vysoké napětí

ZEK - Zákon č. 127/2005 Sb. o elektronických komunikacích a o změně některých
souvisejících zákonů

ZZS – Zdravotnická záchranná služba

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Legislativa

[2] Předpis č. 105/2010 Sb., *Vyhláška o plánu přidělení kmitočtových pásem (národní kmitočtová tabulka)*. In: Sbíрка zákonů. 19. 4. 2010. ISSN: 1211-1244.

[5] Předpis č. 239/2000 Sb., *Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů*. In: Sbíрка zákonů. 28. 6. 2000. ISSN: 1211-1244.

[28] HZS Středočeského kraje. *Nařízení náměstka ředitele HZS Středočeského kraje pro IZS a OŘ 3/2016, k používání spojových prostředků v místě zásahu*. 13. 7. 2016.

[29] ÚZ 1105 *Krizové zákony, HZS, Požární ochrana, Obnova území*. Sagit. 2015. ISBN: 978-80-7488-135-0.

Publikace

[1] HALLIDAY, David, RESNICK, Robert a WALKER, Jearl. *Fyzika, Část 4 – Elektromagnetické vlny – Optika - Relativita*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, VUTIUM, 2001. ISBN 80-214-1868-0.

[4] DANĚŠ, Josef. *Amatérská radiotechnika a elektronika – 1.díl*. Praha: Naše vojsko, 1984. Knižnice Svazarmu, sv. 92.

[10] ŠULC, Libor. *50 let profesionální požární ochrany v okrese Kladno*. Kladno: Hasičský záchranný sbor Středočeského kraje se sídlem v Kladně. 2002.

[11] MRNKA, Jaroslav. *60 let Požárního útvaru Kladno*. Kladno: Hasičský záchranný sbor Středočeského kraje. 2012.

[12] HANZLÍK, Jan. *Buňkové komunikační systémy*. Kladno, 2011. Bakalářská práce. Policejní akademie České republiky v Praze.

[14] KOČÍ, Vojtěch. *Součinnost integrovaného záchranného systému na místech hromadných neštěstí v Jihočeském kraji*. České Budějovice, 2007. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

[15] ČECH, Bedřich et al. *TCHP Vybrané technické prostředky využívané v policejní praxi*. Praha: Vydavatelství PA ČR, 1999. ISBN: 80-7251-002-9.

- [16] SKALSKÁ, Květoslava, HANUŠKA, Zdeněk a DUBSKÝ, Milan. *Integrovaný záchranný systém a požární ochrana, Modul I*. 1. vydání. Praha: MV-GŘ HZS ČR. 2010. ISBN: 978-80-86640-59-4.
- [17] TUREČEK, Jaroslav et al. *Policejní technika*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2008. ISBN: 978-80-7380-119-9.
- [18] EADS Defence and Security Networks. *Provozní dokumentace : prezentace systému A*. 2002.
- [19] EADS Defence and Security Networks. *Provozní dokumentace : prezentace systému B*. 2002.
- [20] 112 : *Odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva, číslo 2/2016*. Praha: MV-GŘ HZS ČR. 2016. ISSN: 1213-7057
- [21] *Zpráva o stavu požární ochrany Středočeského kraje za rok 2016*. 2017. Kladno: HZS Středočeského kraje. Č. j.: HSKL – 605 – 1/2017 – KŘ.
- [30] FREJLACH, Karel. *Paket rádio (Packet-Radio)*. 1. vydání. České Budějovice: PVT, reprografická sekce, 1994. ISBN: 80-900046-3-6.
- [31] ČECH, Bedřich a SOCHOR, Václav. *Policejní technika II*. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2004. ISBN: 80-7251-152-1.
- [32] VODRÁŽKA, Jiří a PRAVDA, Ivan. *Principy telekomunikačních systémů*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN: 80-01-03366-X.
- [33] JONÁK, Jiří. *Linkové a bezdrátové technické prostředky používané pro komunikaci a určování zeměpisné polohy*. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2002. 116 s. ISBN: 80-7251-096-7.
- [34] HANUŠKA, Zdeněk. *Organizace jednotek požární ochrany I*. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. 1998. ISBN: 80-86111-26-1.
- [35] SZASZO, Zoltán. *Stručná historie profesionální požární ochrany v českých zemích*. 1. vydání. MV-GŘ HZS ČR. 2010. ISBN: 978-80-86640-60-0.
- [36] DANĚŠ, Josef. *Amatérská radiotechnika a elektronika – 4.díl*. Praha: Naše vojsko, 1989. ISBN: 80-206-0082-5.

