

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta stavební

DIZERTAČNÍ PRÁCE

BRNO, 2018

ING. RADKA KANTOVÁ



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNOLOGIE, MECHANIZACE A ŘÍZENÍ STAVEB

INSTITUTE OF TECHNOLOGY, MECHANIZATION AND CONSTRUCTION MANAGEMENT

SNIŽOVÁNÍ HODNOTY STAVENIŠTNÍHO HLUKU POMOCÍ MODELOVÁNÍ VÝROBNÍHO PROSTORU STAVBY A ÚPRAV TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ PŘI VÝSTAVBĚ

REDUCING THE VALUE OF CONSTRUCTION NOISE BY MODELING
THE PRODUCTION AREA OF CONSTRUCTION SITE AND BY ADJUSTING
THE TECHNOLOGICAL PROCEDURES DURING CONSTRUCTION

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Radka Kantová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Svatava Henková, CSc.

BRNO 2018

1 Abstrakt a klíčová slova

1.1 Abstrakt

Doktorská práce je zaměřena na hluk vznikající při výstavbě. Definiuje rámec problematiky po stránce legislativní a fyzikální. Stanovuje stavební stroje jako zdroje hluku a řadí je do kategorií a sestav se zohledněním užívaných stavebních technologií. Sdružuje zdrojová data hlučnosti strojů, se kterými lze pracovat v prognostických modelech. Analyzuje míru vlivu stavebního hluku na blízkou obytnou zástavbu a nabízí metodiku k modelování a návrhu možných opatření ke snížení hluku. Definiuje dílčí vlivy prostředí staveniště, které jsou významné pro šíření hluku. Stanovuje jejich podíl na hodnotě hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby. Na základě získaných dat a s ověřením v případových studiích předkládá vytvořenou pracovní pomůcku, kterou lze jednoduše pro predikci hlukových poměrů na staveništích uplatnit již v rámci přípravy stavby. Práce je koncipována pro možnost případného využití jako vysokoškolské učebnice nebo studijní opory.

Abstract:

This doctoral thesis focuses on noise generated during construction. It defines the legislative and physical aspects of this topic. It determines heavy machinery as noise source and categorizes them by their usage in construction technologies. It collects source data of the machinery noises which can be further used in prognostic models. It analyses the level of construction noise which can impact the nearby residential areas and offers methodology for modelling and designing the possible arrangements for the noise reduction. It defines partial effects of the construction site which are significant for the noise spreading. It establishes their role in the value of acoustic pressure level of the noise affecting the façade of the considered building. With the data collection and with case study verification it offers a prepared work tool which can be easily used to predict noise levels on construction sites and can be applied in the early constructions preparations. The structure of this thesis is planned for possible usage as university textbook or study support.

1.2 Klíčová slova

Venkovní chráněné prostory staveb, vnitřní prostředí budov, staveništní hluk, zdroje hluku, hladina akustického výkonu, hladina akustického tlaku zvuku, hluková studie, limita hluku, izofona, akustická odrazivost a pohltivost, zvukoměr, měření hluku z výstavby, protihluková clona, zhotovitel stavby, výrobní a předvýrobní příprava stavby, realizace stavby.

Keywords:

Protected outdoor construction areas, indoor building environment, construction noise, sources of noise, level of acoustic power, level of acoustic sound pressure, noise study, noise limits, isophone, acoustic reflectivity and absorption, sound-level meter, construction noise measurements, anti-noise barriers, acoustic shielding, building contractor, pre-production and production preparation of construction sites, realization of construction.

Ing. Radka Kantová *Snižování hodnoty stavebního hluku pomocí modelování výrobního prostoru stavby a úprav technologických postupů při výstavbě*. Brno, 2018, 199s., 63.s. příl. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb. Vedoucí práce Ing. Svatava Henková, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem dizertační práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 7. 2018

.....

podpis autora

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané typ práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 17. 7. 2018

Ing. Radka Kantová

Poděkování:

Poděkování patří školiteli Ing. Svatavě Henkové, CSc., tvůrci programového produktu Hluk+ pro výpočty hluku z dopravy a průmyslových zdrojů RNDr. Miloši Liberkovi a realizačním firmám HINTON a.s. a MORAVOSTAV Brno, a.s. za možnost měření hluku na jejich stavbách.

1.3 OBSAH

1 Abstrakt a klíčová slova	5
1.1 Abstrakt	5
1.2 Klíčová slova	7
1.3 OBSAH.....	13
2 Téma doktorské práce	17
2.1 Cíl doktorské práce.....	17
2.1.1 Specifikace dílčích cílů práce	17
2.1.2 Odůvodnění zvolených cílů	18
2.1.3 Popis dílčích cílů.....	18
2.2 Zvolené metody zpracování	19
2.2.1 Popis zvoleného postupu.....	20
3 Analýza současného stavu problematiky, definování rámce legislativních, fyzikálních, zdravotnických a stavebně technických dat	21
3.1 Úvod do problematiky ochrany zdraví před hlukem	21
3.2 Platná legislativa.....	24
3.3 Základy akustiky	32
3.3.1 Definice pojmů a veličin	32
3.3.2 Základní veličiny pro modelování hluku z výstavby	36
3.4 Poškození zdraví.....	38
3.5 Stávající režimy kontroly stavebního hluku	42
3.6 Měření a měřidla hluku	44
3.7 Hlukové studie.....	47
3.8 Protihluková opatření	48
3.9 Závěr k současnému stavu problematiky se zaměřením na hluk z výstavby.....	49
4 Návrh metodiky pro posuzování hluku z výstavby.....	52
4.1 Posuzování ve fázi výrobní přípravy stavby	52
4.2 Šíření zdrojů hluku	53
4.2.1 Výpočet přenosu zvuku od stavebního stroje k místu měření ..	53
4.2.2 Výpočet hlučnosti při souběžném nasazení několika strojů na staveništi	54
4.3 Akustické účinnosti bariér.....	55
4.4 Hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb	56
4.5 Vytipování staveb s předpokladem zvýšené hlukové zátěže.....	57
4.6 Využitelnost pracovní doby při překročení limitních hodnot.....	60
4.7 Využití SW podpory Hluk plus k modelování hluku	62
4.8 Návod pro obsluhu SW Hluk plus pro specifika modelování hluku ze stavební činnosti	63
4.9 Příklad modelování hodnot akustických výkonů strojních sestav v případové studii	66
4.10 Možnosti snižování staveništního hluku	75
5 Stanovení hodnot hlučnosti strojů a strojních sestav	79
5.1 Pořízení dat akustických výkonů strojů.....	79

5.2	Přístup ke zpracování dat z hlediska pravděpodobnosti a statistiky ...	81
5.3	Zásady pro určení strojních sestav	86
6	Výpočtové modelování hluku, stanovení dílčích vlivů prostředí na akustickou situaci staveniště - etalon	89
6.1	Stanovení míry vlivu pohltivosti a odrazivosti terénu na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	91
6.2	Stanovení míry vlivu křovinových a stromových porostů na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	97
6.3	Stanovení míry vlivu tvaru terénu na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	112
6.4	Stanovení míry vlivu umístění měřících bodů a výšky měření izofon na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	124
6.5	Stanovení míry vlivu nepřesnosti zadávání při modelování na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	126
6.6	Stanovení míry vlivu četnosti a tvaru stávající zástavby na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	127
6.7	Stanovení míry vlivu umístění objektů zařízení staveniště na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	138
6.8	Stanovení míry vlivu umístění protihlukové clony na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	155
6.9	Stanovení míry vlivu odrazivosti fasády posuzované stavby na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby	168
7	Experimentální měření hluku Campus Science Park Building	170
8	Podklady pro návrh specializované SW podpory pro predikci hluku při realizaci staveb	186
9	Metodické pokyny pro modelování a prognózu hluku ze stavební činnosti	187
9.1	Pomůcky pro uplatnění navržené metodiky	188
9.2	Pomůcka pro určení poklesu hladiny hluku po naměření hodnoty hlučnosti stroje pro jinou definovanou vzdálenost	188
9.3	Pomůcka pro zkušební posouzení staveništního hluku ve studentské licenci	191
10	Závěr	192
11	Praktický a teoretický přínos pro praxi	194
12	Studijní prameny	194
12.1	Související normy	194
12.2	Seznam použité literatury	196
12.3	Odkazy na další studijní zdroje a prameny	196
12.4	Seznam doplňkové studijní literatury	197
13	Symboly veličin	198

14 Seznam příloh..... 199

2 Téma doktorské práce

Téma doktorské práce vyhlášené školitelem:

Technologické postupy při výstavbě se zaměřením na ekologii a jejich využití v praxi.

Název předkládané doktorské práce:

SNIŽOVÁNÍ HODNOTY STAVENIŠTNÍHO HLUKU POMOCÍ MODELOVÁNÍ VÝROBNÍHO PROSTORU STAVBY A ÚPRAV TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ PŘI VÝSTAVBĚ

2.1 Cíl doktorské práce

Komplexním cílem doktorské práce je shromáždění dat akustických výkonů strojů a následné stanovení metodiky pro přístupy k modelování a prognóze hluku ve staveništním provozu s ohledem na možnosti návrhů mechanizace při výstavbě. Má vést k zohlednění možnosti vzniku hluku na stavbách již v přístupu u plánování stavby v rámci výrobní a předvýrobní přípravy, kdy se dodavatelské firmy zabývají optimalizací technologických postupů, sledem stavebně technologických procesů, nasazením mechanizace pro dodržení časového plánu stavby.

Cílem práce je kromě kompletace dostupných dat k hluku ze stavební činnosti také vyhodnocení, zda, jak, a s jakou mírou přesnosti lze hluk na staveništi předem určit, jestli lze předem řešit zejména pasivní protihluková opatření.

