

Projektová dokumentace
Ozvučení hudební scény Městského divadla Brno



1 Obsah

1. Požadavky na ozvučovací systém.
2. Technologická studie a návrh ozvučení auditoria pro složku VOCAL, MUSIC a jeviště pro složku MONITOR, včetně simulací pokrytí jednotlivých prostor a 3D vizualizací plánovaného stavu.
3. Výhody a nevýhody zvoleného řešení.

1 Požadavky na ozvučovací systém (souhrn)

- 1.1 Absolutní prioritou hudební scény MdB je srozumitelnost a barva zpěvu. Zvukový systém tedy musí být dostatečně výkonný, schopný pokrýt zvukem rovnoměrně celou plochu auditoria hudební scény MdB včetně FOH (live postu) a zároveň minimalizovat přeslechy na jeviště a do orchestřiště. Odposlechy by měly pokrýt jeviště (i přilehlé prostory), být v možnostech nastavení maximálně flexibilní (aby vyhověly různým, a měnícím se požadavkům inscenace) s důrazem na komfort účinkujících. Důležitým parametrem pro obnovu ozvučovacího systému na hudební scéně MDB je naprostá kvalitativní i kvantitativní srovnatelnost se zvukovými systémy při ozvučování největších muzikálových titulů současnosti (Les Miserables, Phantom of the Opera, Cats, The Lion King, Mary Poppins, Miss Sigon, Dear Evan Hansen, Matilda, The Producers atp.), uváděných v hlavních dvou „muzikálových“ metropolích, kterými jsou New York a Londýn s konkrétní lokalizací na broadwayská a West End divadla ve srovnatelné kapacitě míst, tedy 750 a více. Tento parametr je často dotazován poskytovateli autorských práv a v konečném důsledku tak ovlivňuje získání těchto práv k uvádění.
- 1.2 Zvukový systém musí mít co nejjednodušší ovládání se zaručeným špičkovým výsledkem.
- 1.3 Zvukový systém musí být dodán kompletní a plně funkční, dle této studie optimálního umístění a nastavení s příslušnými simulacemi zvukového pokrytí.
- 1.4 Dodavatel je povinen zajistit odborné školení určených pracovníků MdB v ovládání systému.
- 1.5 Dodavatel musí být schopen poskytnout technickou podporu dle kupní smlouvy.

2 Technologická studie a návrh ozvučení auditoria pro složku VOCAL, MUSIC a jeviště pro složku MONITOR, včetně simulací pokrytí jednotlivých prostor zvukem a 3D vizualizací plánovaného stavu.

ad 1.1 Absolutní prioritou hudební scény MdB je srozumitelnost a barva zpěvu. Zvukový systém tedy musí být dostatečně výkonný, schopný pokrýt zvukem rovnoměrně celou plochu auditoria hudební scény MdB včetně FOH (live postu) a zároveň minimalizovat přeslechy na jeviště a do orchestrů.

Odposlechy by měly pokrýt jeviště (i přilehlé prostory), být v možnostech nastavení maximálně flexibilní (aby vyhověly různým, a měnícím se požadavkům inscenace) s důrazem na komfort účinkujících.

Důležitým parametrem pro obnovu ozvučovacího systému na hudební scéně MdB je naprostá kvalitativní i kvantitativní srovnatelnost se zvukovými systémy při ozvučování největších muzikálových titulů současnosti (*Les Miserables, Phantom of the Opera, Cats, The Lion King, Mary Poppins, Miss Sigon, Dear Evan Hansen, Matilda, The Producers* atp.), uváděných v hlavních dvou „muzikálových“ metropolích, kterými jsou New York a Londýn s konkrétní lokalizací na broadwayská a West End divadla ve srovnatelné kapacitě míst, tedy 750 a více. Tento parametr je často dotazován poskytovateli autorských práv a v konečném důsledku tak ovlivňuje získání těchto práv k uvádění.

1.1 Teoretický úvod

Ideální situace, v níž nedochází k žádné degradaci zvukového signálu šířícího se vzduchem je stav, kdy veškerý zvukový signál je reprodukován jedním zdrojem (jedním reproduktorem zanedbatelných rozměrů), v požadovaném rozsahu frekvencí, bez zkreslení a v dostatečné „hlasitosti“ (sound pressure level (SPL)), v prostoru bez odrazů (mrtvá komora). Tuto situaci lze simulovat v laboratorních podmínkách, ale nelze ji v praxi dosáhnout.

- První věcí, se kterou se v praxi potkáme je reálný prostor, který působí na zvukové vlny jako soustava selektivních (v závislosti na vlnové délce) zvukových zrcadel, která původní přímý (originální) zvukový signál degradují interferencí s jeho vlastními odraženými kopiemi.
Minimalizace tohoto zkreslení dosáhneme směřováním akustické energie mimo odrazivé plochy, popřípadě vhodnou akustickou úpravou odrazivých ploch.
- V současném stavu poznání a technologie není možné dosáhnout požadované „hlasitosti“ (SPL) a frekvenčního rozsahu, byť i jediným reproboxem s několika reproduktory, natož jediným reproduktorem. Je tedy nutné dosáhnout precizní souhry mnoha reproduktorů v mnoha reproboxech tak, aby bylo výsledkem rovnoměrné frekvenční pokrytí auditoria v požadované hladině SPL.
- Pokud to není nevyhnutelné, nedoporučujeme směšovat signály pro vokální a hudební část (tedy pouštět vokální stopu do systému určenému pro reprodukci hudby a obráceně), respektive využívat ad hoc jednotlivé komponenty záměrně oddělených systémů.
Výsledkem bude vždy větší COMBING (degradace signálu a jeho zeslabení) a zhoršení srozumitelnosti zpěvu (intelligibility), nutnost zesilovat jednotlivé složky mixu a v konečném důsledku (v prostředí mnoha desítek otevřených kulových mikrofonů) i zpětná vazba.

1.2 Cíle sound system designu (SSD) pro hudební scénu MdB:

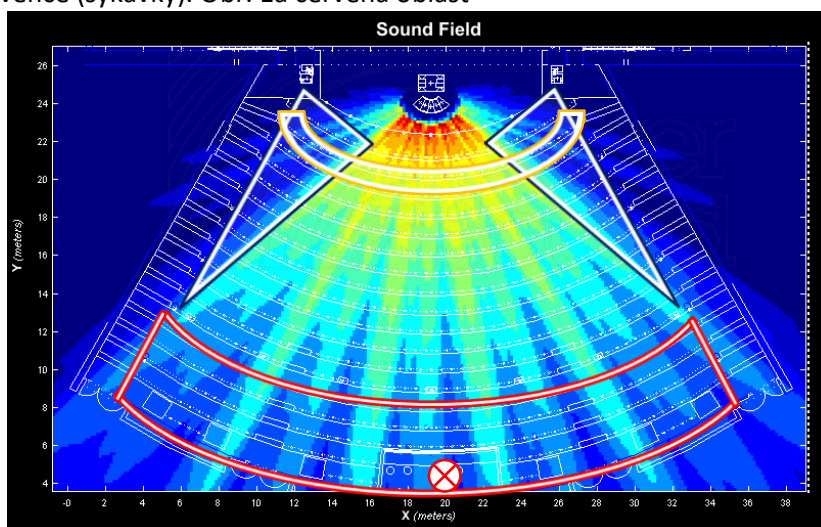
Pro dosažení maximální účinnosti, flexibility a minimalizaci zkreslení je vhodné úplné oddělení systému reprodukcí vokální složku (VOCAL) od systému reprodukcí ostatní hudební materiál (MUSIC) a samozřejmě i od odposlechového systému (MONITOR) zajišťující komfortní prostředí pro účinkující.

