



METÓDY VIZUALIZÁCIE HLUKU

Petra LAZAROVÁ - Zdenka BECK

METHODOLOGY WAYS OF VISUALISATION NOISE

ABSTRAKT

Príspevok je zameraný na analýzu jednotlivých metód vizualizácie hluku. Hluk je súčasťou každodenného života, je typickým negatívnym produktom civilizačného procesu. Vplyv hluku na jednotlivca je individuálny, pretože u každého človeka existuje rôzny stupeň tolerancie k rušivému účinku hluku v závislosti od zdravotného stavu, veku a pod. Predikcia hluku na pracoviskách je pomocný nástroj pri rozhodovaní, ktoré sa týka opatrení na redukciu hluku.

KLúčové slová: hluk, vizualizácia, mapa

ABSTRACT

The paper is focused on the analysis of various visualization methods of noise. Noise is part of everyday life, is a typical product of negative civilizing process. Noise impact on the individual is an individual, because for every person there is a different degree of tolerance to the disruptive effects of noise depending on the health status, age and the like. Prediction of noise in the workplace is a tool to assist decision-making concerning measures to reduce noise.

Key words: noise, visualization, map.

ÚVOD

Eliminácia a zníženie expozície hluku na zamestnanca a klienta nie len právnou zodpovednosťou zamestnávateľov a prevádzkovateľov, je to tiež komerčný záujem organizácie. Čím je prostredie bezpečnejšie a zdravšie, tým je nižšia pravdepodobnosť finančne nákladných absencií, úrazov a zníženého výkonu. účinky hluku sa neprejavujú hneď po expozícii ale až po určitej dobe, počas, ktorej je človek vystavený účinkom dlhodobého hluku. Problematikou hluku v prevádzkach je potrebné sa zaoberať už v počiatočných plánovaniach výstavby prevádzky.

STATICKÁ VIZUALIZÁCIA - HLUKOVÉ MAPY

Predikcia hluku na pracoviskách umožňuje výpočet hladiny akustického tlaku v ľubovoľnom bode a stanovenie deskriptorov šírenia zvuku. Praktická realizácia postupov predikcie hluku napr. vo vnútorných priestoroch zahŕňa pre danú situáciu vhodné modelovanie strojov a zariadení ako zdrojov hluku a vnútornú stavbu pracovnej miestnosti a jej vybavenia ako elementov, ktoré ovplyvňujú šírenie zvuku. Výsledné hodnoty predikcie hluku je možné zobrazovať vo forme hlukových máp, ktoré zobrazujú imisné hladiny hluku ako expozičné hladiny hluku. [3]

Hlukové mapy sú zhotovované predovšetkým na identifikáciu kritických oblastí alebo nebezpečných miest. Tieto sú definované ako lokality s relatívne najvyššou hodnotou zvuku okolitého prostredia, alebo lokality, kde je prekročená určitá špecifická hodnota. Hlukové mapy graficky jasne a prehľadne prezentujú akustickú situáciu na hodnotenom území (obr. 1). Druhým účelom mapovania hluku je monitoring problémových oblastí, pravidelné aktualizácie a ich porovnania v rôznom čase. Mapy sú používané na monitorovanie správania sa priemyselných podnikov, ich porovnávanie a demonštráciu zhôd s povolenými obmedzeniami. [8]

Metódu predikovaného matematického modelovania je možné nie len vytvárať hlukové mapy súčasného stavu, ale aj tvoriť predikčné hlukové mapy, ktoré prezentujú akustickú situáciu, ktorá nastane v hodnotenej lokalite v budúcnosti. Modelovanie sa využíva pri projektovaní nových stavieb, komunikácií, pri rekonštrukcii železničných tratí, plánovaní zmien v doprave, navrhovaní nových priemyselných komplexov a pod.

Výhody hlukových máp:

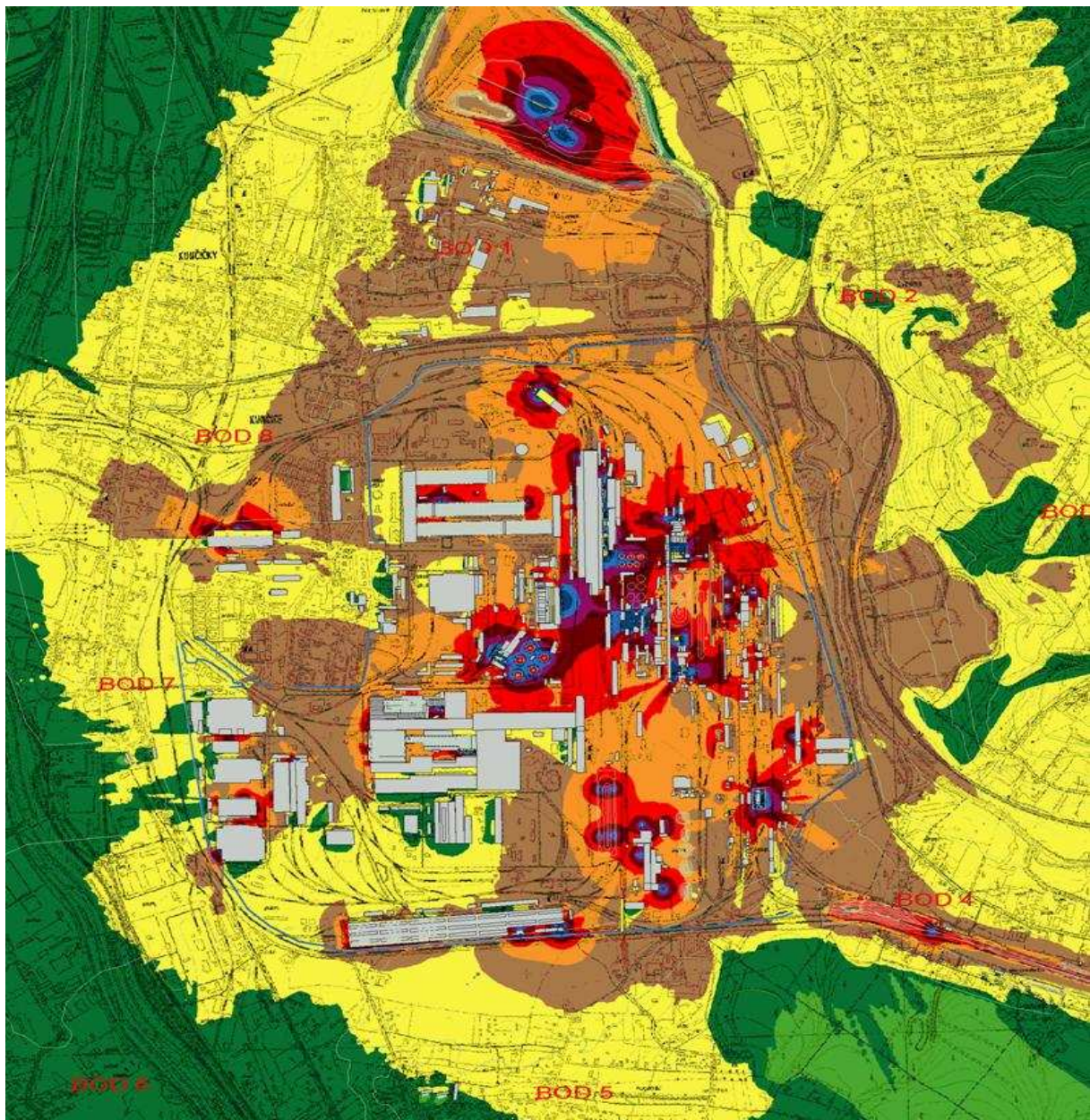
- stanovenie hlučnosti v ktoromkoľvek mieste záujmového územia,
- podrobná, dobre graficky znázorniteľná mapa izofón,
- minimálny počet kalibračných meraní a meraní stacionárnych zdrojov.

Nevýhody hlukových máp:

- prezentujú iba ekvivalentnú hladinu hluku v záujmovom území, ďalšie deskriptory sa neuvádzajú (napr. spektrálne zloženie hluku),
- je obtiažne, ak nie nemožné zapracovať do procesu hodnotenia subjektívne vnemy (napr. rušivosť).

Využitie hlukových máp:

- hodnotenie zmien v akustickej situácii, ktoré nastanú v budúcnosti (spôsobené výstavbou, vyššou intenzitou dopravy),
- návrh protihlukových opatrení a hodnotenie ich účinnosti, optimalizácií protihlukových systémov, ich geometrie a situovania,
- spracovanie hlukových šúdií.



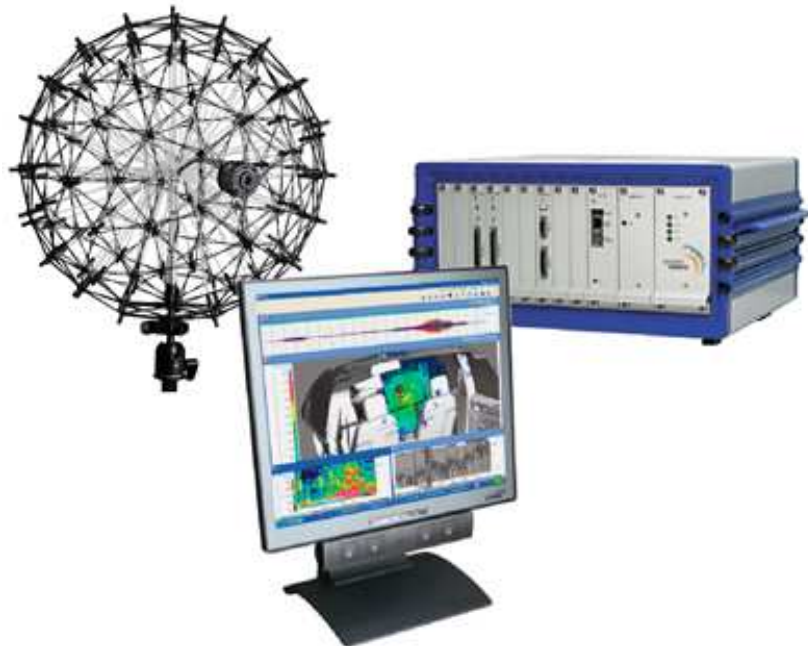
Obr. 1 Hluková mapa priemyselného areálu [8]