Má zodpovědět na otázku principu, zda vůbec, jak a s jakou přesností lze odhadnout hluk u investičního díla, které se nachází ve fázi přípravy stavby, zda lze ovlivnit míru hluku volbou stavební technologie objektu a jaké okolní vlivy je nutné zohledňovat.

Splněním cíle DP by bylo možno přistupovat k návrhu jednotlivých druhů stavebních strojů, jejich kombinaci či návaznosti prací přesněji, s jistotou splnění požadavku na chráněné venkovní prostory dle platné legislativy. Usnadní možnost začlenění možného vzniku nadlimitního hluku do komplexního řízení procesů v prostorové a časové struktuře výstavby.

2.1.1 Specifikace dílčích cílů práce

Cíl 1) Analýza současného stavu problematiky, definování rámce legislativních, fyzikálních, zdravotnických a stavebně technických dat, vlivů a závislostí, vymezení oblasti hluku ze stavební činnosti,

Cíl 2) Získání dostupných zdrojových dat hlučnosti stavebních strojů doložením hladin akustických výkonů,

Cíl 3) Statistické vyhodnocení získaných dat pro využití v případových studiích zohledňujících technologické aspekty při výstavbě,

Cíl 4) Posouzení vlivu okrajových podmínek pro simulaci hluku strojů v typických strojních sestavách na základě poznatků, modelování a měření,

Cíl 5) Vytvoření pomůcek a návodů pro orientační výpočet hlukové prognózy staveniště, není-li k dispozici možnost certifikovaného měření či hlukové studie.

2.1.2 Odůvodnění zvolených cílů

Vzhledem k absenci literatury k tématu staveništního hluku jsem zaměřila cíle jednak na pasportizaci informací k problematice a také shromáždění hodnot hladin akustických výkonů stavebních strojů – cíl 1 a 2. Vzhledem k tomu, že stroje nepracují jednotlivě, ale v sestavách, a to ve vazbě na technologické postupy, je nutné stanovit okrajové podmínky a míry přesnosti aby bylo možné dodržet spolehlivosti předpovědí. Je nutné stanovit kombinace strojů, které pracují na stavbě souběžně a lze je vnímat jako společný akustický zdroj – cíl 3.

Pro běžné využití v praxi je však naopak nutné zjednodušení predikce hluku pro včasnou možnost optimalizace, pro tento účel je nutné jisté zobecnění pro vytvoření metodiky i dílčích pomůcek – cíl 5.

Vzhledem k tomu, že v rámci přípravy stavby nejsou ještě zcela jasné přesné stroje, bude nutné jednotlivé stroje zařadit do skupin dle technologií a také hlukových kapacit, aby bylo možné pracovat na možnosti prognóz ve strojních sestavách.

Aby bylo možné výsledky zobecnit a vyvodit závěry pro zpracování obecného přístupu, z individuálních nasazení mechanizace, budou definovány nejrizikovější strojní sestavy a přiřazeny akustické hodnoty. Pro nejhluchnější proces doloženo ověřením spolehlivosti předpovědi, případně ověřeno měřením – cíl 4.

2.1.3 Popis dílčích cílů

Cílem teoretické části je pasportizace materiálů o problematice hluku, který vzniká při stavební činnosti. Snahou je objasnit platnou legislativu ekologie a vysvětlit návaznosti na průběh investiční činnosti s definováním hluku ze stavební činnosti jako podmnožiny obecné zátěže hlukem z prostředí.

Dílčím cílem části je shromáždění údajů o stavebních strojích jako zdrojích hluku – vytvoření přehledných tabulek s hodnotami akustického výkonu nebo akustického tlaku, který stavební stroj způsobuje, s následným přepočtem akustických výkonů strojních sestav.

Dílčím úkolem je demonstrace vlivu staveništního hluku na vhodných případových studiích, ověření a doložení možností a způsobů využití SW podpor, které jsou dosažitelné, byť neslouží prioritně pro modelování staveništního hluku.

Cílem je vytvoření takových podkladů pro staveništní hluk, které by vedly k predikci možností, zobecnění závěrů a nastavení metodiky pro možnost hlukových plánů a definování rizik budoucích investic.

V případových studiích je dílčím cílem ověření hodnot modelováním a výpočty, s porovnáním s daty z vlastního měření na staveništích.

Snahou je rozšíření teoretických základů vnější akustiky a jejího modelování v používaných SW o stavební aplikace – metodické pokyny pro prognózy stavebního hluku.

Dílčí cíle by měly vést k definování vstupů nutných k ověření hlukové náročnosti výstavby ve výrobní a předvýrobní přípravě staveb pro kvalifikovaný odhad hlukové zátěže výstavby individuálního stavebního díla a možnost zohlednění protihlukových opatření při technickém návrhu zařízení staveniště.

Obecným cílem je zdokonalení stávající metodiky optimalizace stavebního provozu.

2.2 Zvolené metody zpracování

Rešerše problematiky, popis stávajícího stavu, komunikace s akustickými laboratořemi a stavebními úřady pro vymezení množin použitelnosti legislativních technických a matematických skutečností pro hluk z výstavby.

Komunikace s výrobcem a provozovatelem strojní mechanizace pro získání certifikovaných hodnot hladin akustického výkonu stavebních strojů L_{WA} (dB) pro jednotlivé stroje pracovních sestav.

Vytvoření souborů pro statistické třídění pro možnost definování středních hodnot a stanovení odchylek.

Hlukové studie, vytvořené pro účely disertační práce jsou pořízeny s podporou programového produktu Hluk+ pro možnost modelování hlukových studií, v režimu studentských licencí. Autorem všech hlukových studií je autorka disertační práce.



Obr. 2.2. 1 PC ikona pro SW Hluk plus

Měření dat pořízeno přístrojem na měření úrovně zvukové hladiny dle EN 61672-1, digitálním hlukoměrem Voltcraft SL – 451 s rozsahem měření 30-130dB přesnosti 1,4 dB (1KHz) zakoupeném z prostředků Specifického výzkumu VUT FAST v roce 2014 (FAST –S-14_2212, hlavní řešitel Ing.Radka Kantová).

SW pro stažení naměřených dat použit volně dostupný PeakTech 8005.

Z pohledu obecně teoretických metod je využito metod explorace, analýzy, korelační analýzy, syntézy, analogie, specifikace, predikce, případové studie, počítačové simulace a matematické statistiky a pravděpodobnosti, experimentálního měření dat a vyhodnocení výsledků.

2.2.1 Popis zvoleného postupu

- Rešerše stávajícího stavu problematiky hluku, legislativa
- Definování množiny hluku vznikajícího při výstavbě
- Shromáždění hodnot akustického výkonů stavebních strojů L_{WA}
- Rozdělení strojů do vhodných skupin a kategorií dle typů strojů, technologií a hlukových dominancí
- Práce se statistickým souborem, určení středních hodnot a charakteristik variability dle rozdělení
- Definování kombinací pro běžné strojní sestavy a jejich akustického výkonu
- Definování vlivů a nastavování okrajových podmínek pro výpočet akustického tlaku L_{PA}
- Zjištění podílem definovaných vlivů na jedné investici, volba etalonu staveniště
- Práce s programem HLUK plus
- Vizualizace výstupů
- Vyčíslení vlivů, zobecnění zásad
- Ověření hodnot získaných z výpočtů, modelování a měření
- Definování spolehlivosti předpovědí
- Kompletace vypracovaných pomůcek, tabulek, přehledů zdrojových dat
- Návrh metodiky přístupu s vazbou na vypracované podklady

3 Analýza současného stavu problematiky, definování rámce legislativních, fyzikálních, zdravotnických a stavebně technických dat

3.1 Úvod do problematiky ochrany zdraví před hlukem

Vznikem průmyslu nastal nástup hluku v životním prostředí člověka. Hluku jakožto nežádoucího zvuku, doprovázejícího technickou činnost člověka. Hluku nelze přivyknout, nelze se mu přizpůsobit, má rušivé účinky, obtěžuje. V současnosti patří hluk mezi škodliviny ovlivňující pracovní a životní prostředí člověka. Proti vysoké úrovni hluku se lidé brání věcně a legislativně, anebo za něj platí roztěkaností, bolestmi hlavy nebo špatným spánkem, nemocí nervového a cévního systému. Výskyt těchto nemocí snižuje výkonnost jednotlivců a v konečném důsledku i tvorbu hrubého domácího produktu. Tyto ztráty dokonce byly vyčísleny a odhadují se na 1,7,-2,0% HDP. [53]

Vzhledem ke stále se zvyšující intenzitě těchto projevů a výsledkům medicínských výzkumů začala být tato záležitost monitorována a byly definovány hranice těchto nežádoucích zvuků (hluku) pro tzv. vnitřní chráněné prostory (tedy uvnitř budov), pro venkovní chráněné prostory a také pro pracoviště. Snahou je eliminovat nepříznivé působení hluku na lidský organismus. [4]

Rozsáhle se hlukem a jejími limity zabývá stavitelství dopravní, kde se intenzivně modeluje vliv hluku z dopravy a definuje se hluková zátěž dle technických podmínek (TP). Zde se často můžete setkat s pojmem tzv. „stará hluková zátěž“, což je hluk působený dopravou na pozemních komunikacích a dráhách s datem vzniku před 1. 1. 2001. [8]

Veškerý zájem o tuto problematiku je orientován zejména na zkoumání hluku při užívání dopravní infrastruktury, méně už zkoumání hluku při její výstavbě.

Stejně tak letecké stavby jsou s problematikou hluku úzce spojeny, ale stejně jako u předchozího, je kladen důraz na splnění limitů pro provoz letišť, ať již z pohledu odstupů od bytové zástavby nebo volbou druhu provozu či používaných strojů. Je určována kapacita současných vzletů a přistání.