1.2.1 **Vokální systém (VOCAL)** by měl pokrýt celé auditorium zvukem od 100Hz do 16kHz s přirozeným útlumem nad 8kHz s tolerancí +/- 3dB, v závislosti na akustice sálu.

Je-li „Absolutní prioritou hudební scény MdB srozumitelnost a barva zpěvu“ (který je již z principu monofonním signálem) je nejlepším možným řešením monofonní (nejvíce se blížíci jedinému zdroji) soustava reproboxů umístěna v místě vzniku signálu, tj. v centru jeviště. Takové umístění reproboxů je z pochopitelných důvodů nemožné, proto se nejčastěji používá umístění uprostřed nad jevištěm (central cluster). Takový systém potom většinou není schopen ideálně pokrýt úplně VŠECHNA místa v poslechovém prostoru, a proto se využívají pomocné reproboxy zvané Filly.

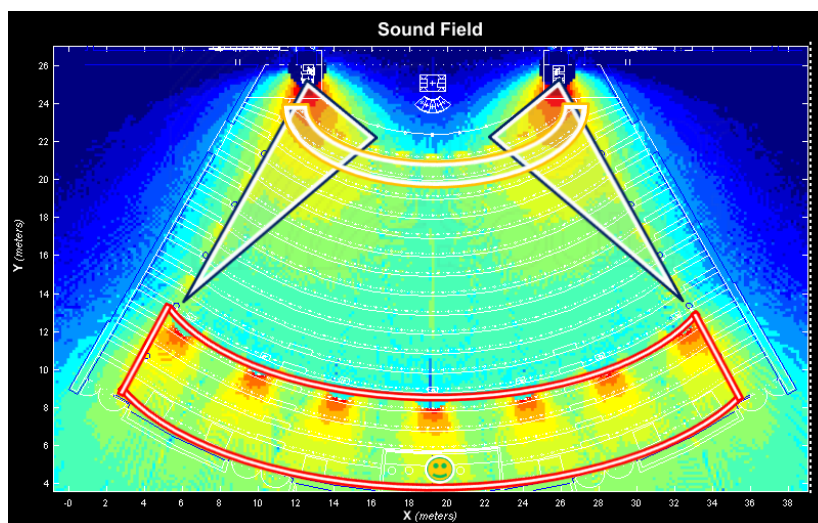
Návrh VOCAL vychází ze současného stavu, v němž již většinu auditoria pokrývá stávající central cluster Meyer Sound JM-1P. Současná situace je suboptimální, protože:

1. Nepokrývá některé boční části auditoria a prostor na stání vedle sedadel. Obr. 1a modré trojúhelníky.
2. V prvních dvou až třech řadách sedadel není pokrytí vysokými frekvencemi (sykavky) a zároveň dochází k posunu perspektivy (zpěvák je před divákem a zvuk vychází shora), tzv. sound image distortion. Obr. 1a žlutá oblast
3. V zadní části auditoria (včetně FOH – live postu) je signál stíněn další technikou a/nebo central cluster dostatečně nepokrývá vysoké frekvence (sykavky). Obr. 1a červená oblast



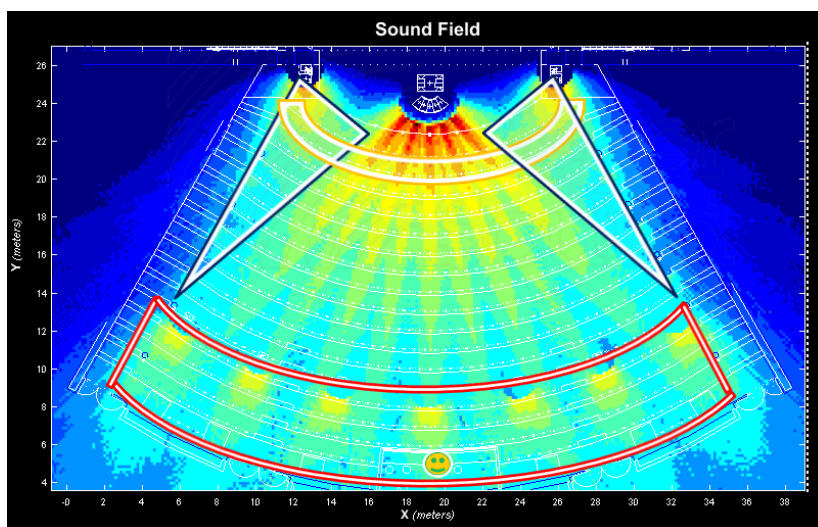
Obr. 1a VOCAL – současný stav. Center cluster JM-1P. „Hluchá“ místa jsou na obrázku tmavá, vyznačeny jsou zóny bez vysokých frekvencí – chybí prezence. Zákaz zastavení znázorňuje pozici FOH zvukaře – live post. Zobrazená frekvence 8kHz. 3dB / colour

Pro vykrytí hluchých míst budou použity InFilly (prostory modrých trojúhelníků), FrontFilly miniaturní reproduktory na hraně pódia (žlutá oblast) a DelayFilly (červená oblast). Obr. 1b



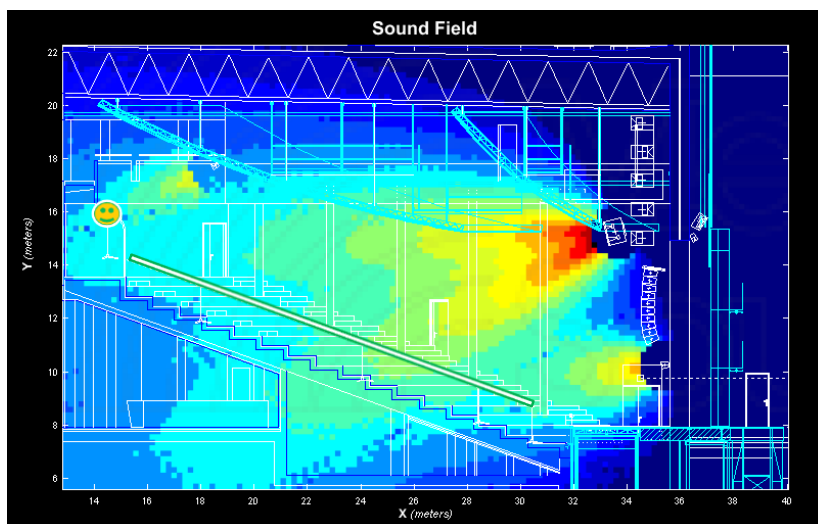
Obr. 1b VOCAL – „Hluchá“ místa jsou vykryta dodatečnými zdroji. Smajlík označuje pozici FOH zvukaře. (Pro názornost nesimulován Central cluster JM-1P). Zobrazená frekvence 8kHz. 3dB / colour.