DYNAMICKÁ VIZUALIZÁCIA - AKUSTICKÁ KAMERA

Dynamická vizualizácia hluku pomocou akustickej kamery je vhodná pre komplikované merania rozsiahlych priemyselných zdrojov hluku za účelom ich identifikácie a následnej kvantitatívnej a kvalitatívnej analýzy. Konkrétne prípadové štúdie jednoznačne ukazujú rýchlosť a efektivitu meraní vykonaných akustickou kamerou v oblasti tlmenia hluku vnútri aj mimo prostriedkov nákladnej a osobnej dopravy všetkého druhu a možnosť ich jednoduchého získania a vyhodnotenia v každom kritickom mieste s cieľom nájsť akustické zdroje. Po vykonaní opatrení na zníženie hlukových emisií následné merania rýchlo a veľmi spoľahlivo ukážu, ktoré opatrenia majú aký účinok, prípadne sa účinku minuli. Akustická kamera svojimi schopnosťami prehĺbuje a pozdvihuje existujúce analytické metódy. Zahŕňa rovnako dobre tradičné analytické metódy ako i analýzu tretino-oktávového pásma a úzko-pásmovú analýzu, filtre a veľa ďalšieho. Základom všetkých spomínaných metód je ďaleko detailnejší výskum a porovnávanie. Napr. v spektrograme je hluk zdôraznený v časovom či frekvenčnom rozmedzí. Akustická kamera potom ukazuje konkrétny pôvod hluku. [5]

Komplexný systém akustickej kamery je ľahký, modulárny a veľmi flexibilný, vybavený mikrofónnou anténou, videokamerou, dáta-rekordérom, senzormi, kalibračným modulom a počítačom s príslušným programom na vyhodnocovanie a ukladanie získaných dát (obr. 2). Vyrába sa v rôznych variantoch, aby užívateľovi poskytol maximálnu flexibilitu pri spojení rôznych funkcií použitia pre konkrétne štúdie. Systém bol vytvorený vo vedeckom parku Berlin-Adlershof a bol

vyvíjaný od polovice 90. rokov. Na trh bol uvedený v roku 2001, v súčasnosti sa používa v rôznych priemyselných odvetviach a má rastúcu zákazníčku základňu po celom svete.



Obr. 2 Systém akustickej kamery [2]

Toto zariadenie nachádza využitie v mnohých odvetviach, kde môže ušetriť veľa času a peňazí. Zdroje hluku môžu byť lokalizované rýchlo a veľmi presne z pozície poslucháčov - aj na vzdialenosť niekoľkých stoviek metrov. Princípom akustickej kamery je ukázať súvislosť medzi počutím a „videním“ hluku. Po skončení merania si možno vypočítať (prezrieť) akustickú snímku alebo akustický film. Zvuk príslušného nameraného miesta si možno vypočítať a vykonať jeho analýzu. Takýmto spôsobom sa dajú počuť a analyzovať aj také zdroje hluku, ktoré sú inak prekryté podstatne silnejšími zdrojmi hluku. Pri akustickom filme možno pomocou špecializovaného softvéru dodatočne animovať obraz a vytvoriť aj frekvenčné spektrum vypočítaných miest. Záznam umožňuje podrobnú analýzu v laboratórnych podmienkach, kde je následne možné navrhovať a modelovať rôzne alternatívy protihlukových opatrení, následne porovnávať ich predpokladané účinky. Vzhľadom ku konkrétnemu typu prostredia a meraným objektom sa využívajú rôzne typy zostáv meracích zariadení akustickej kamery (Tab. 1).

Usporiadanie mikrofónov je viazané na konkrétne použitie [9] :

- prstencová zostava,
- sférická zostava,
- hviezdicová zostava.