V pozemním stavitelství je problematika řešena široce v rámci stavební fyziky – akustiky vnitřního prostředí budov, kde hovoříme o zajištění tzv. akustické pohody interiéru. Zde jsou poznatky poměrně široké a literatura k tomuto tématu dostupná, problematice se věnuje mnoho odborníků, stejně tak jako oblasti rizik na pracovištích, kde je podrobně zkoumán hluk i vibrace.

Poměrně méně je řešena problematika při výstavbě, staveništní hluk neboli hluk ze stavební činnosti. Legislativa sice limity pro staveništní hluk samostatně určuje, ale jejich překračování při náročnějších technologiích výstavby je vcelku běžnou záležitostí, která obvykle končí výjezdem městské či státní policie na místo staveniště, udělováním pokut a v krajním případě zastavením stavby. Objevují se již i poměrně časté soudní spory o ušlé zisky v případě znevýhodnění podnikatelských subjektů v sousedství výstavby.

Povinností provozovatele zdroje hluku a vibrací je pak podle zákona technicky či organizačně zajistit, aby jím provozované zařízení dané limity splňovalo. Tato povinnost se na stavenišťích týká dodavatele stavby. Hluk ze stavenišťního provozu totiž ovlivňuje zdravotní stav všech pracovníků zdržujících se v prostoru stavby (hlavní dodavatel, subdodavatelé.....) ale také obyvatele žijící v blízkosti stavby.

Vzhledem k tomu, že hodnoty hluku v prostředí neustále stoupají a v celosvětovém měřítku dochází k názorovým posunům směrem k prvořadosti kvality života a zdraví, zpřísňují se požadavky na budování stavenišť i s ohledem na hluk z výstavby. Omezuje se časově činnost hlučných strojů v interiérech i exteriérech.

Se vznikem environmentálních manažerských systémů přichází definice tzv. čistší produkce. Již v roce 1989 a 15. zasedání UNEP (United Nations Environment Programme) byl definován pojem čistší produkce jako: „takový koncept a procedurální přístup k výrobě, v němž je vyžadováno, aby všechny fáze životního cyklu produktu a výrobních procesů byly stále prověřovány s účelem zabránit vzniku jak krátkodobého, tak i dlouhodobého poškození zdraví člověka a životního prostředí“. Oblastí zájmu čistší produkce je zejména hospodaření s odpady, toxickými látkami, dále recyklace materiálů, dodržování technologií a optimalizace organizace práce. Snižování účinků negativních vlivů, v tomto případě hluku, sem patří také.

Jistě ve výhledu dojde také k podrobným hlukovým analýzám strojů tak jako například v letectví, v současnosti je povinnost uvádět hluk v dB u každého stavebního stroje v technickém listu nebo návodu k použití při dovozu stroje. U starších mechanismů řešena běžná údržba. Tím má obvykle dodavatel za to, že by měly být splněny parametry pro podlimitní hluk. Ten však závisí také na vzdálenostech od okolních objektů a množství současně zapojených strojů. Reálně získaná hodnota hluku z výstavby bývá získána většinou měřením po inicializaci okolních obyvatel.

Popisem hluku s možností predikovat výsledný hluk ve zvoleném místě se zabývají hlukové studie. Výstupem z hlukových studií je také kromě posouzení konkrétních hodnot také vizualizace hluku. Jejich nezbytnou součástí a smyslem modelování je vyjádření hlukové zátěže vyvolané definovanými zdroji, zpravidla ve formě hlukových zón vymezených izofonami.

Způsob, jakým byly izofony stanoveny, je nutno doložit ve vstupních údajích a podmínkách výpočtu, aby byla zajištěna korektnost mezi vstupními hodnotami ve studii a v reálném prostředí. Pro hluk z výstavby bývají zadávány velmi zřídka, ale jsou čteně zpracovávány pro hluk z dopravy a pro zatížení území hlukem, tedy tehdy, kdy vizualizujeme působení hluku dlouhodobého, například u výroben, lomů atd.

Podstatnou roli hraje izofona o hodnotě rovné nejvýše přípustné hladině akustického tlaku z provozu vyvolávajícího hlukovou zátěž, kde se vymezuje území s hlukem vyšším než je limit pro druh hlukové zátěže a příslušný časový interval dle současné legislativy. V souladu s těmito požadavky jsou pro účely veškeré dopravy (letecká, dálniční, silniční), navrhována ochranná hluková pásma, neboť potencionální zátěž hlukem pro okolní zástavbu je vzhledem k dlouhodobosti užívání takových staveb opravdu výrazná. V ochranných pás-

mech se neuskutečňuje výstavba určená k pobytu osob. Je zahrnuto v mapových podkladech.

Podrobnější podklady pro sofistikovaný přístup k problematice stavebního hluku, kdy řešíme hluk při realizaci stavebního díla, nikoliv hluk při jeho užívání, nejsou příliš dostupné.

Hluk ze stavby zatěžuje obvykle po kratší dobu, zato často mnohem větší intenzitou. Každá stavba je originálem, vyskytují se různé kombinace strojů, různě odrazivé či pohltivé okolí, nejbližší obývané stavby jsou v různých vzdálenostech a různorodě orientované, míra zátěže hlukem a míra tolerance sousedů velmi proměnná. Někdy je investičním dílem například dostavba proluky, jejíž realizaci je nutno zvládnout i při takové těsné blízkosti obývaných objektů a při využití různých hlučných technologií, tak jako na obrázku č.3.1.1. [62]



Obr. 3.1.1 Dostavba proluky mezi objektem rodinného domu a základní školy

[©kantova.r@fce.vutbr.cz]

Lze říci, že hluk je jedním z kritérií, které definujeme pro určení míry negativního vlivu na životní prostředí člověka.

Další kapitoly se budou zabývat oblastí legislativního rámce ochrany proti hluku, s následným zaměřením na množinu stavebního hluku, jeho vzniku, modelování, vymezení vstupních údajů pro hlukové studie stavenišť, návrhu dílčích opatření ke snížení hluku, měření hluku.

3.2 Platná legislativa

Zákon č. 258/2000 Sb. a 309/2006 Sb.

Ochrana lidského zdraví před hlukem a vibracemi je zakotvena v zákoně č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, konkrétně v §§ 30-34 tohoto zákona [3].

Dalším je zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) [26].

Vyhláška č. 268/2009 Sb.

Vyhláška č. 268/2009 o technických požadavcích na stavby [24], která zrušila předtím platnou vyhl. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu, uvádí v části o ochraně proti hluku a vibracím:

Stavba musí zajišťovat, aby hluk a vibrace působící na osoby a zvířata byly na takové úrovni, která neohrožuje zdraví, zaručí noční klid a je vyhovující pro prostředí s pobytem osob nebo zvířat, a to i na sousedících pozemcích a stavbách.

Při zajišťování ochrany staveb proti vnějšímu hluku, zejména od dopravy, se musí přednostně uplatňovat opatření urbanistická před opatřeními chránícími jednotlivé stavby tak, aby byly splněny podmínky pro ochranu hluku v chráněném venkovním prostoru, chráněném venkovním prostoru staveb a chráněném vnitřním prostoru staveb.

Požadovaná vzduchová neprůzvučnost obvodových plášťů budov, stěn, příček a stropů mezi místnostmi je dána normovými hodnotami. Požadovaná kročejová neprůzvučnost stropních konstrukcí s podlahami je dána normovými hodnotami.

Všechna zabudovaná technická zařízení působící hluk a vibrace musí být v budovách s obytnými a bytovými místnostmi umístěna a instalována tak, aby byl omezen přenos hluku a vibrací do stavební konstrukce a jejich šíření, zejména do chráněného vnitřního prostoru stavby.

Instalační potrubí se musí vést a připevnit tak, aby nepřenášela do chráněných vnitřních prostorů stavby hluk způsobený při jejich používání ani zachycený hluk cizí.

ČSN 73 0532 Akustika

V normě ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků (Požadavky) [11], jsou uvedeny hodnoty vzduchové a kročejové neprůzvučnosti.

Problematika vzduchové neprůzvučnosti

Zvuk, který je veden vzduchem je z hlediska jeho šíření charakteristický tím, že zdroj emituje zvukové vlny do vzduchu místnosti zdroje. Zvuk se tedy šíří v uzavřené místnosti v poli přímých a odražených vln. Průchodem vzduchu přes konstrukci oddělující místnost se jeho intenzita sníží. Míra snížení je dána neprůzvučností konstrukce. Vliv má také únik zvuku bočními cestami.

Problematika kročejové neprůzvučnosti

Zdrojem zvuku, který se šíří konstrukcí je dopad tělesa, chůze, vibrace. Zvuk se nešíří vzduchem, ale je přenášen jako chvění.

Požadované hodnoty jsou uvedeny v této normě. Zde jsou uvedeny druhy chráněných prostor, prostory zdroje hluku a požadavky na neprůzvučnost konstrukcí v dB. Norma podrobně řeší termíny a definice, požadavky na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost, zvukovou izolaci mezi místnostmi, posuzování neprůzvučnosti obvodových pláštů, požadavky na zvýšenou zvukovou izolaci obvodových pláštů, stanovení požadavků na neprůzvučnost oken. V přílohách normy jsou uvedeny podklady pro akustické vlastnosti stavebních výrobků, ohybovou tuhost konstrukčních desek, dynamickou tuhost a relaxační vlastnosti zvukově izolačních podložek do podlah, popsány některé pojmy pro účely posuzování zvukové izolace v budovách.