Výsledný stav zobrazuje přehledně obr. 2. Všechna „hluchá“ (tmavá) místa byla vykryta dodatečnými zdroji (Filly). Nyní je VOCAL systém v horizontální rovině schopen přenést celé frekvenční spektrum do všech míst auditoria v dostatečné SPL.

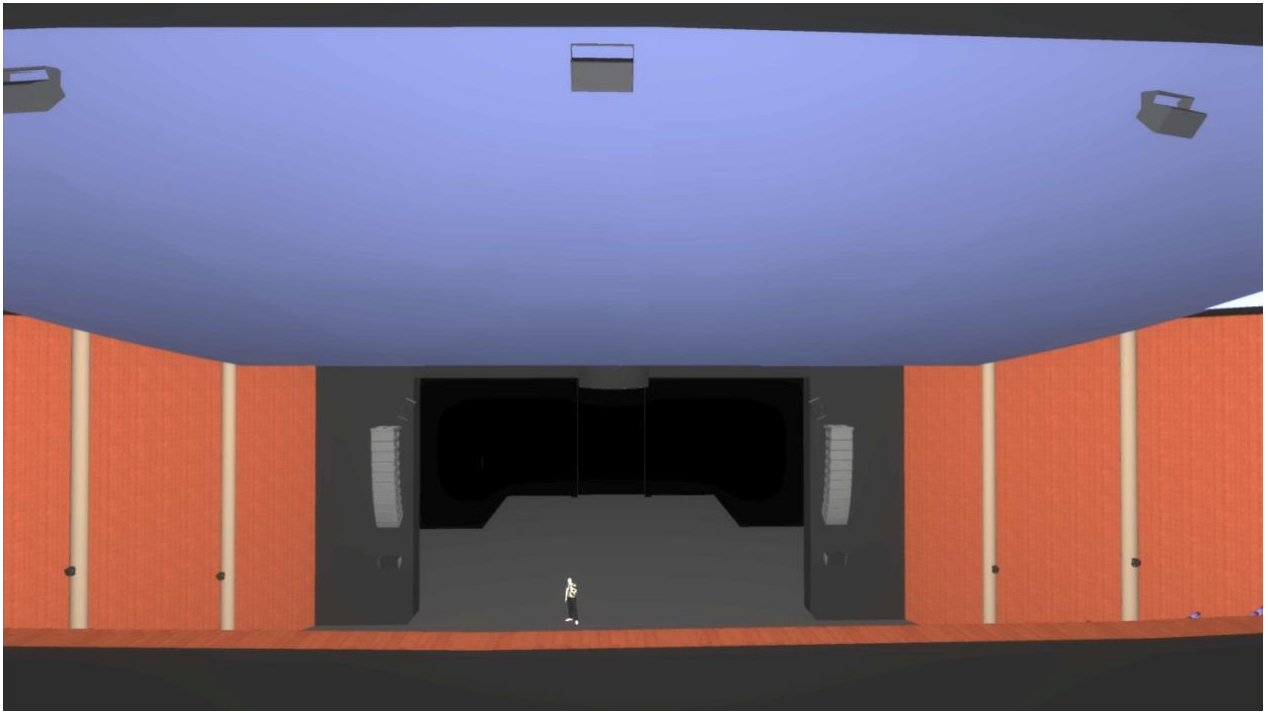


Obr. 2 VOCAL – výsledný stav, **horizontální rovina**. Central cluster JM-1P spolu s Filly vykřívá celé auditorium +/- 3dB. Smajlík označuje pozici FOH zvukaře. Zobrazená frekvence 8kHz. 3dB / colour.

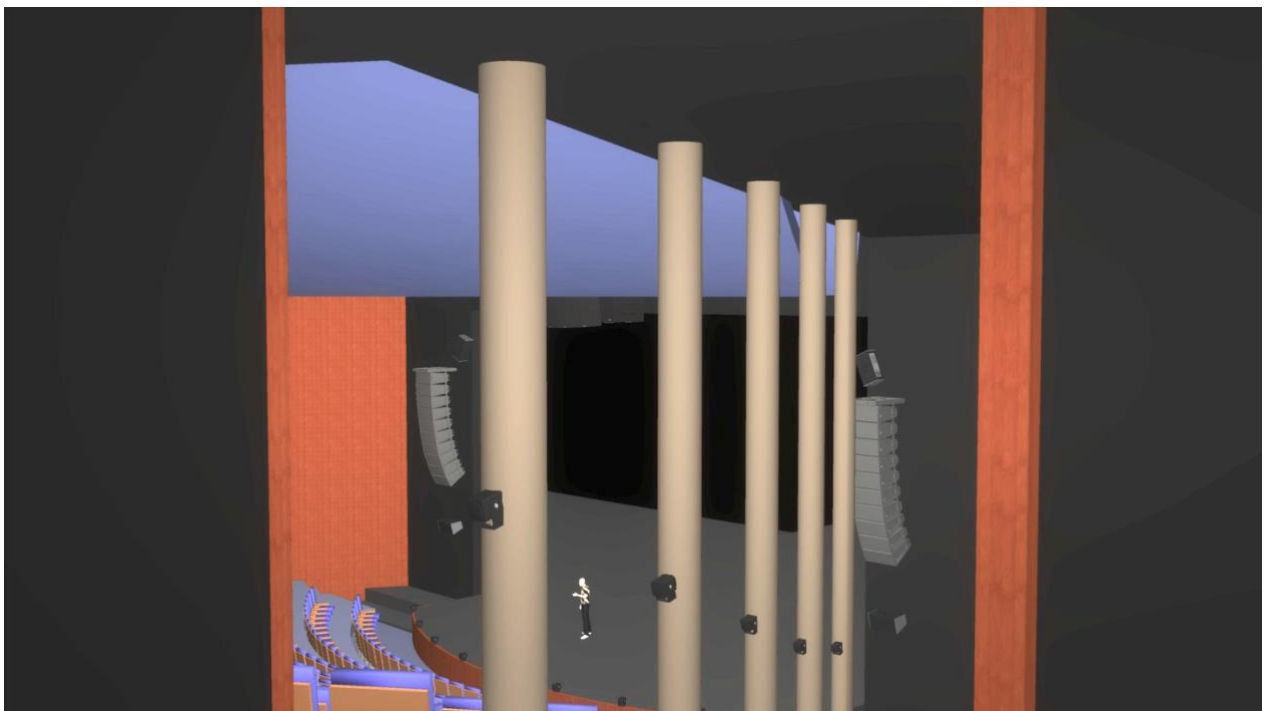
Vertikální rovinu těžší situace znázorňuje obr. 3. Je zobrazeno pokrytí centrálním clusterem JM-1P a přední (InFill) a zadní (DelayFill) vykrývací reproboxy.