- [37] BUŘIČ, František, ČECH, Bedřich. *Vybrané speciální policejní prostředky*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2000. ISBN: 80-7251-044-4.
- [38] ČAPEK, Jan. *Rádiové spojení IZS v tunelech, podzemních garážích a obdobných prostorech*. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 2014. ISBN: 978-80-248-3495-5.
- [39] LENHARD, Pavol, TARGOŠ, Jan a HÁNA, Ivo. *Testy terminálů Pegas v režimu DIR*. Lázně Bohdaneč: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč. 2011.
- [40] STEELE, Raymond. *Mobile Radio Communications*. New York: IEEE Press. 1994. ISBN: 9780780311022.

Internetové zdroje

- [3] *Šíření rádiových signálů* [Online]. Český radioklub: ©2016. Dostupné z: <http://www.crk.cz/SIRENIC/>
- [6] RADIOSTANICE [Online]. [cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://www.kovacradio.estranky.cz/>
- [7] MAXON [Online]. [cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://www.progress1.kvalitne.cz/maxon.htm>
- [9] Radiostanice.cz. *Motorola Professional*. [Online]. [cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://radiostanice.cz/>
- [13] FORGE, Simon, HORVITZ, Robert a BLACKMAN, Colin. *Study on use of commercial mobile networks and equipment for "mission-critical" high-speed broadband communications in specific sectors*. [Online]. © European Union, 2014. [cit. 25. 3. 2016]. Dostupné z: DOI: 10.2759/54788
- [22] *Učebnice Teorie Rádiové Komunikace - Číslicové modulace*. [Online]. Brno: VUT v Brně. Poslední změna 8.1.2013 13:29. Dostupné z: http://www.urel.feec.vutbr.cz/MTRK/?%C8%EDslicov%E9_modulace

[23] ETSI. *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Digital Mobile Radio (DMR) Systems; Part 2: DMR voice and generic services and facilities.*

[Online]. V2.3.1. Francie: ETSI, 2016. Technical specification. 6. DMR facilities.

Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102300_102399/10236102/02.03.01_60/ts_10236102v020301p.pdf

[24] DUNLOP, John, GRIMA, Demessie a IRVINE, James. *Digital Mobile Communications and the Tetra System: 1. Principles of Digital Mobile Radio.* [Online].

West Sussex, England. John Wiley & Sons, Ltd. 2013. [cit. 5. 4. 2016]. Dostupné z:

DOI: 10.1002/9781118832585.ch1

[25] *dPMR - Technology Benefits.* [Online]. dPMR Association. Poslední změna 31.12.2015. Dostupné z: <http://www.dpmr-mou.org/dpmr-technology-benefits.html>

[26] GRASSEOVÁ, Monika. *Využití analýzy pro dlouhodobé plánování.* [Online].

Obrana a strategie. Poslední změna: 20.3.2007 15:14. Dostupné z:

<http://www.obranaastrategie.cz/filemanager/files/file.php?file=6510>

[27] ManagementMania.com. *SWOT analýza.* [Online]. Poslední změna: 23. března 2017 22:13. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>

dPMR MoU Association. *Whitepaper: 4 Level FSK/FDMA 6.25 kHz Technology.* [Online]. Obrana a strategie. Poslední změna: 10. 12. 2015 8:21.