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

V souladu s těmito zákony bylo vydáno nařízení vlády č. 272/2011 ze dne 24. srpna 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [4]. Toto nařízení zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích, způsob jejich zjišťování a hodnocení, stanovuje také minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnance. Určuje:

- hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích, způsob jejich zjišťování a hodnocení a minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnance
- hygienické limity hluku pro chráněný venkovní prostor, chráněné venkovní prostory staveb a chráněné vnitřní prostory staveb
- hygienické limity vibrací pro chráněné vnitřní prostory staveb
- způsob měření a hodnocení hluku a vibrací pro denní a noční dobu

Toto nařízení se nevztahuje na sousedský hluk, hluk a vibrace způsobené prováděním a nácvikem hasebních, záchranných a likvidačních prací, jakož i bezpečnostních a vojenských akcí, akustické výstražné signály související s bezpečnostními opatřeními, záchranou lidského života, zdraví a majetku, hluk působený povrchovou vodou přelivem přes vodní díla sloužící k nakládání s vodami.

Pracoviště

V tomto nařízení je pro účely stanovení hygienických limitů rozlišováno pracoviště, kde je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění, dále pro

pracoviště určené k tvůrčí práci a pracoviště ve stavbách pro výrobu a skladování.

Chráněný vnitřní prostor staveb

Do chráněného vnitřního prostoru staveb patří obytné a pobytové místnosti. Nepatří sem místnosti ve stavbách pro individuální rekreaci a ve stavbách pro výrobu a skladování. Jako druhy chráněných vnitřních prostor jsou zde uvedeny:

- nemocniční pokoje,
- lékařské vyšetřovny a ordinace,
- obytné místnosti, hotelové pokoje,
- přednáškové sítě, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí, mateřských škol a školských zařízení.

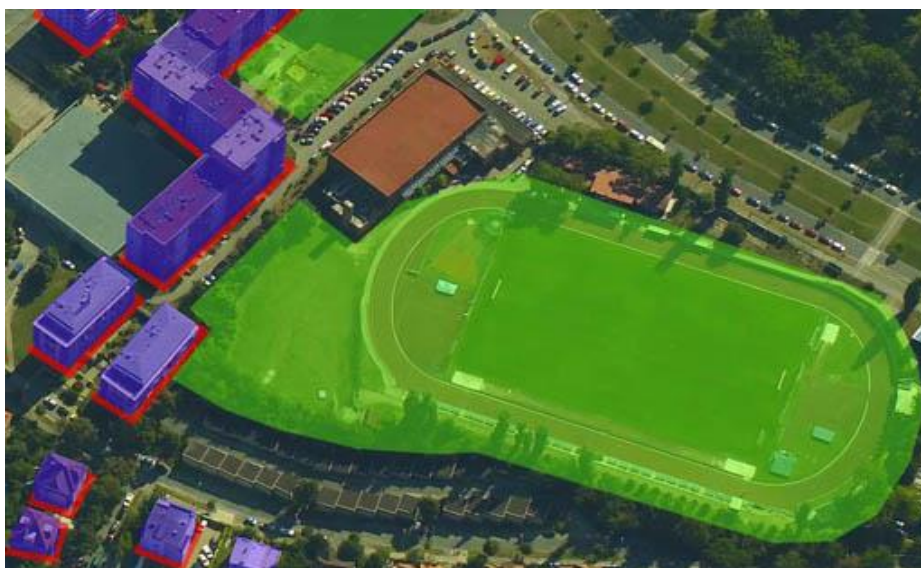
Pro tyto rozdělení jsou uvedeny hodnoty korekce limitu.

Chráněný venkovní prostor

Za chráněný venkovní prostor se považují nezastavěné pozemky, které se používají k rekreaci, sportu, léčení a výuce. Mezi tyto prostory nepatří pozemky určené pro zemědělské účely, lesy a venkovní pracoviště. V uvedené platné legislativě jsou také definovány tyto druhy chráněných venkovních prostor:

- Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní
- Chráněný ostatní venkovní prostor.

Pro tyto rozdělení jsou uvedeny hodnoty korekce limitu.



Obr. 3.2.1 Rozlišení chráněných prostor v souladu s NV č. 272/2011: chráněný vnitřní prostor staveb – fialová, chráněný venkovní prostor – zelená, chráněný venkovní prostor staveb – červená. [37]

V části třetí uvedeného nařízení je definován hluk v chráněných vnitřních prostorech staveb, venkovních prostorech staveb a chráněném venkovním prostoru a stanoveny limity. Pro každou oblast je zde v textu definován základní údaj limitního hluku v dB, stanovení časových úseků nejhlučnějších hodin pro denní a noční dobu, popsáno zohlednění korekcí a korekcí v případě impulsních hluků.

Tab. 3.2.1 Tabulka limitů hluku [4] [37]

Doba pobytu	Chráněné vnitřní prostory staveb	Limit hluku [dB]		
		1	2	3
	Sloupec 1-3 se uplatní dle zdroje hluku uvedeného v NV			
7.00-21.00 6.00-22.00 22.00-6.00	Nemocniční pokoje	– 40 25	– 35 30	55 – –
7.00-21.00 po dobu použití	Lékařské vyšetřovny, ordinace	– 35	– 30	50 –
7.00-21.00 6.00-22.00 22.00-6.00	Obytné místnosti	– 40 30	– 35 25	55 – –
7.00-21.00 6.00-22.00 22.00-6.00	Hotelové pokoje	– 50 40	– 45 35	65 – –
7.00-21.00 po dobu použití	Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí, mateřských škol a školských zařízení	– 45	– 40	60 –
<p>1) Platí pro hluk pronikající vzduchem zvenčí a pro hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu. Dále platí pro hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu. Za hluk ze zdrojů uvnitř objektu, s výjimkou hluku ze stavební činnosti, se pokládá i hluk ze zdrojů umístěných mimo tento objekt, který do tohoto objektu proniká jiným způsobem než vzduchem, zejména konstrukcemi nebo podložím.</p> <p>2) Platí pro hluk s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, a hluku s výrazně informačním charakterem.</p> <p>3) Platí pro hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu</p>				

Doba	Chráněný venkovní prostor	Limit hluku [dB]			
		1	2	3	4
	Sloupec 1-4 se uplatní dle zdroje hluku uvedeného v NV				
Denní i noční	Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	50	50	55	65
	Chráněný ostatní venkovní prostor	50	55	60	70

1) Platí pro hluk z provozu stacionárních zdrojů, hluk z veřejné produkce hudby, hluk na účelových komunikacích a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakové práce.

2) Platí pro hluk z dopravy na silnicích III. třídy a místních komunikacích III. třídy a dráhách.

3) Platí pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách v ochranném pásmu dráhy.

4) Použije se v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích s výjimkou účelových komunikací a dráhách dle bodů 2) a 3). Dále platí v chráněných venkovních prostorech staveb při umístění bytu v přístavbě nebo nástavbě stávajícího obytného objektu nebo víceúčelového objektu nebo v případě výstavby ojedinělého obytného, nebo víceúčelového objektu v rámci dostavby proluk, a výstavby ojedinělých obytných nebo víceúčelových objektů v rámci dostavby center obcí a jejich historických částí.

Doba	Chráněný venkovní prostor staveb	Limit hluku [dB]			
		1	2	3	4
	Sloupec 1-4 se uplatní dle zdroje hluku uvedeného v NV				
Denní	Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	45	50	55	65
	Chráněný venkovní prostor ostatních staveb	50	55	60	70
Noční, železniční doprava	Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	40	45	50	60
	Chráněný venkovní prostor ostatních	45	50	55	65

	staveb				
Noční, ostatní	Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	35	40	45	55
	Chráněný venkovní prostor ostatních staveb	40	45	50	60
<p>1) Platí pro hluk z provozu stacionárních zdrojů, hluk z veřejné produkce hudby, hluk na účelových komunikacích a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakové práce.</p> <p>2) Platí pro hluk z dopravy na silnicích III. třídy a místních komunikacích III. třídy a dráhách.</p> <p>3) Platí pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách v ochranném pásmu dráhy.</p> <p>4) Použije se v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích s výjimkou účelových komunikací a dráhách dle bodů 2) a 3). Dále platí v chráněných venkovních prostorech staveb při umístění bytu v přístavbě nebo nástavbě stávajícího obytného objektu nebo víceúčelového objektu nebo v případě výstavby ojedinělého obytného, nebo víceúčelového objektu v rámci dostavby proluk, a výstavby ojedinělých obytných nebo víceúčelových objektů v rámci dostavby center obcí a jejich historických částí.</p>					

Toto nařízení se pro účely měření hluku a při hodnocení hluku odkazuje na postupy podle metod a terminologie týkajících se oborů elektroakustiky, akustiky a vibrací, obsažených v příslušných českých technických normách. Při jejich dodržení se výsledek považuje za prokázaný. Uplatňují se pro posouzení a výpočty korekce a nejistoty měření.

Nařízení vlády č. 217/2016 Sb.

tímto nařízením vlády se upravuje a doplňuje nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, Novela nařízení vlády mění, doplňuje a zpřesňuje ustanovení, která se týkají

- přesnější definice některých pojmů,
- ustáleného a proměnného hluku na pracovišti, zejména je definován způsob výpočtu průměrování expozic pro týden, měsíc, kvartál, rok
- uplatňování nejistot měření pro pracoviště
- průměrné expozice v oblasti vibrací,
- způsobu měření a hodnocení hluku a vibrací.

Obvykle se uvádí platnost nařízení vlády č. 272/2011 Sb., ve znění Nařízení vlády č. 217/2016 Sb.

Nařízení vlády č. 148/2006 Sb.

V období před rokem 2011 platilo nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, které se vydáním nového NV 272/2011 zrušilo [4]. V mnoha odborných textech a odkazech bývá však často zmiňováno.

ČSN ISO 1996 (01 1621): Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí

Důležitou součástí legislativního rámce jsou také normativy, s jejichž dodržováním je v uvedené legislativě uvažováno. Jedná se zejména o ČSN ISO 1996 (01 1621): Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 2: Určování hladin hluku prostředí. ČNI, srpen 2009 ČSN ISO 1996-2, která - mj. - specifikuje postup při zjišťování hladiny akustického tlaku vytvářeného polem akustických vln, dopadajících na fasády stavebních objektů [11]. Výsledkem uplatnění uvedeného postupu pro místo příjmu (MP) je hodnoticí hladina $L_{Aeq,MP}$, která se porovnává s požadavky NV 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. [4]

Nařízení vlády č. 9/2002 Sb.

