



AKUSTICKÁ DETEKCE DŘEVOKAZNÉHO HMYZU

VALAŠSKÉ MUZEUM V PŘÍRODĚ - ROŽNOV POD RADHOŠTĚM

SRPEN 2015



**SANACE
DŘEVA**



POSUDKOVÁ ZPRÁVA

TS011/2015

AKUSTICKÁ DETEKCE DŘEVOKAZNÉHO HMYZU

VALAŠSKÉ MUZEUM V PŘÍRODĚ

ROŽNOV POD RADHOŠTĚM, ČESKÁ REPUBLIKA 27. - 28. 07. 2015

Objednatel:

Valašské muzeum v přírodě
Palackého 147
Rožnov pod Radhoštěm
756 61

Zhotovitel:

Thermo Sanace s.r.o.
Chamrádova 475/23
718 00 Ostrava-Kunčičky
IČ: 28622201





Obsah

1	Úvod	4
2	Cíl posudkové zprávy	5
3	Metodický postup průzkumu	6
3.1	Akustická detekce aktivity dřevokazného hmyzu (Acustic pack)	6
4	Výsledky průzkumu stavu poškození	9
4.1	CHALUPA Z PRLOVA	11
4.1.1	Dokumentace rozmístění senzorů - Chalupa z Prlova	11
4.1.2	Vyhodnocení výsledků SW analýz - Chalupa z Prlova	19
4.2	ROŽNOVSKÁ RADNICE	21
4.2.1	Dokumentace rozmístění senzorů - Rožnovská radnice	21
4.2.1	Vyhodnocení výsledků SW analýz - Rožnovská radnice	29
5	Bionomie nalezeného dřevokazného hmyzu	31
6	Návrh sanace	32
7	Závěry z měření	34
8	Seznam tabulek	37
9	Použité zdroje	38





1 Úvod

Pracovníci Metodického pracoviště Sanace dřeva společnosti Thermo Sanace s.r.o. provedli ve dnech **27. - 28. 09. 2015** akustický průzkum aktivity larev dřevokazného hmyzu v napadených dřevěných prvcích dvou historických roubených domů v areálu Valašského muzea v přírodě v Rožnově pod Radhoštěm a to konkrétně na tzv. Chalupě z Prlova a Rožnovské radnici.

Chalupa z Prlova se nalézá v souboru lidových staveb ve Valašské dědině a původně patřila k velmi staré usedlosti v obci, zapsané v tereziánském katastru v roce 1754. Jedná se o originál stavby staršího typu členění vnitřního obytného prostoru, má pouze jizbu a síň, strop z půlkuláčů a malá jednoduchá okna.

Rožnovská radnice umístěná ve Dřevěném městečku je poschodovou roubenou stavbou z roku 1770, do lázeňského parku „Hájnice“ byla přenesena z rožnovského náměstí. Byla instalována jako první objekt Valašského muzea v přírodě, s demontáží se začalo již v roce 1924, v plné kráse uvítala hosty Valašského roku v červenci 1925. V roce 2009 prošla kompletní rekonstrukcí.

Zjištěný stav obou objektů shrnuje níže vypracovaná technická zpráva (TS011/2015) na žádost objednatele, obsahující stav a rozsah degradace prvků, včetně řádné fotodokumentace a výsledky z akustické detekce. Celková posudková zpráva (TS011/2015), byla dokončena po zpracování získaných akustických nahrávek a vyhodnocení stavu dřevěných prvků.

ROZSAH PRACÍ

- I. Metodický postup a výsledky průzkumu rozsahu poškození
- II. Řádná fotodokumentace stavu poškození
- III. Výsledky akustické detekce poškození
- IV. Celkové vyhodnocení měření

Průzkum byl proveden za účasti pracovníků Valašského muzea v přírodě, zastoupeného panem Mgr. Tomášem Dostálem, DiS., panem Mgr. Radkem Bryolem a panem Mgr. Petrem Lidákem.



Průzkum provedly:

Ing. Andrea Nasswettrová, Ph.D.

Ing. et Ing. Soňa Křivánková

Ing. Simona Lauerová

Ing. Olga Grossová

Posudek vypracovaly:

Ing. Andrea Nasswettrová, Ph.D.

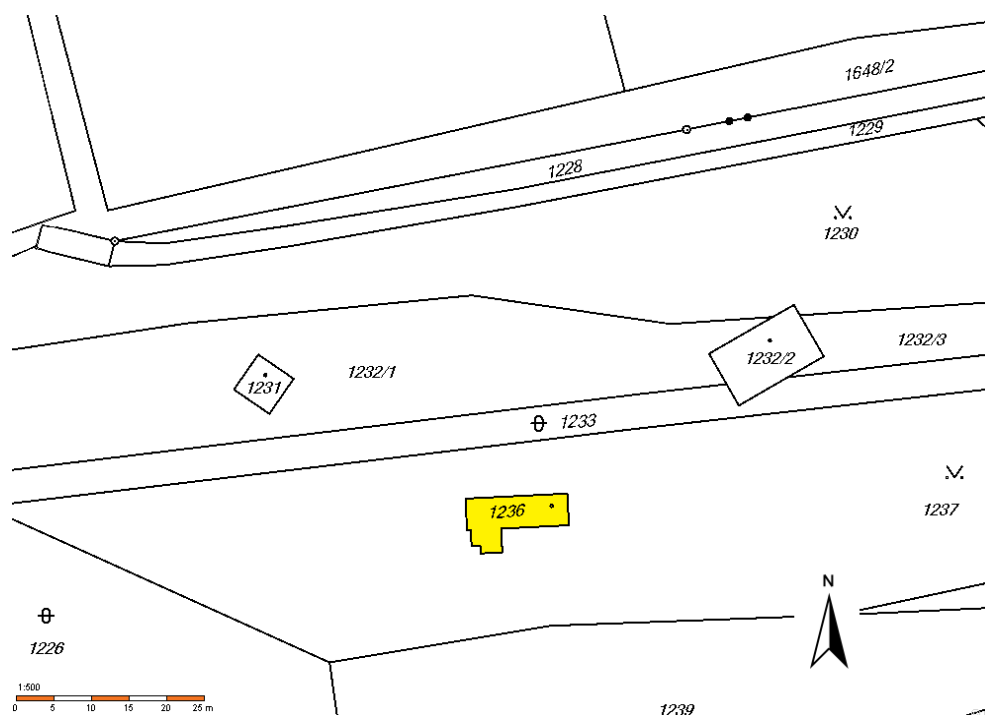
Ing. et Ing. Soňa Křivánková

Rozsah posudku: 46 stran z toho 7 stran příloh

Počet odevzdaných exemplářů: 1

2 Cíl posudkové zprávy

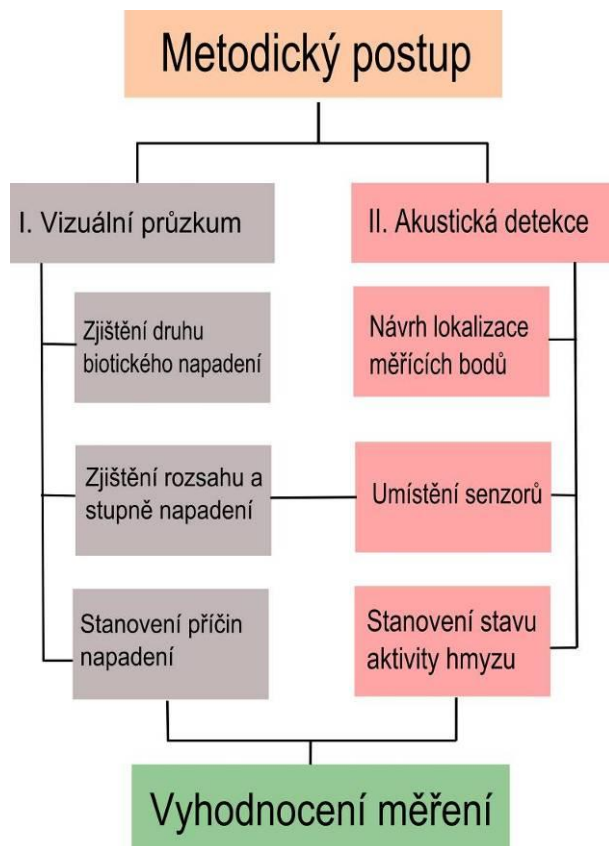
Cílem posudkové zprávy bylo ověřit aktivní napadení původního historicky cenného roubení Chalupy z Prlova a Rožnovské radnice dřevokazným hmyzem, převážně z čeledi Tesaříkovitých (*Cerambycidae*) a to metodou akustického snímání aktivity dřevokazné larvy při požeru dřevní hmoty pomocí přístroje Acoustic pack.



Obr. 1 Situace Chalupa z Prlova.

3 Metodický postup průzkumu

Dle zvoleného metodického postupu komplexního průzkumu rozsahu poškození dřevěných částí (obr. 1) byla provedena akustická detekce a vyhodnocen stav napadení.



Obr. 2 Schéma metodického postupu detekce poškození

3.1 Akustická detekce aktivity dřevokazného hmyzu (Acoustic pack)

Vzhledem ke skutečnosti, že metoda "termosanace" má své opodstatnění pouze v případech aktivního napadení konstrukce dřevokazným hmyzem, vyvinula společnost Thermo Sanace s.r.o. ve spolupráci s UTEE VUT Brno akustické zařízení pro detekci aktivity larev dřevokazného hmyzu v konstrukcích. Zařízení bylo ověřeno experimentálním měřením, je chráněno a označeno jako systém Acoustic pack (obr. 3).

Nahrávací systém tohoto zařízení umožňuje zaznamenávat až 8 zvukových stop najednou s jejich následnou poloautomatickou analýzou a vyhodnocením stavu zkoumaného vzorku. Zvukové signály jsou zaznamenány jednotlivými senzory (S1 – S8) založenými na piezoelektrickém jevu, které mají v sobě integrovaný předzesilovač pro dodržení požadované kvality signálu (lepší poměr signál/šum a omezení vnějšího rušení). Získané signály jsou posílány do zvukové karty, kde jsou analogová data z jednotlivých senzorů digitalizována a sloučena do jednoho datového toku, který je následně pomocí USB rozhraní přenesen do PC. Zde se získaná data automaticky analyzují a tak je možné detekovat aktivitu larev v záznamu. Celý sys-



tém dokáže pořizovat několikahodinové záznamy ze všech 8 kanálů a pracovat ve dvou režimech a to nezávisle na sobě. Výsledný stav degradovaného prvku se pomocí softwaru zobrazí i graficky.





Obr. 3 Zařízení Acoustic pack při detekci aktivity larev dřevokazného hmyzu

Zvukové projevy (akustické emise) larev, vytvářené při porušování buněčných stěn elementů dřeva požerem, mají nepravidelnou strukturu s krátkými pauzami o různé délce (nespojité signály) [1]. Charakter zvuku je dán strukturou dřeva, vlhkostí dřevní hmoty, stářím larvy (tedy její velikostí) a hloubkou jejího umístění ve struktuře. Výsledný zvuk larev je kombinací vibrace dřevní hmoty a zvuku šířícího se vzduchem v chodbičce. Akustickou a grafickou analýzu umožňují v systému Acoustic Pack dva programy. V prvním případě se jedná o komerční software Cubase Elements 6, který umožňuje díky nahrávací kartě nahrávat data ze všech osmi senzorů on-line a tato data pak kdykoli akusticky a graficky analyzovat, obr. 3.

Pro získání hledaného signálu a to i v případě okolního rušení nebo při menší velikosti larvy či jejím umístění ve větší hloubce je nutné získané spektrum neznámého multitónového akustického signálu generovaného larvami porovnávat na základě korelační analýzy s vytvořenou databází signálů (vzorů) z prostředí *in situ* (např. krovů) i laboratorních podmínek ve speciálně vyvinutém softwaru. Tím je možné potlačit vliv nežádoucí akustické emise (parazitní šum) okolí a vypočítat korelační faktor shody a numericky určit míru napadení konstrukce [2].



4 Výsledky průzkumu stavu poškození

Na základě vizuálního průzkumu napadených dřevěných prvků roubených stěn a stropních trámů - Chalupa z Prlova a dřevěných prvků roubených stěn - Rožnovská radnice bylo dle zbarvení, rozkladu dřeva, výletových otvorů a požerků, jako stop identifikujících určitý druh dřevokazného hmyzu způsobující dané destrukční poškození, diagnostikováno napadení níže popsány biotickými činiteli.

Z dřevokazného hmyzu bylo na obou objektech detekováno rozsáhlé poškození z čeledi **Cerambycidae – tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus* L.)** a byl zjištěn i lokální výskyt čeledi **Anobiidae – červotoč proužkovaný (*Anobium punctatum* L.)**. Kolonizace dřevokazných hub nebyla v konstrukcích detekována.

Stanovení stupně poškození určovalo rozmístění akustických snímačů a řídilo se počtem výletových otvorů na 1 m² napadených prvků (Tab.1). U napadeného dřeva byla měřena vlhkost pomocí dielektrického vlhkoměru METERLINK M0297 a dřevo bylo diagnostikováno na základě degradační činnosti. Třídění bylo provedeno zvlášť pro hmyz z čeledi *Cerambycidae* a zvlášť z čeledi *Anobiidae*. Norma ČSN EN 335 část 2: *Návod na zkoušení a klasifikaci přirozené trvanlivosti dřeva* [3], zařazuje dřevo do 5 tříd podle přirozené trvanlivosti z hlediska napadení dřevokaznými houbami. Smrkové a jedlové dřevo je klasifikováno jako „málo trvanlivé“ a spadá do třídy 4. [3] Destrukční činnost prvků působením hmyzu byla zařazena do tříd podle rozsahu poškození dle tab. 1.

