

# **Záznam zvuku v extrémních podmínkách - Vzduch**

Ondřej Lenart

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací  
Ateliér Audiovize

Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Ondřej Lenart**  
Osobní číslo: **K18144**  
Studijní program: **B8209 Teorie a praxe audiovizuální tvorby**  
Studijní obor: **Audiovizuální tvorba – Zvuková skladba**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **1. Teoretická část:  
Záznam zvuku v extrémních podmínkách – Vzduch  
2. Praktická část:  
Zvuková skladba audiovizuálního díla (vyrobeného v systému řízené výroby FMK)  
v minimální délce 12 minut, ve výstupní kvalitě uvedené ve Výrobní knize AAV.**

# Zásady pro vypracování

## 1. Teoretická část:

Rozsah práce: minimálně 15 normostran textu bez započítání obsahu, rejstříku a obrazových příloh.

Formální podoba: Jednotná formální úprava teoretické části práce, její uložení a zpřístupnění se řídí aktuální verzí příslušné směrnice rektora. Student odevzdává 1 ks fyzické (tištěné) práce v pevné vazbě. Tištěná verze práce obsahuje originální „Zadání DP/BP“ včetně příslušných podpisů a studentem podepsané Prohlášení o původnosti práce. Práce v elektronické podobě obsahuje nascanované „Zadání DP/BP“ se všemi formálními náležitostmi a také nepodepsané Prohlášení studenta o původnosti práce. Plný text elektronické verze ve formátu PDF/A a případné přílohy (zkomprimované do jednoho zip souboru) student odevzdá nahráním do IS/STAG a do příslušné složky na NAS-AAV (viz níže).

Pokyny k vypracování: prostudujte a analyzujte dostupné materiály z profesního hlediska a formulujte závěry a získané vědomosti do podoby akademického/odborného textu.

## 2. Praktická část:

Přípustné varianty praktické části:

1) Zvuková skladba audiovizuálního díla (vyrobeného v systému řízené výroby FMK) v minimální délce 12 minut, ve výstupní kvalitě uvedené ve Výrobní knize AAV.

2) Zvuková skladba souboru audiovizuálních děl oficiálně schváleného před odevzdáním Výrobní komisí ateliéru Audiovizuální tvorba, ve výstupní kvalitě uvedené ve Výrobní knize AAV.

3) Zvuková skladba souboru krátkých animovaných filmů v celkové délce 10 minut. Varianta musí být schválena před odevzdáním Výrobní komisí ateliéru Audiovizuální tvorba.

Další požadované materiály praktické části:

a) Upoutávka, teaser či trailer na předložené audiovizuální dílo (var. 1 a 2).

b) Písemná explikace z pohledu dané specializace. Minimální rozsah 2 normostrany (var. 1, 2, 3).

c) Anotace (var. 1, 2, 3).

d) Technický scénář (var. 1).

e) Štábová listina (var. 1, 2).

V případě, že je dílo autorským počinem nebo není součástí praktické části SZS studenta Produkce, je nutné dodržet doložení požadovaných materiálu a – h dle zadání specializace Produkce. Tato data odevzdává za projekt vždy jeden člověk. Nezbytná je konzultace s vedením AAV.

Všechny odevzdávané materiály musí splňovat vnitřní technické normy dle Výrobní knihy AAV pro odevzdávání prací a musí být řádně popsány (jméno, název, logo fakulty, formát, rozlišení). Součástí závěrečné práce je vytištěný a podepsaný formulář „Údaje o bakalářské práci studenta“.

## Uložení na NAS:

Ve složce na NAS-AAV, označené „Bakalářská / Magisterská práce“ uložte:

1. Teoretickou práci ve formátu PDF/A a případné přílohy (zkomprimované do jednoho zip souboru) dle specifikací výše.

2. Vytvořte podsložku Praktická práce, která bude obsahovat materiály částí a- h. Řádně nazvaný film/absolventské dílo odevzdávejte ve formátech splňujících vnitřní technické normy AAV pro odevzdávání prací.

3. Vytvořte podsložku s názvem Katalog, která bude obsahovat „Podklady pro katalog FMK UTB ve Zlíně“: 10 kusů obrazové dokumentace praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250 mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině i v angličtině, rok obhajoby, osobní e-mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení.

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

VIERS, Ric. *The Sound Effects Bible: How to Create and Record Hollywood Style Sound Effects*. Michael Wiese Productions, 2008. ISBN 978-1-932907-48-3.

EARGLE, John. *The Microphone Book: From Mono to Stereo to Surround – A Guide to Microphone Design and Application*. Second edition. Focal Press, 2005. ISBN 02405 1961 2.

CHENEVEZ, Philippe. Handling Noise Analysis in Large Cavity Microphone Windshields. Improved Solution. In: *AES E-library* [online]. Paris, France, May 1, 2009. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14970>

WETTKE, Jörg. Microphones and Wind. In: *AES E-library* [online]. Karlsruhe, Germany, 1992. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=7028>

BURROUGHS, L. R. The Reduction of Wind Noise in Microphones and The Pitfalls of Improvised Wind Screens. In: *AES E-library* [online]. Buchanan, Michigan, USA, 1960. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=407>

Vedoucí teoretické části: **MgA. Pavel Hruďa**  
Ateliér Audiovize

Vedoucí praktické části: **MgA. Pavel Hruďa**  
Ateliér Audiovize

Datum zadání bakalářské práce: **2. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**



L.S.

---

**doc. Mgr. Irena Armutidisová**  
děkanka

---

**MgA. Irena Kocí, Ph.D.**  
vedoucí ateliéru

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

### Beru na vědomí, že

- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji, že:

- jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 15.5.2021.....

Jméno a příjmení studenta: ONDŘEJ LENART.....

podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá funkcí mikrofonních protivětrných ochran, jejich účinností, konstrukcí, vlivem větru na mikrofon a změnami propagace akustické energie vlivem atmosférických jevů.

Klíčová slova: protivětrná ochrana mikrofonu, vibrace, útlum a propagace zvuku vlivem atmosférických jevů, mechanismy vytvářející zvuk větru

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with function of microphone windshields, their effectiveness, construction, the influence of wind on microphone and changes in the propagation of acoustic energy due to atmospheric phenomena.

Keywords: microphone windshield, vibrations, attenuation and propagation of sound due to atmospheric phenomena, mechanism creating wind sound

Děkuji vedoucímu práce MgA. Pavlovi Hrudovi za odborné vedení bakalářské práce, poskytování cenných rad, ochotu, trpělivost a vstřícnost.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 PROTIVĚTRNÁ OCHRANA MIKROFONU .....</b>	<b>11</b>
1.1 PRINCIP A FUNKCE PROTIVĚTRNÝCH MIKROFONNÍCH OCHRAN .....	11
1.2 DRUHY PROTIVĚTRNÝCH OCHRAN.....	11
1.2.1 Pop filter (Pop shield) .....	12
1.2.2 Pěnová ochrana (Foam Windscreen) .....	13
1.2.3 Wind furry .....	13
1.2.4 Softie Windshield.....	14
1.2.5 Blimp (Zeppelin, Basket-style windscreen) .....	14
1.2.6 Windsock.....	15
1.3 MIKROFONNÍ TLUMIČE (SHOCK MOUNT).....	16
1.4 VIBRACE .....	16
1.5 MECHANISMY VYTVÁŘEJÍCÍ ZVUK VĚTRU .....	17
1.6 MĚŘENÍ ÚČINKU VĚTRU NA MIKROFONNÍ MEMBRÁNU.....	17
1.7 MĚŘENÍ ÚČINNOSTI PROTIVĚTRNÉ OCHRANY .....	18
<b>2 ZMĚNA PROPAGACE ZVUKU VLIVEM ATMOSFÉRICKÝCH JEVŮ .....</b>	<b>20</b>
2.1 ÚTLUM ZVUKU VLIVEM ABSORPCE VE VZDUCHU.....	20
2.2 ÚTLUM ZVUKU VLIVEM GRADIENTU VĚTRU .....	20
2.3 ÚTLUM ZVUKU VLIVEM GRADIENTU TEPLoty .....	21
2.4 VLIV TEPLoty A ATMOSFÉRICKÉHO TLAKU NA FUNKCI MIKROFONU.....	21
2.5 ÚTLUM ZVUKU VLIVEM MLHY A SNĚHU.....	21
2.6 ÚTLUM ZVUKU OHYBEM PŘES PŘEKÁŽKU.....	21
<b>3 MĚŘENÍ ÚČINKU VĚTRU .....</b>	<b>22</b>
3.1 MĚŘENÍ ÚČINKU PŘIROZENÉHO VĚTRU .....	22
3.2 MĚŘENÍ ÚČINKU GENEROVANÉHO VĚTRU.....	27
3.2.1 Změna geometrie.....	30
3.2.2 Použití protivětrných ochran .....	32
3.2.3 Miniaturní mikrofony .....	33
3.2.4 Ovlivnění směrové charakteristiky .....	34
3.2.5 Gradientní tlakové mikrofony .....	37
3.2.6 Vliv rychlosti větru .....	39
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>45</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>46</b>



## ÚVOD

Záznam zvuku je nedílnou součástí výroby každého audiovizuálního díla. Mistr zvuku se účastní již přípravných fází, kdy sám vytipuje nebo kontroluje určené lokace, zvolí vhodnou technologii, rozhoduje o způsobu a formě snímání lokačního zvuku. Při samotné realizaci je jako vedoucí zvukového oddělení zodpovědný za činnost celého záznamového řetězce a kontroluje všechny aspekty prováděného záznamu. Mistr zvuku rozhoduje o způsobu nasazení mikrofonisty, volí jeho mikrofony, rozhoduje o použití a umístění klopových mikrofonů, případně o poloze dalších mikrofonů ukrytých ve scéně.

Práce mistra zvuku zejména v exteriérových lokacích je poměrně obtížná. Téměř vždy dochází ke konfrontaci se zdroji hluku. Těmito zdroji mohou být nedaleká továrna, frekventovaná cesta, vlaková trať, probíhající stavba či kupříkladu procházející lidé. S některými nežádoucími akustickými jevy je možné pracovat během produkce, s jinými nikoliv. Důležitou kompetencí mistra zvuku je tudíž také znalost okolní krajiny, schopnost orientovat se v topografických mapách, správně odhadnout zdroje a míru vlivu zvukového smogu na výsledný záznam.

Nejčastěji je lokační práce mistra zvuku komplikována nežádoucími jevy způsobenými vzdušným prouděním. Cílem této práce je vytvořit základní přehled o možnostech, funkci, konstrukci a způsobu použití mikrofonních protivětrných ochran, odolnosti samotných mikrofonů vůči větru, vzniku a propagaci větru a vlivu atmosférických jevů na šíření akustických vln.

K napsání této práce mě vede zjištění, že v českém jazykovém prostředí neexistuje žádná známá publikace zabývající se danou problematikou z pozice mistra zvuku.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PROTIVĚTRNÁ OCHRANA MIKROFONU

Použití kvalitního mikrofonu, jehož hodnota je vysoká, může být zcela zbytečné, pokud jeho správnou funkci nepodpoříme dodatečným vybavením. Výsledný záznam mohou již na vstupní úrovni záznamového řetězce nepříznivě ovlivnit zejména vibrace a zvuk větru.

### 1.1 Princip a funkce protivětrných mikrofonních ochran

Během studia archiválií knihovny Audio Engineering Society, zabývajících se historií vývoje mikrofonního příslušenství, jsem našel zajímavý článek z roku 1960, jehož autorem je viceprezident oddělení záznamových a vysílacích zařízení firmy Electro-Voice Lou Burroughse. Je v něm uvedeno, že návrh a výroba mikrofonního krytu je ponechána improvizacním schopnostem koncového uživatele, ovšem v článku popsané experimenty s perforovanými plechovými pláty jsou již dávnou minulostí. (Burroughs 1960) Dnes již naštěstí existuje množství komerčně dostupných variant mikrofonního příslušenství, přesto schopnost improvizace na tomto poli může být stále užitečná. Výběr materiálu vždy podléhá základnímu účelu, tedy efektivnímu omezení síly větru působícího na mikrofonní membránu. Může se jednat o různé druhy pružných průzvučných sítovin natažených přes rám koše tvořený kovovým nebo plastovým pletivem, případně o jiné porézní materiály jako například akustická pěna nebo srst, která je velmi dobrým absorbérem, eventuálně můžeme využít kombinace všech výše uvedených materiálů. V případě použití tenkých vrstev látky či pěny je jedním z důležitých předpokladů správné funkce zabránění jejich třepotání ve větru. (Wuttke 1992) Vrstvení látkových odporových vrstev nezredukuje zvuk generovaný větrem o více než 1-4 dB, a navíc má výrazný nežádoucí účinek v podobě útlumu vyšších frekvencí. Každá mikrofonní ochrana produkuje nežádoucí účinky v podobě akustické atenuace a změny polární charakteristiky mikrofonu. Za nejextrémnější příklad mikrofonní protivětrné ochrany se dá považovat vzduchotěsná krabice. (Brixen 2005)

### 1.2 Druhy protivětrných ochran

Mechanické provedení protivětrné ochrany je charakterizováno velikostí, tvarem, použitým materiálem a vnitřní konstrukcí. Za předpokladu užití funkčního designu nabízí objemnější ochrana vyšší účinnost. (Wuttke 1992) Toto tvrzení platí pouze do určité velikosti a mikrofon by měl být uvnitř koše ideálně vystředěn. (Brixen 2005) Jelikož ve většině případů uživatel neovlivní směr větru, měla by mít protivětrná ochrana aerodynamický tvar, který výrazně omezí vznik turbulencí u povrchu samotné ochrany. Ideální formou je koule,

nicméně vzhledem k tvaru většiny mikrofonů sférická podoba není vždy tak vhodná jako podoba válce. Účinnost cylindrické ochrany se naštěstí blíží účinnosti ochrany sférické. Většina komerčně dostupných protivětrných krytů pro venkovní použití je konstruována jako dutá jemně děrovaná schránka pokrytá jednou nebo více vrstvami tkaniny. Základní koncept spočívá v zabránění výrazné interakce vnějšího vzduchu se vzduchem uvnitř koše. Tato forma ochrany funguje velmi dobře zejména v součinnosti s gradientním typem mikrofonů.