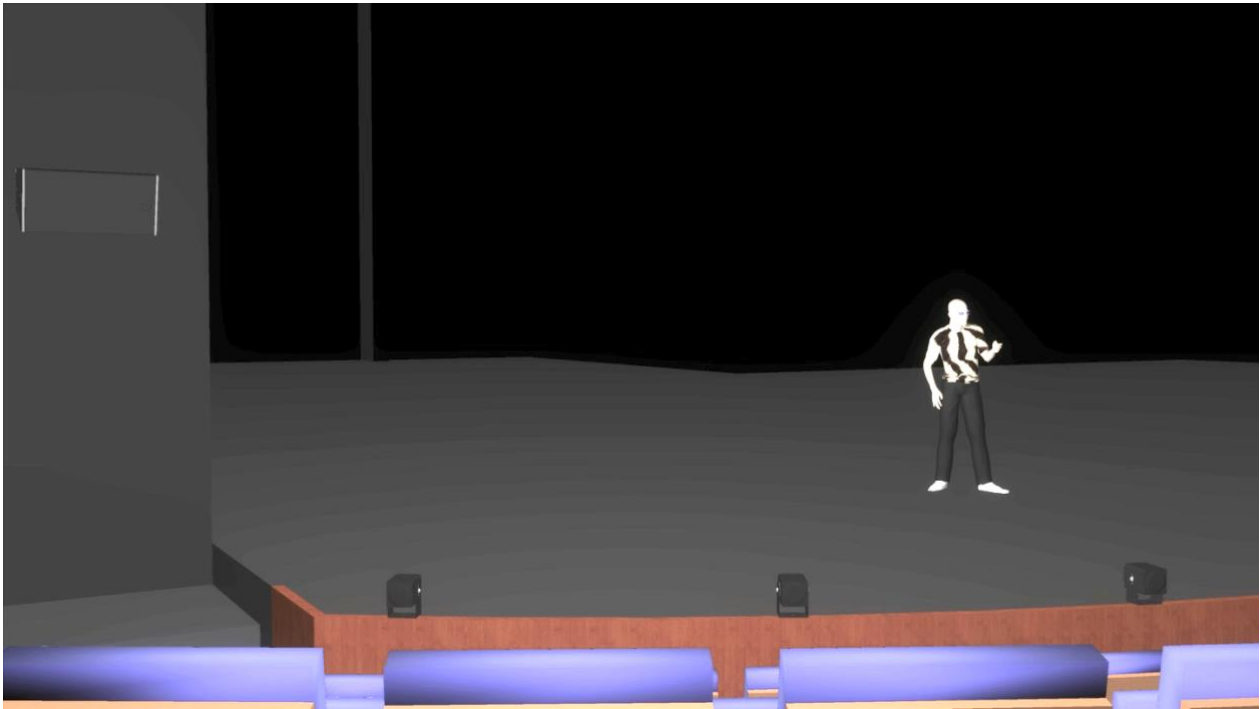
Obr.3 VOCAL – výsledný stav, **vertikální rovina**. Central cluster JM-1P spolu s Filly vykřívá celé auditorium +/- 3dB. Zelená čára označuje výšku uší posluchačů (minimum variance line), smajlík označuje pozici FOH zvukaře. Zobrazená frekvence 8kHz. 3dB / colour.



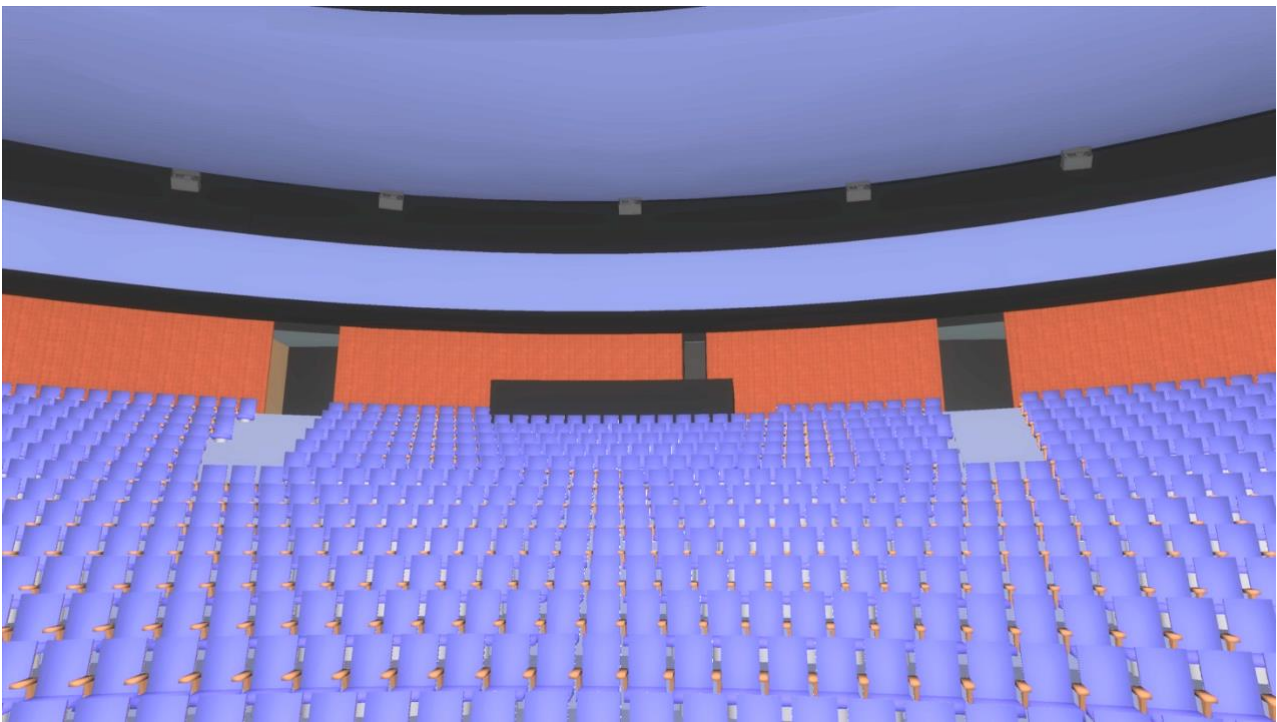
Obr.4a VOCAL – 3D vizualizace výsledného stavu z pohledu FOH - live postu.