Tab. 1 Stupně poškození dřeva podle počtu výletových otvorů na 1 m² [3]

Stupeň poškození	Počet výletových otvorů na 1 m ²	
	<i>Cerambycidae</i>	<i>Anobiidae</i>
I. SLABÉ	2 - 4	6 - 10
II. STŘEDNÍ	6 - 16	12 - 24
III. SILNÉ	>16	>24

Tab. 2 Vymezení a přesná specifikace stupňů poškození

STUPEŇ POŠKOZENÍ	SPECIFIKACE
1	Prvky novější, vyschlé, povrch hladký nebo s lehce potřhanými dřevními vlákny, obvykle řezivo kvality S0 nebo S1, světle zbarvené. Na povrchu nejsou patrné žádné barevné změny a stopy po biotickém napadení.
2	Vyschlé konstrukční prvky, obvykle řezivo kvality S0 nebo S1 s lehce ztmavlým povrchem. V povrchových partiích se mohou vyskytovat drobné známky biotického poškození – ojediněle výletové otvory dřevokazného hmyzu a larvální požerkové chodbičky, případně místa lehce poškozená hnilobou. Dřevo je pevné a napadení nezasahuje do větších hloubek.





3	Dřevo se stopami biotického napadení, rozštěpený povrch dřeva, stopy po larválních požerkových chodbičkách, přítomnost prachu a drtě z jejich výplně, které se volně sypou ven, zejména na hranách prvků. Stopy působení dřevokazných hub – změna barvy, kostkovitý rozpad dřeva. Poškození nepřesahuje 30 % průřezu prvku.
4	Biotické napadení dřevokazným hmyzem a houbou, prvek se rozpadá na drobné skelety a prach u dřevokazných hub na kostky s různou velikostí lomů. Barva dřeva je téměř vždy tmavá až tmavohnědá. Zbytkové dřevo ztratilo svoji integritu a nemá téměř žádnou mechanickou funkci. Poškození přesahuje přes 40 % průřezu prvku.

* jakost řeziva S0 - hraněné řezivo vysoké pevnosti, SI - hraněné řezivo normální pevnosti, normy ČSN 49 1531 – 1, ČSN 73 2824-1 [4].

VYSVĚTLENÍ KE ZNAČENÍ HODNOCENÍ STAVU A ROZSAHU POŠKOZENÍ PRVKŮ

U degradovaných prvků byl hodnocen:

I. Druh poškození - dle biotické degradace bylo značeno poškození:

C - *Cerambycidae* - (dřevokazný hmyz z čeledi tesaříkovití)

A - *Anobiidae* - (dřevokazný hmyz z čeledi červotočovití)

II. Stupeň míry poškození - /1 - 4/, kde (1) znamená nejmenší rozsah poškození, (2) střední rozsah poškození prvku, (3) větší rozsah poškození prvku a (4) největší rozsah poškození – totální destrukce prvku. Detailněji hodnocení specifikuje, tab. 2.

III. Aktivita larev - Porovnáním spekter neznámého signálu s načteným vzorem je získán korelační faktor, který nabývá hodnot 0-100. Hodnoty od 50 a výše se považují za spektrum velmi podobné tesaříku krovovému (*Hylotrupes bajulus* L).

IV. Návrh sanace - (C) celková výměna prvku, (P) označuje protézu - nastavení prvku. V případě nastavení je požadovaná délka uvedena v metrech, vždy pro daný rozsah napadení. Požadovanou délkou je myšlena minimální možná délka z hlediska poškození, proto je nutné při návrhu připočítat ještě délku nastavovacího spoje. (T) návrh na komplexní horkovzdušnou sanaci objektu (metoda termosanace).

U stupně poškození 1 není nutná sanace ve formě celkových výměn nebo protézace prvku. U stupně poškození 2 a 3 je z ohledem k rozsahu poškození navrhována termosanace nebo sanace ve formě celkové výměny nebo protézování prvků. U stupně poškození 4 (zcela degradovaných prvků) je zpravidla navrhována sanace ve formě celkové výměny nebo protézování prvků. U stupně 2 – 4 je vždy přihlédnuto k rozsahu poškození a možnosti generačního rozvoje dřevokazného hmyzu do dalších prvků konstrukce. V těchto





případech je po výměnách degradovaných prvků navrhována i komplexní ochrana metodou termosanace a preventivní nátěr proti opětovnému napadení. Pro vhodnou výměnu či protézaci je doporučeno vždy použít stavební řezivo požadované jakosti a vlhkosti dřeva dle normy ČSN 49 1531 – 1 a navazující ČSN 73 2824-1 [4].

4.1 CHALUPA Z PRLOVA

4.1.1 Dokumentace rozmístění senzorů - Chalupa z Prlova

Roubený, přízemní, zevnitř a zčásti omítaný objekt byl rozdělen celkem do devíti sektorů po osmi zkušebních místech (akustických senzorech). Na štítové stěně byly akustické senzory umístěny celkem ve třech sektorech - S1, S2, S3, vždy po jednom senzoru na jednom trámu roubení. Sektor S4 byl vymezen na podélné stěně objektu vpravo od štítové stěny; sektory S5, S6, S7 na podélné stěně v pohledu vlevo od štítové stěny. Uvnitř objektu byl vymezen sektor S8 monitorující stropní trámy síně a před síně, sektor S9 pak monitoroval aktivitu dřevokazného hmyzu na podélné straně v pohledu vpravo v její horní části nad a za omítaným úsekem. Celkově tedy bylo monitorováno 72 zkušebních míst.

Níže je uvedena dokumentace všech detekovaných a monitorovaných míst (celkem 72 měřících bodů), tabulka (tab. 3) s druhem a stupněm napadení a tabulka (tab. 4) obsahující čísla senzorů a sektorů, vlhkost a korelační faktor aktivity.



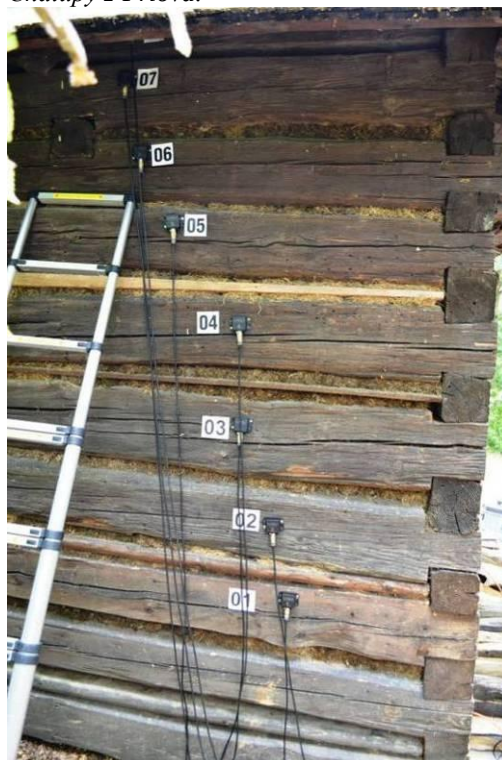
Obr. 4 Sektor S1 na štítové stěně roubeného objektu Chalupy z Prlova.



Obr. 5 Sektor S2 a S3 na štítové stěně roubeného objektu Chalupy z Prlova.



Obr. 6 Sektor S4 a S5 na štítové stěně roubeného objektu Chalupy z Prlova.





Obr. 7 Sektor S6 a S7 na štitové stěně roubeného objektu Chalupy z Prlova.



Obr. 8 Sektor S8 uvnitř objektu Chalupy z Prlova.

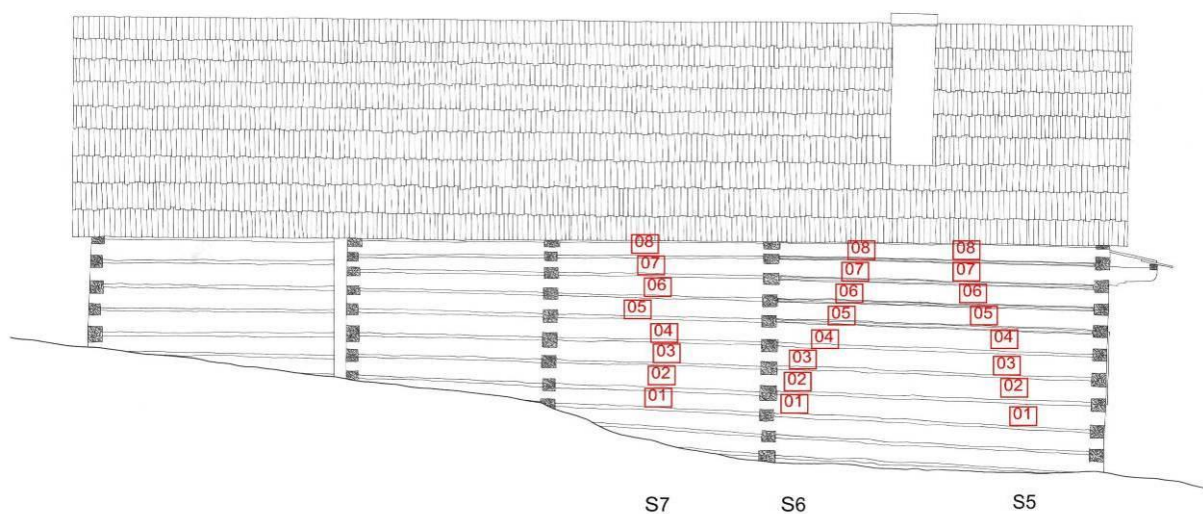




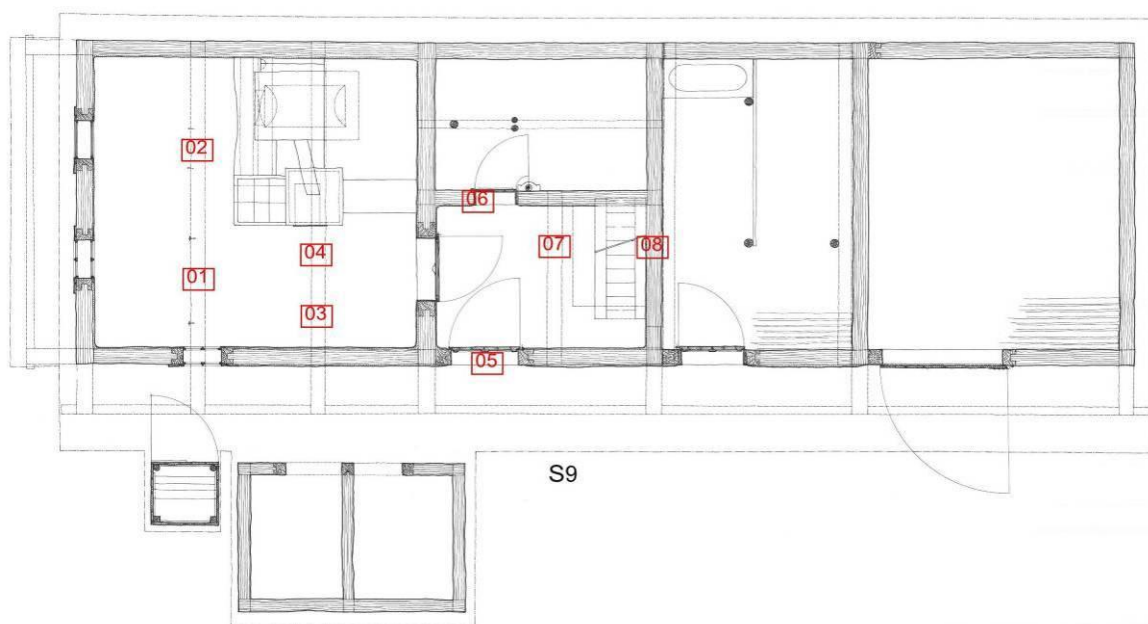
Obr. 9 Sektor S9 na podélné straně objektu Chalupy z Prlova.



Obr. 10 Sektory S1, S2 a S3 na štítové stěně Chalupy z Prlova.



Obr. 11 Sektory S5, S6 a S7 na Chalupě z Prlova.



Obr. 12 Sektory S8 v interiéru Chalupy z Prlova.





Obr. 13 Sektory S4 a S9 na Chalupě z Prlova.

Tab. 3 II. Stupeň míry poškození prvků - Chalupa z Prlova.