Na trhu existuje také velké množství protivětrných krytů vyrobených z akustické pěny. Nasazují se přímo na tělo mikrofonu a jejich popularita vyplývá z vysoké odolnosti vůči mechanické námaze. Pěnové protivětrné kryty neobsahují pevný rám a jejich pořizovací cena není vysoká.

### 1.2.1 Pop filter (Pop shield)

Tento typ ochrany se používá nejčastěji v nahrávacích studiích. Průzvučná, natažená, většinou nylonová tkanina nebo kovová mřížka umístěná před membránu mikrofonu částečně eliminuje nežádoucí projevy výdechových nárazů způsobených interpretem. Některé mikrofony mají pop filter integrován již z výroby. (Viers 2008, Eargle 2005)



Obrázek 1 Lewitz TMSA014 Pop Filter

### 1.2.2 Pěnová ochrana (Foam Windscreen)

Účelem pěnové ochrany je omezení vlivu slabého proudění vzduchu způsobeného například manipulací s mikrofonní tyčí. Další důležitou funkcí je částečná eliminace důsledku výdechových nárazů. Pěnová protivětrná ochrana je většinou používána v interiérech samostatně nebo v kombinaci s dalšími typy protivětrných ochran. (Viers 2012) Vhodným materiálem pro výrobu je polyuretanová pěna, ale také méně používaná pěna kovová. (Brixen 2005)



Obrázek 2 Sennheiser MZW 1

### 1.2.3 Wind furry

Je vyrobena z umělé srsti, která se nasazuje přímo na mikrofon nebo pěnovou ochranu. Na trhu existuje mnoho rozdílných názvů pro tuto formu protivětrné ochrany. „*Fur Windsock (K-Tek), Furry Windjammer (Rycote), and the Dead Cat and Dead Kitten (Rode).*“ (Viers 2012, s.23)



Obrázek 3 Rode DeadKitten

### 1.2.4 Softie Windshield

Jedná se o pěnový nebo plastový kryt mikrofonu pokrytý umělou srstí. Tato ochrana nabízí poměrně vysokou účinnost, její největší výhodou je snadná manipulace.



Obrázek 4 Rycote Classic-Softie Windshield

### 1.2.5 Blimp (Zeppelin, Basket-style windscreen)

Velmi účinná podoba běžně dostupné protivětrné ochrany. Mikrofon je umístěn do *shock mount* uvnitř plastového děrovaného tubusu pokrytého průzvučnou tkaninou. Součástí ochrany je rukojeť umožňující pohodlnou manipulaci a připojení mikrofonní tyče. V kombinaci s *windsock* jde o nejúčinnější formu komerčně dostupné mikrofonní protivětrné ochrany. (Viers 2012) Při výrobě je třeba věnovat pozornost funkčnímu designu, aby se předešlo akustickým zpětným odrazům uvnitř samotné ochrany. (Brixen 2005) Tato forma protivětrné ochrany poskytuje přiměřenou protekci také vůči sněhu a dešti. (Hilliard 1971) V současné době se za účelem ochrany před těmito přírodními elementy používají speciální návleky, které nasáknou vodu, ale zamezí jejímu přístupu k mikrofonu. Ani tato metoda ovšem není vždy dostatečně účinná. V extrémních případech lze mikrofon umístit do nelubrikovaného kondomu. Tato metoda má ovšem velmi negativní dopad na výsledný záznam. (Viers 2012)



Obrázek 5 Rycote Modular Windshield

### 1.2.6 Windsock

Pro návlek z umělé srsti určený na konkrétní modely tubusové ochrany, uvádějí jednotliví výrobci rozdílné názvy. „*Wind Muff (Sennheiser), Dead Wombat (Rode) and Windjammer (Rycote)*.“ (Viers 2012, s.23) Někteří výrobci nabízejí návleky vhodné i do velmi silného větru, například Rycote Hi-Wind Cover. Použití návleku imitujícího srst má výrazný nežádoucí účinek ve formě útlumu vyšších frekvencí. (Brixen 2005) Úbytek nemusí posluchač zaznamenat, přesto je vhodné používat protivětrnou ochranu jen v nutných případech. Pěnovou ochranu, blimp a windshock lze také různě kombinovat. (Viers 2012)



Obrázek 6 Rycote Cyclone Windjammer

### 1.3 Mikrofonní tlumiče (Shock mount)

Většina mikrofonů je velmi lehce ovlivnitelná sebemenším chvěním, tedy vibracemi, které pronikají do záznamu v podobě nepřírozeného dunění, frekvenčního nárůstu ve spodní oblasti spektra. Tyto přenesené vibrace jsou způsobeny mikrofonistou manipulujícím mikrofonní tyč či pronikají skrz stojan z okolí, například z podlahy. Za účelem snížení vlivu těchto nežádoucích jevů je nutné použít mikrofonní tlumič. S mikrofonem přesto musí být vždy manipulováno velmi jemně, neboť tlumič efektivně pohlcuje pouze určitou míru chvění. Hluk může být také způsoben mikrofonním kabelem, proto je nutné kromě opatrné manipulace kabel nenapínat v blízkosti připojení k mikrofonu. V praxi se můžeme nejčastěji setkat s tlumiči fungujícími na principu gumičky, pružného plastu nebo s kombinací obou. (Viers 2012)



Obrázek 7 Rycote InVision INV-7

### 1.4 Vibrace

Ochrana proti větru a útlum nežádoucích vibrací jsou problémy vzájemně spolu velmi úzce související. Jejich účinná eliminace je dodnes výzvou pro výrobce mikrofonního příslušenství. Kvalitní ochrana musí být bezesporu lehká, odolná, praktická a účinná. Konečný výrobek je vždy funkčním kompromisem učiněným na základě obtížných rozhodnutí. Zvyšující se frekvenční rozsah a citlivost mikrofonů stimuluje potřebu efektivního vybavení zejména na poli audiovizuální tvorby. Vibrace způsobené manipulací jsou přímým důsledkem účinnosti odpružení mikrofonního držáku. Při použití boom pole



v koincidenci se silnou amplifikací signálu se stává úroveň hluku způsobeného kmitáním velmi důležitou proměnnou. V návaznosti na teorii mechanického přenosu u jednostupňových vibračních systémů má hmota (mikrofon) zavěšena pružinou (shock mount) na vibrační podpěře (například boom) různé chování na základě vzrušivé frekvence.

Mikrofonista tedy manipuluje s komplexním rezonančním systémem, jehož pohyb a úhlové naklonění mohou měnit úroveň vibrací. Všesměrové tlakové mikrofony nejsou tímto chvěním výrazně ovlivněny, oproti tomu směrové gradientní mikrofony jsou jím ovlivněny velmi. Jelikož se vibrace šíří všemi směry, ovlivňují nejen mikrofonní membránu. Jednotlivé části mikrofonní soustavy musí být zajištěny proti vzniku vibrací. Je třeba si dát pozor zejména na pružnost materiálu, hmotnost a délku jednotlivých komponent. Systém musí být pečlivě navržen s řízeným pružinovým efektem činným ve všech směrech a způsobech pohybu. Eliminace vibrací je jedním z důležitých ukazatelů kvality komplexní protivětrné ochrany. Rozdílné způsoby zavěšení mikrofonu mají výrazný vliv na útlum a propagaci vibrací. Nechtěný akustický příspěvek generovaný kmitáním může být výrazný. (Chenevez 2009)

### **1.5 Mechanismy vytvářející zvuk větru**

Zvuk větru je důsledkem chaotických větrných vírů a turbulencí, jejichž vznik a propagaci ovlivňuje také tvar mikrofonního tělesa, jeho umístění a způsob montáže. Tyto faktory se většinou velmi liší s ohledem na způsob aplikace, proto je užitečné porozumět mechanismům vzniku zvuku větru a jeho šíření. Tento zvuk se skládá ze dvou hlavních komponent. První složka zahrnuje vzdušné turbulentní fluktuace vyskytující se přirozeně ve větru. Tomuto jevu dominuje spodní část frekvenčního spektra. Charakteristikou druhé složky je interakce samotného větru s tělem mikrofonu, čímž vznikají další turbulence, jejichž spektru dominují frekvence vyšší. Přibližně 90 % těmito způsoby generovaného zvuku se nachází pod hranicí 15 Hz. Veškeré blízké objekty, včetně například mikrofonní tyče nebo lidského těla, mohou být dalším zdrojem nežádoucích turbulencí. (Bradley, Wu, von Hünerbein, Backman 2003)

### **1.6 Způsob posuzování účinku větru na mikrofonní membránu**

Při posuzování účinku větru na mikrofonní membránu je důležité rozlišovat použité konstrukční elektroakustické řešení gradientní a tlakové. Každý typ mikrofonu reaguje na

větrné podněty jiným způsobem. U tlakových mikrofonů závisí vychýlení membrány zcela na akustickém tlaku. Polární charakteristika tlakových mikrofonů je všesměrová (např. mikrofony Schoeps MK 2, Schoeps CCM2). Princip gradientního mikrofonu spočívá v přivedení akustického signálu na obě strany membrány. Velikost výstupního signálu tedy závisí na rozdílu akustického tlaku obou jejích stran. Polární charakteristika těchto mikrofonů je většinou směrová (Schoeps MK 8, Schoeps CCM 8). (Schoeps GmbH)

## 1.7 Měření účinnosti protivětrné ochrany

Zásadním problémem měření účinnosti v umělém prostředí je bezhlučné generování vzdušného proudu. Zcela nehlučnou možností je zavěsit mikrofon na kabel jako pružinou hnané kyvadlo v bezodrazové komoře. Výsledná spektrální analýza záznamu je provedena aplikací frekvenčních filtrů na úrovni rekordéru, přesnějších dat je možno dosáhnout softwarovým rozbořem. Hlavní nevýhodou této metody je přerušovaný pohyb kyvadla a potencionální vznik torzních vibrací přenášejících se na membránu mikrofonu. (Carell 1955)

Další možností je umístit mikrofon například na stojan pohybující se po kolejnici nebo na vnější okraj rotujícího ramene. Tyto metody generují laminární proudění vzduchu, ovšem bez rozličných stupňů turbulentních proudů vyskytujících se v reálném větru. Laminární proudění vzduchu tedy odpovídá situaci, kdy mikrofon na teleskopické tyči rozráží vzduch v klidném interiérovém prostředí. Výsledky tohoto měření jsou relativně nedůležité, neboť mikrofonista může libovolně zpomalit pohyb mikrofonu, čímž zcela vyloučí nežádoucí zvukové jevy. Ve venkovním prostředí při účinku reálného turbulentního větru má regulace pohybu samotného mikrofonu pouze malý vliv na úroveň hluku ve výsledném záznamu.

Jedna z metod simulace turbulentního větru je narušení laminárního proudění umístěním překážky před mikrofon. Tento způsob vyžaduje komplikované laboratorní nastavení. Výrobci mikrofonních zařízení za účelem měření používají generátory větru poháněné radiálním ventilátorem, které produkují určitou formu turbulentního proudění. Nicméně ještě v roce 1992 nebyl k dispozici žádný standardizovaný testovací protokol. (Wuttke 1992) Dnes už existuje norma Mezinárodní elektrotechnické komise, větrné generátory IEC60268-4, typ 1 a 2 jsou určeny pro měření účinku větru, ovšem v oblasti měření účinnosti protivětrných mikrofonů ochrany nejsou, pravděpodobně z důvodu obtížné interpretace výsledku měření, příliš využívány. Málo účinné i účinné kryty mohou skončit s podobným hodnocením. (Woolf 2016)

Efektivita protivětrné ochrany a citlivost jednotlivých mikrofonů vůči větru je vyjádřena jako rozdíl výsledků měření provedených s nechráněným mikrofonem a s mikrofonní ochranou při použití různých typů mikrofonů. Nejspolehlivější indikací účinnosti mikrofonní ochrany je tedy přímé porovnání výsledné frekvenční charakteristiky útlumu. (Wuttke 1992) Praktickými ukázkami takto provedených měření se zabývám v kapitole 3.

## 2 ZMĚNA PROPAGACE ZVUKU VLIVEM ATMOSFÉRICKÝCH JEVŮ

V reálném prostředí nedochází k poklesu akustické energie ovlivňující mikrofonní membránu pouze zvětšující se vzdáleností v prostoru. Důležitou kompetencí mistra zvuku při nahrávání v externích podmínkách je porozumění způsobu propagace akustických vln v závislosti na různých druzích počasí a uspořádání prostoru. Toto porozumění je nutné promítnout do přípravy i samotné realizace, tedy vhodně zvolit techniku, její příslušenství, již předem zhodnotit akustické podmínky daného místa a být schopen reagovat na případné aktuální změny. Hluboká údolí, mlha a sníh tlumí šíření zvukových vln. Hladké povrchy, jako například voda nebo betonová plocha, svými odrazovými vlastnostmi přispívají k jejich propagaci. Změny tlaku vzduchu mají významný vliv na šíření akustického signálu. Předměty umístěné v prostoru mohou fungovat jako přirozené kryty chránící před zvukovým smogem a důsledky větrných turbulencí. V některých situacích, například při záznamu zvukových atmosfér, může být vzdálená meluzína nebo odlehlý zvuk města naopak velmi žádoucí. Správné pochopení těchto jevů umožňuje vhodně zvolit místo, způsob a směr snímání.