Z pohledu cílové oblasti staveništního hluku je důležité také Nařízení vlády č. 9/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku (stroje na zhutňování, kompresory, sbíjecí kladiva, dozery, dampry, rýpadla, nakladače, sekačky na trávu, pojízdné jeřáby, svařovací generátory apod.) který určuje měření hladiny akustického výkonu pro katalogový list a značku výrobku, tedy definuje údaje, se kterými pro modelování hluku nutno pracovat. [27]

ČSN ISO 6395

Pro vlastní měření vnějšího hluku strojů je dostupná ČSN ISO 6395 Měření vnějšího hluku vyzařovaného stroji pro zemní práce (dozery, nakladače, rýpadla, grejdry, stavební vrátky, manipulační vozíky, pojízdné jeřáby, věžové jeřáby atd.) [16]

Metodický návod hlavního hygienika České republiky

Ministerstvo zdravotnictví – hlavní hygienik České republiky vydal podle § 80 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, důležitý Metodický návod ke sjednocení postupu orgánů ochrany veřejného zdraví a zdravotních ústavů při výkonu státního zdravotního dozoru při hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb, je platný od listopadu 2010, označován č.j. 62545/2010-OVZ-32.3-1.11.2010. [17]

Vzhledem k tomu, že dle ČSN ISO 1996-2 Akustika jsou uvedeny různé postupy měření hluku, z nichž některé nejsou pro účely ochrany veřejného zdraví před hlukem v komunálním prostředí z praktických a technických důvodů vhodné, tento metodický návod proto stanovuje jednoznačný způsob hodnocení výsledků měření hluku v chráněném venkovním prostoru staveb zjišťovaných v souladu s citovanou technickou normou. [11]

Legislativa EU

Nutno také zmínit širší legislativní rámec, a to existenci **Směrnice Rady 89/391/EHS** ze dne 12. června 1989 o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci [28], **Směrnici 2003/10/ES** Evropského Parlamentu a Rady ze dne 6. února 2003 o minimálních požadavcích na ochranu zdraví a bezpečnost s ohledem na vystavení pracovníků rizikům fyzikálního charakteru (hluk) [29], a **Směrnici Rady 89/656/ES** ze dne 30. listopadu 1989 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání osobních ochranných pracovních prostředků zaměstnanci při práci [30].

Na základě **směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES** o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí (Směrnice Environmental Noise Directive, END) je Česká republika jako členský stát EU povinna pořizovat Strategické hlukové mapy (SHM) a navazující akční plány (AP). SHM se pořizují v pravidelných pětiletých cyklech nebo i dříve, dojde-li k podstatnému vývoji hlukové situace v posuzovaném území. Jedná se o řízení režimu hluku v území s již existujícími stavbami pro možnost umístování staveb nových s ohledem na jejich přispění hlukem nebo naopak jejich ohrožení hlukovou zátěží.

Směrnice evropského Parlamentu a Rady 2000/14/ES ze dne 8.května r.2000 o sbližování právních předpisů členských států týkajících se emisí hluku zařízení, vydala stanovisko ke směrnici pro uplatňování směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/14 / ES o sbližování právních předpisů členských států týkajících se emisí hluku v prostředí u zařízení používaných ve venkovním prostoru zpráva vypracovaná pro Evropskou komisi Lucembursko: Úřad pro úřední tisky Evropských společenství [10]

Směrnice 2000/14/ES je založena na článku 95 Smlouvy o sbližování prvních předpisů členských států za cílem zabránění překážek volného pohybu zařízení. Tato směrnice obsahuje ustanovení (nejvyšší přípustné hodnoty hluku, informovanost veřejnosti o hluku vyzařovaném zařízeními, postupy posuzování shody atd.) týkající se emisí hluku zařízení, které jsou určena k použití ve venkovním prostoru. Obecně navazuje na principy a pojetí modulů pro různé fáze postupů posuzování shody a pravidel pro připojování a používání označení shody CE, které jsou určeny k použití ve směrnici technické harmonizace.

Hodnocení staveb, certifikace

Obvykle bývají hodnoceny stavby z hlediska vlivu na životní prostředí z pohledu užívání a provozu, týká se samostatné oblasti směřující k problematice energetických štítků budov, nicméně propojení ekologického

aspektu průběhu výstavby a ekologického aspektu užívání budovy se někdy může prolínat.

Například do naší země přichází model převzatý ze spojených států amerických systém certifikace LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Evropskou verzí je certifikace BREEAM, (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Zabývají se klíčovými oblastmi, ve kterých budovy ovlivňují životní prostředí a zdraví. Jsou to bezprostřední dopady na lokalitu (zde jsou právě zahrnuty ekologické aspekty), hospodaření s pitnou vodou, energie a atmosféra, materiály a kvalita vnitřního prostředí. Hodnocení zahrnuje povinné požadavky, bez kterých není možno certifikaci získat, a dále kredity, dle kterých je budově přidělena certifikace. Počet dosažených kreditů je pak řadí dle významu v environmentálním dopadu. Vlastní certifikace je podmíněna kontrolou projektové dokumentace a kontrolou také realizace projektu.

V přípravě a realizaci staveb je závazný zákon o posuzování vlivů na životní prostředí vztahující se k vymezeným stavbám (zákon č. 100/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů). Dle zákona může být vyžadována dokumentace EIA (Environmental Impact Analysis), komplexní posouzení vlivů provedení záměru (investičního projektu) na životní prostředí. Obsahuje analýzu vlivů na životní prostředí ve všech fázích životního cyklu daného projektu. Pokud se omezíme na oblast stavební výroby, dokumentace vlivů na životní prostředí poskytuje důležité informace a omezení pro fázi realizace výstavbového projektu.

Z prognózy vyvolaných změn kvality prostředí vyplývá optimální varianta řešení návrhu, která představuje nejlepší kombinaci ekonomických, sociálních a ekologických dopadů provedení záměru. Přednostně se sledují potenciální vlivy způsobující znečištění nebo poškození životního prostředí, překročení únosného zatížení území a ekologickou újmu. EIA pro hodnocení jednotlivých projektů však byla kritizována pro přehlížení kumulace celé řady různých vlivů i globálních a dlouhodobých účinků. Pro hodnocení koncepcí a programů proto vzniká strategická procedura posuzování vlivů na prostředí označovaná zkratkou SEA (Strategic Environmental Impact Assessment).

3.3 Základy akustiky

3.3.1 Definice pojmů a veličin

Zvuk je každé mechanické vlnění, které lze vnímat sluchem. Šíří se od zdroje ve vlnoplochách libovolným prostředím, fázovou rychlostí závislou na fyzikálních vlastnostech prostředí, vzniká kmitáním částic pružného prostředí, které na sebe vzájemně působí elastickými silami.

Významnou vlastností zvuku je to, že se šíří v pevných látkách, ale i v plynném i kapalném prostředí. Zvuk se nemůže šířit ve vzduchoprázdnu. Zvuk se dobře šíří v pružném stejnorodém prostředí se silným vzájemným působením částic, jako je ocel, voda, vzduch, sklo. Špatně se šíří v nepružném prostředí, kde se

vyskytují časté přechody mezi různými druhy látek, jako je polystyren, vlna atd.

Hladina akustického tlaku se vyjadřuje v decibelech (dB) a souvisí se zvukovou energií. Protože decibelová stupnice je stupnicí logaritmickou, platí, že když se zvuková energie nebo doba expozice zdvojnásobí, zvýší se hladina akustického tlaku o 3 dB a naopak. Respektive každé 3 dB představují dvojnásobek/polovinu předchozí či následující hodnoty.

Riziko poškození sluchu hlukem závisí na hladině akustického tlaku a trvání expozice - jednoduše řečeno na síle hluku a době, po kterou se v hluku pohybujete. Hodnoty hluku se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku A, jednotkou je dB.

Zvuk můžeme dělit na tóny a šумы. Periodické zvuky vnímá sluch jako tóny, neperiodické jako šумы.

Tóny mohou být čisté nebo složené. Čistý tón je charakteristický vlněním s jedinou frekvencí. Složený tón obsahuje více složených diskrétních frekvencí. Nejnižší z těchto frekvencí je označována jako základní frekvence, ostatní dané násobkem základní frekvence nazýváme vyšší harmonické. Rozsah slyšení u otologicky normální osoby je v pásmu frekvencí od 16 Hz do 16 kHz.

Šum má spojité spektrum frekvencí, od tónů ho nelze zcela jednoznačně oddělit.