	číslo senzoru	druh poškození	stupeň poškození		číslo senzoru	druh poškození	stupeň poškození		číslo senzoru	druh poškození	stupeň poškození
sektor 1	1	C	1	sektor 2	1	C	1	sektor 3	1	C	1
	2	C	1		2	C	1		2	C	2
	3	C	2		3	C	2		3	C + A	3
	4	C	2		4	C	2		4	C + A	3
	5	C	2		5	C	3		5	C + A	3
	6	C	3		6	C	3		6	C + A	3
	7	C	3		7	C	2		7	C	2
	8	C	2		8	C	2		8	C	2
sektor 4	1	C	2	sektor 5	1	C + A	2	sektor 6	1	C + A	2
	2	C	1		2	C + A	2		2	C + A	2
	3	C + A	3		3	C + A	2		3	C + A	3
	4	C	2		4	C + A	3		4	C + A	3
	5	C + A	3		5	C	3		5	C + A	2
	6	C + A	3		6	C	2		6	C + A	3
	7	C	3		7	C	2		7	C + A	3
	8	C	3		8	C	2		8	C + A	3
sektor 7	1	C + A	2	sektor 8	1	C + A	3	sektor 9	1	C + A	3
	2	C + A	3		2	C + A	3		2	C + A	3
	3	C + A	3		3	C + A	3		3	C + A	2
	4	C + A	2		4	C + A	3		4	C + A	3
	5	C + A	2		5	C + A	3		5	C + A	2
	6	C + A	2		6	C + A	3		6	C + A	3
	7	C + A	2		7	C + A	3		7	C + A	3
	8	C + A	2		8	C + A	3		8	C + A	2

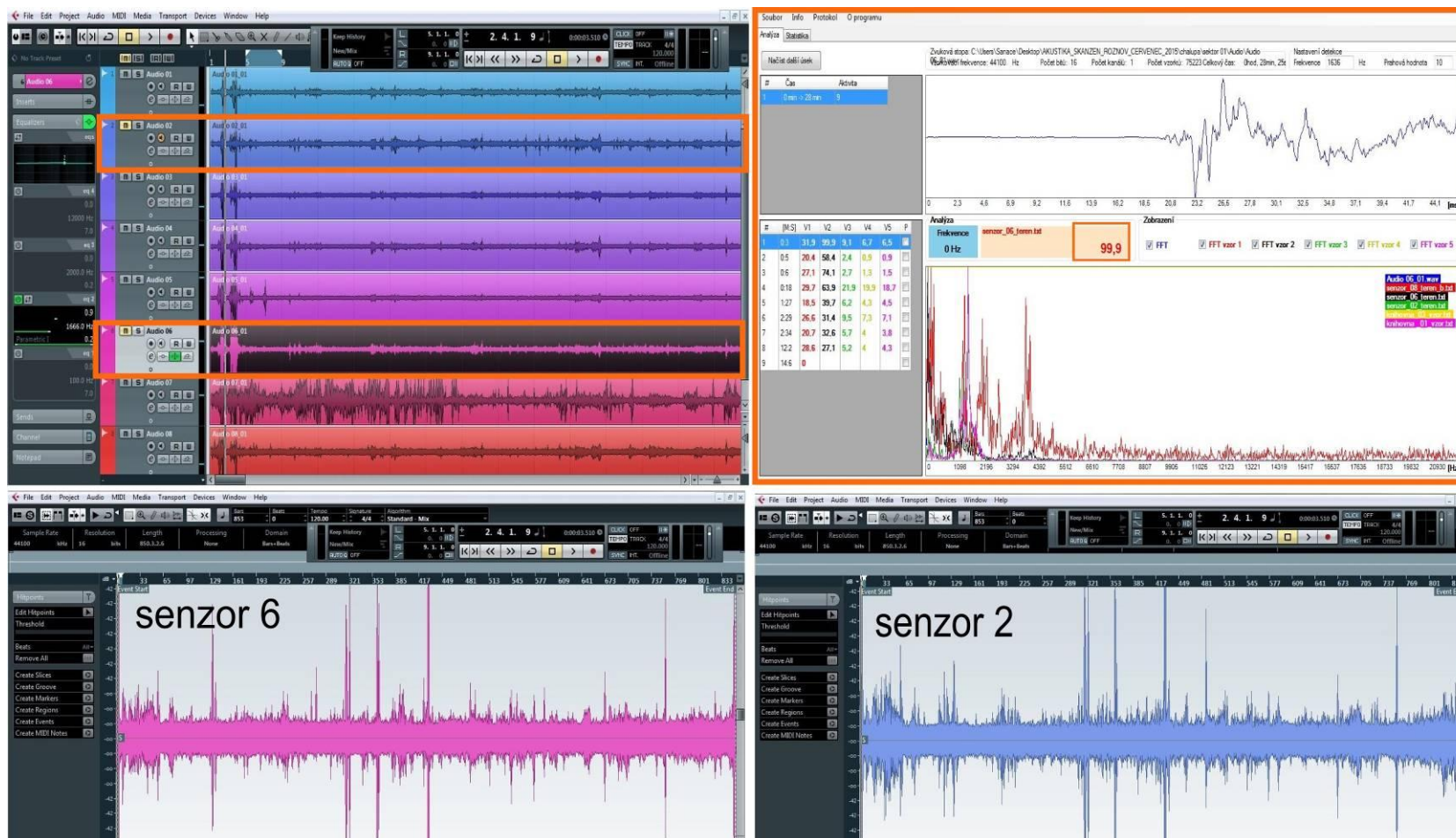


Tab. 4 III. Aktivita larev - Chalupa z Prlova

Hodnoty korelačních faktorů a vlhkosti jednotlivých zkušebních míst Chalupy z Prlova

III. Aktivita larev - CHALUPA Z PRLOVA

SENZOR	SEKTOR																	
	S1 KF	w [%]	S2 KF	w [%]	S3 KF	w [%]	S4 KF	w [%]	S5 KF	w [%]	S6 KF	w [%]	S7 KF	W [%]	S8 KF	w [%]	S9 KF	w [%]
1	57,3	8,4	66,0	7,7	57,6	9,9	82	8,2	74,6	11,8	81,3	11,5	75,9	10,9	41,6	13,7	81,0	11,4
2	78,3	8,5	65,2	8,4	80,7	10,9	82,4	10,0	70,9	11,7	49,1	12,2	44,3	12,2	22,9	11,9	62,9	11,2
3	54,7	8,1	38,2	7,9	82,5	9,3	11,0	9,8	77,9	11,5	65,2	12,2	80,7	13,1	52,9	12,6	64,7	10,8
4	62,1	8,2	66,4	8,2	76,5	10,4	79,7	11,5	73,0	11,9	84,2	11,5	76,7	12,4	65,3	13,1	69,4	11,6
5	40,2	10,1	65,8	10,3	58,3	9,6	67,8	12,2	0	11,9	81,4	11,9	81,3	13,9	38,6	10,7	72,6	10,1
6	99,9	11,7	87,1	7,6	78,3	11,5	82,3	11,6	68,6	12,3	73,2	10,9	76,3	12,3	77,7	9,6	66,0	9,8
7	44,8	12,2	84,8	11,9	82,9	11,2	81,8	13,9	64,2	13,7	74,9	11,7	77,1	11,9	46,0	12,0	70,8	10,8
8	37,8	11,9	42,6	9,8	61,5	12,4	78,1	11,2	41,9	12,6	48,4	10,7	82,7	13,5	46,1	11,7	49,1	10,7



Obr. 14 Nejvyšší dosažené hodnoty korelačních faktorů Chalupa z Prlova
- sektor S1, na senzorech 6 a 2

4.1.2 Vyhodnocení výsledků SW analýz - Chalupa z Prlova

Získaná data byla zpracována ve dvou softwarových prostředích. Prvním bylo komerční softwarové prostředí programu Cubase Elements 6 (obr. 15 vlevo nahoře) a druhým bylo vlastní softwarové prostředí Acoustic Pack (obr. 15 vpravo nahoře) vyvíjené ve spolupráci Thermo Sanace s.r.o. a UFEE FEKT VUT. Tento program umožňuje zpracování a diagnostiku dlouhých zvukových záznamů. Využívá algoritmus pro detekci a výřez zájmových úseků signálu a ty jsou následně porovnávány se vzory z databázové knihovny vzorů. Aplikace používá algoritmy pro hodnocení detekovaného signálu tak, aby signály, které nemohou být projevem tesaříka, nebyly do zpracovávaného seznamu průběhů zavedeny. Získané výsledky jsou prezentovány ve formě grafických závislostí hodnoty korelačního faktoru KF. Korelační faktor je veličina vyjadřující shodnost frekvenčního spektra signálu s námi definovaným vzorkem z vytvářené knihovny vzorů. Hodnota korelačního faktoru nabývá hodnot od 0 do 100, kde absolutní shoda je dána číslovkou 100.

Hodnoty od 50 a výše se považují za spektrum velmi podobné tesaříku krovovému (*Hylotrupes bajulus* L). Jako hodnoty ukazující na vysokou podobnost testovaného zvuku a vzoru lze označit hodnoty $KF > 70$, které jsou prokazatelně odlišné od průměrných hodnot KF v okolí (šum). Pro označení pozitivní detekce aktivity larvy tesaříka musí záznam obsahovat hodnoty vyšší jak zmíněný limit periodicky tak, jak docházelo k zvukovým projevům larvy. Ojedinelé výkyvy KF nad hodnotu 80 mohou být způsobeny i jinými zdroji (dopady předmětů, praskání dřeva, průjezd sanitky apod.). V případech vysokého šumu mohou nastat situace, kdy úroveň KF dosahuje hodnot vyšších jak 80. V tomto případě jsou data příliš ovlivněna šumem, který zamezuje jejich vyhodnocení. Takovéto signály musejí být porovnány online ze záznamu ze softwaru Cubase Elements 6 a odborníkem posouzeny s ohledem na okrajové podmínky detekovaného místa, jako jsou výletové otvory, vysoká vlhkost, symbiotické působení s dřevokaznými houbami apod.

Štítová stěna chalupy z Prlova – sektor S1 – S3

Z tab. 4 je patrné, že larvy tesaříka byly na štítové stěně chalupy z Prlova vysoce aktivní v sektoru S1 na senzorech 2 a zejména na senzoru 6, obr. 5. Detekovaná místa se senzory 3a 4 nevykazovala aktivitu larev, odpovídají tomu i staré výletové otvory od tesaříka krovového. V sektoru S2 na roubení se senzorem 2 byla aktivita tesaříka jasně slyšitelná i bez použití systému Acoustic Pack, na tuto skutečnost pracovníci společnosti Thermo Sanace upozornili i pracovníky Valašského muzea v přírodě, pana Mgr. Radka Bryola a pana Mgr. Petra Liďáka. Vysoká aktivita byla dále patrná na trámech vrchního roubení se senzory 5, 6 a 7, tab. 4. V sektoru S3 byla patrná nejvyšší vlhkost dřeva na všech zkušebních místech a aktivita byla detekovaná s nejvyšší hodnotou korelačního faktoru ve vrchním roubení (senzory 5, 6 a 7) a spodním roubení (senzory 2, 3 a 4), tab. 4. Vzhledem k osazení objektu do terénu a jeho orientaci ke světovým stranám vznikají na štítové stěně optimální teplotní a v tomto případě i vlhkostní podmínky k přirozenému vývoji larev tohoto druhu dřevokazného hmyzu.



Z výsledků je patrné, že nejvyšší aktivita byla detekována a lokalizována na trámu roubení pod senzory 2 a zejména 6. Oba trámy jsou napadeny ve svých celých délkách (senzor 2 KF = 65,2 – 80,7 a senzor 6 KF = 78,3 – 99,9).

Podélná stěna vpravo od štítové stěny – sektor S4 a S9

Sektor S4 byl vymezen na podélné stěně objektu vpravo od štítové stěny a sektor S9 pak monitoroval aktivitu dřevokazného hmyzu na podélné straně v pohledu vpravo v její horní části nad a za omítaným úsekem. Z výsledků SW Acoustic Pack jsou hodnoty KF vysoké na trámecích roubení 4 – 8, kde také byla zaznamenána zvýšená vlhkost dřeva. Senzor 7 v sektoru S4 odpovídal senzoru 1 v sektoru S9, jednalo se o trám roubení nad vstupními dveřmi do chalupy, obr. 8. Na obou senzorech byla zaznamenána vysoká aktivita larev tesaříka, KF senzoru 7 v sektoru S4 > 81,8 a senzoru 1 v sektoru S9 > 81. Tato skutečnost koreluje s online záznamem, jedná se o shodný signál a potvrzuje to relevantnost dosažených výsledků. Tuto skutečnost si online potvrdil i zástupce Valašského muzea v přírodě pan Mgr. Radek Bryol. V sektoru S4 byla zaznamenána vysoká aktivita, téměř na všech senzorech byla hodnota KF vyšší než 70, až na senzor 3, kde byla hodnota nejnižší a téměř bez aktivity (KF = 11), tab. 4.

Podélná stěna vlevo od štítové stěny – sektor S5, S6 a S7

Diagnostika SW Acoustic Pack ukázala pouze 2 shodné detekované záznamy s maximálním KF = 68,6 v sektoru S5 a to na senzoru 6 a 7. Hodnoty KF na senzorech 1 – 4 pro neznámý zvuk nabývaly pro většinu detekovaných průběhů hodnoty KF = 70 - 80. Lze tedy konstatovat, že se jedná o opakující se tentýž zvuk jiného původu než projev tesaříka. Tato skutečnost byla porovnána i s online záznamy ze SW Cubase Elements 6. Na senzoru 5 byla zaznamenána nulová korelační shoda neznámého signálu s databází vzorů. Na všech sektorech byla zaznamenána vysoká vlhkost dřevěných prvků roubení. V sektoru S6 byla aktivita patrná na senzorech 1, 3 – 7. V sektoru S7 byla zaznamenána významná aktivita na senzoru 8, posledním snímaném trámu roubení s KF = 82,7. Hodnota korelačního faktoru korespondovala s vysokou vlhkostí $w = 13,5 \%$, tab. 4. Stejně tak výsledky ze senzorů 7 a 8 dosahovaly vysokých hodnot KF. Z výsledků je zřejmé aktivní napadení trámů roubení monitorované podélné stěny pod senzory 6 a 7, tedy ve vrchní části objektu (senzor 6 KF = 68,3 – 76,3, senzor 7 KF = 64,2 – 77,1).