Obr.4b VOCAL – 3D vizualizace výsledného stavu.



Obr.4c VOCAL – 3D vizualizace výsledného stavu. Detail umístění InFill a FrontFill reproboxů.



Obr.4d VOCAL – 3D vizualizace výsledného stavu. Detail umístění DelayFill reproboxů z pohledu jeviště.

Seznam reproboxů nutné k vykrytí auditoria systémem VOCAL:

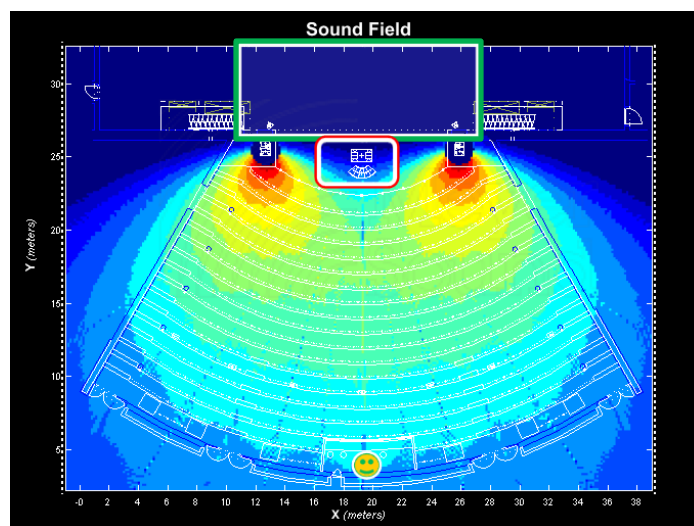
02x aktivní reprobox D jako InFill (modré trojúhelníky)

07x aktivní reprobox C jako DelayFill (červená zóna a FOH - live post)

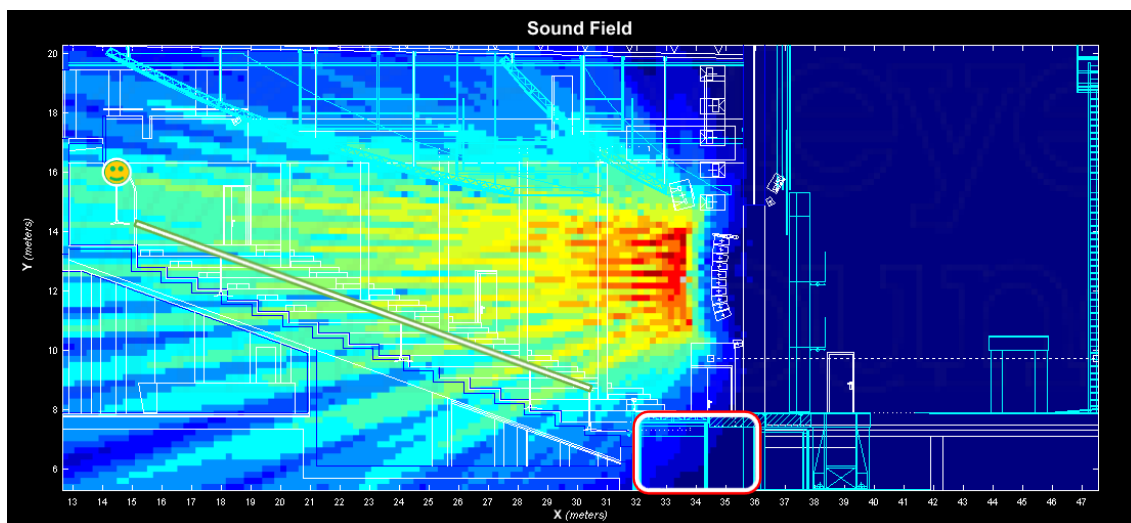
09x aktivní reprobox B jako FrontFill (na hraně pódia - žlutá zóna)

1.2.2 **Hudební systém (MUSIC)** je zcela oddělen od vokálního systému a musí tudíž samostatně pokrýt *celé auditorium* zvukem v rozsahu od 31Hz do 16kHz s přirozeným útlumem nad 8kHz s tolerancí +/- 3dB, v závislosti na akustice sálu.

Návrh systému MUSIC vychází z faktu, že reprodukce (orchestr, podkresy, playbacky, efekty apod.) většinou vyžaduje stereo bázi. Jsou proto zvoleny standardně dva celopásmové line array systémy zavěšené mimo portálové okno nalevo a napravo od něj (left-right konfigurace (L,R)). Systém tak bude pokrývat celé auditorium širokopásmovým frekvenčním rozsahem (od 80Hz do 16kHz) s přirozeným útlumem nad 8kHz v obou rovinách. Tato konfigurace nevyžaduje další pomocné vykrývací reproboxy. Obr. 5a, b



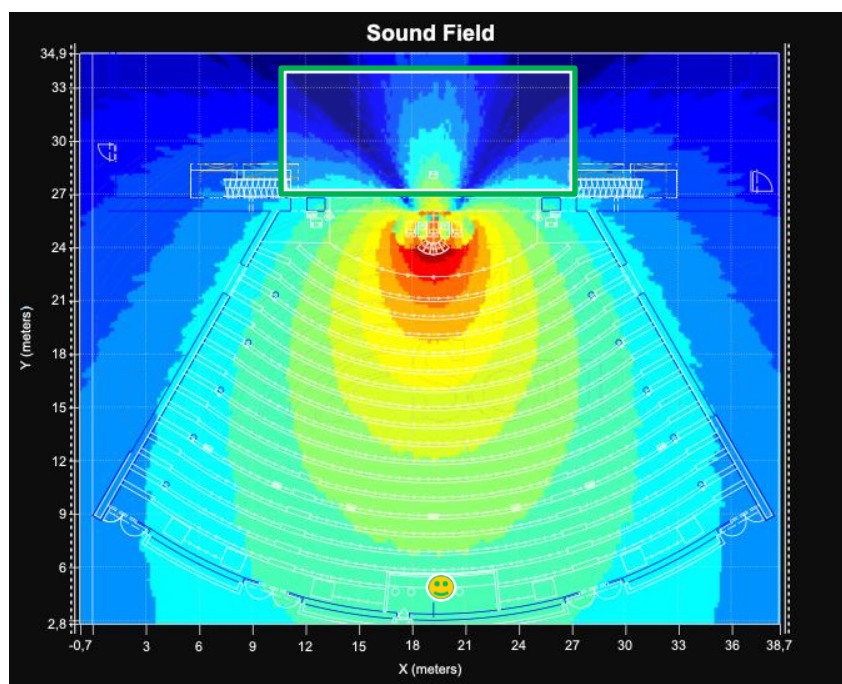
Obr. 5a MUSIC – výsledný stav, **horizontální rovina**. Zobrazeny dvě line array (L,R) umístěné vně portálového okna. Lze pozorovat plné pokrytí auditoria při minimálním leaku energie do orchestřiště (červený obdélník) a na pódium (zelený obdélník). Smajlík označuje pozici FOH zvukaře. Zobrazená frekvence 8kHz. 3dB / colour