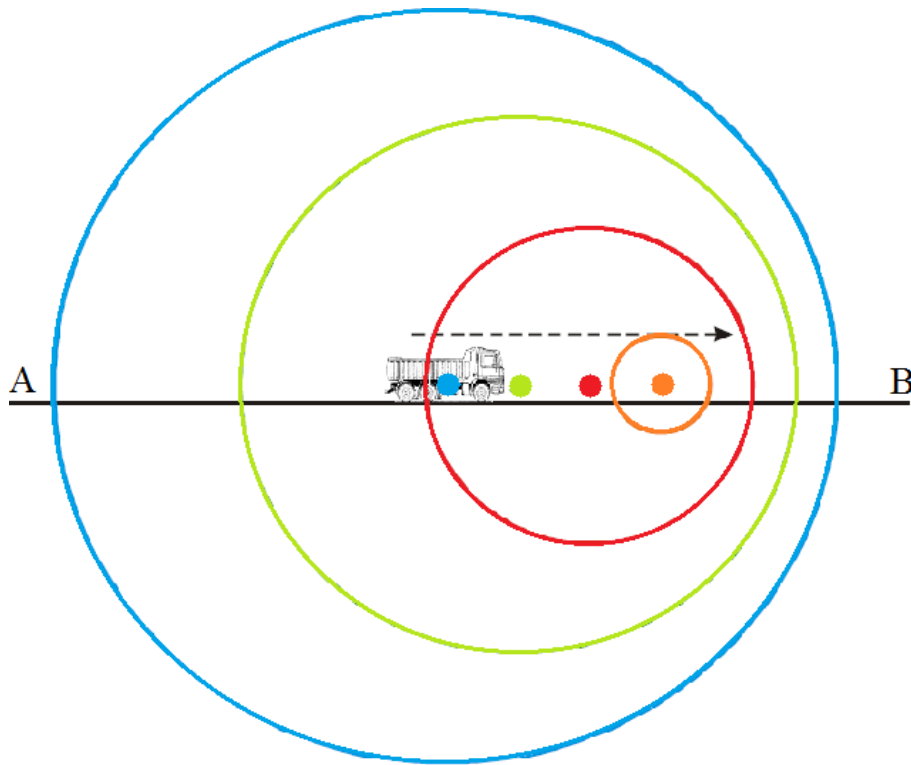
Při šíření vlnění prostorem bez překážky se vyskytují ve volném akustickém poli vlnoplochy. Tím rozumíme geometrické místo bodů, které kmitají v daném okamžiku se stejnou fází. V obecných případech tedy mohou mít vlnoplochy libovolný tvar. Prakticky však rozlišujeme dva typy vlnoploch.

Vlnoplochy kulové vznikají při šíření z bodového zdroje, vlnoplochy rovinné vznikají při šíření vlnění z plošných zdrojů. S vlnoplochami se pracuje při modelování hluku v mapových podkladech.

Zvláštním případem je situace, kdy se zdroj hluku pohybuje z bodu A do bodu B. Pohyb zdroje hluku ovlivní vnímání v bodě A a v bodě B dle obrázku 2.3. Často tento jev nazýváme Dopplerův efekt.

V bodě A, od kterého se auto vzdaluje, se kvůli pohybu zdroje zvětšuje vzdálenost vlnoploch, které se k němu šíří. Prodlužuje se doba, která uplyne mezi okamžiky, kdy jsou v místě A slyšitelné, perioda vlnění se zvětšuje a snižuje se frekvence vlnění. V bodě A je slyšet nižší zvuk.

V bodě B, ke kterému se auto přibližuje, se kvůli pohybu zdroje zmenšuje vzdálenost vlnoploch, které se k němu šíří. Zkracuje se doba, která uplyne mezi okamžiky, kdy jsou v místě B slyšitelné, zkracuje se perioda vlnění a zvyšuje se frekvence vlnění. V bodě B je slyšet vyšší zvuk. [62]



Obr. 3.3.1.1. Šíření vlnoploch u pohybujícího se zdroje hluku z bodu A do bodu B

[©kantova.r@fce.vutbr.cz]

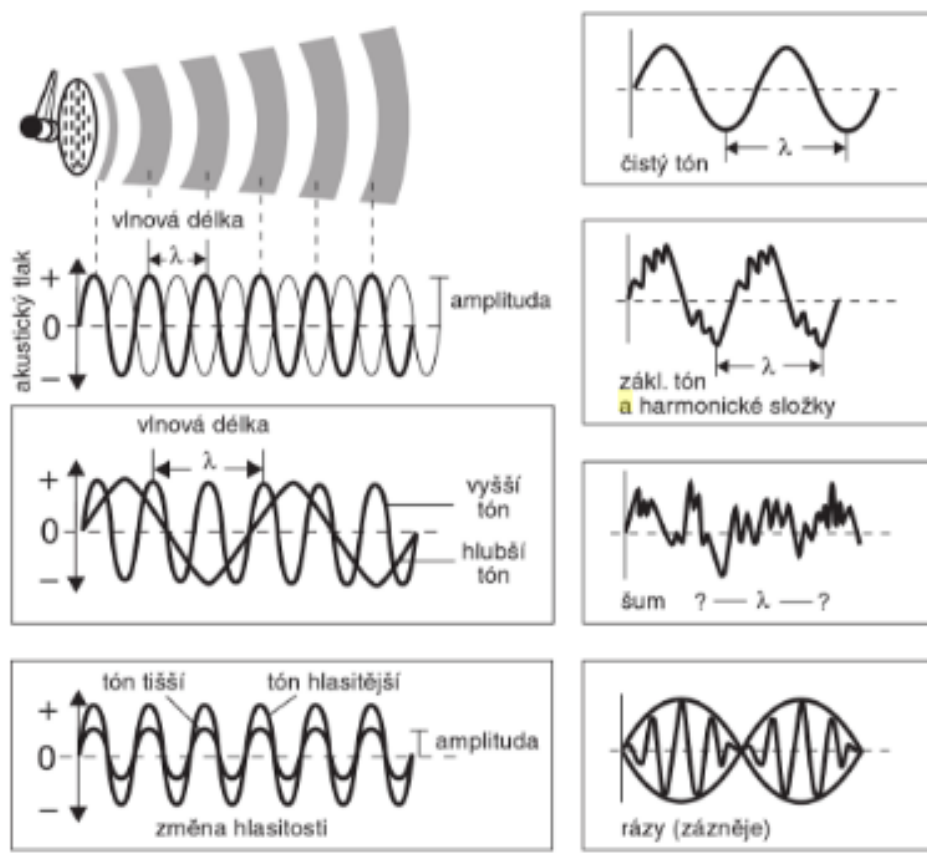
Disharmonické zvuky s náhodnou kmitočtovou strukturou a hlasitostí, které se v čase libovolně mění, nemají směry šíření hluku a jeho vlnoplochy geometricky definované a jsou náhodně rozložené.

Projevuje-li se zvuk rušivě, jako nežádoucí a nepříjemný, označujeme jej jako hluk. Ze stavebního hlediska lze rozlišit šíření hluku vzduchem (řeč, hluk motoru) a hluk šířený konstrukcí (vliv chůze, vibrace přístroje). Z pohledu legislativy hlukem se rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis. Subjektivně se stává zvuk hlukem, když nastane pocit subjektu, že zvuk už nemá být.

Hladiny akustických veličin, které je lidské ucho schopno registrovat, je nutno pro srovnatelné výsledky přesněji definovat. Použijeme akustický tlak, jakožto základní akustickou veličinu. Pro průměrného zdravého člověka je spodní (prahová) hodnota slyšení při frekvenci $1000\text{Hz} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$. Tato hodnota byla použita jako hodnota referenční, od ní jsou odvozeny další referenční hodnoty. Nejvyšší hodnota akustického tlaku, při kterém člověk již pociťuje bolest je okolo 100Pa (prahová hodnota bolesti). Z hlediska akustiky může člověk sledovat vnímání výšky, hlasitosti a kvality

- nejnižší slyšitelná frekvence je asi (16)-20 Hz
- nejvyšší slyšitelná frekvence je asi 20 000 Hz
- < 20 Hz = infrazvuk – ten lze vnímat taktálně, vibrací na pokožce
- > 20 000 Hz = ultrazvuk - kůstky nedokážou rychleji vibrovat

Objektivní popis síly zvuku u člověka je tlak působící na bubínek, jiný u různých frekvencí, nejvyšší citlivost v rozsahu 700 Hz – 6 kHz.



Obr. 3.3.1.2. Vlnová délka, amplituda a tvary kmitů [36]

Subjektivní popis síly zvuku je dán tím, že sluch je různě citlivý u různých lidí a v různých frekvencích. U zvířat pak zcela jinak, například netopýři slyší asi až 100 kHz. Hladiny hlasitosti se vyjadřují ve „fonech“, jako reference byla stanovena hodnota 1 000 Hz (1 000 Hz tón o 35 dB = 35 fonů), týká se čistých tónů.

Izofona je křivka stejné hlasitosti. V závislosti na Hz musí mít zvuk různou sílu v dB, aby byl slyšet jako stejně silný. Nejlépe se vnímají frekvence asi 1 000 – 4 000 Hz (pro pocit stejné hlasitosti stačí menší intenzita než u jiných frekvencí), kolem 13 000 Hz nastává další propad hlasitosti, neboť nastává druhá rezonance zevního zvukovodu.

Práh bolesti u člověka nastává asi při 120-130 dB, asi o 10-15 dB je práh nepříjemnosti. Z hlediska vnímání lze také rozeznat:

- temný zvuk – nejvíc energie je v nízkých frekvencích
- ostrý zvuk – nejvíc energie je v nejvyšších frekvencích
- středně ostrý zvuk – nejvíc energie je ve středních frekvencích

Rychlost zvuku ve vzduchu není konstantní. Závisí na teplotě, vlhkosti a tlaku, čím vyšší hodnoty, tím lepší šíření. Během cesty zvuku od zdroje se zvuk odráží od různých překážek. Čím delší je jeho cesta, tím větší počet odrazů, ozvěn a

rozmělnění původního zvuku. Rychlost zvuku se velmi liší v různých látkách, ve vodě je to 1500 m/s, ve vzduchu 340 m/s, v oceli 5000 m/s.

Odraz zvuku, neboli lidově řečeno ozvěna, je odrazem zvuku od vzdálené překážky, čím je překážka vzdálenější, tím je ozvěna delší.

Dozvuk je odrazem zvuku od bližší překážky, kdy ještě nerozlišíme původní a odražený zvuk, jen se prodlouží doba trvání zvuku, znalost této problematiky je důležitá u úprav interiérů z důvodu srozumitelnosti projevu či hudby.