Stropní trámy síně a předsíně – sektor S8

Sektor 8 monitoroval stav dřevěných prvků stropních trámů uvnitř chalupy z Prlova. Nejvyšší aktivita byla zaznamenána na senzorech 3, 4 a 6. Ostatní senzory vykazovaly hodnoty korelačních faktorů nižších než 50. Z toho senzory 3 a 4 byly umístěny od sebe ve kratší vzdálenosti než jeden metr, lze tedy usuzovat, že senzor 4 přesně lokalizoval zdroj larvy tesaříka (KF = 65,3).

V příloze 1 jsou uvedeny průběhy zájmových oblastí ze SW Acoustic Pack ze všech devíti sektorů.



4.2 ROŽNOVSKÁ RADNICE

4.2.1 Dokumentace rozmístění senzorů - Rožnovská radnice

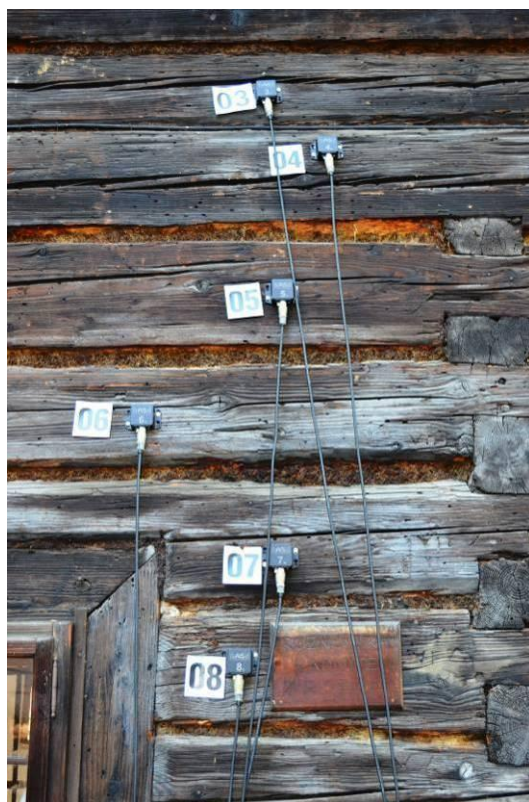
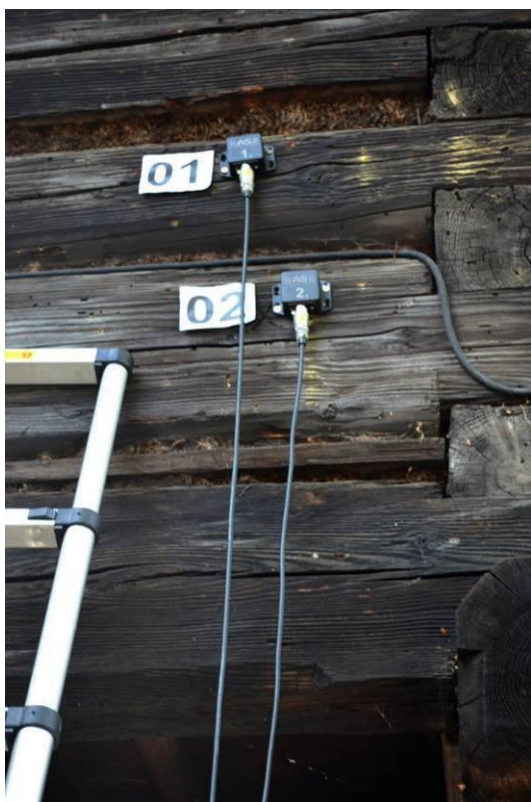
Poschod'ová roubená stavba z roku 1770 byla pro účely diagnostiky rozdělena na pět měřících sektorů, kvůli omítnutí všech vnitřních prostor byly měřící sektory rozvrženy na štítu objektu a přilehlé levé podélné stěně. Vzhledem k vymezenému času pro měření ze strany vedení Valašského muzea v přírodě byl průzkum omezen na ranní hodiny před návštěvní dobou a z tohoto důvodu nebyly měřeny další přístupné strany objektu.

Budova rožnovské radnice byla rozdělena celkem do pěti sektorů po osmi zkušebních místech (akustických senzorech). Na levé podélné stěně byly akustické senzory umístěny celkem ve čtyřech sektorech - S1, S2, S3 a S4, vždy po jednom senzoru na jednom trámu roubení. Sektor S5 byl vymezen na štítové stěně objektu a konzolách balkónu, přednostně byla měřena místa s vizuálně diagnostikovaným výskytem dřevokazného hmyzu, konkrétně tesaříka krovového (*Hylotrupes bajulus*). Celkově tedy bylo monitorováno 40 zkušebních míst.

Níže je uvedena dokumentace všech detekovaných a monitorovaných míst (celkem 40 měřících bodů), tabulka s druhem a stupněm napadení (tab. 5) a tabulka obsahující čísla senzorů a sektorů, vlhkost a korelační faktor aktivity (tab.6).



Obr. 15 Roubený objekt Rožnovské radnice z roku 1770.



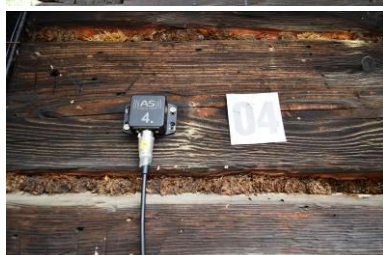
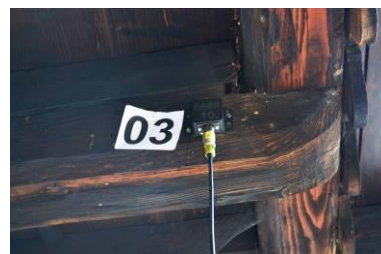
Obr. 16 Sektor S1 na podélné stěně roubeného objektu Rožnovské radnice

Obr. 17 Sektor S2 a S3 na podélné stěně roubeného objektu Rožnovské radnice.



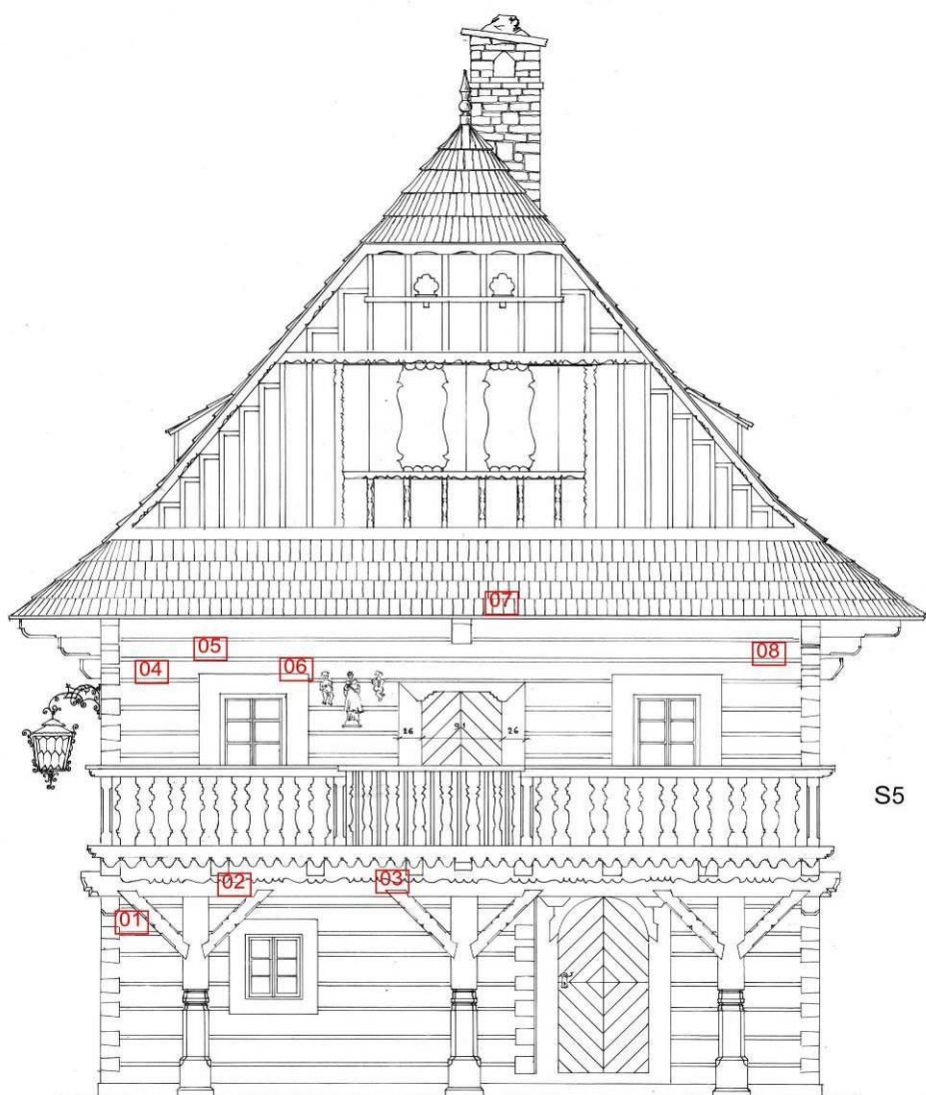


OBR. 18 Sektor S4 na podélné stěně a sektor S5 na štítové stěně



Obr. 19 Sektor S5 na štítové stěně Rožnovské radnice





Obr. 20 Sektor S5 na štítové stěně Rožnovské radnice.





Obr. 21 Sektory S1, S2, S3 a S4 na levé podélné stěně Rožnovské radnic.





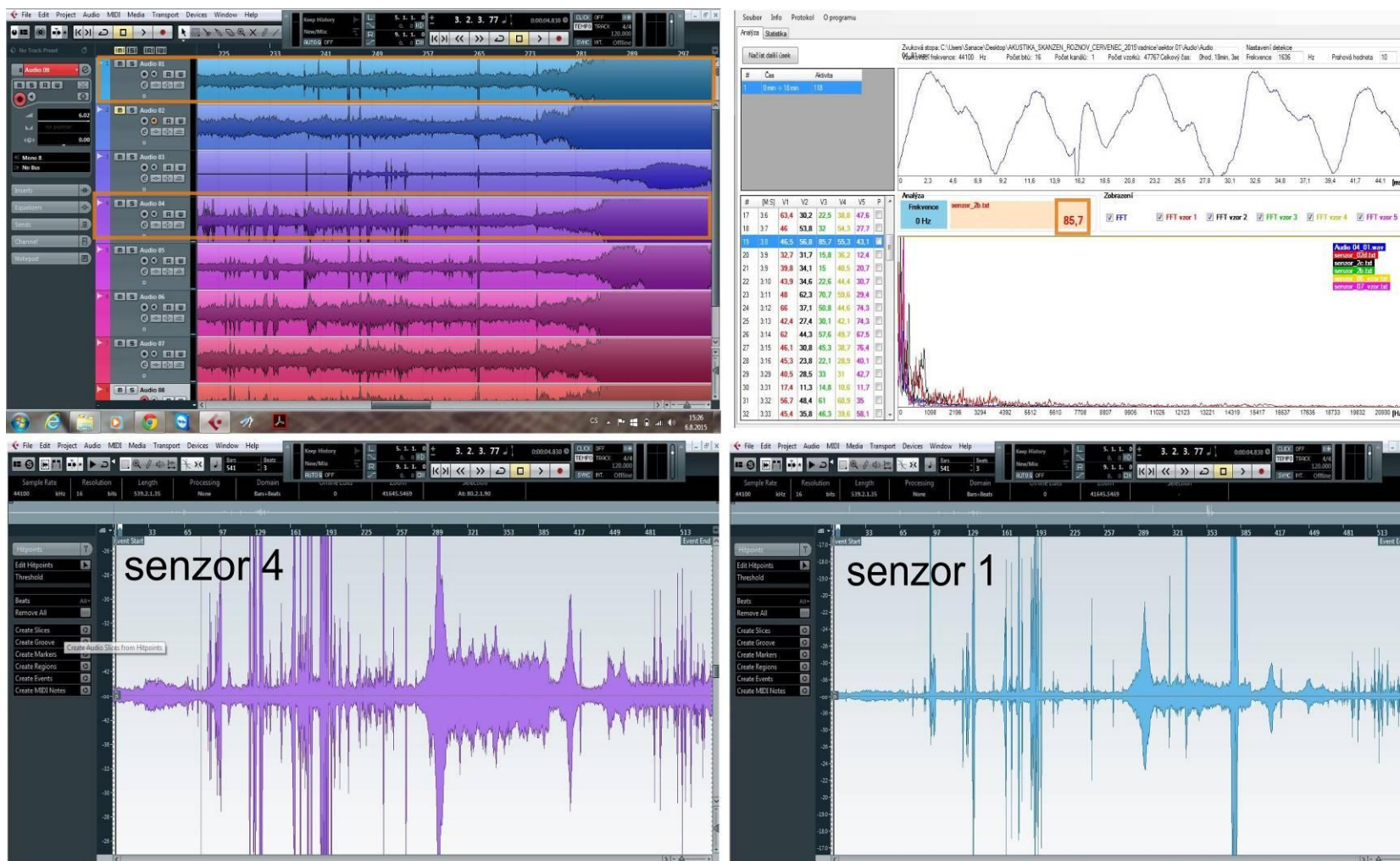
Obr. 22 Situace Rožnovská radnice.

Tab. 5 II. Stupeň míry poškození prvků - Rožnovská radnice.