Tab. 1 Usporiadanie mikrofónov na akustickej anténe [9]

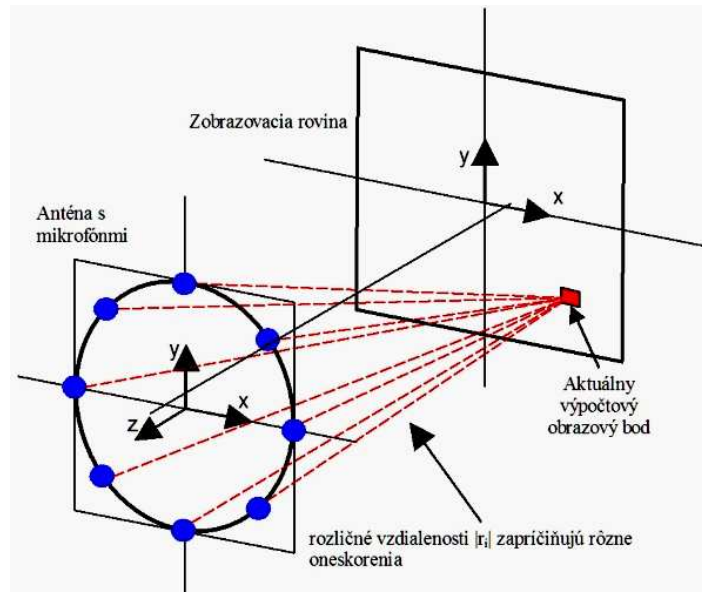
<p>Prstencová zostava je merací systém určený pre použitie v akustickom laboratóriu, pozostáva z 32, 36, 48 alebo 72 mikrofónov pravidelne rozložených po obvode prstenca.</p>	<p>Sférická zostava zahŕňa 32 kanálový merací systém pre priestorové merania a pre meranie vo veľmi stiesnených priestoroch a pri vyšších frekvenciách. Mikrofóny sú pravidelne rozložené v tvare gule.</p>	<p>Hviezdicová zostava s 36 meracími kanálmi je určené pre meranie na väčšie vzdialenosti.</p>

Akustická kamera nachádza uplatnenie pri skúmaní tzv. blízkeho aj vzdialeného poľa. V prípade blízkeho poľa norma predpisuje priemernú vzdialenosť medzi meracou plochou a povrchom vyžarovania hluku väčšiu než 0,5 m. Táto požiadavka súvisí s cirkuláciou zvukovej energie a vzájomnou interferenciou signálov, ktorá sa vyskytuje v blízkom poli.

Každé zvukové pole je popísané pomocou dvoch parametrov :

- skalárnou hodnotou akustického tlaku,
- vektorom akustickej rýchlosti.

V blízkom poli je dominujúcou charakteristikou akustická rýchlosť. V prípade že diagnostikujeme časť vzdialeného poľa, potom sa akustický tlak a akustická rýchlosť stávajú rovnocennými charakteristikami (Obr. 3). Technológia vizualizácie v blízkom a vzdialenom poli počíta akustickú rýchlosť z dát akustického tlaku vystihujúcu určitú vzdialenosť meracej plochy od zdroja hluku. [4]



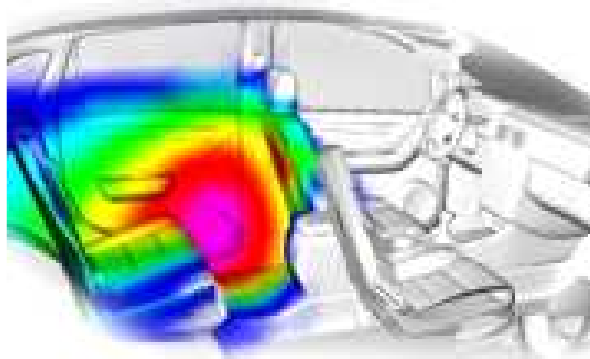
Obr. 3 Oneskorenia medzi mikrofónmi antény a zobrazovanou rovinou [8]

Modelácia hluku má nesporný vplyv na elimináciu rušivých účinkov v doprave. Akustická kamera je dôležitým pomocníkom pri vývoji a prevádzke dopravných prostriedkov. [2]

UPLATNENIE AKUSTICKEJ KAMERY V PRIEMYSELE

V automobilovom priemysle môžeme použitím akustickej kamery monitorovať priebeh činnosti jednotlivých systémov, kde detekovanie zmien priebehu zvuku, poukáže na zdroje porúch. V oblasti kontroly kvality, môžu skúsení pracovníci často identifikovať chybné výrobky iba z ich zvukových anomálií. Dva akustické obrazy môžu byť umiestnené vedľa seba na obrazovke, softvér vykoná jednoduché porovnanie nominálnych a reálnych hodnôt. Rovnaký rozsah hodnôt je aplikovaný na oba obrazy a akékoľvek zmeny sú odlišené a zaznamenané. Vizualizácia ukáže, kde presne sa chyba nachádza.

Hrkanie, syčanie, alebo klikanie sú nežiaduce zvuky v každom vozidle, preto je dôležité nájsť a odstrániť ich zdroje (Obr. 4). Na druhej strane rôzne typické zvuky konkrétnych typov vozidiel, sú výraznými charakteristikami automobilových značiek. To je dôvod, prečo sa vynakladá veľké úsilie na modelovanie požadovaného zvuku a odstránenie poruchy.