Na hodnocení hlučnosti v prostředí s proměnlivými zdroji hluku a pro zohlednění určené doby se používá ekvivalentní trvalá hladina hluku L_{Aeq} v dB (A) a statistické hladiny hluku (zejména pro hluk z dopravy). [62]

3.3.2 Základní veličiny pro modelování hluku z výstavby

Akustický tlak: p [Pa]

Akustický výkon: P [W]

Intenzita zvuku: I [W/m^2]

Hladina hluku: $A - L_A$ [Db (A)]

Maximální hladina hluku: $A - L_{Amax}$ [Db (A)]

Ekvivalentní hladina hluku: L_{Aeq} [Db (A)]

Ekvivalentní hladina hluku místa příjmu měření: L_{AeqMP} [Db (A)]

Akustická energie α

Hladina akustického tlaku: L_{pA} [Db]

Hladina akustického výkonu: L_{WA} [Db]

dB decibel je jednotkou akustického tlaku. Stupnice decibelů je logaritmická, jednotlivé číselné hodnoty není možno sčítat, odečítat, průměrovat. Působí-li současně dva zdroje, z nichž každý sám produkuje hladinu 50 dB, je společný efekt ne 100, ale 53 dB. Hladina 60 dB představuje desetinásobek a 70 dB stonásobek akustického tlaku oproti 50 dB.

Db A je hladina akustického tlaku měřená s pomocí váhového (korekčního) filtru. Je to elektroakustické zařízení, které přizpůsobuje citlivost měřicího přístroje citlivosti lidského ucha a to zejména potlačením významu (váhy) nízkých kmitočtů ve spektru měřeného zvuku. Označuje se jako hladina zvuku (hluku).

L_{Aeq} - ekvivalentní hladina hluku vyjadřuje jedním číslem hladinu nepravidelně se měnícího hluku, například hluku ze silniční dopravy nebo hluku z výstavby. (Aritmetický průměr je s ohledem na logaritmickou stupnici nepoužitelný, nutno počítat průměrnou energii).

Ekvivalentní hladina hluku zohledňuje celkovou expozici, tj. nejen hladinu hluku, ale i časové působení. Vyjádření nestacionárního hluku pouze jednou hodnotou L_{Aeq} nedává podrobný přehled o hlukové expozici v průběhu měření. Hodnota L_{Aeq} představuje vlastně pouze střední hodnotu logaritmické sumy všech hladin hluku rozdělených v měřených intervalech.

L_{Aeq} vyjadřuje energetický obsah proměnného hluku, který působil v daném čase hodnotou hladiny ustáleného hluku, která by při trvání po tutéž dobu jako měřený hluk obsahovala stejné množství akustické energie. Ekvivalentní hladina hluku se vztahuje vždy k určitému časovému intervalu. Hodnoty hluku, s výjimkou vysokoenergetického impulsního hluku, se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A_{L_{Aeq}, T}$.

Obvykle se pro pracovní prostředí uvádí L_{Aeq} osmihodinová, v mimopracovním prostředí pro denní dobu (L_D), pro noční dobu (L_N) nebo po celý den (L_{DN} , L_{24h}).

Zhodnocení však musí respektovat i okamžité hodnoty a početnost výskytu hladin hluku v měřeném úseku. Za tímto účelem se zjišťuje statistická hladina hluku L_{10} - průměrná špičková hladina hluku, L_{50} - střední hladina a L_{90} - hladina základního hluku (dále též L_1 , L_{99}). Například $L_{10} = 85$ dB (A) značí, že 10% hodnot z celkové doby měření převyšuje hodnotu 85 dB (A).

Hodnota L_{Aeq} *hodnoticí* je orgány ochrany veřejného zdraví používaná pro hodnocení akceptovatelnosti/neakceptovatelnosti akustické situace v chráněném venkovním prostoru staveb.

Akustická energie α

Činitel pohlcení neboli koeficient absorpce zvuku při odrazu závisí především na materiálu povrchu, ale mění se také s výškou zvukového vlnění - pro nižší tóny je koeficient absorpce tónu menší a pro vyšší tóny je naopak o něco vyšší.

Pouliční hovor má hladinu intenzity zvuku okolo 50 dB, hluk motorových vozidel 70 dB, hlasité obráběcí stroje 110 dB, startující letadlo 120 dB, zdroj hluku působící již silnou bolest 130 dB, zda bude odpovídající dopad v dané vzdálenosti pro ucho člověka je však dáno pohltivostí či odrazivostí prostředí, ve kterém se tento hluk nese.

Proto v hlukových studiích kromě zdroje hluku je nutno uvažovat s hlukovými útlumy, s absorpcí hluku v materiálu. Akustická energie značená jako α je materiály kolem zdroje hluku obvykle částečně pohlcena, zbývající odražena zpět. Je-li veškerá energie odražena, pak α je nula, je-li veškerá pohlcena, pak α je jedna. Pro účely hodnocení odrazu zvuku od fasád objektů a pro hlukové studie se častěji používá akustické odrazivosti v dB. Pak pro α hodnoty 0 odpovídá odrazivost 3dB a pro α hodnoty 1 odpovídá odrazivost 0 dB.

L_{pA} [Db] Hladina akustického tlaku

Hodnota zvuku měřená v určité vzdálenosti od zdroje zvuku.

L_{wA} [Db] Hladina akustického výkonu

Zdrojová hodnota hlučnosti stroje uváděná na štítcích mechanizace dle směrnice 2000/14/ES.

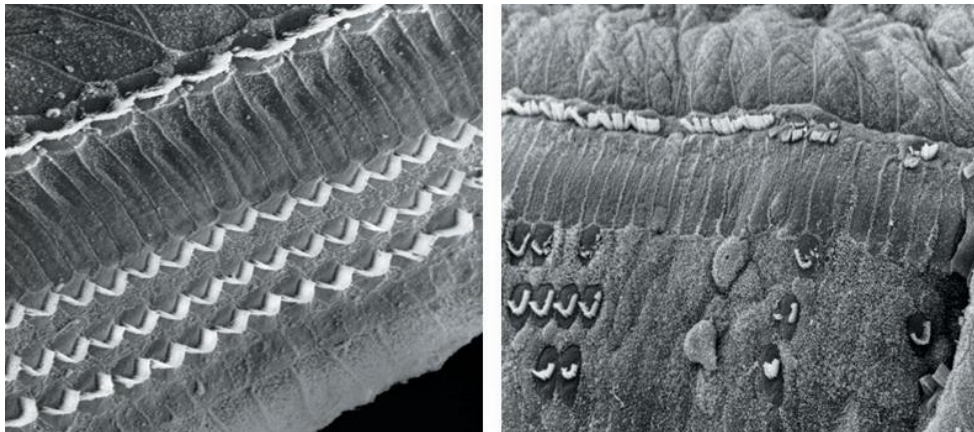
3.4 Poškození zdraví

Vnímáme-li hluk, dle jeho míry a dlouhodobosti působení postupně obtěžuje, ruší, poškozujeme. V České republice tato problematika podléhá ministerstvu zdravotnictví, v jiných státech to častěji než ministerstvo zdravotnictví bývá ministerstvo životního prostředí. Pověřené instituce zkoumají a monitorují stav a vydávají doporučení, standardy a pokyny.

Národní ústav pro bezpečnost práce a zdraví USA NIOSH doporučuje, aby vystavení vrcholu impulzivního hluku nepřekročilo 140 dB. To znamená, že vystavení jedné události na 140 dB by představovalo 100% denní přípustné hlukové zátěže člověka. OSHA definuje přípustný expoziční limit pro impulzivní hluk také 140 dB. Nicméně, vrchol hladiny jediným faktorem pro poškození sluchu není. Další faktory, jako je doba trvání a počtu impulzů, má také vliv na výslednou ztrátu sluchu. Hladiny hluku od 80 do 120 dB nemusíte být vnímána přímo bolestivě - riziko spočívá právě v tom, že si člověk neuvědomuje, že je jeho sluch v ohrožení [39]

Sluch je velmi citlivý a lehce zranitelný smysl. Nadměrný hluk může dočasně přerušit nervové spoje mezi vláskovými buňkami ve vnitřním uchu a sluchovým nervem a tím způsobit poruchu sluchu. Tento jev se nazývá "dočasný posun prahu slyšení" a jakmile expozice hluku skončí, pomalu se vytratí. Regenerace sluchu pak může trvat několik hodin až několik dní. Bylo přitom zjištěno, že posun prahu slyšení začíná už na hladinách hluku překračujících 80 dB.

Jakmile tedy člověk pocítuje po nějaké hlučné události nebo činnosti zvýšení prahu slyšení, nutno to brát jako první signál únavy sluchového ústrojí hlukem.



Obr. 3.4.1. Mikrofotografie - vlevo zdravé vláskové buňky, vpravo vláskové buňky poškozené hlukem, <http://emusician.com>. [59]

V důsledku působení dlouhotrvajícího, opakovaného nebo velmi intenzivního hluku může dojít ke zničení vláskových buněk a trvalému posunu sluchového prahu, jako na obr. 2.5 Poškozené vláskové buňky nemají schopnost regenerace a nikdy znova nedorostou. Proto jejich odumření znamená trvalé poškození

sluchu, neboť je narušen přenos zvuku z vnitřního ucha na sluchový nerv a dále do mozku. Taková sluchová vada (mající příčinu ve vnitřním uchu) se označuje jako percepční porucha a postihuje hlavně slyšení v oblasti vysokých frekvencí. Projevuje se špatnou srozumitelností některých hlásek a tím i zhoršeným porozuměním řeči.

Úplná hluchota, k níž dochází při zmizení jak vnitřních, tak vnějších vláskových buněk, rovněž způsobuje degenerace nervových vláken.