	číslo senzoru	druh poškození	stupeň poškození		číslo senzoru	druh poškození	stupeň poškození		číslo senzoru	druh poškození	stupeň poškození
sektor 1	1	C + A	2	sektor 2	1	C + A	2	sektor 3	1	C + A	1
	2	C + A	2		2	C + A	2		2	C + A	2
	3	C + A	3		3	C + A	2		3	C + A	3
	4	C + A	3		4	C + A	2		4	C + A	2
	5	C + A	2		5	C + A	2		5	C + A	2
	6	C + A	2		6	C + A	2		6	C + A	2
	7	C + A	2		7	C + A	1		7	C + A	1
	8	C + A	1		8	C + A	1		8	C + A	1
sektor 4	1	C + A	2	sektor 5	1	C + A	2				
	2	C + A	2		2	C + A	2				
	3	C + A	3		3	C + A	2				
	4	C + A	2		4	C + A	2				
	5	C + A	3		5	C + A	2				
	6	C + A	3		6	C + A	2				
	7	C + A	3		7	C + A	3				
	8	C + A	2		8	C + A	2				

Tab. 6 III. Aktivita larev - Rožnovská radnice
Hodnoty korelačních faktorů a vlhkosti Rožnovské radnice.

III. Aktivita larev – Rožnovská Radnice										
SENZOR		SEKTOR								
	S1 KF	w [%]	S2 KF	w [%]	S3 KF	w [%]	S4 KF	w [%]	S5 KF	w [%]
1	84,7	10,1	74,4	8,9	61,1	10,1	41,7	8,3	71,5	10,5
2	78,7	10,5	76,3	10,6	58,2	10,5	65,7	11,5	62,4	13,6
3	71,0	7,5	74,3	11,8	64,7	11,0	73,3	12,4	73,9	11,4
4	85,7	7,4	61,0	9,7	74,9	10,5	65,8	11,2	85,3	11,4
5	83,0	11,5	63,2	10,1	79,3	7,2	68,6	10,2	77,2	9,4
6	80,7	12,3	69,8	13,6	63,0	9,5	65,8	10,1	72,4	11,7
7	74,1	8,2	67,3	10,2	57,2	10,5	65,7	8,0	75,5	10,8
8	69,9	11,0	73,0	13,1	63,8	10,1	65,6	10,7	80,0	9,5



Obr. 23 Nejvyšší dosažené hodnoty korelačních faktorů Rožnovská radnice - sektor S1, na senzorech 4 a 1

4.2.1 Vyhodnocení výsledků SW analýz - Rožnovská radnice

U objektu radnice byla akustická detekce výrazně ztížena vysokou oblastí parazitního šumu, jenž byla způsobena pojezdem sekacího zařízení na údržbu trávníků, technickou podporou stavějící pódium a následně návštěvníky muzea.

Na obr. 24 vpravo nahoře je znázorněn vzniklý parazitní šum, který se opakoval na všech senzorech. Hodnoty KF pro neznámý zvuk nabývaly pro většinu detekovaných průběhů hodnoty $KF = 70 - 85$. Lze tedy konstatovat, že se jedná o opakující se tentýž zvuk jiného původu než projev tesaříka krovového. Ojedinelé výkyvy KF nad hodnotu 80 mohou být způsobeny jinými zdroji (dopady předmětů, průjezd sekacího zařízení apod.). V těchto případech jsou data příliš ovlivněna šumem, který zamezuje jejich vyhodnocení. Takovéto signály byly porovnány online ze záznamu ze softwaru Cubase Elements 6 a posouzeny s ohledem na okrajové podmínky měření.

Akustické měření začalo v 7:20 hodin ráno, kdy byla naměřena teplota vzduchu $17,8^{\circ}\text{C}$ a relativní vzdušná vlhkost 65 %. Měření začalo i s ohledem na uvedené parametry na levé podélné stěně Rožnovské radnice, která byla rozdělena na celkem čtyři měřené sektory. Štítová stěna radnice byla monitorována jako poslední, kdy teplota vzduchu vystoupila na $22 - 25^{\circ}\text{C}$ a relativní vzdušná vlhkost se pohybovala v rozmezí 57 – 63 %. Všech 40 měřených míst bylo znovu analyzováno i online ze záznamu tak, aby bylo možné s největší možnou pravděpodobností určit aktivitu larev tesaříka při dostatečné eliminaci parazitního šumu ze vzniklého okolního hluku.

Podélná stěna vlevo od štítové stěny – sektor S1, S2, S3a S4

V sektoru S1 byly první dva senzory předsazeny do trámů roubení nesoucí konzolu balkónu. Po vizuálním průzkumu byla nalezena čerstvá drť způsobená výletem dospělého imága, napadení bylo tedy naprosto zřetelné. Akustický systém měl lokalizovat rozsah míry poškození a současně odhalit možné skryté napadení. V sektoru S1 byla detekována zřetelná aktivita na senzorech 1 a 2 s $KF > \text{než } 78$, této skutečnosti odpovídal i záznam ze SW Cubase Elements 6, čerstvé výletové otvory a příznivá vlhkost. Hodnoty na senzoru 3 a 4 vykazovaly parazitní šum (obr. 24), jednalo se o periodicky se opakující stejný signál na všech senzorech. Na senzorech 6, 7 a 8 byly hodnoty korelačních faktorů větší než 60 a signály korespondovaly se spektrem ze záznamu ze SW Cubase Elements 6, který aktivitu larev tesaříka vykazoval.

V sektoru S2 byla zřejmá aktivita detekována v obou softwarech na senzorech 2, 5, 6 a 7 s $KF > 60$. Senzory 1 a 8 vykazovaly vysoké hodnoty $KF > 70$, ovšem signály byly výrazně potlačeny v oblasti parazitního šumu a data nelze vyhodnotit. V Sektoru S3 byla shoda na senzorech 2 a 3, na senzorech 5 až 8 byl detekován zvuk jiného původu než projev tesaříka krovového. V sektoru S4 byl na senzorech 2, 4 a 6 až 8 detekován stejný periodicky se opakující signál jiného charakteru než zvuk tesaříka. Jednalo se o výrazný okolní hluk na stejném frekvenčním spektru s KF cca 65. Na senzoru 1 nebyla aktivita patrna vůbec s $KF < 50$. Aktivita larev tesaříka byla patrná při analýzách na senzoru 5 s $KF = 68,6$.



Z výsledků je zřejmé, že trám roubení se senzorem 2 je napadený ve své celé délce s (KF = 58,2 – 78,7).

Štítová stěna Rožnovské radnice – sektor S5

Senzory v sektoru S5 byly rozmístěny na trámy roubení s ohledem na vizuální stopy biotické degradace. Z toho senzory 2 a 3 byly umístěny na konzoly balkonu. Zde byla také detekována nejvýraznější aktivita, vysoká vlhkost zejména na senzoru 2 ($w = 13,6 \%$) a stopy po výletu dospělce tesaříka. Výrazná aktivita byla dále na senzorech 5, 6 a 7 umístěných na trámech roubení se stopami biotické degradace a čerstvými výletovými otvory. Na senzoru 4 a 8 byl $KF > 80$ a jednalo se o parazitní šum.

5 Bionomie nalezeného dřevokazného hmyzu

*Cerambycidae – Tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus* L.)*

Tesařík krovový (obr. 7) parazituje výhradně na mrtvém, zpracovaném, jehličnatém dřevě. Degradální činnost je omezena převážně na bělovou část dřeva, bohatou na živiny a vodu. Specifickým znakem degradace je neporušená vrchní vrstva dřeva, pod ní je možné vidět systém chodbiček vytvořené požerem dřevní hmoty larvami. Vytváření chodbiček má často za následek ztrátu konstrukční integrity napadeného dřeva a finanční ztráty v důsledku ošetření a nahrazení poškozeného dřeva [5, 6].

Životní cyklus tesaříka krovového trvá od dvou do deseti let, v extrémních případech. Dospělí brouci vylézají z masivu dřeva, kde žijí v hloubce od jednoho do několika centimetrů, během jarního a letního období. Dospělci žijí jen několik týdnů. Samička po spáření klade 80 až 120 vajíček nové generace do hlubokých prasklin ve dřevě poblíž míst, kde žila jako žravá larva. Tak se napadení v cyklech rozšiřuje do okolí. Výletové otvory jako identifikující prvky napadení jsou oválné v rozměrech cca 7 x 4 mm [5, 6].



Obr. 24 Tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus* L.)

Anobiidae – Červotoč proužkováný (*Anobium punctatum* L.)

Červotoč umrlčí (*Anobium punctatum* L.) stejně jako tesařík krovový upřednostňuje dřevo jehličnaté s vyšší vlhkostí, nejlépe v pokročilém stádiu hnědé hniloby. Ve vysušeném dřevě pod 20 % vlhkosti už není aktivní. Vyhovuje mu teplejší prostředí, optimálně se vyvíjí okolo 25 °C až 26 °C, nicméně v zimním období vydrží i při teplotách pod bodem mrazu. Samička klade cca 30 vajíček do trhlin a štěrbin nejlépe již napadeného dřeva hnědou hnilobou. Po 3 až 4 týdnech se líhnou dospělí brouci (imág) délky do 10 mm. Generace je nejběžněji 2 až 3letá. Výletové otvory dospělého imaga jsou kruhové v průměru do 3 mm [5].



Obr. 25 Červotoč proužkováný (*Anobium punctatum* L.)

6 Návrh sanace

U stupně poškození 2 – 4 je nutné přihlédnout k rozsahu poškození a možnosti generačního rozvoje dřevokazného hmyzu do dalších prvků konstrukce. U obou posuzovaných objektů byly uskutečněny předchozí sanační zásahy, které prokazatelně neposkytovaly dostatečnou ochranu dřevěných prvků proti opětovnému napadení.

U objektu Chalupy z Prlova byl periodicky aplikován ochranný nátěr blíže nespecifikovaného rostlinného původu. Z výsledků předkládané posudkové zprávy monitorující aktivitu larev dřevokazného hmyzu a nálezových ložisek aktivních larev je více než zřejmé (a to i bez nutnosti použití senzorů systému Acoustic Pack), že provedené sanace v oblasti zabránění napadení dřeva dřevokazným hmyzem nebyly úspěšné. O této skutečnosti se ujistili i zástupci Valašského muzea v přírodě, jmenovaní výše v této zprávě. Mimo použití ochranných pro-



středků byly provedeny i výměny prvků. V těchto případech měla být po výměnách degradovaných prvků navržena i komplexní ochrana například metodou horkovzdušné sanace a preventivní nátěr proti opětovnému napadení. Nové výměny bez dalšího opatření pouze umožnili další generační vývoj dřevokazného hmyzu.

Objekt Rožnovské radnice prošel rekonstrukcí v roce 2009. I přes obtížné monitorování stavu prvků kvůli vysokému okolnímu hluku je z výsledků zřejmé a to jak vizuálním průzkumem dle stop biotické degradace (výletové otvory s drtí, vysoká vlhkost prvků), tak i z akustické detekce, že objekt je stále aktivně napaden larvami dřevokazného hmyzu z čeledi tesaříkovití (*Cerambycidae*) i červotočovití (*Anobiidae*).

S přihlédnutím k uvedeným skutečnostem je řešením komplexní ochrana obou požadavků všech historických objektů Valašského muzea v přírodě metodou horkovzdušné sanace a následným preventivním nátěrem insekticidního charakteru.

Metoda horkovzdušné sanace

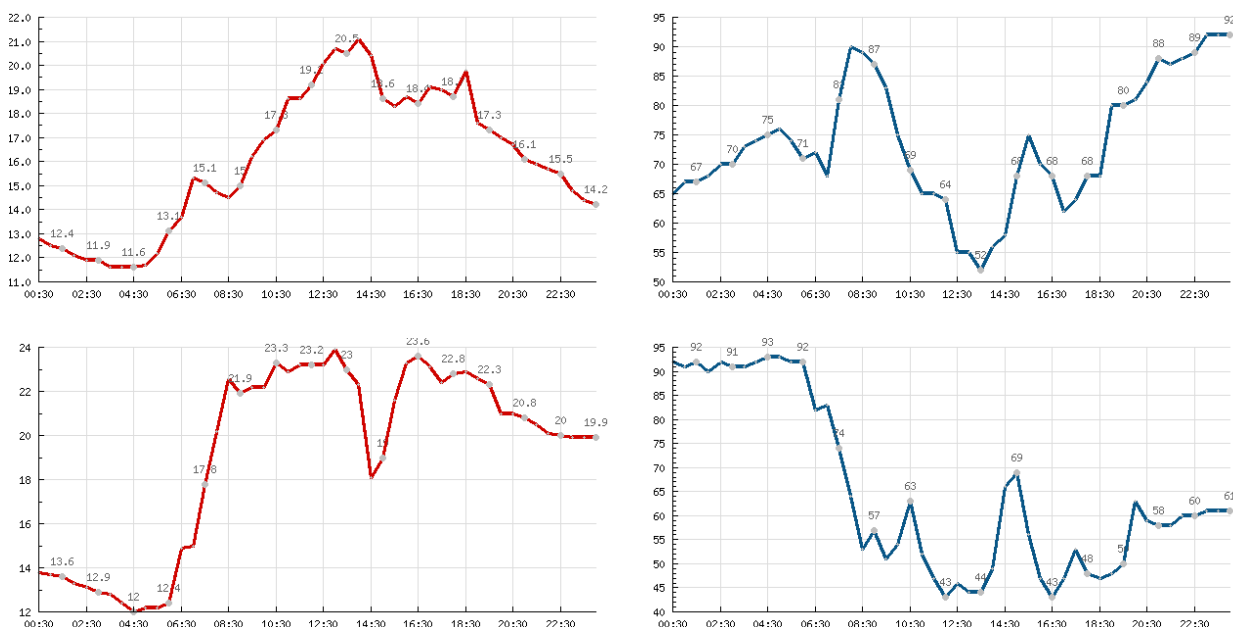
Metoda horkovzdušné sanace (termosanace) spočívá v likvidaci dřevokazného hmyzu v napadených konstrukcích pomocí horkého vzduchu. Vývoj metody sahá do roku 1929, kdy byla poprvé úspěšně použita v Dánsku a posléze se rozšířila do Německa. V České republice tuto metodu poprvé představila společnost Thermo Sanace, s.r.o. Principem metody je dostatečné prohřátí všech těžko přístupných prvků dřevěné konstrukce v celém jejich průřezu. Hraníční teplotou pro koagulaci bílkovin, z kterých se skládá tělo dřevokazné larvy, je 55 °C. Při dosažení této teploty v celém průřezu prvku a její podržení po dobu jedné hodiny zajišťuje likvidaci dřevokazného hmyzu ve všech jeho stádiích – vajíčko, larva, kukla, dospělec. Této teploty se dosahuje regulovaným vháněním horkého vzduchu o teplotě maximálně 120 °C po dobu několika hodin (dle velikosti konstrukce, mohutnosti průřezů, teplotních a vlhkostních podmínek a dalších parametrů). Maximální teplota 120 °C je stanovena s ohledem na požární bezpečnost. V odůvodněných případech jako jsou historické konstrukce apod. je teplota vháněného vzduchu adekvátně s nížena tak, aby nedošlo k poškození jakékoli části objektu.