Dostupné z: <http://www.icom.co.jp/world/idas/dpmr/resources/data/DPMR-MOU-DOCUMENTS/02-GB-dPMRWhitepaper-April-2011-Rev.02.pdf>

[41] GRASSEOVÁ-MOTYČKOVÁ, Monika a RICHTER, Jiří. *SWOT analýza v rezortu obrany České republiky – současný stav a doporučení pro aplikaci, Vojské rozhledy.* [Online]. 2016, roč. 25, č.2, str. 36-52. ISSN 2336-2995.

Dostupné z: DOI: 10.3849/2336-2995.25.2016.02.036-052

[42] MOTOROLA. *Motorola Solutions* [Online].

Dostupné z: https://www.motorolasolutions.com/en_xu.html/

[43] HYTERA Mobilfunk GmbH. *Radios and Radio Systems.* [Online].

Dostupné z: <http://www.hytera-mobilfunk.com/en/>

[44] ICOM. Icom Inc Global site. [Online].

Dostupné z: <http://www.icom.co.jp/world/>

[45] JVCKENWOOD U.K. Limited. *Walkie Talkies | NEXEDGE | PMR446 | Ham Radio*. [Online]. Dostupné z: <http://kenwoodcommunications.co.uk/digital-pmr/>

[46] HAMRADIO.CZ. *Radioamatéři všech zemí – spojme se*. [Online].

Dostupné z: <https://www.hamradio.cz/>

Ostatní zdroje

[8] Archiv HZS ÚO Beroun

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Spektrum elektromagnetických vln [1, str. 890]	13
Obr. 2 TESLA VXW100 a PR35 [6]	21
Obr. 3 MAXON PM150 [9]	23
Obr. 4 MAXON SL70 [10]	23
Obr. 5 Radiostanice používané v současnosti - MOTOROLA GM360 a GP380 [11]	24
Obr. 9 Zapojení komponent při statickém měření	54
Obr. 7 Trasa Kladno – Švermov, ul. Velvarská	58
Obr. 8 Trasa Čabárna – Brandýsek a zpět	59
Obr. 9 Trasa Vinařice	60
Obr. 10 Trasa Pchery	61
Obr. 11 Testy v kabelových kanálech rozvodny VN POLDI – Dříň	64
Obr. 12 Testy v okolí úseku železniční tratě Kladno - Lužná.....	65
Obr. 13 Porovnání FM a DMR modulace.....	68
Obr. 14 Porovnání FM a DMR II modulace na trase Kladno - Švermov, zařazený útlum 0dB	70
Obr. 15 Porovnání FM a DMR II modulace na trase Kladno - Švermov, zařazený útlum 3dB	71
Obr. 16 Porovnání FM a DMR II modulace na trase Kladno - Švermov, zařazený útlum 6dB	71
Obr. 17 Porovnání FM a dPMR modulace.	74

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Rozdělení rádiového spektra [2, kapitola 2, odst. 1].....	14
Tab. 2 Vzor maticové tabulky SWOT analýzy	62
Tab. 3 SWOT analýza analogové FM modulace na taktické úrovni	75
Tab. 4 SWOT analýza DMR II modulace na taktické úrovni	76
Tab. 5 SWOT analýza dPMR II modulace na taktické úrovni	77
Tab. 6 SWOT analýza radiokom. systému PEGAS na taktické úrovni.....	78
Tab. 7 SWOT analýza analogové FM modulace na operační úrovni.....	79
Tab. 8 SWOT analýza DMR II modulace na operační úrovni.....	80
Tab. 9 SWOT analýza dPMR modulace na operační úrovni.....	81
Tab. 10 SWOT analýza radiokom. systému PEGAS na operační úrovni.....	82
Tab. 11 Úplný výčet testování na trase Kladno – Švermov	101
Tab. 12 Úplný výčet testování na trase Čabárna - Brandýsek	103
Tab. 13 Úplný výčet testování na trase Vinařice	104
Tab. 14 Úplný výčet testování na trase Pchery	105