### 2.1 Útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu

Zvukové vlnění vykazuje teplotně-vodivé vlastnosti a vyzařuje teplo vlivem vzdušného tření a vlivem samovolného rozptylování částic do prostoru. „*K úbytkům zvukové energie dochází vlivem tzv. molekulární absorpce, která je založena na relaxaci při pohybu molekul kyslíku. Toto snížení intenzity zvuku je výrazně závislé na relativní vlhkosti vzduchu.*“

(Skalička 2015, s. 30)

### 2.2 Útlum zvuku vlivem gradientu větru

Šíření zvukových vln může být ovlivněno změnou rychlosti větru. Pokud se rychlost větru zvyšuje v závislosti na vzrůstající výšce nad terénem, způsobí tento jev ve směru proti větru odklon zvukových vln směrem od povrchu, vytvoří akustický stín. Naopak ve směru po větru dojde k ohybu zvukových vln směrem k zemi, což má za následek jejich zesílení. Pokud je rychlost větru u povrchu vyšší, nastává situace opačná. Kolmo vůči působení větru se amplifikace zvuku ani jeho atenuace neprojevuje.

### 2.3 Útlum zvuku vlivem gradientu teploty

Rychlost zvuku se zvyšuje s nárůstem teploty. Při její změně dochází k obdobnému jevu jako při změně rychlosti větru. Pokud se teplota snižuje v závislosti na vzrůstající výšce nad terénem, tato situace nastává obvykle ve dne, způsobí tento jev odklon zvukových vln směrem od povrchu, vytvoří akustický stín. Pokud se teplota v závislosti na vzrůstající výšce nad terénem snižuje, dojde k zesílení signálu, tato situace nastává většinou v noci.

### 2.4 Vliv teploty a atmosférického tlaku na funkci mikrofonu

Při běžném nahrávání pomocí kondenzátorových mikrofonů mohou být reakční změny membrány v důsledku kolísání barometrického tlaku a teploty ignorovány, jsou nepatrné. Pouze u měřících aplikací mohou být variace natolik výrazné, že je potřeba recalibrace daného systému. Primárním účinkem zvýšení teploty je snížení napětí membrány, které způsobuje zvýšení citlivosti a snížení frekvenčního rozpětí. Snížení barometrického tlaku vyvolává změny zejména v poklesu citlivosti membrány vůči spodním a středním frekvencím. Pokles tlaku také snižuje odpor vzduchu vůči pohybům membrány, čímž dochází k rozšíření zachytávaného frekvenčního pásma. (Eargle 2005)

### 2.5 Útlum zvuku vlivem mlhy a sněhu

Vlivem neustále se měnícího počasí je velice obtížné provést jakékoliv relevantní měření. Je ovšem zcela jisté, že dochází k atmosférické absorpci. (Skalička 2015, Winkler 2010, Kaňka, Králová) Sníh snižuje účinnost odražených vln od zemského povrchu, zvyšuje jeho pohltivost. Opačná situace nastává například nad vodou, která zvyšuje odrazivost.

Uvedené jevy jsou závislé na rychle se měnícím stavu atmosféry, tvaru terénu i turbulencích a většinou s nimi není možné počítat předem.

### 2.6 Útlum zvuku ohybem přes překážku

Za překážkou narušující šíření zvuku dochází k útlumu frekvencí, jež svou vlnovou délkou nepřevyšují danou bariéru. K útlumu vyšších frekvencí proto dochází snáze než k útlumu frekvencí nižších. Intenzita útlumu se také odvíjí od tvaru překážky, její polohy v prostoru a umístění posluchače, případně mikrofonu. (Kaňka)

### 3 MĚŘENÍ ÚČINKU VĚTRU

Teoretický popis aspektů vzdušného proudění ovlivňujících snímání zvuku je pouhou hypotézou. Ověření těchto předpokladů vyžaduje komplikované technologické zázemí a při omezených výzkumných možnostech mohou být dosažené výsledky velmi zavádějící. Proto jsem se rozhodl na následujících stranách sumarizovat měření provedená uznávanými autoritami v oboru akustických a elektroakustických vědních disciplín.

#### 3.1 Měření účinku přirozeného větru

Ze zřejmých důvodů jsou nejhodnotnější výsledky měření získané v přirozeném venkovním prostředí. Vzhledem ke stále se měnícím podmínkám je takovýto test vždy unikátním a neopakovatelným, přesto analýza paralelního záznamu při rozdílném nastavení, kterou provedl Eddy B. Brixen, přináší hodnotné a zajímavé výsledky. Za účelem testu byly vždy dvě sady mikrofónů a protivětrných krytů nastaveny takovým způsobem, aby vzájemně svíraly pravý úhel a ležely ve stejné horizontální poloze. Pro monitorování úrovně hluku v pozadí je možné použít další mikrofón s nízkou citlivostí vůči větru. Anemometr, přístroj pro měření rychlosti a případně směru vzdušného proudění, poskytoval časově značená data vždy po zvolenou dobu jedné minuty. Ze zápisu je možno vyčíst směr a rychlost větru, maximální a minimální úrovně, to vše pro každý interval i pro průměr množiny intervalů. Výsledný zvukový záznam byl softwarově porovnán s výsledky měření pomocí anemometru.

Při hledání relevantních údajů je třeba reflektovat skutečnost, že záznamový řetězec a vítr nejsou jedinými zdroji hluku. I při velmi nízké úrovni vzdušného proudění je hladina zvukového smogu vlivem pohybu vegetace a jiných překážek v prostoru patrná. Spektrum takového hluku má širokopásmový charakter, ovšem pouze s malým obsahem nízkofrekvenční energie. V praxi jsou tedy hlukem z prostředí většinou významně maskovány pouze střední a vysoké frekvence.

Při testu byly použity mikrofónní protivětrné kryty Windpac vyrobené firmou DPA Microphones.

Měření byla provedena dle uvedeného postupu. Po dokončení záznamů byly indikovány čtyřvteřinové úseky s nejvyšším vlnovým průběhem. Tyto sekvence byly analyzovány (1/3 oktávového kmitočtového pásma). Pro kalibraci záznamových zařízení byl použit generátor signálu.

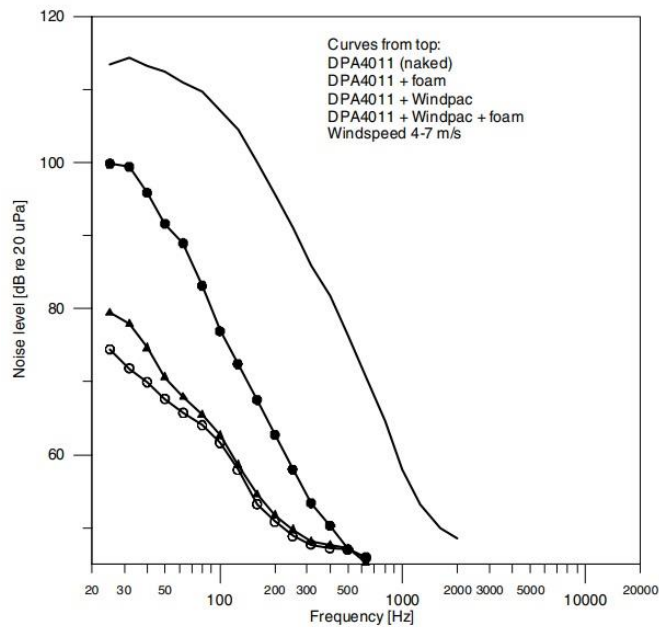


Obrázek 8 Nastavení mikrofonů během testu

Absolutní hladina hluku byla vypočtena z naměřené citlivosti mikrofonu. Jednotlivé mikrofony mohou na podněty způsobené větrem reagovat odlišně. Z prezentovaných laboratorních měření taktéž vyplynulo, že spektrum šumu vyvolané větrem, při použití dvou shodných kardioidních mikrofonů během experimentálního usazení do odlišných mikrofonních těl je rozdílné. Každý tvar samotného mikrofonního tělesa se tudíž bude podílet na větrem generované hlukové složce rozdílným způsobem. Dalším zkoumaným parametrem týkajícím se směrových mikrofonů je jejich citlivost vůči větru v závislosti na úhlu působení. Nejcitlivěji mikrofon reaguje na větrné působení v úhlu 90 stupňů, při směru působení 0 stupňů dochází naopak k nárůstům nejmenšímu. Z měření vyplynulo, že úroveň větrem generovaného hluku v závislosti na úhlu významně ovlivňuje také rychlost proudění, kdy vyšší rychlost proudění způsobuje výraznější úroveň hluku.

Jednou z nejdůležitějších informačních hodnot je zhodnocení účinnosti rozdílných druhů protivětrných mikrofonních krytů. Na obrázku 11 jsou zobrazena výsledná hluková spektra

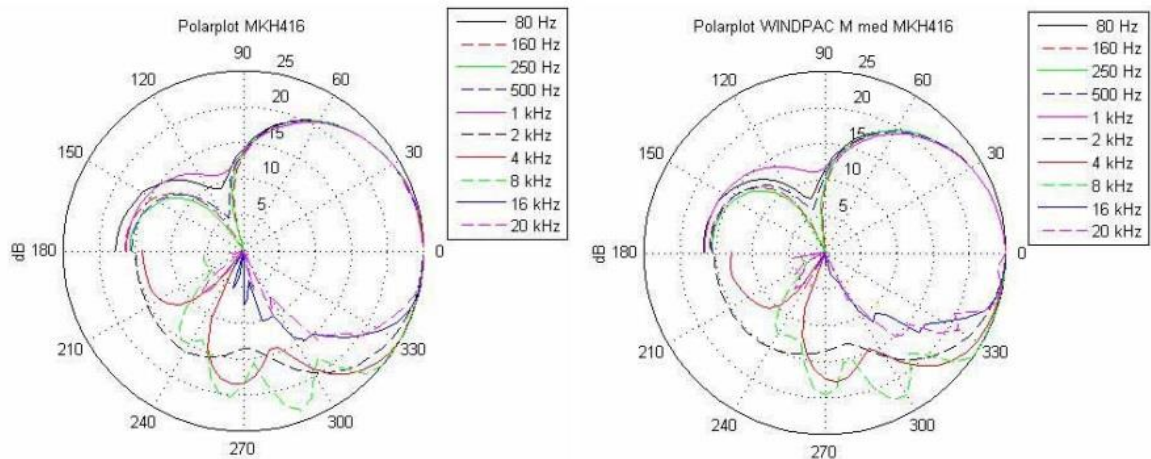
totožného mikrofonu DPA 4011 bez ochrany, při použití pěnové protivětrné ochrany, Windpacu a při kombinaci obou výše uvedených. Rychlost větru během měření se pohybovala od 4 do 7 m/s, úhel působení je 90 stupňů.



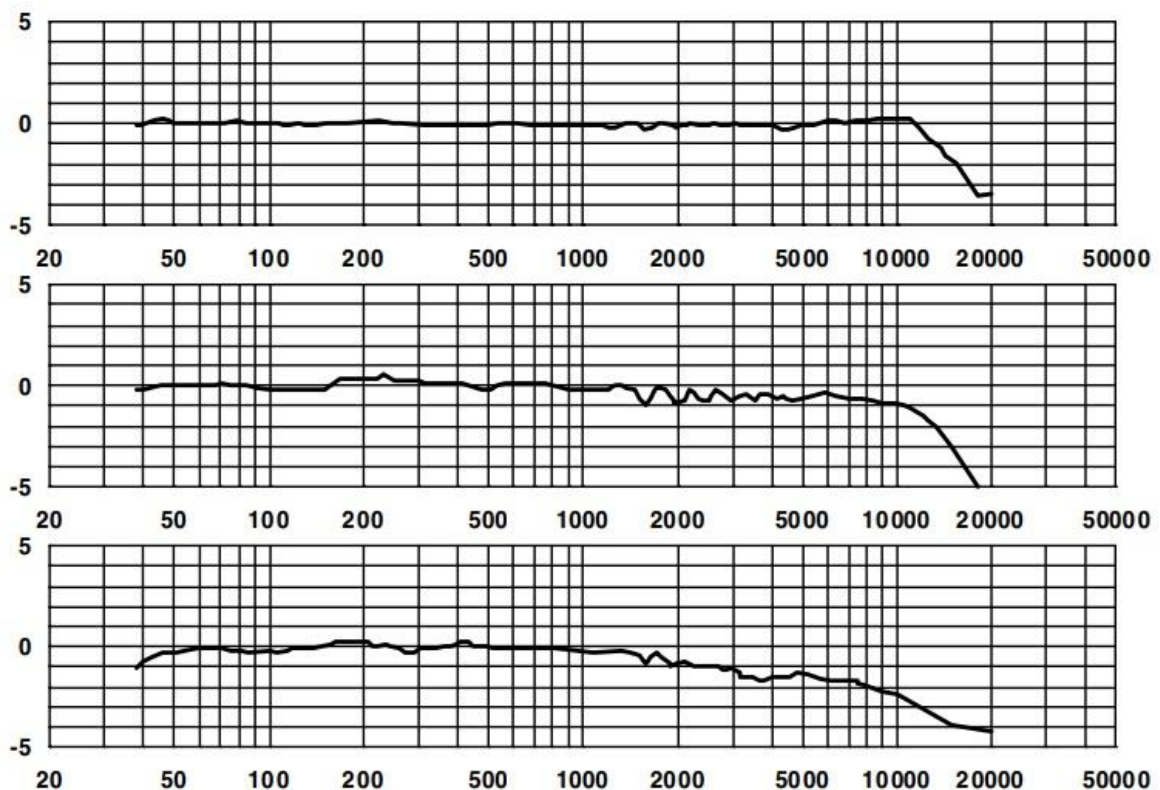
Obrázek 9 Hlukové spektrum mikrofonu DPA 4011 při použití různých druhů protivětrné ochrany

Protivětrné ochrany způsobují útlum mikrofonu a mění jeho směrovost. Útlum je měřen jako rozdíl osové frekvenční odezvy mikrofonu s protivětrným krytem a bez něj. Na obrázku 10 je znázorněno ovlivnění směrovosti mikrofonu Sennheiser MKH 416 při použití Windpacu. Na obrázku 11 je znázorněn celkový útlum mikrofonu při použití Windpacu, Windpacu v kombinaci se suchým RainCover a Windpacu v kombinaci s vodou nasáklým RainCover.