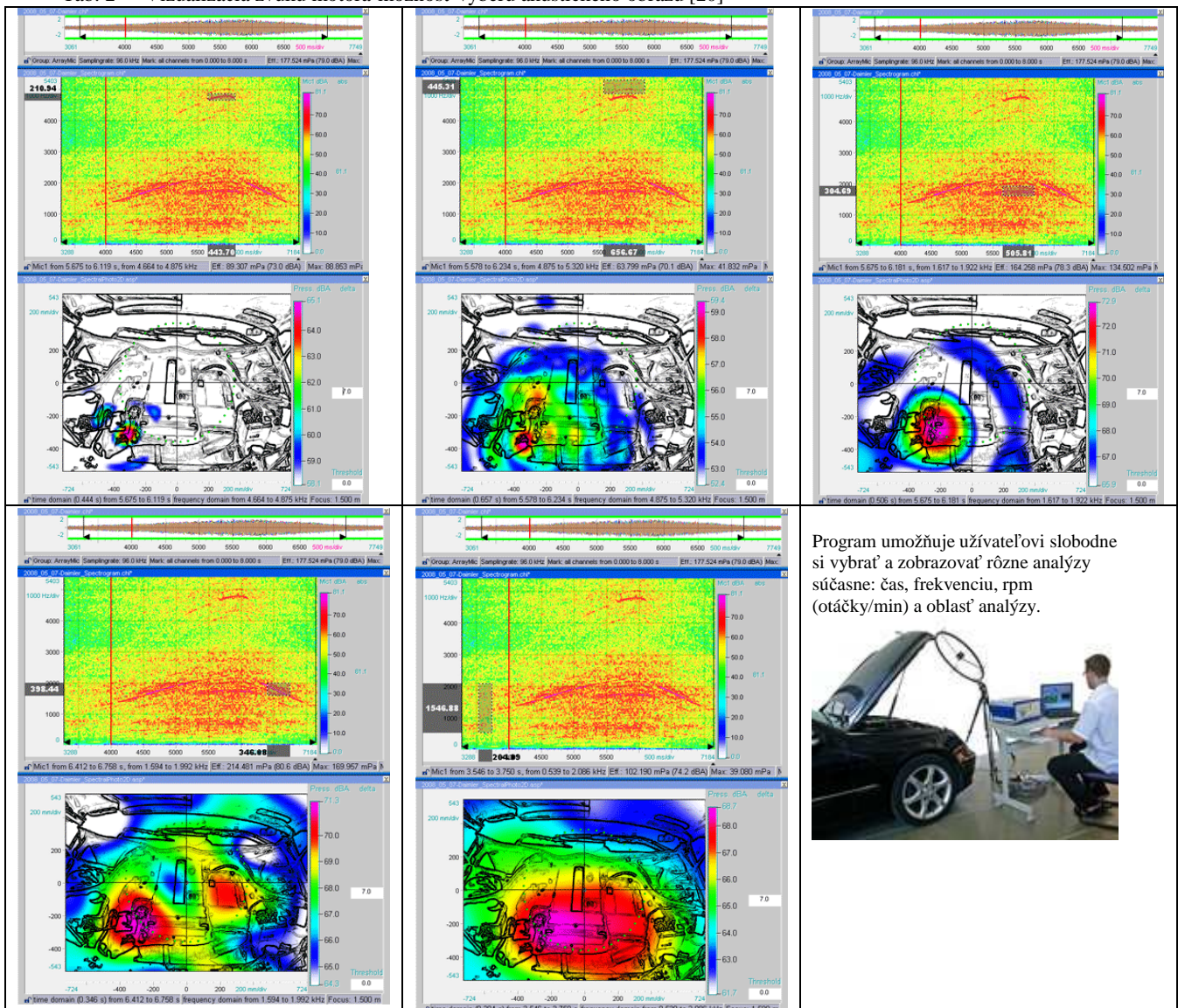


Obr. 4 Detekovanie zdrojov hluku v interiéri [9]

Akustická kamera môže selektovať frekvenciu, priebeh a umiestnenie zdroja hluku. Pomocou tejto metódy je zobrazený nielen priebeh zvukového signálu, ale spojením akustických obrázkov je možné získať akustický film, kde analýza ukazuje, ktoré zdroje zvuku sú aktívne, kedy a kde. Je možné sledovať hluk zapalovania, sania a výfuku a priebeh hluku jednotlivých valcov. Priebeh hluku sa stáva viditeľným, sú izolované aktívne zvukové zdroje a pasívne odrazy a je tiež možné, analyzovať zvuky z pohyblivých objektov. Vzhľadom k tomu sa objavujú úplne nové poznatky o pôvode, priebehu a formách hluku. Akustická kamera rozširuje existujúce metódy analýzy zvuku. V spektrograme, môžu byť zvuky zobrazené v časovom a frekvenčnom rozsahu. Postup môže byť tiež obrátený: Po výbere konkrétneho bodu na meranom objekte, môže kamera zvuk pochádzajúci z tohto miesta vizualizovať a rozdeliť na zložky spektra. Hviezdicová zostava mikrofónov umožňuje vizualizovať pohyblivý zdroj hluku aj na väčšie vzdialenosti. Je tiež možné, prehrať zvuk cez reproduktory aj po ukončení merania.