12 PŘÍLOHY

Příloha 1

Tab. 11 Úplný výčet testování na trase Kladno – Švermov

testování na trase Kladno – Švermov, směr Brandýsek - Švermov				
přijímací RDST	vysílací RDST	modulace	útlum (dB)	rychlost (km/h)
DM4600	DM4600	DMR II	0	40
DM4600	DM4600	FM	0	40
DM4600	DM4600	DMR II	3	40
DM4600	DM4600	FM	3	40
DM4600	DM4600	DMR II	6	40
DM4600	DM4600	FM	6	40
DM4600	DM4600	DMR II	9	40
DM4600	DM4600	FM	9	40
MD785	MD785	DMR II	0	45
MD785	MD785	FM	0	45
DM4600	DM4600	DMR II	3	45
DM4600	DM4600	FM	3	45
ICOM	ICOM	dPMR	3	45
ICOM	ICOM	FM	3	45
MD785	MD785	DMR II	3	45
MD785	MD785	FM	3	45
DM4600	DM4600	DMR II	6	45
DM4600	DM4600	FM	6	45
ICOM	ICOM	dPMR	6	45
ICOM	ICOM	FM	6	45
MD785	MD785	DMR II	6	45
MD785	MD785	FM	6	45
DM4600	GM360	FM	3	40
GM360	DM4600	FM	3	40
GM360	GM360	FM	3	40
DM4600	GM360	FM	6	40
GM360	DM4600	FM	6	40
GM360	GM360	FM	6	40
testování na trase Kladno – Švermov, směr Švermov - Brandýsek				
přijímací RDST	vysílací RDST	modulace	útlum (dB)	rychlost (km/h)

DM4600	DM4600	DMR II	0	40
DM4600	DM4600	FM	0	40
DM4600	DM4600	DMR II	3	40
DM4600	DM4600	FM	3	40
DM4600	DM4600	DMR II	6	40
DM4600	DM4600	FM	6	40
DM4600	DM4600	DMR II	9	40
DM4600	DM4600	FM	9	40
MD785	MD785	DMR II	0	45
MD785	MD785	FM	0	45
ICOM	ICOM	dPMR	3	45
ICOM	ICOM	FM	3	45
MD785	MD785	DMR II	3	45
MD785	MD785	FM	3	45
DM4600	DM4600	DMR II	6	45
DM4600	DM4600	FM	6	45
ICOM	ICOM	dPMR	6	45
ICOM	ICOM	FM	6	45
MD785	MD785	DMR II	6	45
MD785	MD785	FM	6	45
ICOM	ICOM	dPMR	9	45
ICOM	ICOM	FM	9	45
DM4600	GM360	FM	6	40
GM360	GM360	FM	6	40
DM4600	GM360	FM	9	40
GM360	DM4600	FM	9	40
GM360	GM360	FM	9	40