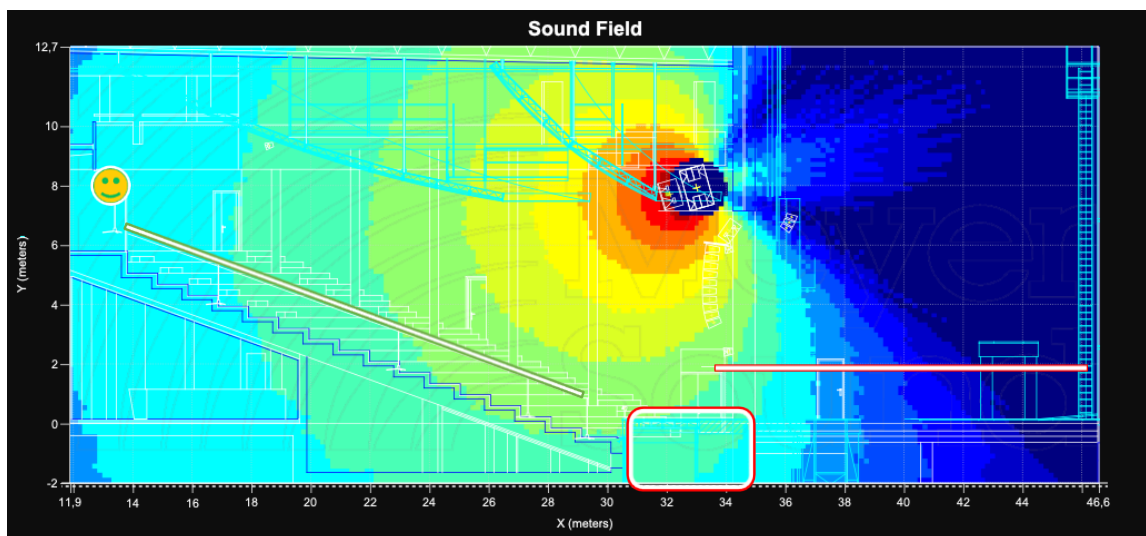
Obr. 5b MUSIC – výsledný stav, **vertikální rovina**. Zobrazena line array. Lze pozorovat plné pokrytí auditoria při minimálním leaku energie do orchestřiště (červený obdélník). Zelená čára označuje výšku uší posluchačů (minimum variance line), smajlík označuje pozici FOH zvukaře. Zobrazená frekvence 8kHz. 3dB / colour

Širokopásmové zdroje (L,R) budou doplněny o subwooferovou array, která bude zavěšená těsně pod stropem sálu v technickém prostoru (uprostřed nad orchestřištěm, za central vocal clusterem) a bude převážně skrytá v podhledu. Tato array bude pokrývat zbytek funkčního frekvenčního pásma, tj. od 31Hz do 80Hz.

Centrální zavěšení subwooferové array je *zdaleka nejvýhodnější* jak z hlediska pokrytí auditoria zvukem, tak z hlediska minimalizace přeslechů do orchestřiště a na pódium. Obr. 6 a, b



Obr 6a MUSIC – centrální subwooferová array, **horizontální rovina**. Výrazný útlum za portálovým oknem zelený obdélník. Smajlík označuje pozici FOH zvukaře. Zobrazená frekvence 63Hz, 3dB / colour.



Obr 6b MUSIC – centrální subwooferová array, **vertikální rovina**. Výrazný útlum za portálovým oknem (červená linie - úroveň hlav herců), výrazný útlum v orchestřišti (červený obdélník), rovnoměrné pokrytí auditoria. Zelená čára označuje výšku uší posluchačů (minimum variance line), smajlík označuje pozici FOH zvukaře. Zobrazená frekvence 63Hz, 3dB / colour.

Na sloupech v hledišti vlevo a vpravo bude dále zvukový systém doplněn o efektové lokalizační reproboxy, které mohou být použity pro efektové umísťování zvukového obrazu samostatných zvukových objektů napříč auditoriem. Součástí efektové složky zvukového systému na extra hlubokých frekvencích jsou dva subsonické subwoofery.

Seznam reproboxů nutných k vykrytí auditoria systémem MUSIC:

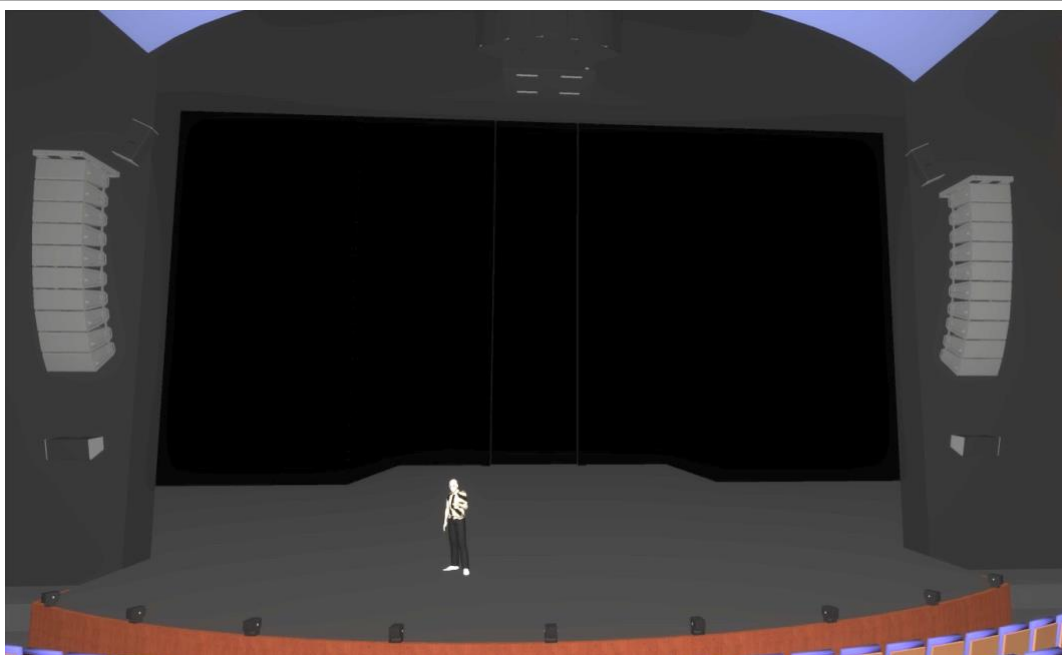
10x aktivní reprobox A jako Left main hang

10x aktivní reprobox A jako Right main hang

05x aktivní subwoofer A jako central subwoofer array

06x aktivní reprobox E jako efektový lokalizační systém (umísťování zvukových objektů napříč auditoriem)

02x aktivní subwoofer B jako efektový systém (pyro efekty, efekty výbuchu, pohybové efekty, sci-fi, dopravní efekty atd.)