V praxi sa často stretávame s prípadmi, keď sú zdroje hluku pohyblivé, alebo dochádza k zmene pôsobenia jednotlivých zdrojov hluku v čase. Typickým príkladom premenlivého pôsobenia zdrojov hluku sú automatické výrobné linky. Akustická kamera umožňuje vykonať vizualizáciu emisií hluku v jednotlivých časových okamihoch pre celé alebo zvolené frekvenčné spektrum. Na nasledujúcich obrázkoch je prezentovaný spektrogram, z ktorého boli vygenerované akustické snímky pre jednotlivé časové okamihy (Tab. 2). [9]

Tab. 2 Vizualizácia zvuku motora-možnosť výberu akustického obrazu [20]



Program umožňuje užívateľovi slobodne si vybrať a zobrazovať rôzne analýzy súčasne: čas, frekvenciu, rpm (otáčky/min) a oblasť analýzy.

V železničnej doprave sa vizualizácia hluku orientuje na zdroje hluku vzhľadom ku krajine, ktorou trať vedie a vzhľadom k pohodliu cestujúcich. Akustickou kamerou sa rozlišujú a merajú zdroje hluku kolies a podvozku vagónov a železničnej

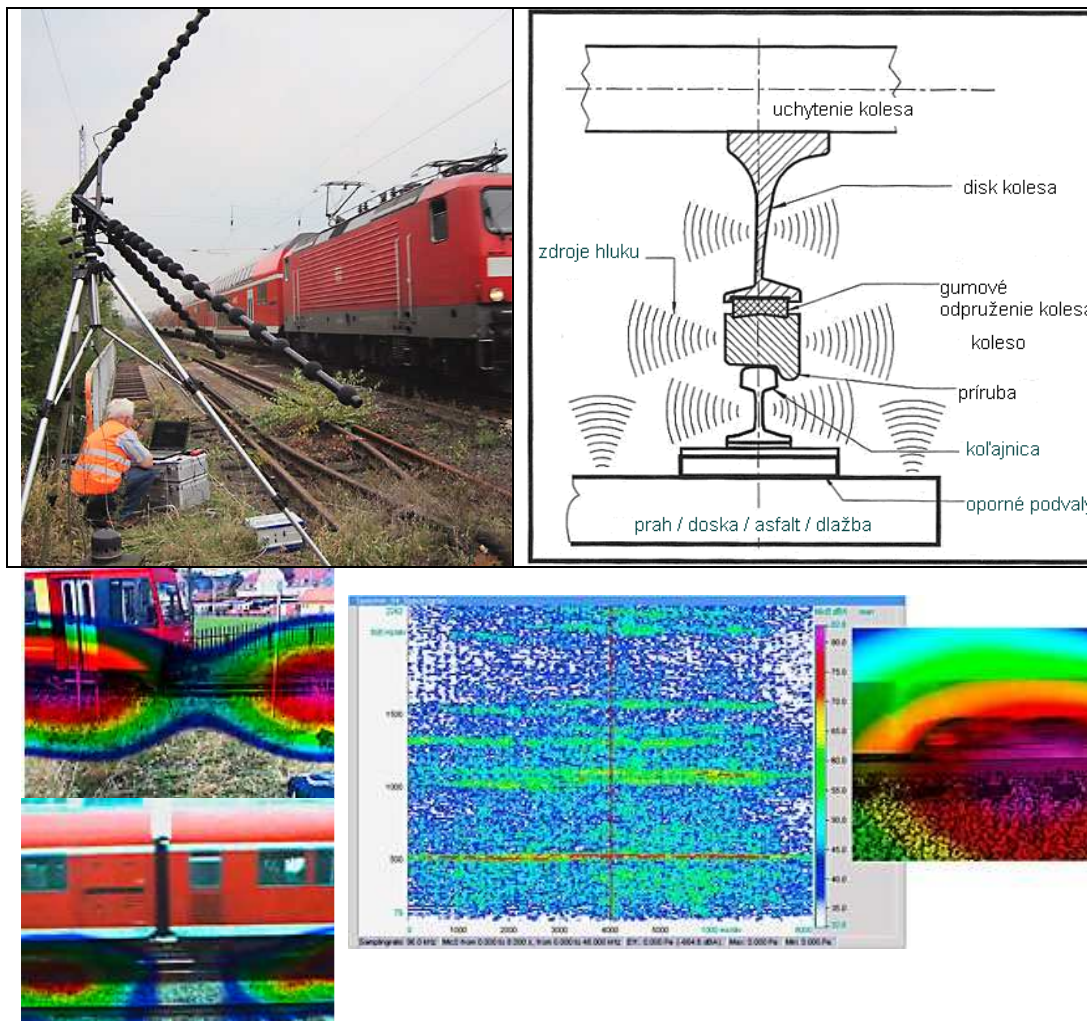
trate samotnej počas prejazdu vlaku za účelom vyhodnotenia emisií hluku pri prejazde vlaku v konkrétnej rýchlosti (Obr. 54).