Obrázek 10 Změna polární charakteristiky mikrofonu Sennheiser MKH 416 při použití protivětrné ochrany Windpac

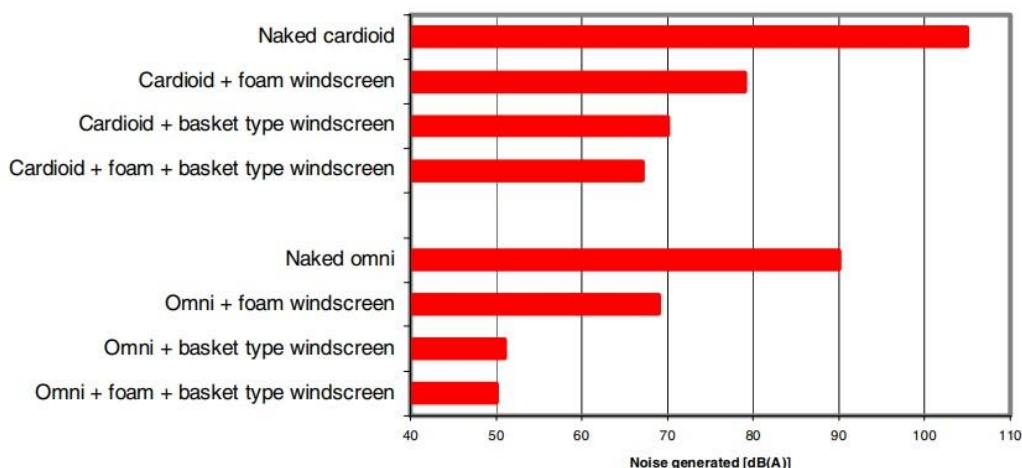


Obrázek 11 Atenuace vlivem použití mikrofonních ochran. Shora mikrofon s Windpac, mikrofon s Windpac a suchým RainCover, mikrofon s Windpac a mokrým RainCover

Z daných měření je možné prezentovat velkou spoustu dat, která mohou někteří uživatelé považovat spíše za matoucí než přínosná. Při realizaci záznamu zvuku rozhodně záleží na všech částech záznamového řetězce. V tomto ohledu jsou mikrofon a mikrofonní

předzesilovač nejdůležitějšími prvky. Libovolná kombinace mikrofonu a protivětrného krytu bude mít za následek odlišnou úroveň útlumu, potlačení samotného větru a ovlivnění směrové charakteristiky mikrofonu. „*One could dream of the ultimate set of specs, namely the “Maximum Wind Before Distortion”.*“ (Brixen 2005, s.7)

Při měření účinků skutečného větru může být dosaženo velkého množství rozdílných výsledků. Uvedená měření jsou založena na pokynech obsažených v normě Mezinárodní elektrotechnické komise IEC 60268-4 pojednávající o metodách měření elektrické impedance, citlivosti, směrových charakteristik, dynamického rozsahu a vnějších vlivů působících na mikrofonní soustavu. Měření je ideálně provedeno při rychlosti větru 10 m/s a řeší dopady v úhlu 0 až 90 stupňů. Výsledky jsou prezentovány jako jednoduchý diagram.

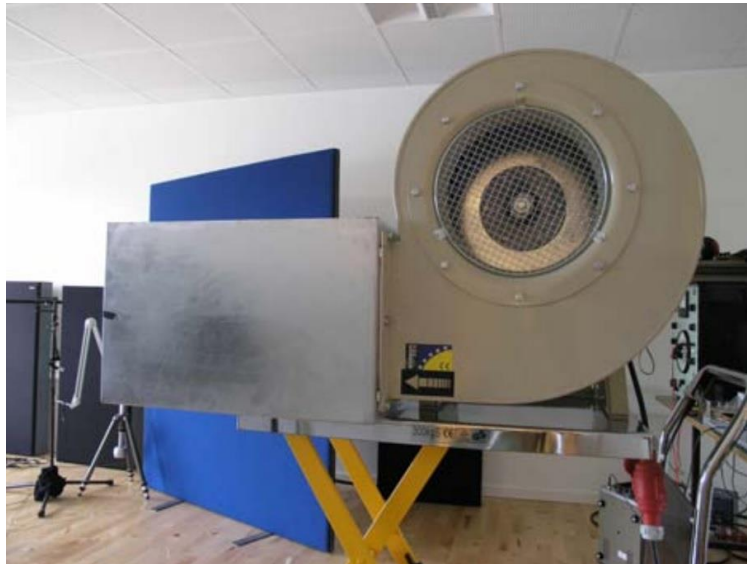


Obrázek 12 Souhrn provedených měření

Na obrázku 12 je znázorněn výsledný akustický tlak změřený při použití různých mikrofonů, protivětrných ochran a jejich kombinací, poměřovaný dle metody A, v souladu s normou IEC 61672-2:2003, při rychlosti větru 10 m/s a úhlu působení 90 stupňů. (Brixen 2005)

### 3.2 Měření účinku generovaného větru

V tomto pokusu bylo vzdušné proudění generováno radiálním ventilátorem, dle normy IEC 60268-4 ed3.



Obrázek 13 Generátor s radiálním ventilátorem použitý pro uvedená měření

Měřená pozice se nachází jeden metr před generátorem, v úhlu 0 stupňů. Rychlost větru je nastavena pomocí kalibrovaného anemometru. V této aplikaci má proudění vzduchu převážně laminární charakter. Komplikací je hluk vytvářený samotným generátorem. Standardy Mezinárodní elektrotechnické komise nehovoří o žádných požadavcích na hluk v pozadí, nicméně ve většině případů je zvuk způsobený vzdušným prouděním silnější než hluk způsobený samotným generátorem.

Prováděná měření byla primárně zacílena na zjištění vztahů mezi mikrofonem, rychlostí a směrem větru. Záznam byl proveden při různých úhlech dopadu proudění a taktéž rychlost větru byla seřizena na rozdílné hodnoty. Výběr mikrofonů zahrnoval především malé a větší kondenzátorové mikrofony s velikostí membrány 12, 19 a 24 mm, ovšem došlo také k použití miniaturních klopových mikrofonů.

Zhotovené záznamy byly analyzovány v rámci 1/3 oktávového kmitočtového pásma, dále byly poměřovány metodou A a C dle standardizované metodiky IEC 61672:2003.

(Brixen, Hensen 2006)

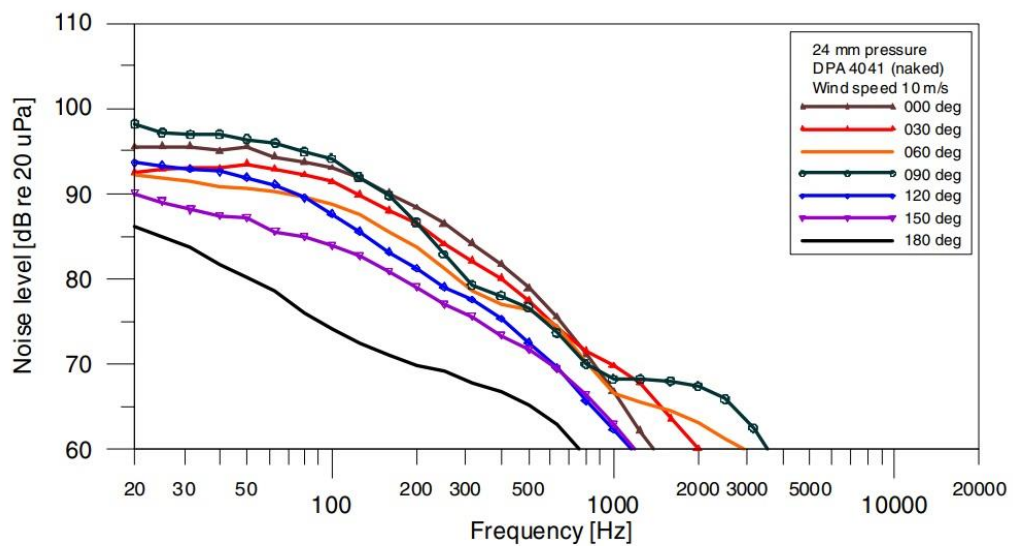
Tyto metody váhového filtru se používají k potlačení nebo zdůraznění některých frekvenčních aspektů jevu. Metoda A potlačuje nízké frekvence, čímž napodobuje funkci lidského ucha. Metoda C reflektuje plné frekvenční spektrum lineárním způsobem a je vhodná k monitorování signálové úrovně způsobené například motory. Hladiny hluku měřené těmito metodami se označují jednotkami dBA a dBC. (Meyer-Bisch 2005)

Měření probíhalo vždy po dobu 30 s, záznamy byly kalibrovány za účelem zisku ekvivalentní hladiny akustického tlaku. Z důvodu stochastické povahy vzdušného proudění je odhadována tolerance prezentovaných výsledků v rozpětí 2,5 dB.

Obecně platí, že tlakové mikrofony jsou vůči působení větru málo citlivé z důvodu nepoddajnosti membrány způsobené zejména jejím malým objemem. Vlivem rozdílných velikostí membrán, geometrií mikrofonních těl, tvaru ochranných mřížek apod. přesto existují rozdíly. První srovnání zahrnuje tři mikrofony s různými průměry membrán. Délka mikrofonního pouzdra je vždy identická. Přestože se uvedené mikrofony liší v některých základních specifikacích, lze v datech výrobce nalézt porovnatelné údaje.

<b>Membrane diameter</b>	<b>24 mm</b>	<b>19 mm</b>	<b>12 mm</b>
Compliance	0.45 cm <sup>3</sup>	0.1 cm <sup>3</sup>	0.01 cm <sup>3</sup>
Sensitivity	90 mV/Pa	35 mV/Pa	10 mV/Pa
Eq. noise (RMS)	7 dB(A)	15 dB(A)	24 dB(A)

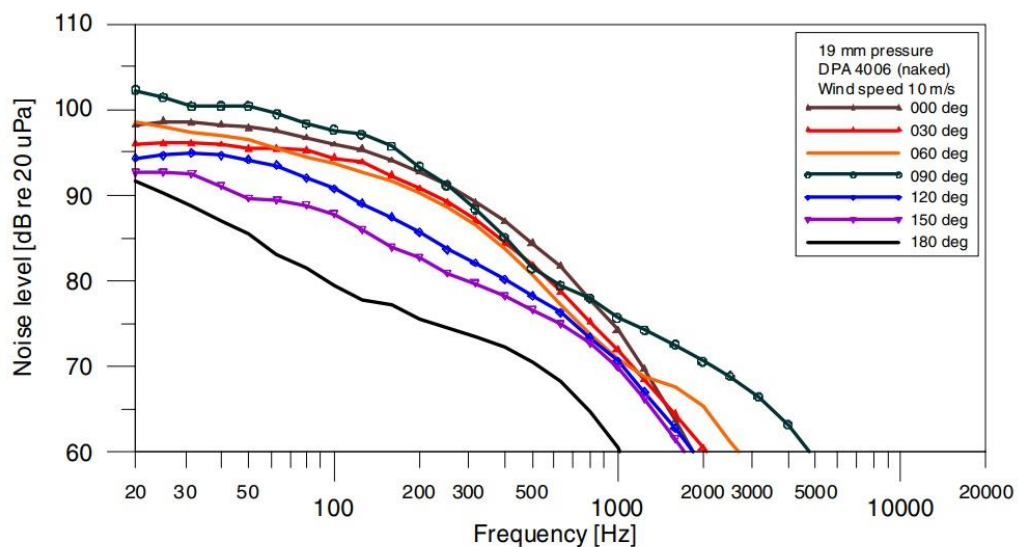
Obrázek 14 Specifikace, tlakové mikrofony DPA 4041, DPA 4006 a DPA 4004



Obrázek 15 Hlukové spektrum, membrána 24 mm

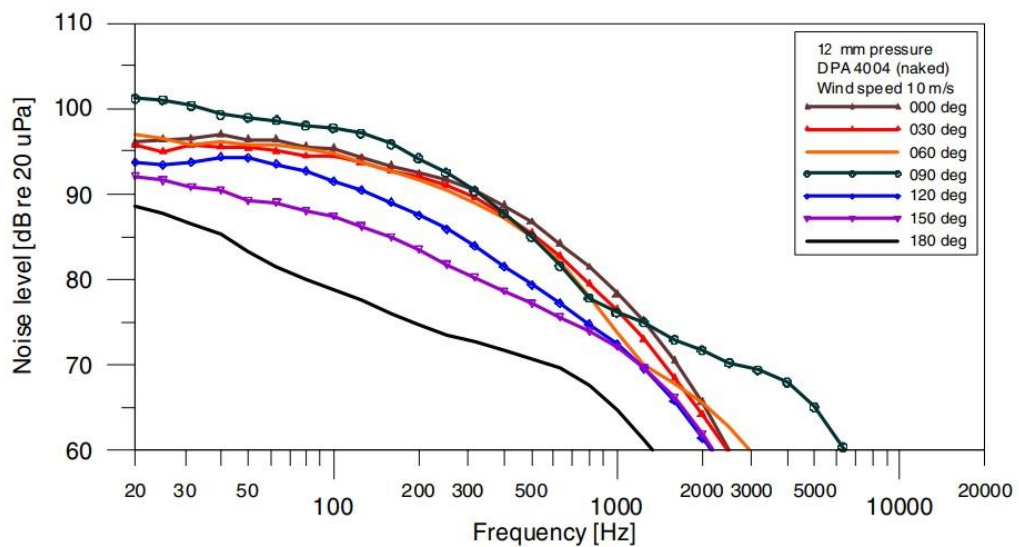
Z výsledků je patrné, že mikrofon je nejcitlivější vůči působení vzdušného proudu dopadajícího v úhlu 90 stupňů a nejméně citlivý na vítr proudící zezadu, v úhlu 180 stupňů. Z křivky 90 stupňů je patrný nárůst hluku ve frekvenčním rozpětí 1-4 kHz. Tato anomálie většinou souvisí s harmonickým zkreslením vznikajícím vlivem technologických omezení v záznamovém řetězci.