Příloha 2

Tab. 12 Úplný výčet testování na trase Čabárna - Brandýsek

testování na trase Čabárna – Brandýsek a zpět				
přijímací RDST	vysílací RDST	modulace	útlum (dB)	rychlost (km/h)
ICOM	ICOM	dPMR	3	45
ICOM	ICOM	FM	3	45
DM4600	DM4600	DMR II	6	45
DM4600	DM4600	FM	6	45
ICOM	ICOM	dPMR	6	45
ICOM	ICOM	FM	6	45
DM4600	DM4600	DMR II	9	45
DM4600	DM4600	FM	9	45
ICOM	ICOM	dPMR	9	45
ICOM	ICOM	FM	9	45
DM4600	DM4600	DMR II	0	50
DM4600	DM4600	FM	0	50
DM4600	DM4600	DMR II	3	50
DM4600	DM4600	FM	3	50
DM4600	DM4600	DMR II	6	50
DM4600	DM4600	FM	6	50
MD785	MD785	DMR II	0	70
MD785	MD785	FM	0	70
DM4600	DM4600	DMR II	0	70
DM4600	DM4600	FM	0	70
MD785	MD785	DMR II	3	70
MD785	MD785	FM	3	70
DM4600	DM4600	DMR II	3	70
DM4600	DM4600	FM	3	70
DM4600	DM4600	DMR II	6	70
DM4600	DM4600	FM	6	70
DM4600	DM4600	DMR II	9	70
DM4600	DM4600	FM	9	70
testování na trase Čabárna – Brandýsek				
přijímací RDST	vysílací RDST	modulace	útlum (dB)	rychlost (km/h)
DM4600	DM4600	DMR II	0	30
DM4600	DM4600	FM	0	30
DM4600	DM4600	DMR II	3	30
DM4600	DM4600	FM	3	30
DM4600	DM4600	DMR II	6	30
DM4600	DM4600	FM	6	30

Příloha 3

Tab. 13 Úplný výčet testování na trase Vinařice

testování na trase Vinařice				
přijímací RDST	vysílací RDST	modulace	útlum (dB)	rychlost (km/h)
DM4600	DM4600	DMR II	0	50
DM4600	DM4600	FM	0	50
ICOM	ICOM	dPMR	0	50
ICOM	ICOM	FM	0	50
MD785	MD785	DMR II	0	50
MD785	MD785	FM	0	50
DM4600	DM4600	DMR II	3	50
DM4600	DM4600	FM	3	50
ICOM	ICOM	dPMR	3	50
ICOM	ICOM	FM	3	50
MD785	MD785	DMR II	3	50
MD785	MD785	FM	3	50
DM4600	DM4600	DMR II	6	50
DM4600	DM4600	FM	6	50
ICOM	ICOM	dPMR	6	50
ICOM	ICOM	FM	6	50
MD785	MD785	DMR II	6	50
MD785	MD785	FM	6	50
DM4600	DM4600	DMR II	9	50
DM4600	DM4600	FM	9	50

Příloha 4

Tab. 14 Úplný výčet testování na trase Pchery

testování na trase Pchery, směr Švermov - Pchery				
přijímací RDST	vysílací RDST	modulace	útlum (dB)	rychlost (km/h)
DM4600	DM4600	DMR II	0	70
DM4600	DM4600	FM	0	70
ICOM	ICOM	dPMR	0	70
ICOM	ICOM	FM	0	70
MD785	MD785	DMR II	0	70
MD785	MD785	FM	0	70
DM4600	DM4600	DMR II	3	70
DM4600	DM4600	FM	3	70
ICOM	ICOM	dPMR	3	70
ICOM	ICOM	FM	3	70
MD785	MD785	DMR II	3	70
MD785	MD785	FM	3	70
ICOM	ICOM	dPMR	6	70
ICOM	ICOM	FM	6	70
MD785	MD785	DMR II	6	70
MD785	MD785	FM	6	70
testování na trase Pchery, směr Pchery - Švermov				
přijímací RDST	vysílací RDST	modulace	útlum (dB)	rychlost (km/h)
DM4600	DM4600	DMR II	0	50
DM4600	DM4600	FM	0	50
MD785	MD785	DMR II	0	50
MD785	MD785	FM	0	50
ICOM	ICOM	dPMR	3	50
ICOM	ICOM	FM	3	50
MD785	MD785	DMR II	3	50
MD785	MD785	FM	3	50
ICOM	ICOM	dPMR	6	50
ICOM	ICOM	FM	6	50
MD785	MD785	DMR II	6	50
MD785	MD785	FM	6	50
ICOM	ICOM	dPMR	9	50
ICOM	ICOM	FM	9	50