7 Závěry z měření

Průzkum byl zaměřen prioritně na zjištění aktivního napadení dřevěných prvků roubených objektů Valašského muzea v přírodě - Chalupy z Prlova a Rožnovské radnice. Na základě diagnostiky, definování stupně poškození a druhu biotického napadení byla provedena akustická detekce dřevokazného hmyzu a to celkově na 112 pozicích. V průběhu měření byly významné parametry, tedy teplota vzduchu a relativní vzdušná vlhkost venkovního prostředí, z pohledu bionomie detekovaného dřevokazného hmyzu téměř optimální, měření následovalo po týdnu extrémních letních teplot. Nejvyšší odpolední teploty prvního dne měření 27. 07. 2015 se pohybovaly okolo 20 °C a relativní vzdušná vlhkost kolísala vlivem dešťových přeháněk kolem střední hodnoty 70 %. Druhý den měření 28. 08. 2015. byly naměřeny vyšší teploty vzduchu, maxima se pohybovala kolem 23 °C a společně s růstem teploty klesly hodnoty relativní vzdušné vlhkosti na střední hodnotu 55 %.



Obr. 26 Průběh teplot a relativní vzdušné vlhkosti během měření
- 27. a 28. 7. 2015 dle meteostanice Rožnov pod Radhoštěm.

Uvedené teploty vytvářely přirozené podmínky pro aktivitu detekovaného dřevokazného hmyzu a to jak z čeledi *Cerambycidae* – tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus* L.) i z čeledi *Anobiidae* – červotoč proužkovaný (*Anobium punctatum* L.). Minimální teplota pro aktivitu dřevokazného hmyzu se pohybuje kolem 15 °C a to po delší časový úsek v řádech dnů. Tomu letní měsíce odpovídají. Z výsledků uvedených v předkládané zprávě vypnula dostatečná aktivita pro prokázání aktivního napadení dřevokazným hmyzem. Degradáční činnost z hlediska rozsahu poškození dřevěných prvků je v současnosti u obou posuzovaných objektů zřejmá, závěrem je doporučení provedení kompletní odborné sanace obou objektů v nejbližší možné době.





Uvedené doporučení platí pro stávající stav v době provádění posudkové činnosti, za předpokladu delší doby neřešení situace doporučujeme znovu provést průzkum.

Předkládaná zpráva (TS11/2015) si klade za cíl seznámit vlastníka s nalezenými ložisky degradační činnosti detekovaných biotických činitelů a s jejich možným dopadem na integritu prvků a tím komplexně na statiku celého objektu - Chalupy z Prlova a Rožnovské radnice.

V BRNĚ DNE: 07. 08. 2015

Thermo Sanace s.r.o.
Chamrádova 475/23
718 00 Ostrava-Kunčičky
IČ: 28622201

Za správnost: Ing. Andrea Nasswettrová, Ph.D.

vedoucí odborné a výzkumné činnosti

Posudková zpráva nesmí být kopírována jinak než v celém znění. Pro případné užití jejích částí je nutný souhlas zhotovitele.



8 Seznam obrázků

Obr. 1 Situace Chalupa z Prlova.....	5
Obr. 2 Schéma metodického postupu detekce poškození	6
Obr. 3 Zařízení Acoustic pack při detekci aktivity larev dřevokazného hmyzu.....	8
Obr. 4 Sektor S1 na štítové stěně roubeného objektu Chalupy z Prlova.....	11
Obr. 6 Sektor S2 a S3 na štítové stěně roubeného objektu Chalupy z Prlova.....	12
Obr. 7 Sektor S4 a S5 na štítové stěně roubeného objektu Chalupy z Prlova.....	12
Obr. 8 Sektor S6 a S7 na štítové stěně roubeného objektu Chalupy z Prlova.....	13
Obr. 9 Sektor S8 uvnitř objektu Chalupy z Prlova.....	13
Obr. 10 Sektor S9 na podélné straně objektu Chalupy z Prlova.	14
Obr. 11 Sektory S1, S2 a S3 na štítové stěně Chalupy z Prlova.....	14
Obr. 12 Sektory S5, S6 a S7 na Chalupě z Prlova.....	15
Obr. 13 Sektory S8 v interiéru Chalupy z Prlova.....	15
Obr. 14 Sektory S4 a S9 na Chalupě z Prlova.....	16
Obr. 15 Nejvyšší dosažené hodnoty korelačních faktorů Chalupa z Prlova	18
Obr. 16 Roubený objekt Rožnovské radnice z roku 1770.....	21
Obr. 17 Sektor S1 na podélné stěně roubeného objektu Rožnovské radnice	22
Obr. 18 Sektor S2 a S3 na podélné stěně roubeného objektu Rožnovské radnice.	22
OBR. 19 Sektor S4 na podélné stěně a sektor S5 na štítové stěně	23
Obr. 20 Sektor S5 na štítové stěně Rožnovské radnice	23
Obr. 21 Sektor S5 na štítové stěně Rožnovské radnice.	24
Obr. 22 Sektory S1, S2, S3 a S4 na levé podélné stěně Rožnovské radnic.....	25
Obr. 23 Situace Rožnovská radnice.....	26
Obr. 24 Nejvyšší dosažené hodnoty korelačních faktorů Rožnovská radnice	28
Obr. 25 Tesařík krovový (Hylotrupes bajulus L.)	31



Obr. 26 Červotoč proužkováný (<i>Anobium punctatum</i> L.)	32
Obr. 26 Průběh teplot a relativní vzdušné vlhkosti během měření.....	34

9 Seznam tabulek

Tab. 1 Stupně poškození dřeva podle počtu výletových otvorů na 1 m ² [3].....	9
Tab. 2 Vymezení a přesná specifikace stupňů poškození	9
Tab. 3 II. Stupeň míry poškození prvků - Chalupa z Prlova.	16
Tab. 4 III. Aktivita larev - Chalupa z Prlova.....	17
Tab. 5 II. Stupeň míry poškození prvků - Rožnovská radnice.	26
Tab. 6 III. Aktivita larev - Rožnovská radnice	27



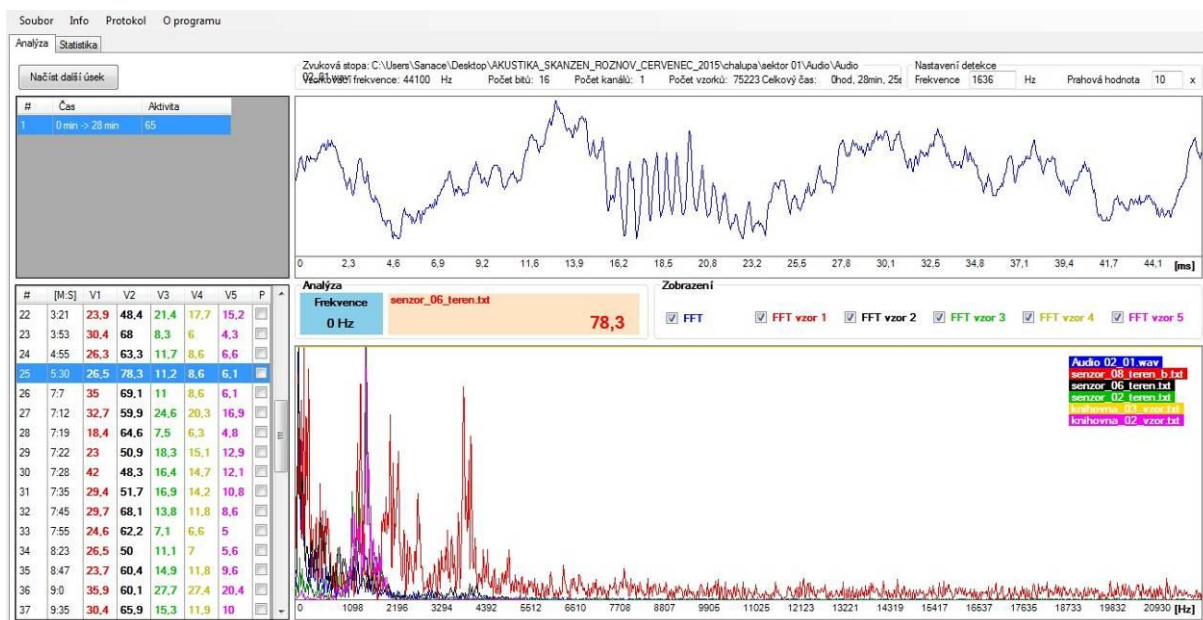
10 Použité zdroje

- [1] ČSN EN 1330-9 (015005), 2010: Nedestruktivní zkoušení - Terminologie - Část 9: Termíny používané při zkoušení akustickou emisí. Normalizační institut 2010, 24s.
- [2] A. Nasswetrova, P. Šmíra, S. Krivankova. Akustická detekce aktivity larev dřevokazného hmyzu zařízením Acoustic Pack. TZBinfo 2015. <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-a-ocelove-konstrukce/12872-akusticka-detekce-aktivity-larev-drevokazneho-hmyzu-zarizenim-acoustic-pack>.
- [3] ČSN EN 335 – 2: Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva – Definice tříd použití – Část 2: Aplikace na rostlé dřevo (2007)
- [4] ČSN 49 1531 – 1, Dřevo na stavební konstrukce, část 1: Vizuální třídění podle pevnosti (1998).
ČSN 73 2824-1 - Třídění dřeva podle pevnosti - Část 1: Jehličnaté řezivo
- [5] REINPRECHT, L. (2008): Ochrana dřeva. Technická univerzita vo Zvolene, 453 s. ISB 978-80-228-1863-6
- [6] BRAVERY, A.F., BERRY, R.W., CAREY, J.K., COOPER, D.E. (2010): Recognising wood rot and insect damage in buildings. BRE Garston WD25 9XX. ISBN 1-86081-603-7