Na obraze z akustickej kamery je zrejmé, že zdrojom najväčších emisií počas skúmaných situácií sú dvojkoľesia a podvozky.

Ďalším zdrojom hluku je kontakt kolies s koľajnicami počas jazdy a tiež výrazné vyžarovanie hluku z koľajnice samotnej. Vykonané merania priniesli mnoho zaujímavých výsledkov o mechanickej rezonancii v súvislosti s tým, že koľajnica je dobrý zvukovod. Avšak z dynamického hľadiska je krivka priebehu tohto hluku veľmi zložitá a ťažko popísateľný proces, ktorý je možné zmapovať práve vďaka akustickej kamere a jej možnostiam.

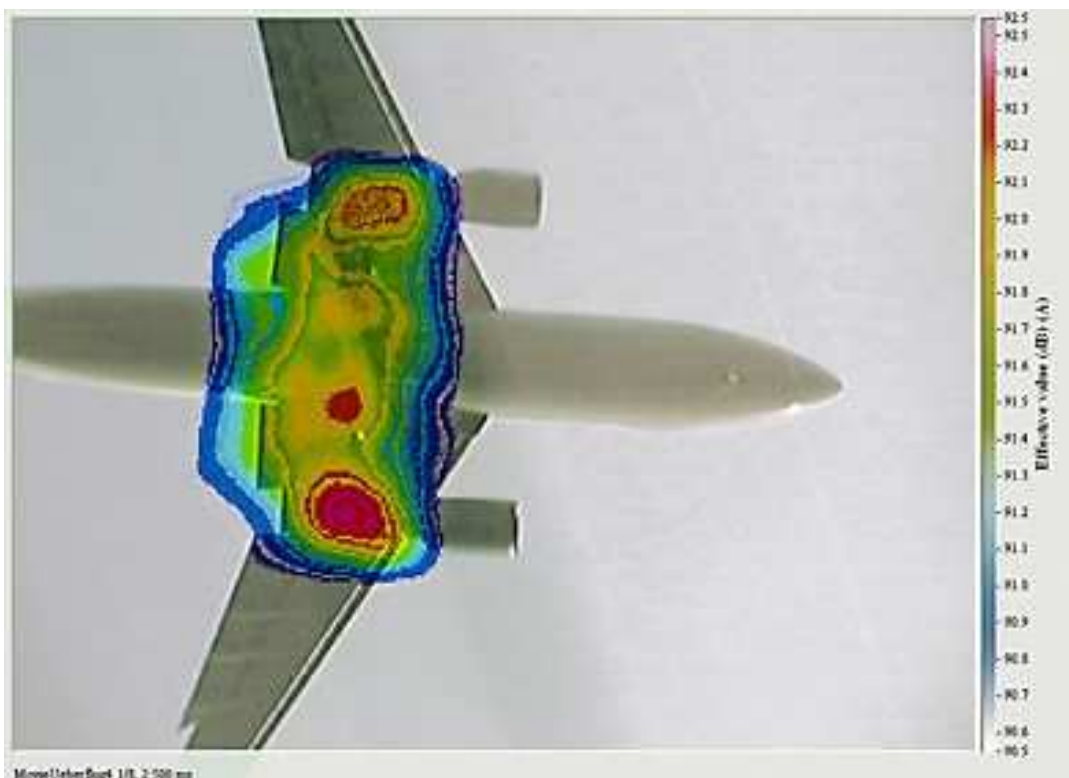
Spojenie meraní do spektrogramu jasne opisuje niekoľko režimov vyžarovania hluku.

Okrem vizualizácie hluku pôsobiaceho na krajinu a vonkajšie prostredie, mapovanie je tiež použiteľné v interiéroch. V osobnom vozni boli zaujímavé merania hluku brzdy a jeho vyžarovania cez oblasť prednej časti sedadla.



Obr. 5 Diagnostika hluku železničnej dopravy [9]

Po identifikácii zdrojov a priebehu železničného hluku, môžu byť realizované zodpovedajúce protopatrenia. Tie zahŕňajú rekonštrukciu podvozku a mazanie, ktoré bude tmiť hluk. Ako ďalší postup sa predpokladá zníženie oderu koľaje a behúňa kolesa. Následné merania by mali objasniť účinok rekonštrukcie podvozku vagonov a absorbérov hluku.