Výsledky získané při použití mikrofonu s 19 mm membránou jsou při srovnání velmi podobné.



Obrázek 16 Hlukové spektrum, membrána 19 mm

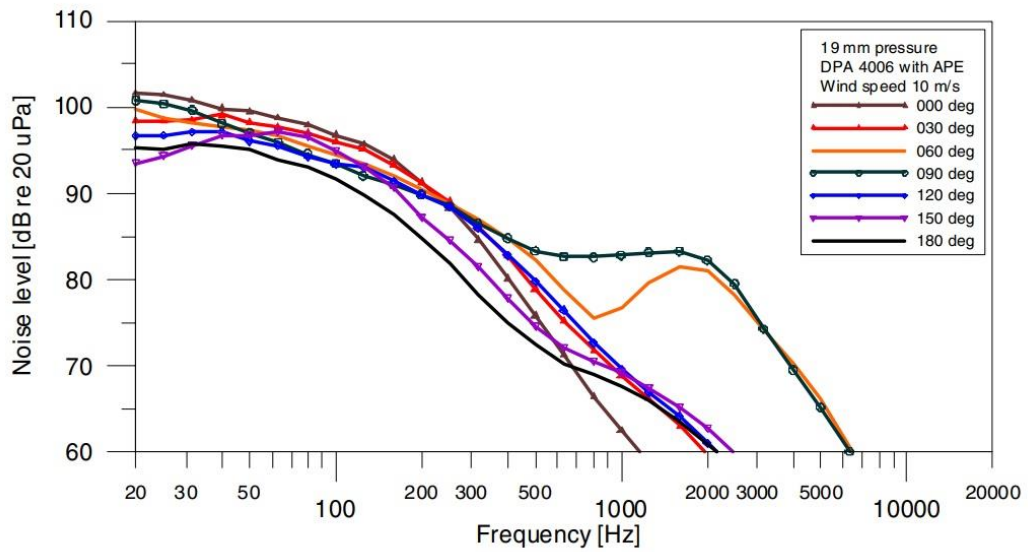
Analýza mikrofonu s 12 mm kapslí ukazuje z velké části stejné spektrální výsledky jako měření mikrofonů s membránou 24 a 19 mm.



Obrázek 17 Hlukové spektrum, membrána 12 mm

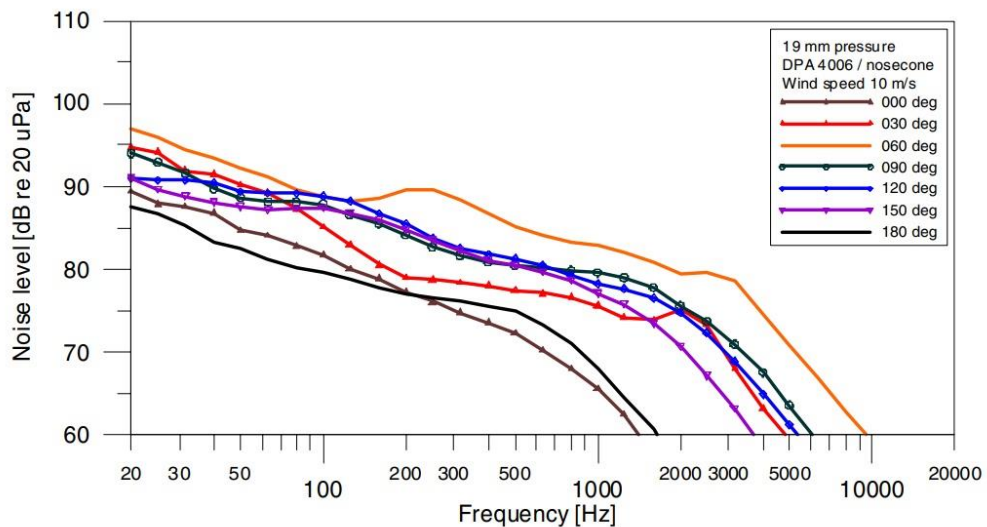
### 3.2.1 Změna geometrie

Pro zkoumání vlivu geometrie byl mikrofon DPA 4006 s membránou o průměru 19 mm vybaven různými dostupnými mechanickými nastavci. **Akustický tlakový ekvalizér** (APE, Acoustic pressure equalizer) je pasivní nástavec využívající povrchové difrakce, čímž dochází k cílené změně frekvenční odezvy a směrové charakteristiky mikrofonu. Analýza ukazuje dramatický nárůst indexu úrovně hluku v rozsahu 1-4 kHz při úhlovém působení 60 a 90 stupňů.



Obrázek 18 Hlukové spektrum mikrofonu s APE

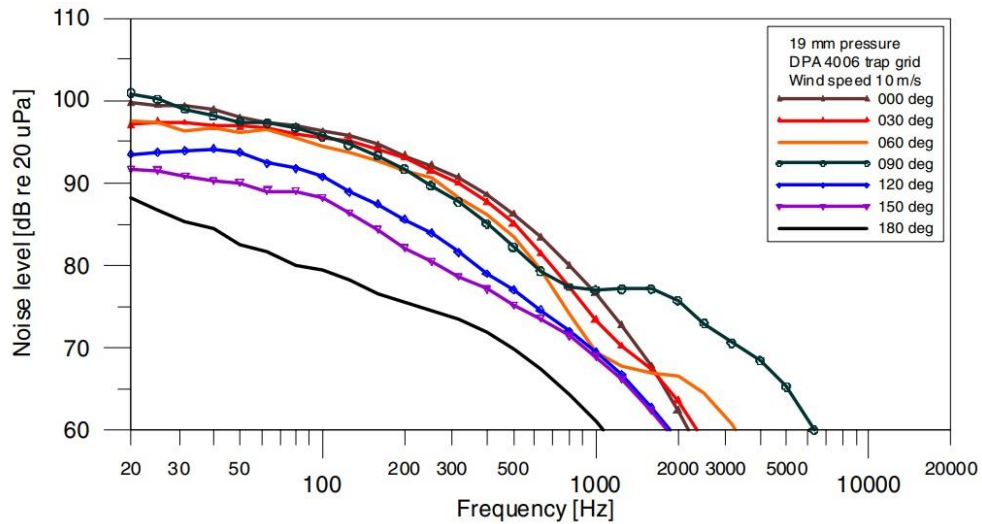
**Nose cone** je kuželový nástavec, jehož účelem je poskytnout dokonalou všesměrovou odezvu v celém rozsahu frekvenčního spektra. Působí proti směrovým charakteristikám, které všesměrové mikrofony vykazují u vyšších frekvencí. Rozbor ukazuje pokles úrovně hluku ve spodní části frekvenčního spektra a zvýšenou hladinu hluku ve střední části analyzovaného spektra při působení v úhlu 60 stupňů.



Obrázek 19 Hlukové spektrum mikrofonu s nose cone

**Trapezoid grid** je mřížka určená k aplikaci při práci s blízkým zdrojem zvuku. Její použití poskytuje neutrální frekvenční odezvu od 10 do 15kHz s tolerancí 2 dB a způsobuje jemnější

a dřívější nástup efektu horní propusti než klasická mřížka. Údaje tohoto rozboru jsou velmi podobné s výsledky měření při použití standartní mřížky.

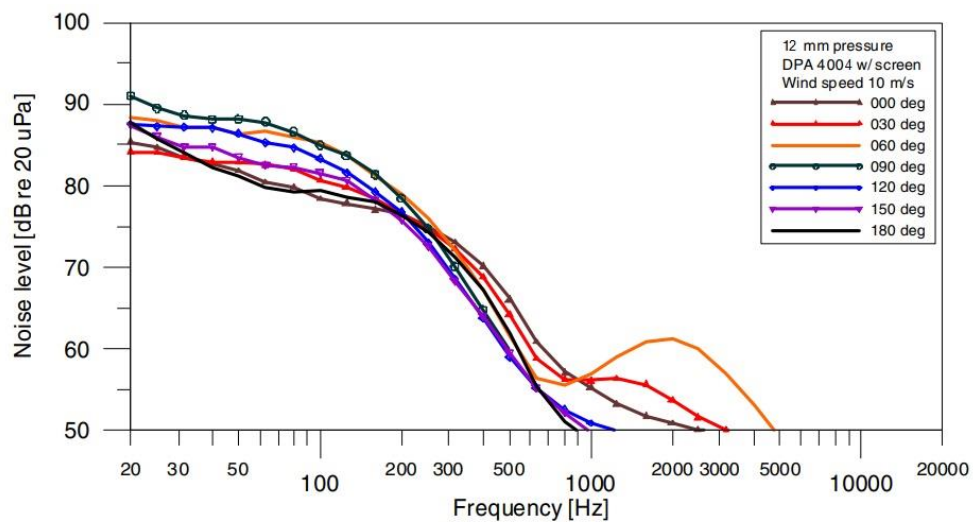


Obrázek 20 Hlukové spektrum s trapezoid grid

### 3.2.2 Použití protivětrných ochran

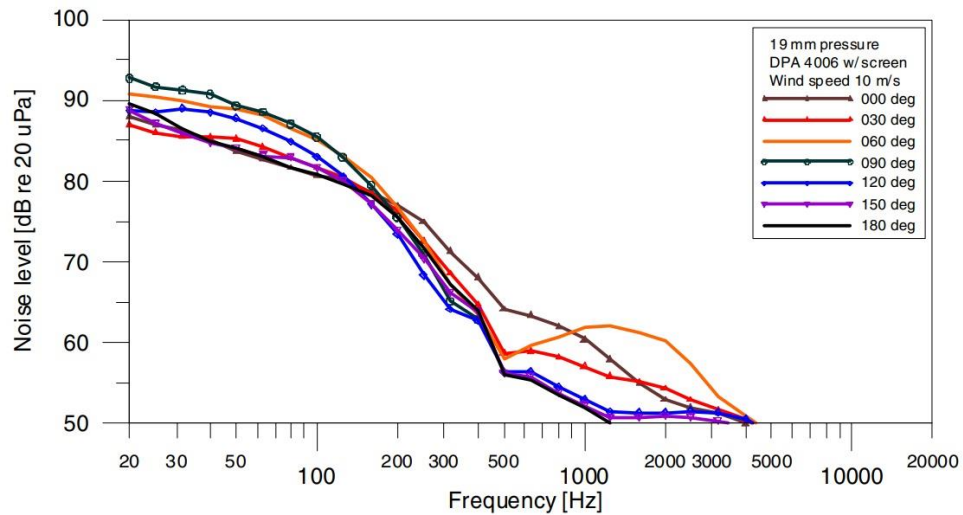
Zamezení nežádoucích účinků větru je nemožné bez dodatečné mikrofonní ochrany.

V tomto měření byla analyzována účinnost jednoduchých pěnových krytů. Byly vybrány tři mikrofony s rozdílnou velikostí membrán. Výsledky jsou uvedeny v grafech.