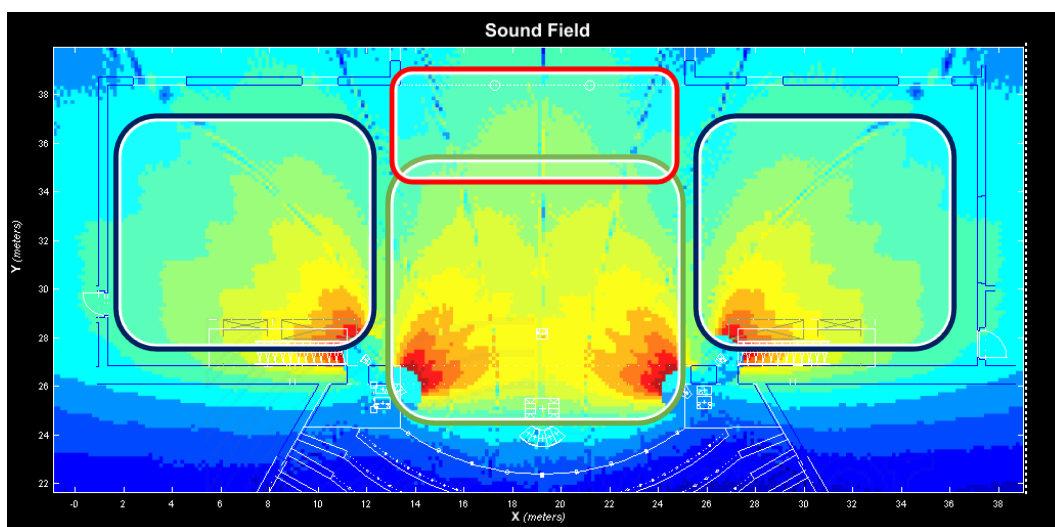


Obr.7 MUSIC – 3D vizualizace výsledného stavu. Detail umístění Left-Right main hang array.

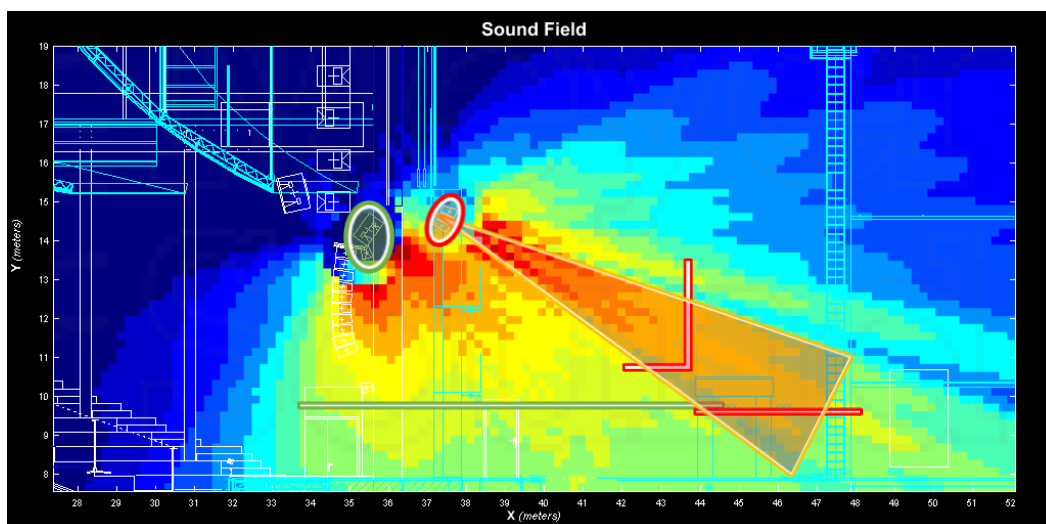
1.2.3 **Odposlechový systém (MONITOR)** bude třetím na předchozích dvou systémech nezávislým zvukovým systémem. Bude reprodukovat vokální i hudební složku dle měnících se potřeb umělců, ve frekvenčním pásmu od 100Hz do 16kHz s přirozeným útlumem nad 8kHz s tolerancí +/- 3dB v závislosti na akustice sálu. Bude pokrývat jeviště a přilehlé prostory. Jelikož tento systém bude reprodukovat signál výrazně odlišný od systémů VOCAL a MUSIC bude nutné především minimalizovat interferenci se zmíněnými systémy pro posluchače.

MONITOR systém se bude skládat z hlavního monitorového zadního (rear) PA, jehož úkolem bude vykrýt většinu jeviště (testováno na místě). Bude instalováno na přední straně portálového okna. Toto PA bude doplněno o DownFill, který vykrývá prostor pod rear PA a zlepšuje prezenci. Dále bude doplněn odposlechy pro sbory za scénou (vlevo a vpravo). Pro potřeby pokrytí vysokých kulis, popřípadě zadní části jeviště bude instalován CenterFill.