Obr. 6 Vizualizácia hluku prúdového lietadla v pohybe [20]

Akustická kamera je veľmi užitočným zariadením na snímanie a meranie hluku leteckej dopravy. Vďaka snímaniu hluku diaľkovo je možné diagnostikovať hluk štartujúceho aj letiaceho lietadla vid'. (Obr. 6)

Význam akustickej kamery [9] :

- spoľahlivosť dát akustickej rýchlosti,
- zobrazenie všetkých dôležitých akustických údajov v reálnom čase,
- jednobodová metodika,
- celá šírka pásma,
- veľký dynamický rozsah,
- malá citlivosť na šum pozadia,
- krátkodobé zobrazenie – záznam,
- voľná konfigurácia veľkosti siete,
- viacúčelové nástroje.
- intuitívny prístup

Eliminácia a zníženie expozície hluku na zamestnanca a klienta nie len právnou zodpovednosťou zamestnávateľov a prevádzkovateľov, je to tiež komerčný záujem organizácie. Čím je prostredie bezpečnejšie a zdravšie, tým je nižšia pravdepodobnosť finančne nákladných absencií, úrazov a zníženého výkonu. Obvyklý prístup na zníženie rizík vyplývajúcich z hluku v prostredí je dodržiavanie postupu, pozostávajúceho z troch krokov :

- ohodnotiť riziká;
- na základe hodnotenia rizík, vykonať kroky potrebné na prevenciu alebo riadenie rizík;
- pravidelne monitorovať a prehodnocovať efektivitu opatrení.

ZÁVER

Cieľom príspevku bolo spracovať prehľad možností vizualizácie, jej význam pre lepšie a názornejšie pochopenie výsledkov meraní a schopnosť vizualizovať a uchovávať množstvo komplexných dát. Využitie rôznych aplikácií vizualizácie v súčasnosti rozširuje možnosti ich uplatnenia pri ochrane životného prostredia.

V hlavnej časti sú spracované poznatky o zdrojoch, meraní a metódach detekcie a vizualizácie hluku v priemysle za účelom hľadania príčin jeho vzniku a šírenia. Tieto poznatky majú vplyv na optimálny výber možných spôsobov odstránenia, prípadne útlmu nežiaducich akustických prejavov priemyselných zariadení. Akustická kamera poskytuje možnosť získať akustický film, ktorý umožňuje spomalenú reprodukciu nasnímaného priebehu aktívneho a pasívneho hluku a jeho analýzu.



Svojimi schopnosťami prehľbuje a zlepšuje súčasné analytické metódy, umožňuje opakovať a porovnávať merania, merať pohybujúce sa a vzdialené zdroje.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0432-12 a v rámci projektu VEGA 1/1216/12.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] ZIARAN S. Potential health effects of standing waves generated by low frequency noise. *Noise Health* 2013;15:237-45.
- [2] Český výbor komitétu životního prostředí Československé vědeckotechnické společnosti. - *Dopravní hluk ve městech, Sborník přednášek pro kurs domu techniky* : Praha : Dům techniky, 1984.
- [3] ALEXEJEV, S. P. : *Hluk* : Praha : Technicko-vědecké vydavatelství, 1952.
- [4] LAZAROVÁ, P., 2013: Analýza spektrálneho zloženia hluku pri rôznych prevádzkových režimoch dopravy In: *Fyzikálne faktory prostredia: Mimoriadne číslo časopisu o problematike fyzikálnych faktorov prostredia*, Roč. 3, č. 2(2013), s. 155-161, 2013 /1338-3922/
- [5] ÁGHOVÁ, L. A kol., 1993: *Hygiena, učebnica pre lekárske fakulty*. Martin: Osveta, 1993, 264 s.
- [6] ŘIHÁČEK, T.: Rozmrzelost z hluku: konceptualizace a pred-iktorypsychosociální povahy. *Československá psychologie*, 51, 2007, č. 2, s. 117-128.
- [7] KLUKNAVSKÁ, Z. - LAZAROVÁ, P., 2012: Predikcia intenzity dopravy pri hodnotení cestovného hluku z cestných komunikácií. - In: *Fyzikálne faktory prostredia*. Roč. 2, mimoriadne č. (2012), s. 23-29. - ISSN 1338-3922
- [8] AKUSTING, *Hlukové štúdie*. [cit. 2013-04-15]. Dostupné na internete: <<http://www.akusting.cz/cs/hlukove-studie-28.html>>
- [9] Acoustic camera, *Applications*, [cit. 2013-04-15]. Dostupné na internete: <http://www.akustische-kamera.de/en>
- [10] PUSTAIOVÁ, Katarína. 2013. Možnosti vizualizácie fyzikálnych faktorov pracovného prostredia diplomová práca. Košice : TUKE, 2013. 46 s

ADRESY AUTOROV:

Ing. Petra LAZAROVÁ, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park J.A. Komenského 5, 042 00 Košice, e-mail: petra.lazarova@tuke.sk,

Ing. Zdenka BECK, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park J.A. Komenského 5, 042 00 Košice, e-mail: zdenka.kluknavska@tuke.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.