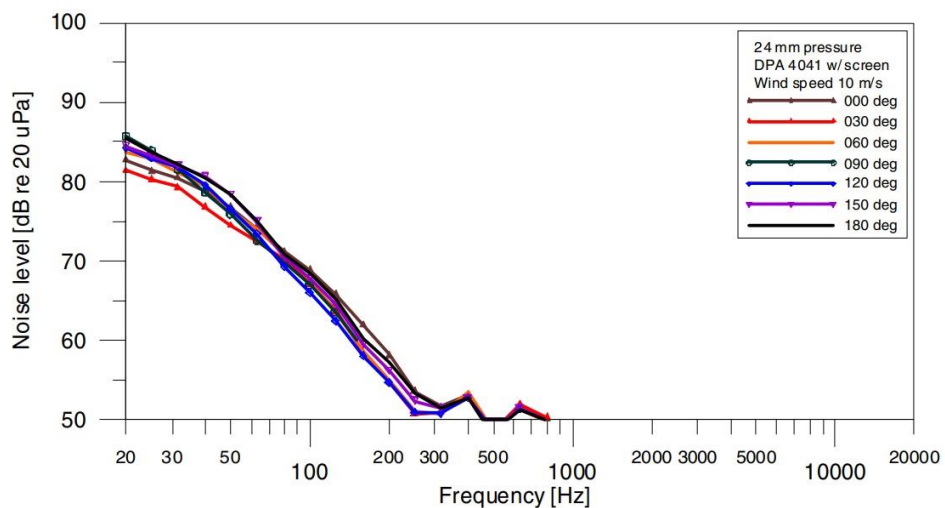


Obrázek 21 Hlukové spektrum, membrána 12 mm, pěnová ochrana





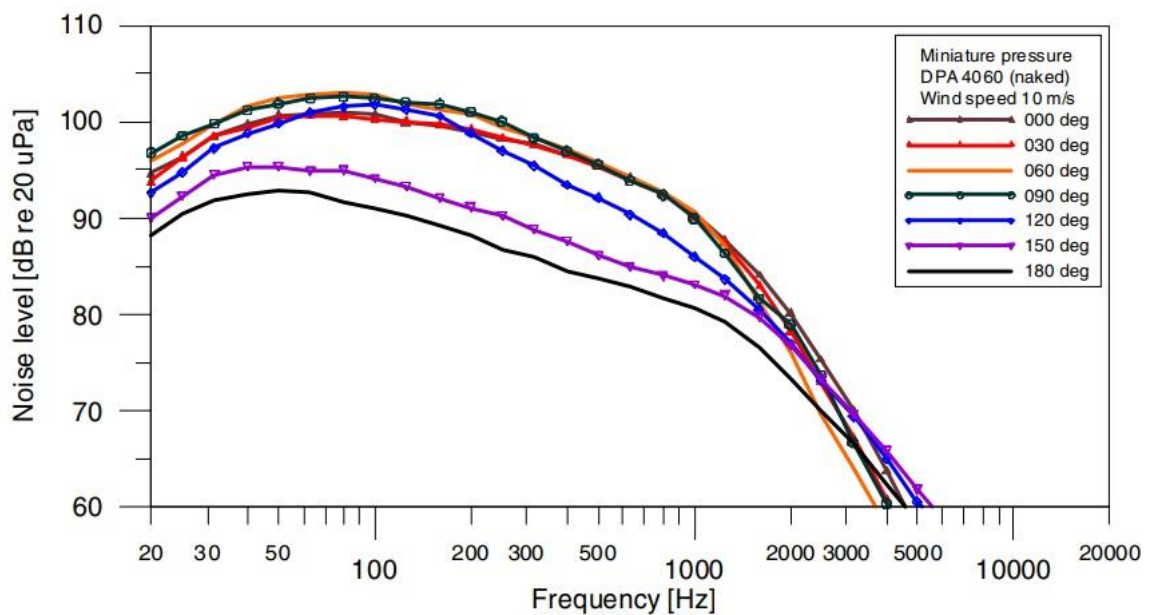
Obrázek 22 Hlukové spektrum, membrána 19 mm, pěnová ochrana



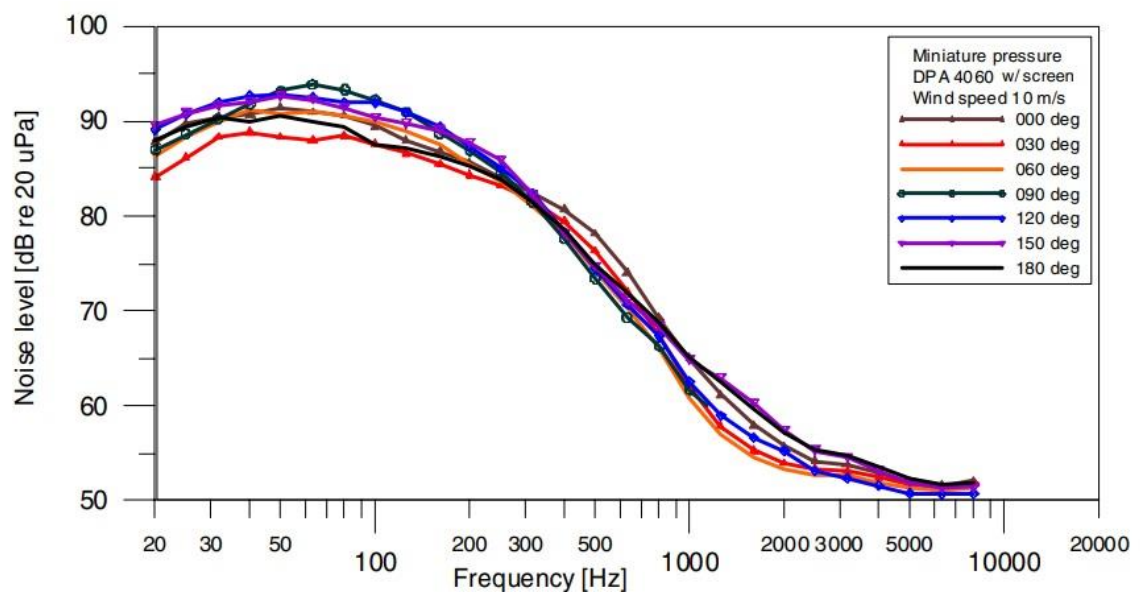
Obrázek 23 Hlukové spektrum, membrána 24 mm, pěnová ochrana

### 3.2.3 Miniaturní mikrofony

Miniaturní klopové mikrofony jsou při běžném používání často vystaveny vzdušnému proudění. Jejich malá pouzdra stejně jako u větších mikrofonů způsobují turbulentní hluk v závislosti na úhlu dopadu vzdušného proudu. Z grafů je patrné, že existuje důvod pro umístění mikrofону na hrudník osoby obráceně, směrem od proudu vzduchu vycházejícího z úst a nosu.



Obrázek 24 Hlukové spektrum nechráněného mikrofonu

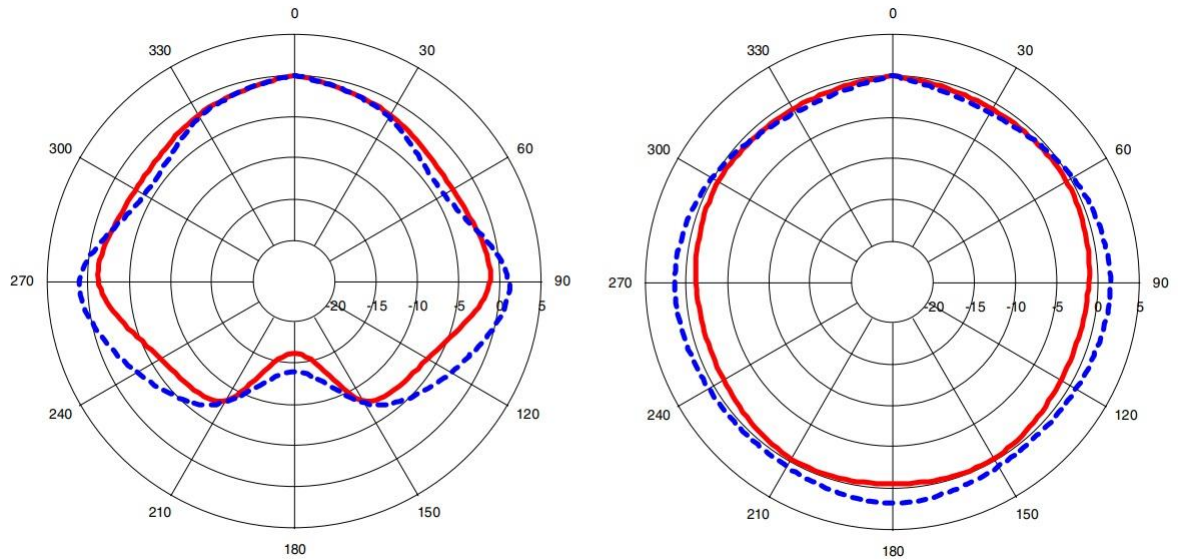


Obrázek 25 Hlukové spektrum při použití pěnové ochrany

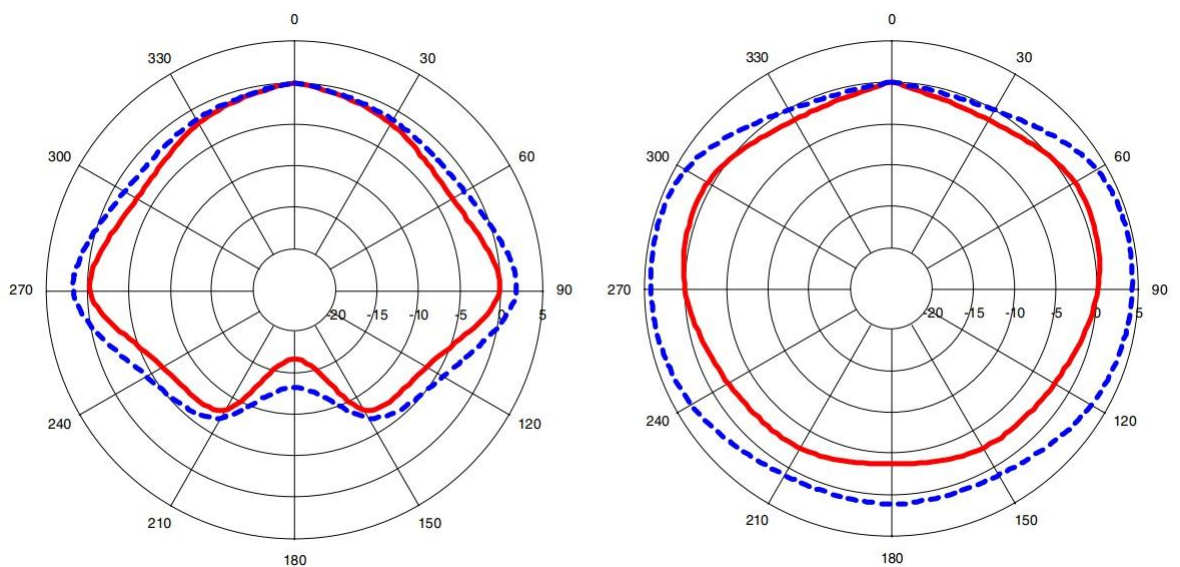
### 3.2.4 Ovlivnění směrové charakteristiky

Jedna z možností prezentace získaných dat je v podobě polární mapy. V tomto případě bylo zvoleno vážení A a C. Výsledky byly pro dané užití normalizovány, jde tedy o data relativní, nikoliv absolutní. Grafy ukazují rozdíly polární charakteristiky v tomto měření použitých mikrofonů bez dodatečné ochrany, s pěnovou ochranou a s mechanickými nástavci.

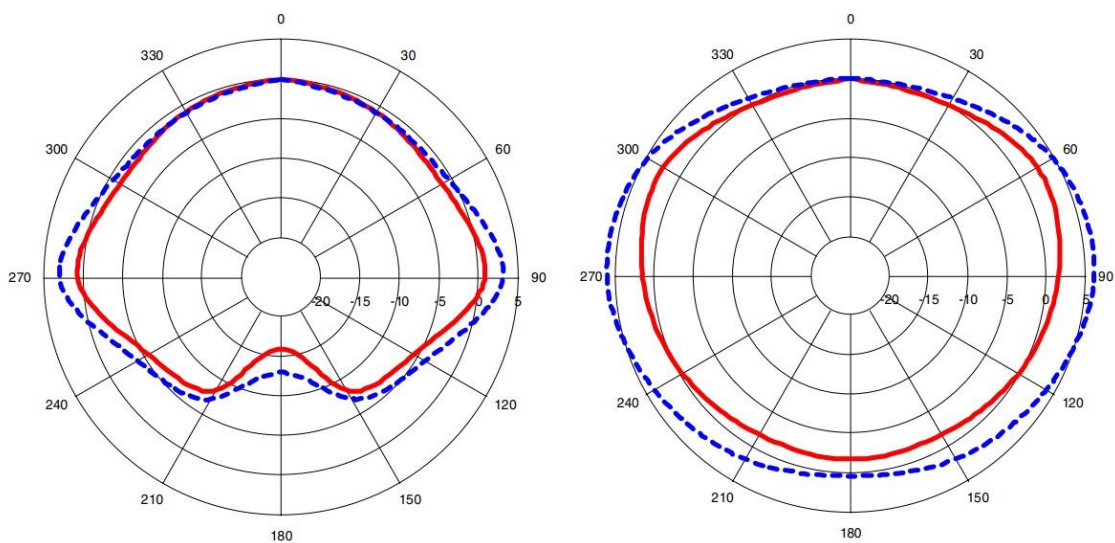
Plná čára zobrazuje výsledek dle vážení A, přerušovaná čára zobrazuje výsledek dle vážení C.