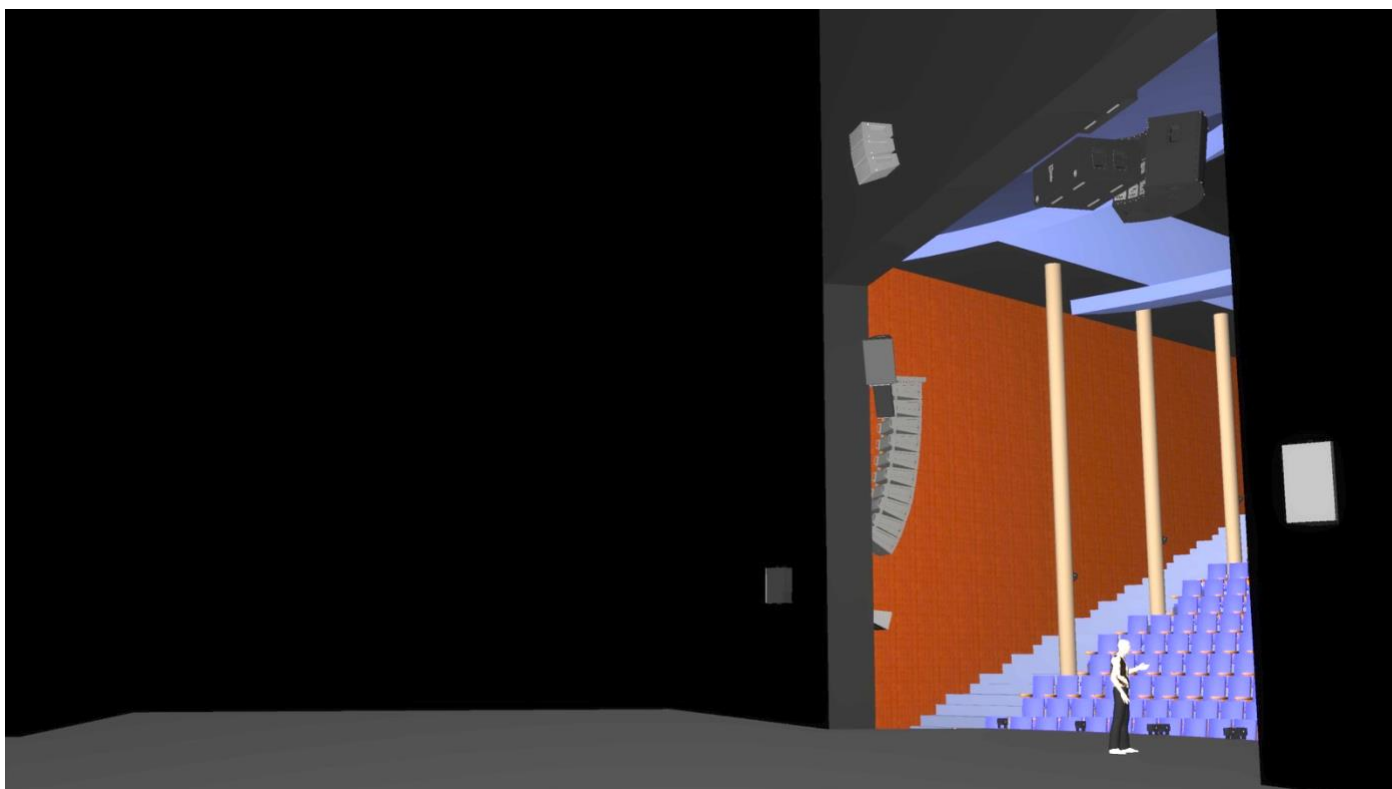
Variabilně jako FrontFill v technické podlaze orchestřiště, eventuálně na hraně pódia, nebo v jiných místech, budou sloužit miniaturní fullrange reproboxy. Obr. 8a, b



Obr. 8a MONITOR – výsledný stav, **horizontální rovina**. Hlavní PA vykrývá většinu jeviště (zelená plocha). Odposlechy pro sbor za scénou (modrá pole). CenterFill nelze v tomto pohledu adekvátně simulovat (červené pole, viz Obr. 8b). Je zřejmý minimální přesah do hlediště. Zobrazená frekvence 8kHz, 3dB / colour.



Obr. 8b MONITOR – výsledný stav, **vertikální rovina**. Rovnoměrné pokrytí jeviště energií v rozsahu 10 metrů do hloubky pouze samotným MON PA společně s DownFillelem (zelená elipsa) v toleranci +/- 1,5 dB!, (zelená část linie). Zadní část pódia (červená část linie), eventuálně herce ve výšce na kulisách (červené „L“) fakultativně pokrývá CenterFill (červená elipsa). Jedná se o oblast zvýrazněnou oranžovým trojúhelníkem.



Obr.9a MONITOR – 3D vizualizace výsledného stavu.



Obr.9b MONITOR – 3D vizualizace výsledného stavu.

Seznam reproboxů nutných k vykrytí auditoria systémem MONITOR:

02x aktivní reprobox F jako rear main PA (pro hlavní část pódia a forbíny)

02x aktivní reprobox D jako DownFill pod rear main PA

02x aktivní reprobox E jako rear OutFill (odposlech pro zpěváky za scénou)

03x aktivní reprobox G jako rear CenterFill (pro herce na vysoké kulise a v zadní části jeviště).

05x aktivní reprobox B jako variabilní rear FrontFill (v technickém prostoru, na hraně jeviště apod.)

3 Výhody zvoleného řešení

- + Zvolený ozvučovací systém je malý a zároveň výkonný. Oproti současnému stavu bude posunut MIMO portálové okno. Všechny komponenty systému jsou navrženy tak, aby byly co nejvíce skryté v technických prostorách.
- + Oddělením vokálního systému od systému reprodukcí ostatní zvukový materiál výrazně vzroste koherence (sníží se zkreslení). Důsledkem bude především přirozenější barva hlasu, vyšší srozumitelnost a nižší náchylnost na zpětnou vazbu.
- + Zvolený ozvučovací systém je bezpečný (možnost on-line monitorace během provozu) a mimořádně flexibilní na ovládání - každý reprobox je samostatný a nezávislý prvek systému.

ad 1.2. Zvukový systém musí mít co nejjednodušší ovládání se zaručeným špičkovým výsledkem.

Jednoduchost ovládání, maximální flexibilitu a bezpečný provoz nejlépe zajistí AKTIVNÍ zvukový systém. Každý reprobox takového systému je samostatná funkční jednotka obsahující zesilovače pro jednotlivé reproduktory, včetně všech elektronických ochranných a zpracování signálu. Tyto ochrany minimalizují pravděpodobnost poškození zařízení například v případě vzniku zpětné vazby.

Aktivní reproboxy rovněž umožňují online monitoraci jednotlivých komponent všech reproboxů v celém systému (teploty zesilovačů, výchylky reproduktorů, komprese a limitace jednotlivých frekvenčních pásem apod.). Tato možnost v rukou zkušeného operátora (systémového inženýra) dále zvyšuje efektivitu a bezpečnost provozu.

Aktivní systém umožňuje největší flexibilitu zapojení, což se projeví rovnoměrnějším pokrytím auditoria.

Řízení aktivního systému se provádí přes samostatné DSP procesory, který lze ovládat pomocí počítačového rozhraní a proprietárního software dodávaného spolu s procesorem.

ad 1.3 Zvukový systém musí být dodán kompletní, včetně studie optimálního umístění a nastavení s příslušnými simulacemi zvukového pokrytí.

Systém bude dodán *kompletně*, včetně všech komponent a činností nutných k jeho řádnému provozu. Jedná se o samotné reproboxy, vybrané závěsné prvky, řídicí procesory, monitorovací systém, silovou, signálovou a hybridní kabeláž, montáž, konfigurace zařízení, měření a optimalizace systému certifikovaným designerem zvukových systémů, apod.

Součástí projektové dokumentace *není* blíže specifikován další nutný instalační materiál, zavěšovací prvky vyráběné na míru a práce související se statikou a zavěšením techniky, včetně nutných úprav na budově a jejich statických posouzení.

Ad 1.4 až 1.7

- *Dodavatel je povinen zajistit odborné školení určených pracovníků MdB v ovládní systému.*
- *Dodavatel musí být schopen poskytnout technickou podporu dle kupní smlouvy.*