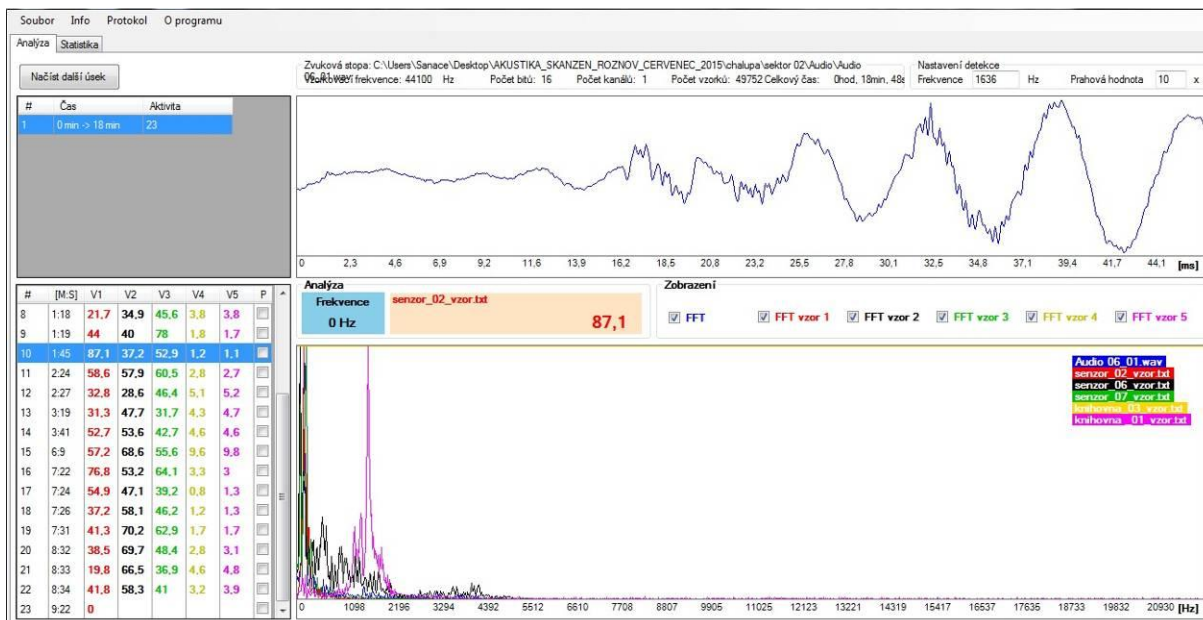


Přílohy

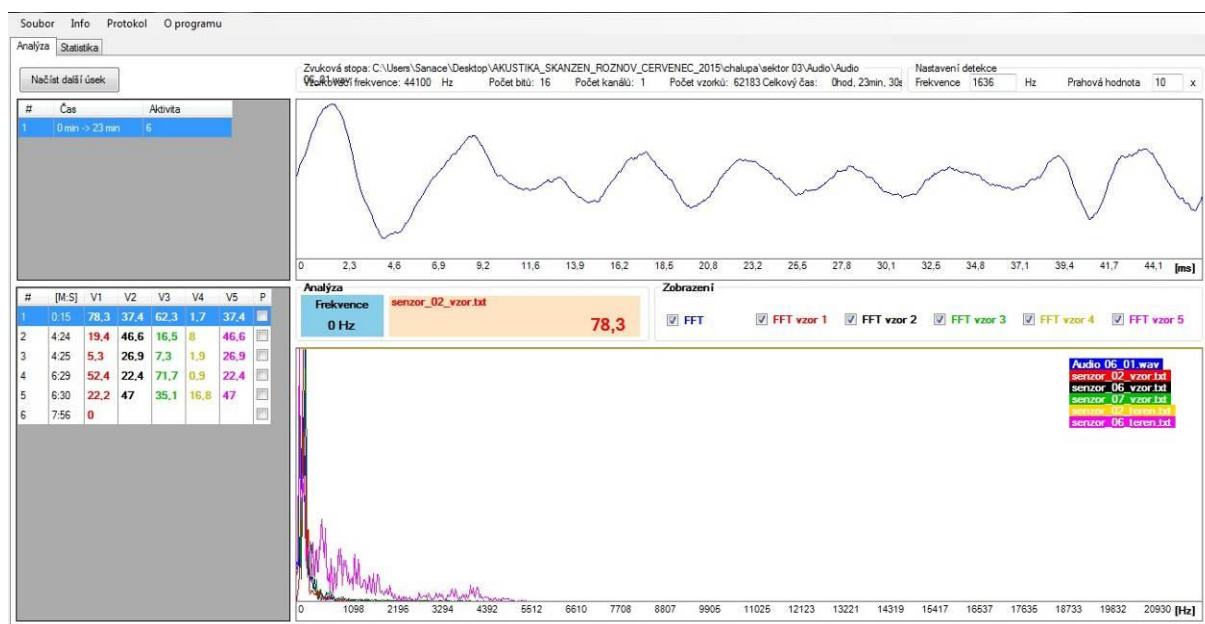
Analýzy míst s detekovanou aktivitou larev hmyzu ze sw Acoustic Pack, (tab. 4)



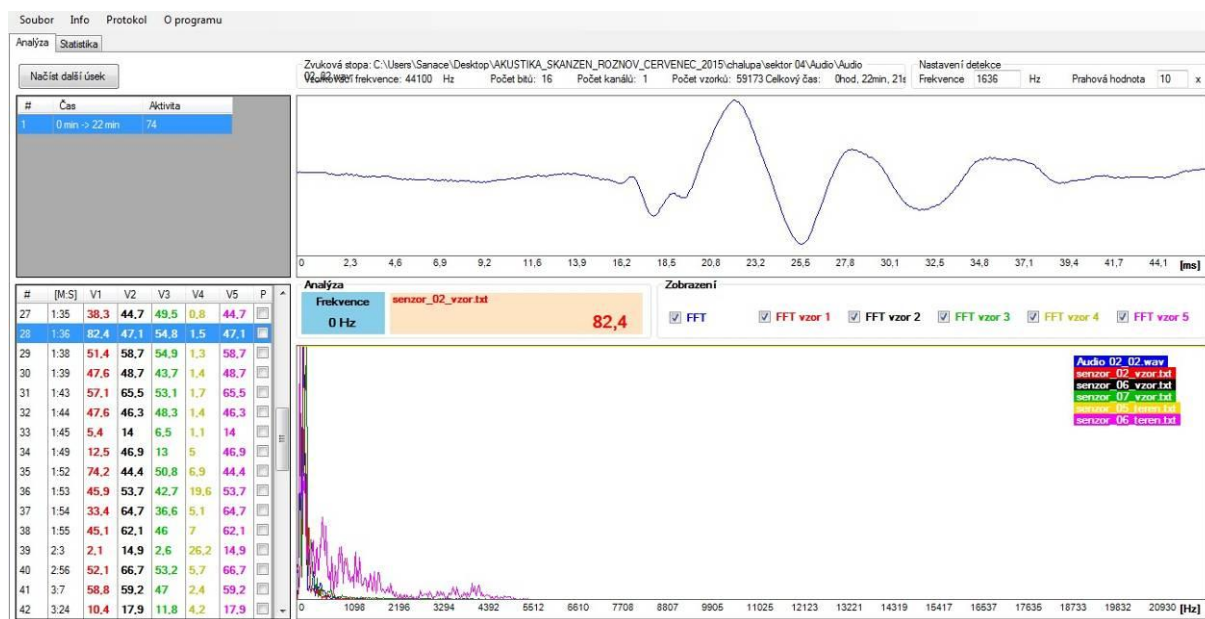
Obr. 1: Analýza – sektor S1, senzor 2, chalupa z Prlova.



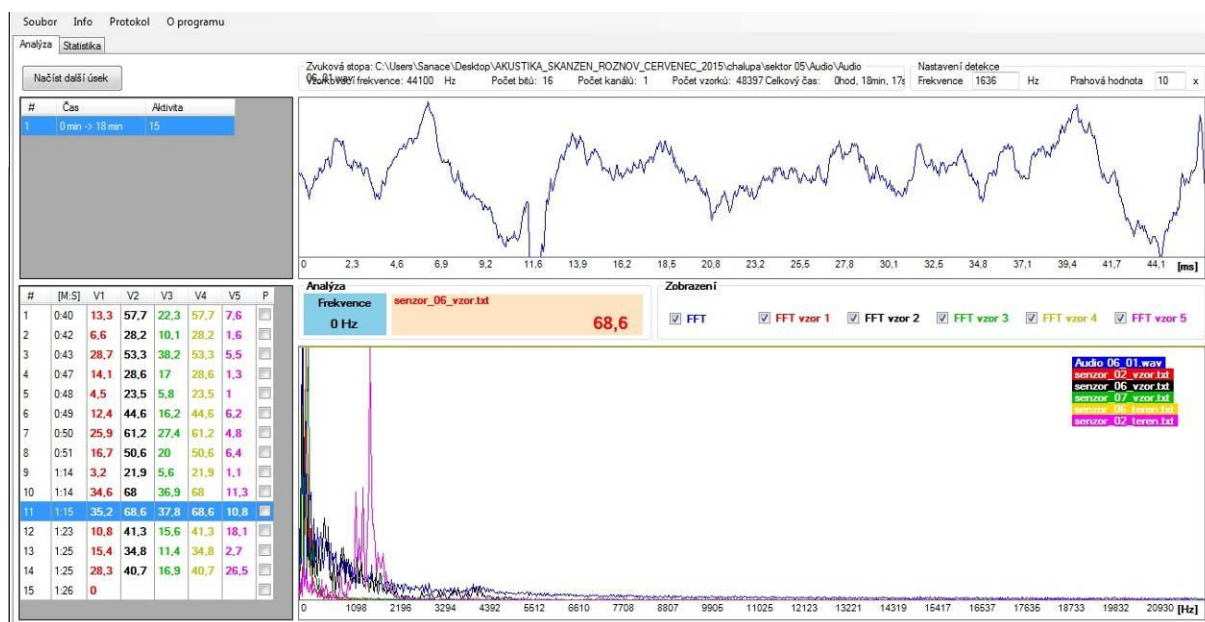
Obr. 2: Analýza – sektor S2, senzor 6, chalupa z Prlova.



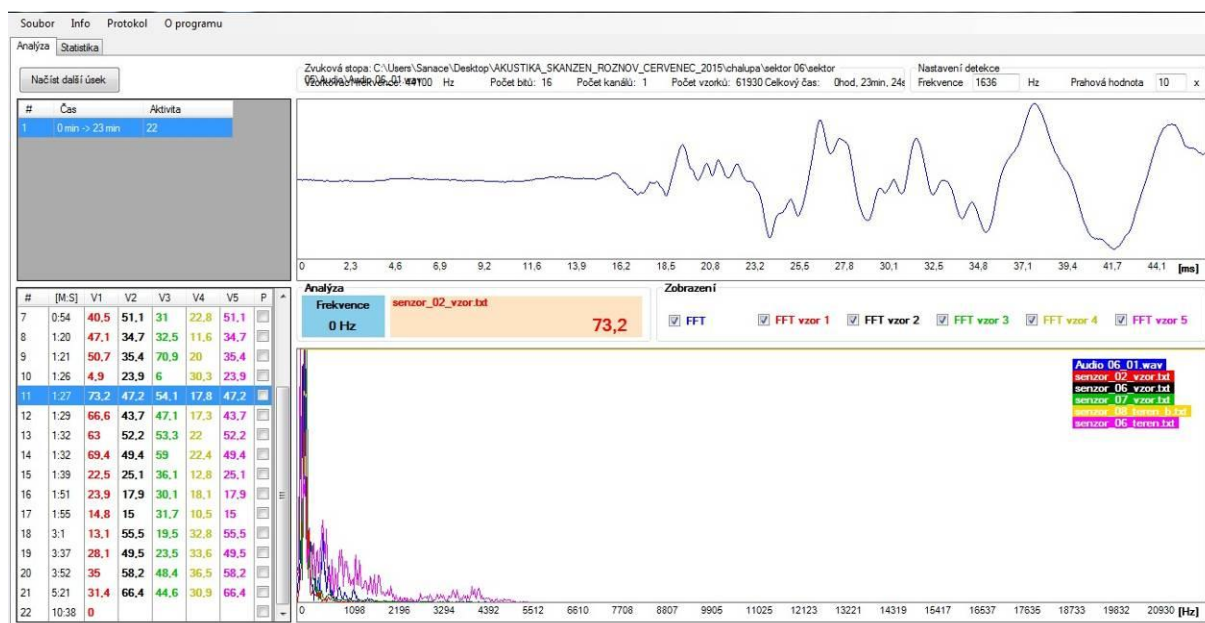
Obr. 3: Analýza – sektor S3, senzor 6, chalupa z Prlova.



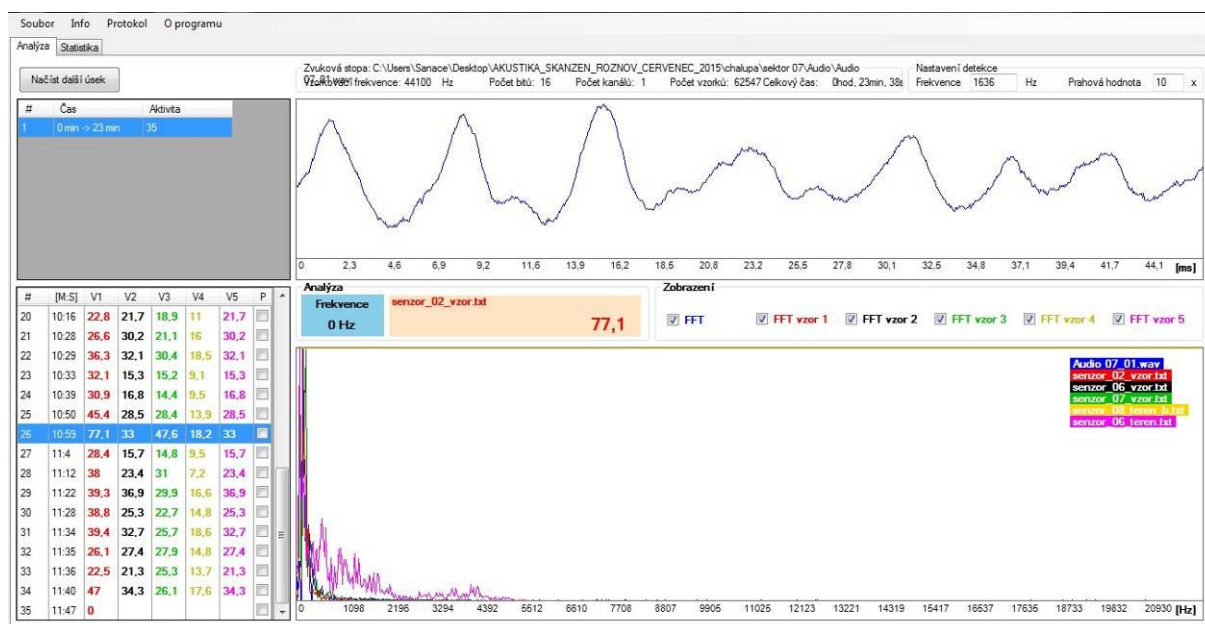
Obr. 4: Analýza – sektor S4, senzor 2, chalupa z Prlova.