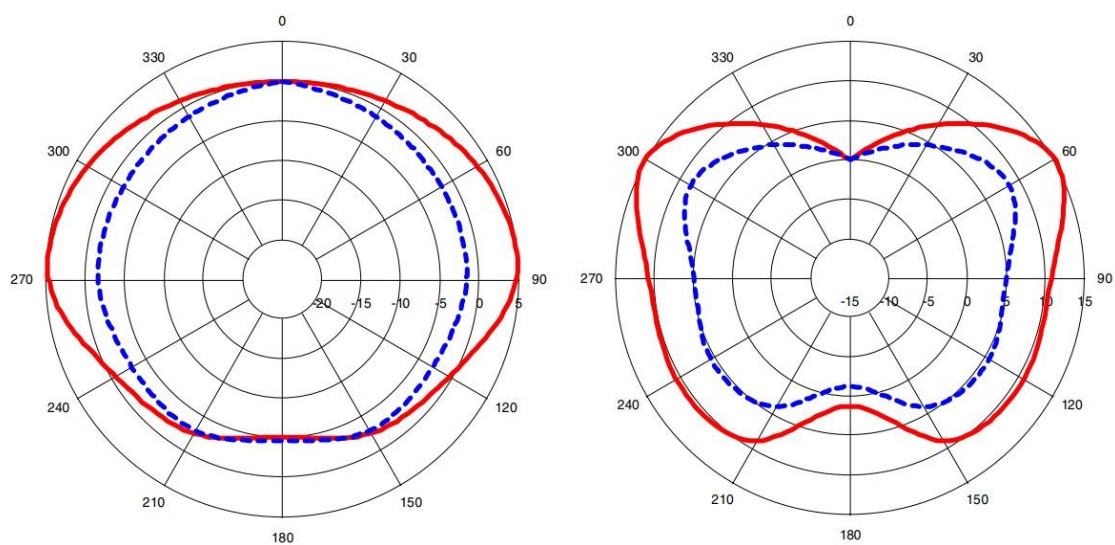
Obrázek 26 Tlakový mikrofon DPA 4041, 24 mm, bez ochrany a s pěnovou ochranou



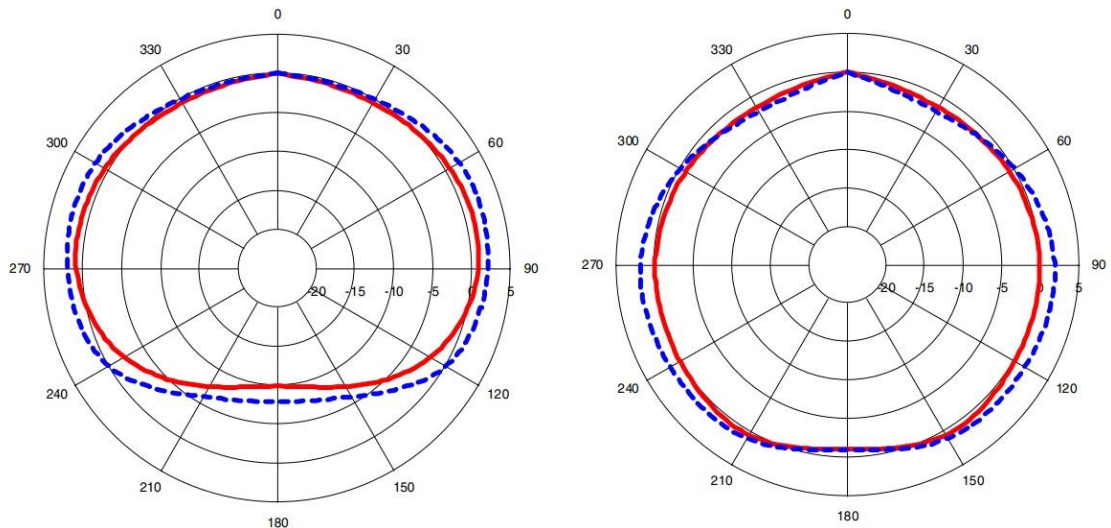
Obrázek 27 Tlakový mikrofon DPA 4006, membrána 19 mm, bez ochrany a pěnovou ochranou



Obrázek 28 Tlakový mikrofon DPA 4004, membrána 12 mm, bez ochrany a pěnovou ochranou



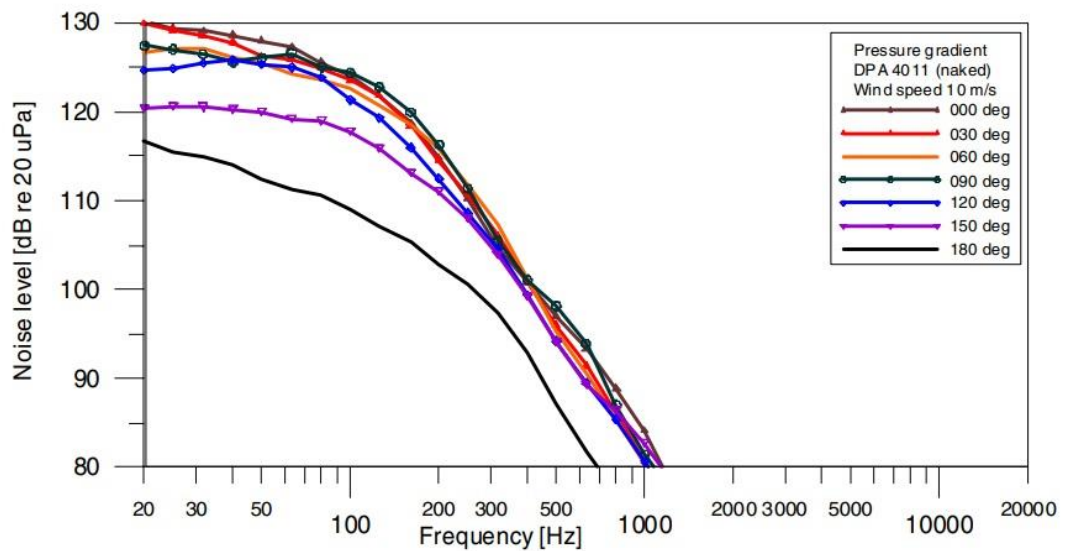
Obrázek 29 Tlakový mikrofon DPA 4006, membrána 19 mm, s nástavcem APE a s nose cone



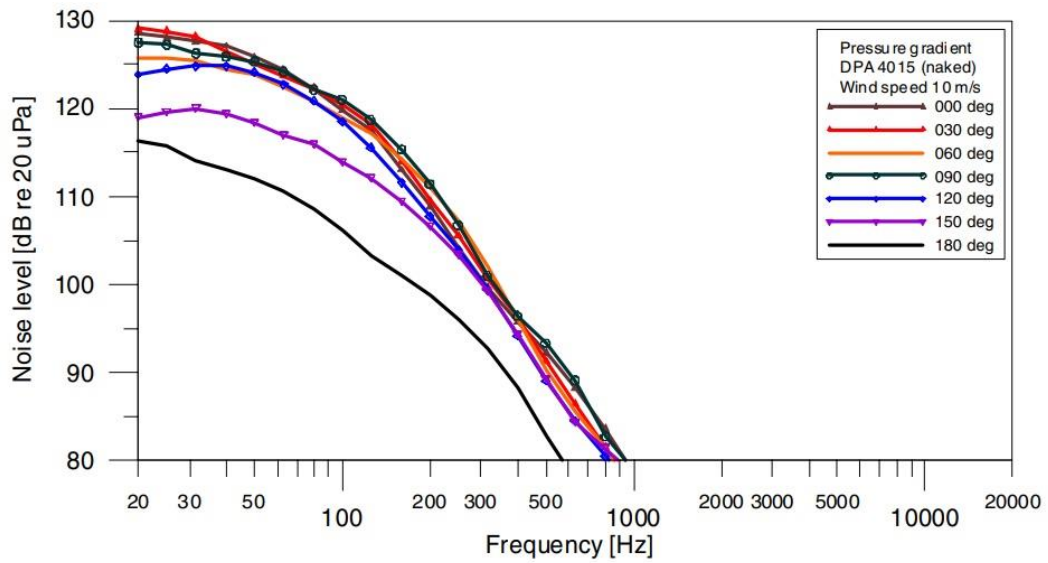
Obrázek 30 Klopový mikrofon DPA 4060 bez ochrany a s pěnovou ochranou

### 3.2.5 Gradientní tlakové mikrofony

Membrány mikrofonů tohoto typu jsou ovlivňovány stejným způsobem jako membrány mikrofonů tlakových. Rozdílem je, že proud vzduchu dopadá na obě její strany, výsledkem je vyšší citlivost vůči větru. V následujícím měření jsou porovnávány mikrofony se stejným průměrem membrány, odlišná je jejich poddajnost.



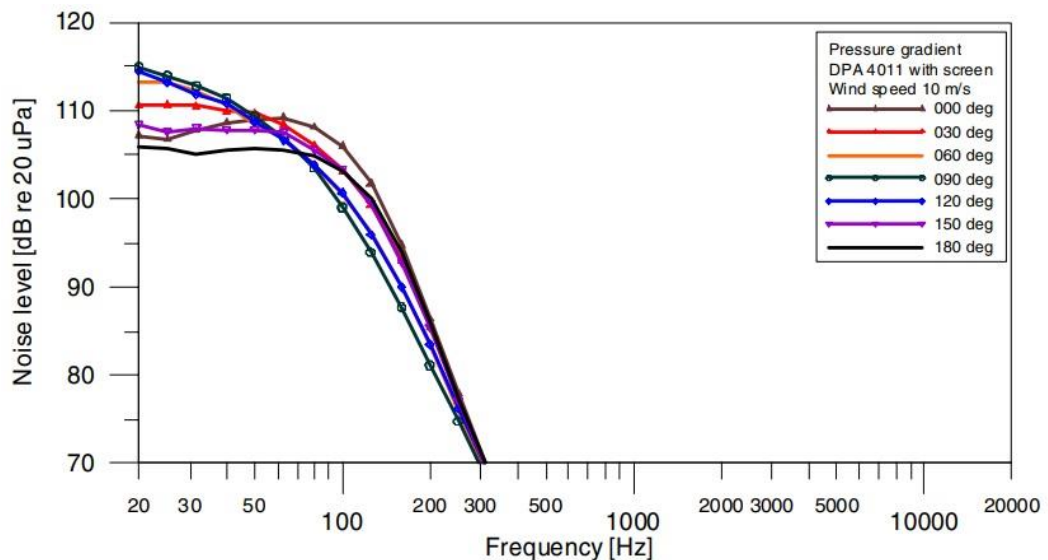
Obrázek 31 Hlukové spektrum, gradientní tlakový mikrofon DPA 4011 bez ochrany



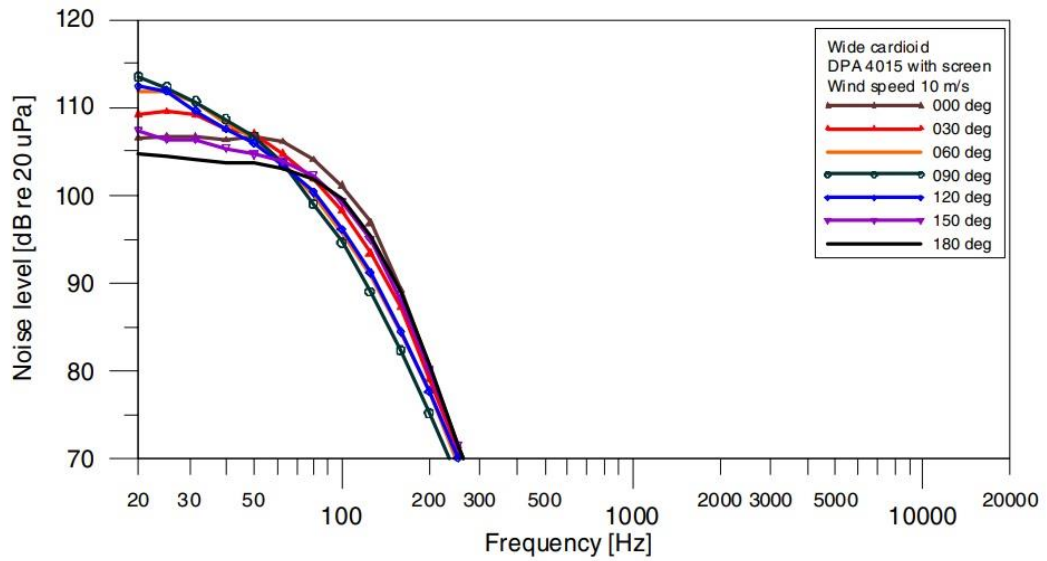
Obrázek 32 Hlukové spektrum, gradientní tlakový mikrofon DPA 4015 bez ochrany

Z grafů je zřejmé, že hladina generovaného hluku je mnohem vyšší než u tlakových mikrofonů. Při porovnávání je třeba vzít v úvahu, že rozdílné typy mikrofonů mají rozdílnou frekvenční odezvu.

Použití protivětrné ochrany je samozřejmě esenciální. Zde jsou výsledky měření při použití pěnového krytu.



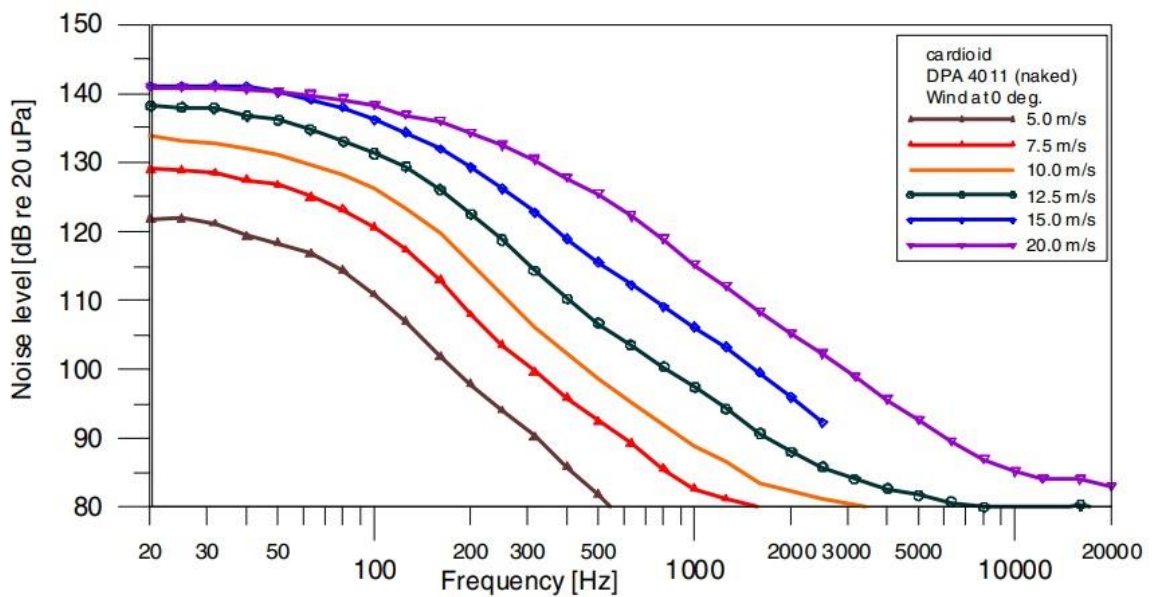
Obrázek 33 Hlukové spektrum, gradientní tlakový mikrofon DPA 4011 s pěnovou ochranou



Obrázek 34 Hlukové spektrum, gradientní tlakový mikrofon DPA 4015 s pěnovou ochranou

### 3.2.6 Vliv rychlosti větru

Vliv větru na mikrofonní membránu velmi závisí na jeho rychlosti, nicméně hodnota uvedená v normě IEC je 10 m/s. V uvedeném grafu se rychlost větru pohybuje od 5 až po 20 m/s.



Obrázek 35 Hlukové spektrum mikrofonu DPA 4011, membrána 19 mm při rozdílné rychlosti větru

Maximální možná zaznamenaná úroveň závisí na možnostech záznamového řetězce. Při 20 m/s je zkreslení díky ořezu velmi vysoké, byl dosažen limit systému. (Brixen, Hensen 2006)



## ZÁVĚR

Cílem práce nebylo komplexně popsat funkční mechanismy protivětrných mikrofonních ochran, atmosférických jevů a příčin rozdílných výstupů jednotlivých mikrofonů, nýbrž vytvořit základní vhled do dané problematiky od teorie po ukázky na konkrétních příkladech.

Popsal jsem základní konstrukční charakteristiky různých typů mikrofonních protivětrných krytů, způsoby jejich funkce, způsoby měření jejich účinnosti, nastínil jsem problematiku útlumu, přenosu vibrací, vzniku turbulentního proudění, dále jsem se zabýval základními důvody rozdílné citlivosti jednotlivých typů mikrofonů vůči působení vzdušného proudění. V druhé kapitole jsem se zabýval vlivy atmosférických jevů na propagaci akustické energie, útlumem zvuku vlivem vzdušné absorpce a vlivem klimatických jevů, ohybem zvukových vln vlivem větru, ovlivněním propagace dopadem teplotních změn, vlivem teploty a atmosférického tlaku na funkci mikrofonu a útlumem zvuku ohybem přes překážku. V kapitole tři jsou teoretické poznatky prezentovány na konkrétních případech. Zabýval jsem se výsledným frekvenčním a polárním útlumem a vlivem rychlosti a úhlového působení vzdušného proudění. Popsal jsem způsob, realizaci a vyhodnocení měření vlivu přirozeného a generovaného větru na rozdílné mikrofony bez ochrany, při použití mikrofonních nástavců a při použití rozdílných typů protivětrné ochrany během působení vzdušného proudění.

Pochopení významu atmosférických jevů, základním způsobům a formám propagace akustické energie a jejich vlivu na výsledný zvukový záznam poskytuje prvotní důležitý předpoklad úspěšného zhotovení kvalitního záznamu v exteriérových podmínkách. Náhled konkrétních měření dokládá praktické důsledky použití některých mikrofonů a některých druhů protivětrné ochrany z nichž je možno odečíst další obecné předpoklady.

Doufám, že tato práce poslouží i do budoucna jako zajímavý podklad pro studenty nebo profesionály zabývající se zvukovým záznamem nejen v exteriérovém prostředí.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BRADLEY, Stuart, Tao WU, Sabine VON HÜNERBEIN a Juha BACKMAN. The mechanisms creating wind noise in microphones. In: *AES E-library* [online]. 1 March 2003 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=12547>

BRIXEN, Eddy B. Microphones, High Wind and Rain. In: *AES E-library* [online]. 1 October 2005 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13335>

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 9 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

BURROUGHS, L. R. The Reduction of Wind Noise in Microphones and The Pitfalls of Improvised Wind Screens. In: *AES E-library* [online]. Buchanan, Michigan, USA, 1960 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=407>

CARELL, Ross M. A Method for the Quantitative Measurement of Wind-Noise Sensitivity in Microphones. In: *AES E-library* [online]. Camden, New Jersey: Radio Corporation of America, April 1, 1955 [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=20>

EARGLE, John. *The Microphone Book: From Mono to Stereo to Surround - A Guide to Microphone Design and Application*. Second edition. Burlington, Massachusetts: Focal Press, 2005. ISBN 02405 1961 2.

HILLIARD, John K. Microphone windscreens. In: *AES E-library* [online]. Santa Ana (California), 1 May 1971 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=2167>

CHENEVEZ, Philippe. Handling Noise Analysis in Large Cavity Microphone Windshields. Improved Solution. In: *AES E-library* [online]. Paris, France, May 1, 2009 [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14970>

KAŇKA, Jan. *Útlum zvuku vlivem klimatických jevů* [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/223-utlum-zvuku-vlivem-klimatickych-jevu>

KRÁLOVÁ, Magda. *Ohyb a lom zvuku* [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/akustika/ohyb-lom-zvuku>

MEYER-BISCH, Christian. Les chiffres du bruit. In: *Médecine/Sciences* [online]. Paris, France, 12 May 2005, s. 5 [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: [https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full\\_html/2005/05/medsci2005215p546/medsci2005215p546.html](https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2005/05/medsci2005215p546/medsci2005215p546.html)

SCHOEPS GmbH. Principal Characteristics of the Different Microphone Types. In: *schoeps.de* [online]. Karlsruhe-Durlach, Germany [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: [https://schoeps.de/fileadmin/user\\_upload/user\\_upload/Schoeps\\_Microphone\\_type\\_basics\\_properties.pdf](https://schoeps.de/fileadmin/user_upload/user_upload/Schoeps_Microphone_type_basics_properties.pdf)

SKALIČKA, Jiří. *Vliv rychlosti mobilních energetických prostředků na hladinu akustického tlaku*. České Budějovice, 2015. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Marie Šístková.

VIERS, Ric. *The Location Sound Bible: How to Record Professional Dialog for Film and TV*. Studio City, Los Angeles, California: Michael Wiese Productions, 2012. ISBN 978-1-61593-120-0.

VIERS, Ric. *The Sound Effects Bible: How to Create and Record Hollywood Style Sound Effects*. Studio City, Los Angeles, California: Michael Wiese Productions, 2008. ISBN 978-1-932907-48-3.

WETTKE, Jörg. Microphones and Wind. In: *AES E-library* [online]. Karlsruhe, Germany, 1992 [cit. 2021-1-20]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=7028>

WINKLER, Martin. *Problémy hluku železniční dopravy*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Karel Pellant.

WOOLF, Chris. Characterisation and measurement of wind noise around microphones. In: *AES E-library* [online]. Cornwall (UK), 26 May 2016 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=18194>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

APE Acoustic pressure equalizer (Akustický tlakový ekvalizér)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Lewitz TMSA014 Pop Filter .....	12
Dostupné z: <a href="https://www.muziker.cz/lewitz-tmsa014-pop-filter">https://www.muziker.cz/lewitz-tmsa014-pop-filter</a>	
Obrázek 2 Sennheiser MZW 1 .....	13
Dostupné z: <a href="https://www.muziker.cz/sennheiser-mzw-1">https://www.muziker.cz/sennheiser-mzw-1</a>	
Obrázek 3 Rode DeadKitten .....	13
Dostupné z: <a href="https://www.muziker.cz/rode-deadkitten?gclid=CjwKCAiAu8SABhAxEiwAsodSZPIvqXDJELnkrDBYd0-c_2VQCof2rZGhooDhJHada0dlPtsUegsMlxoC1csQAvD_BwE">https://www.muziker.cz/rode-deadkitten?gclid=CjwKCAiAu8SABhAxEiwAsodSZPIvqXDJELnkrDBYd0-c_2VQCof2rZGhooDhJHada0dlPtsUegsMlxoC1csQAvD_BwE</a>	
Obrázek 4 Rycote Classic-Softie Windshield .....	14
Dostupné z: <a href="https://www.pinknoise-systems.co.uk/rycote-classic-softie-windshield.html">https://www.pinknoise-systems.co.uk/rycote-classic-softie-windshield.html</a>	
Obrázek 5 Rycote Modular Windshield .....	15
Dostupné z: <a href="https://rycote.com/microphone-windshield-shock-mount/modular-windshield-kit/">https://rycote.com/microphone-windshield-shock-mount/modular-windshield-kit/</a>	
Obrázek 6 Rycote Cyclone Windjammer .....	15
Dostupné z: <a href="https://www.thomann.de/cz/rycote_cyclone_windjammer.htm">https://www.thomann.de/cz/rycote_cyclone_windjammer.htm</a>	
Obrázek 7 Rycote InVision INV-7 .....	16
Dostupné z: <a href="https://kytary.cz/rycote-invision-inv-7/HN220053/?gclid=CjwKCAiAu8SABhAxEiwAsodSZH6_kBHoHNEy71amx2mHnaBNbMiumrVH10g51UMTYBMq_8DenuqfJhoCWYoQAvD_BwE">https://kytary.cz/rycote-invision-inv-7/HN220053/?gclid=CjwKCAiAu8SABhAxEiwAsodSZH6_kBHoHNEy71amx2mHnaBNbMiumrVH10g51UMTYBMq_8DenuqfJhoCWYoQAvD_BwE</a>	
Obrázek 8 Nastavení mikrofonů během testu .....	23
BRIXEN, Eddy B. Microphones, High Wind and Rain. In: <i>AES E-library</i> [online]. 1 October 2005, s. 4 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <a href="https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13335">https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13335</a>	
Obrázek 9 Hlukové spektrum mikrofonu DPA 4011 při použití různých druhů protivětrné ochrany .....	24
BRIXEN, Eddy B. Microphones, High Wind and Rain. In: <i>AES E-library</i> [online]. 1 October 2005, s. 6 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <a href="https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13335">https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13335</a>	

Obrázek 10 Změna polární charakteristiky mikrofonu Sennheiser MKH 416 při použití protivětrné ochrany Windpac.....25

BRIXEN, Eddy B. Microphones, High Wind and Rain. In: *AES E-library* [online]. 1 October 2005, s. 7 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13335>

Obrázek 11 Atenuace vlivem použití mikrofonních ochran. Shora mikrofon s Windpac, mikrofon s Windpac a suchým RainCover, mikrofon s Windpac a mokrým RainCover ...25

BRIXEN, Eddy B. Microphones, High Wind and Rain. In: *AES E-library* [online]. 1 October 2005, s. 7 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13335>

Obrázek 12 Souhrn provedených měření.....26

BRIXEN, Eddy B. Microphones, High Wind and Rain. In: *AES E-library* [online]. 1 October 2005, s. 7 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13335>

Obrázek 13 Generátor s radiálním ventilátorem použitý pro uvedená měření .....27

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 2 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 14 Specifikace, tlakové mikrofony DPA 4041, DPA 4006 a DPA 4004.....28

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 3 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 15 Hlukové spektrum, membrána 24 mm .....29

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 3 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 16 Hlukové spektrum, membrána 19 mm .....29

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 3 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 17 Hlukové spektrum, membrána 12 mm .....30

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 4 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

- Obrázek 18 Hlukové spektrum mikrofonu s APE ..... 31  
BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 4 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>
- Obrázek 19 Hlukové spektrum mikrofonu s nose cone ..... 31  
BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 4 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>
- Obrázek 20 Hlukové spektrum s trapezoid grid ..... 32  
BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 5 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>
- Obrázek 21 Hlukové spektrum, membrána 12 mm, pěnová ochrana ..... 32  
BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 5 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>
- Obrázek 22 Hlukové spektrum, membrána 19 mm, pěnová ochrana ..... 33  
BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 5 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>
- Obrázek 23 Hlukové spektrum, membrána 24 mm, pěnová ochrana ..... 33  
BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 5 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>
- Obrázek 24 Hlukové spektrum nechráněného mikrofonu ..... 34  
BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 6 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>
- Obrázek 25 Hlukové spektrum při použití pěnové ochrany ..... 34  
BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 6 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>



Obrázek 26 Tlakový mikrofon DPA 4041, 24 mm, bez ochrany a s pěnovou ochranou .....35

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 6 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 27 Tlakový mikrofon DPA 4006, membrána 19 mm, bez ochrany a pěnovou ochranou.....35

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 6 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 28 Tlakový mikrofon DPA 4004, membrána 12 mm, bez ochrany a pěnovou ochranou.....36

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 6 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 29 Tlakový mikrofon DPA 4006, membrána 19 mm, s nástavcem APE a s nose cone.....36

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 6 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 30 Klopový mikrofon DPA 4060 bez ochrany a s pěnovou ochranou.....37

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 7 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 31 Hlukové spektrum, gradientní tlakový mikrofon DPA 4011 bez ochrany.....37

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 7 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 32 Hlukové spektrum, gradientní tlakový mikrofon DPA 4015 bez ochrany.....38

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 7 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 33 Hlukové spektrum, gradientní tlakový mikrofon DPA 4011 s pěnovou ochranou .....38

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 7 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 34 Hlukové spektrum, gradientní tlakový mikrofon DPA 4015 s pěnovou ochranou ..... 39

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 8 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>

Obrázek 35 Hlukové spektrum mikrofonu DPA 4011, membrána 19 mm při rozdílné rychlosti větru ..... 39

BRIXEN, Eddy B. a Ruben HENSEN. Wind Generated Noise in Microphones: an Overview - Part 1. In: *AES E-library* [online]. Paris (France), 1 May 2006, s. 8 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=13439>