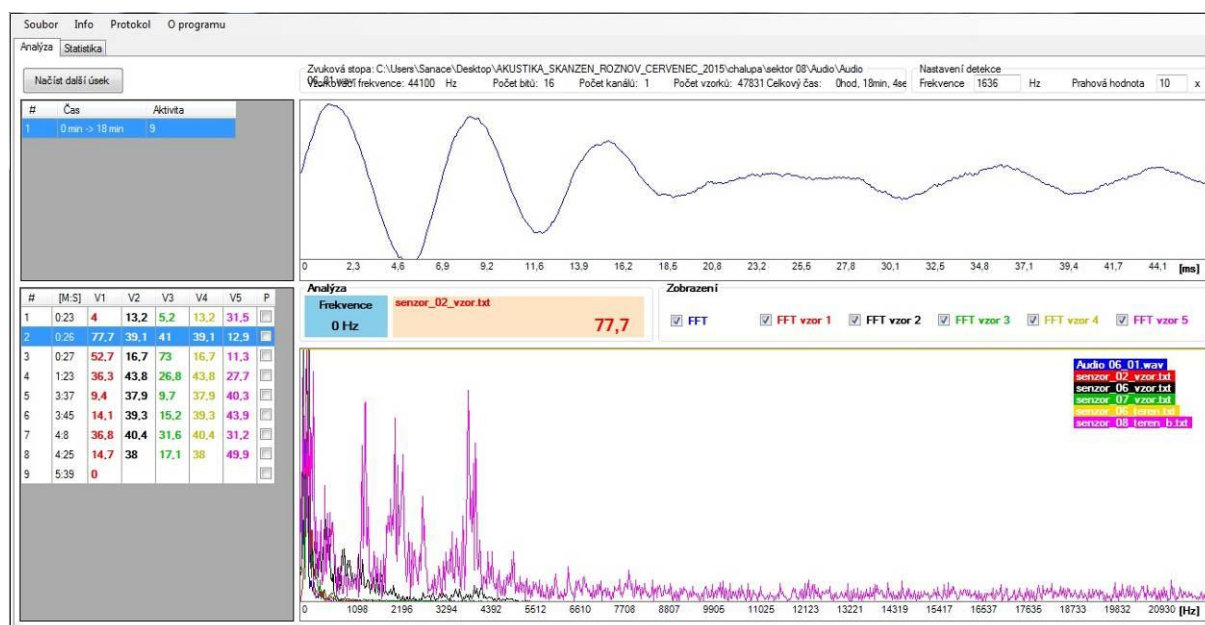
Obr. 5: Analýza – sektor S5, senzor 6, chalupa z Prlova.



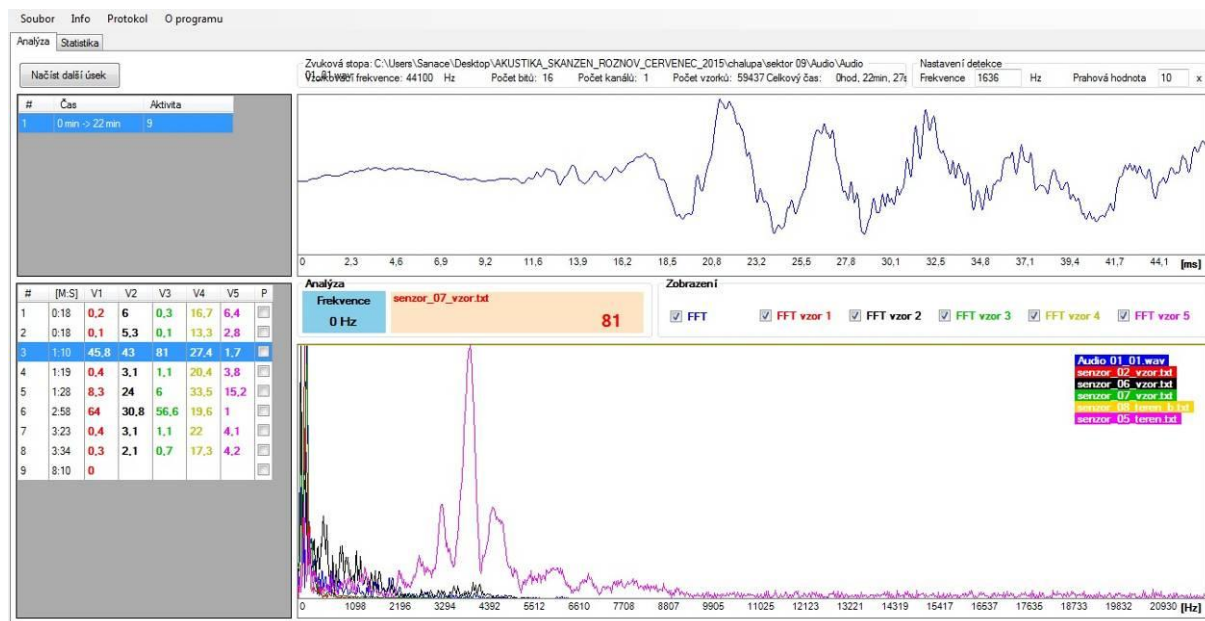
Obr. 6: Analýza – sektor S6, senzor 6, chalupa z Prlova.



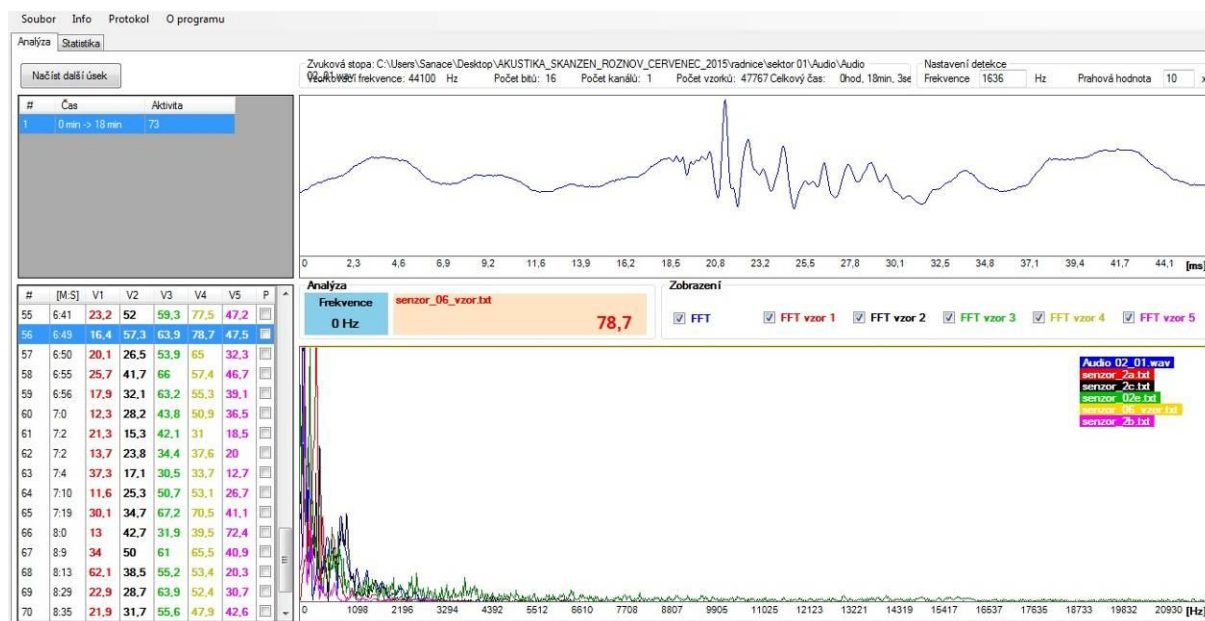
Obr. 7: Analýza – sektor S7, senzor 6, chalupa z Prlova.



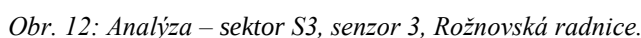
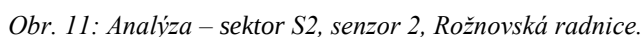
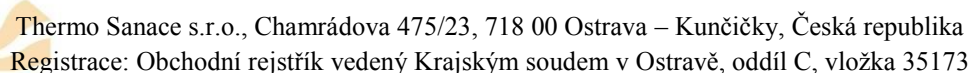
Obr. 8: Analýza – sektor S8, senzor 6, chalupa z Prlova.

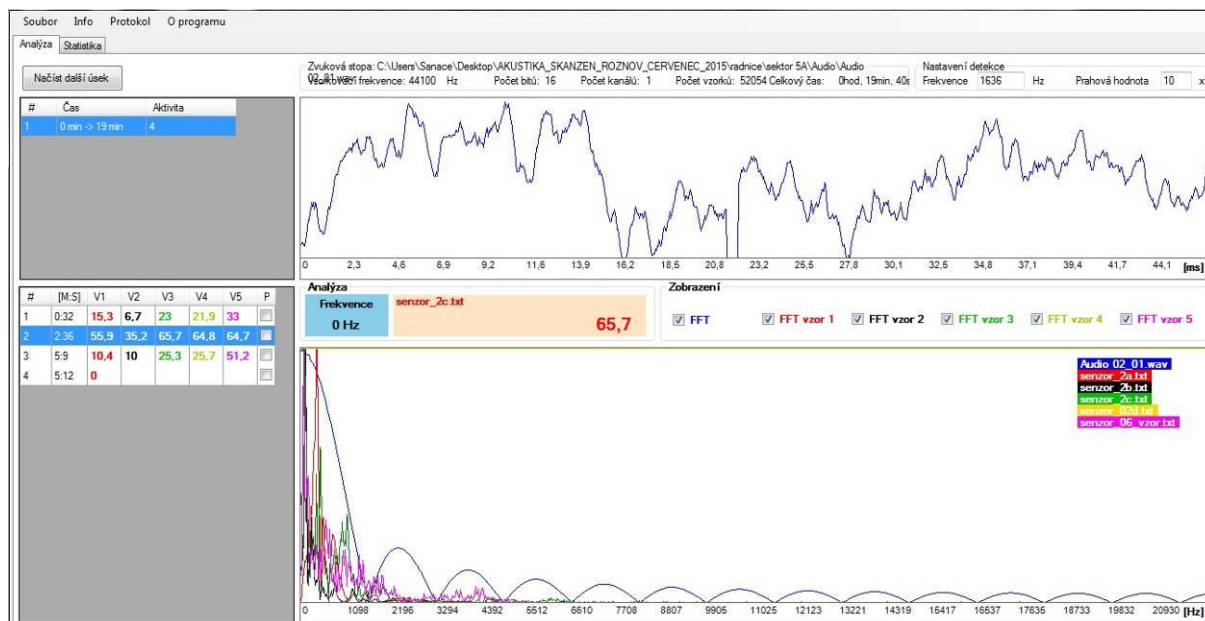


Obr. 9: Analýza – sektor S9, senzor 1, chalupa z Prlova.

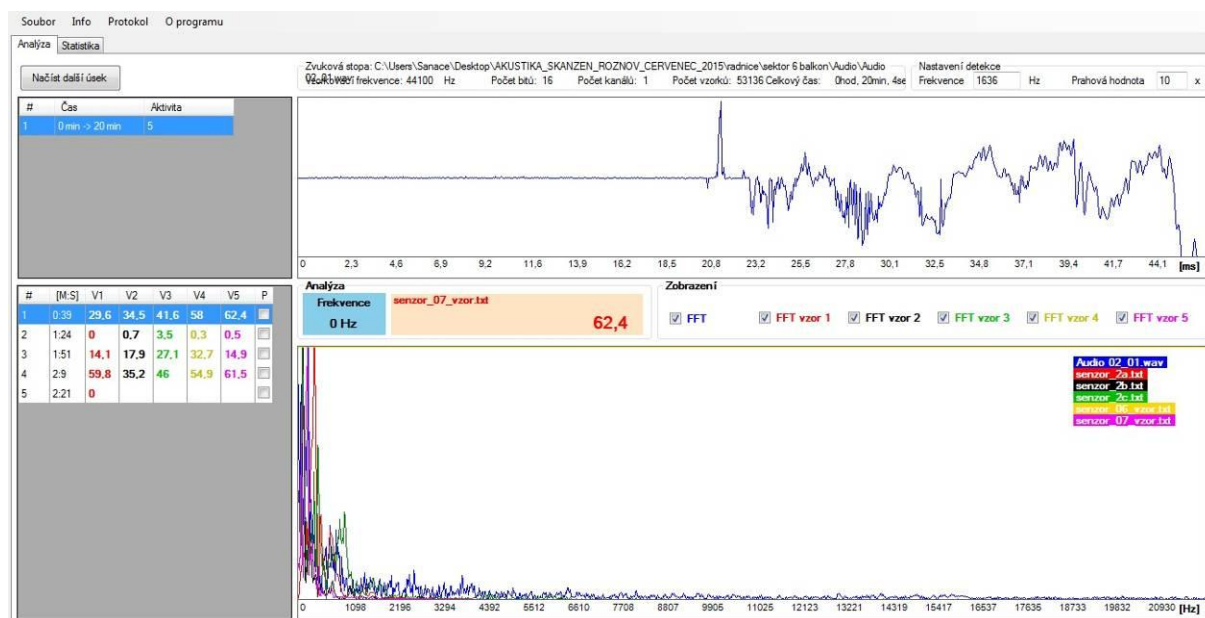


Obr. 10: Analýza – sektor S1, senzor 2, Rožnovská radnice.





Obr. 13: Analýza – sektor S4, senzor 2, Rožnovská radnice.



Obr. 14: Analýza – sektor S5, senzor 2, Rožnovská radnice.