15 minut strávených v hluku o hladině 100 dB představuje pro sluch stejnou zátěž, jako 8 hodin v prostředí o hladině hluku 85 dB – viz. tabulka 3.4.1, což je hladina hluku, od které jsou zaměstnanci podle zákona POVINNI používat při práci chrániče sluchu. [59]

Tab. 3.4.1. Přípustná denní dávka hluku

Ekvivalentní hladina akustického tlaku A	Limit pro expozici nechráněného sluchu		
	Hodiny	Minuty	Vteřiny
85 dB	8		
88 dB	4		
91 dB	2		
94 dB	1		
97 dB	-	30	
100 dB	-	15	
103 dB	-	7	30
106 dB	-	3	45
109 dB	-	1	53
↓	↓	↓	↓
130-140 dB	-	-	<1

Tabulka je převzata z webu Národního ústavu pro bezpečnost práce a zdraví USA (NIOSH). [39]

Hluk může způsobit řadu zdravotních problémů:

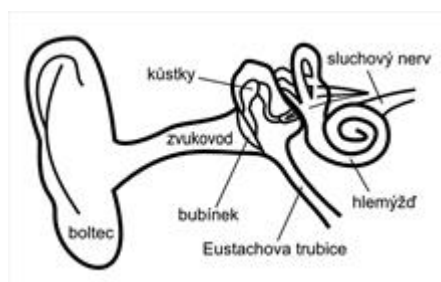
- zhoršení sluchu až hluchotu
- tinnitus
- stres
- zvýšený krevní tlak
- bolesti hlavy
- tělesné vyčerpání
- potíže se soustředěním

- žaludeční a trávicí obtíže
- problémy s krevním oběhem
- poruchy spánku
- zrychlení tepu
- stažení periferních cév
- zvýšení hladiny adrenalinu
- ztrátám hořčíku

Dle profesora Josefa Syka, vedoucího oddělení neurofyzologie sluchu v Ústavu experimentální medicíny Akademie věd ČR, jakmile intenzita zvuku stoupne nad 80 decibelů, což je například hluk rušné křižovatky, stáhnou se ve středním uchu malé svaly a ovlivní napětí bubínku. Sníží tak intenzitu zvuku, který přichází do vnitřního ucha o 10 až 20 decibelů. Nebezpečnější je proto hluk přerušovaný, protože svalíky nestačí tak rychle reagovat na změnu. Takže když někdo vystřelí člověku těsně vedle ucha z pistole, přijde obvykle o sluch trvale. [59]

Obecná nutnost použití chrániče sluchu je vždy, když okolní hluk překračuje 80 dB.

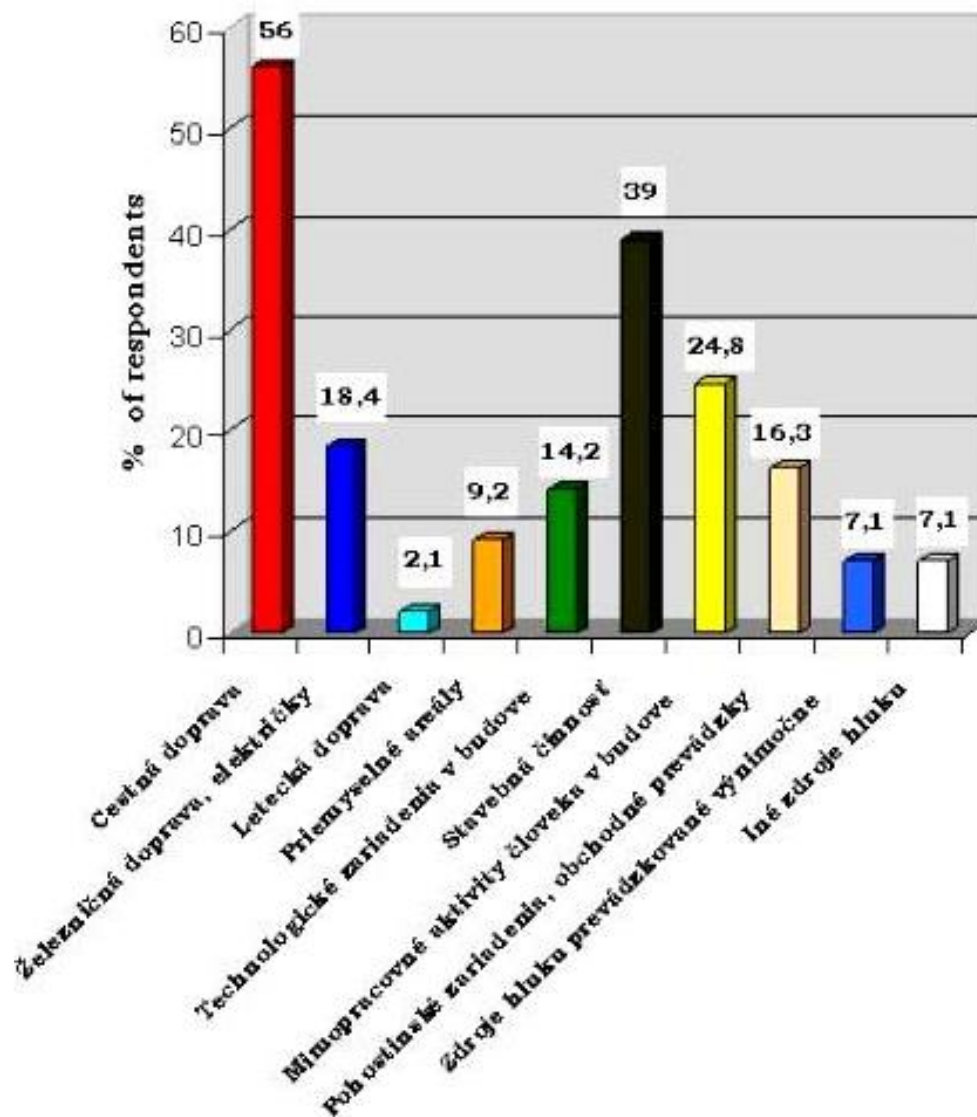
Sluchové ústrojí je velmi složitým a jemným orgánem. Stručně ho lze popsat tak, že boltec a vnější zvukovod směřují zvuky na bubínek, ve středním uchu se odehrává převod zvuků a zejména jejich zesílení na hlemýžď (vnitřního ucha), v jehož prostorách (v tzv. Cortiho orgánu) se teprve odehrává proces přeměny zvuku (akustického tlaku) na bioelektrický signál. Tento je pak převáděn sluchovým nervem přes různá připojení (zprostředkovávající různé složité reflexy, na nichž se účastní sluch) až do sluchové kůry předního mozku. Základní sluchovou korovou oblast naleznete v tzv. Heschelových závitech spánkového laloku, kde se signál dále zpracovává na informaci, kterou vědomě identifikujeme (a reagujeme na ni).



Obr. 3.4.2 Zjednodušený nákres sluchového ústrojí člověka [36]

Po celou dobu je sluchový signál tonotopicky přenášen. To znamená, že buňky zpracovávající sousedící frekvence spolu sousedí i mikroskopicky. Čím více je přitom případná porucha lokalizována směrem k mozku, tím více je problém spíše než porucha sluchu patrný jako porucha zpracování sluchového signálu a řeči. Jak moc je nebezpečné vystavovat sluch nadměru hlasitému zvuku? Mohou časté návštěvy koncertů či dlouhodobý pobyt v hlučném prostředí působit problémy? Na otázku „jak moc“ lze těžko odpovědět přesně číslem. Poškození sluchu hlukem skýtá mnoho faktorů.

Citlivost sluchu na poškození hlukem je též individuálně a možná i geneticky podmíněná, říká MUDr. Jakub Dršata, Ph.D. Ve filharmonických orchestrech přesahuje hudba limitní hladiny, odborníky byla popsána asymetrická nedoslýchavost houslistů v souvislosti s výkonem povolání. [65]



Obr. 3.4.3 Výsledky dotazníkové akcie Regionálneho úradu verejného zdravotníctví, kde boli respondenti dotázaní: ktoré zdroje hluku považujú za najviac obtěžujúci [42]

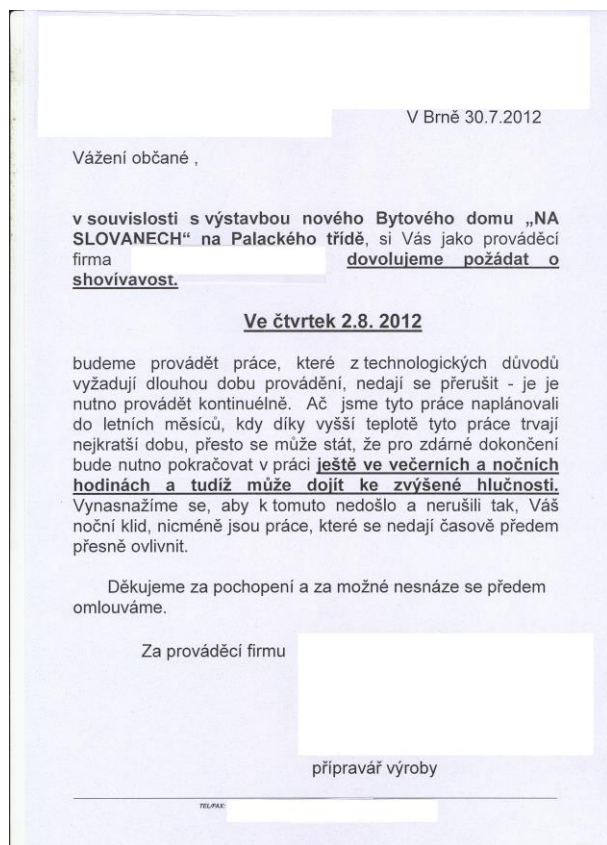
Číselné vyjádření hluku ve zvolené akustické veličině je sice objektivní hodnota, ale subjektivní pocity vnímání v hlučném prostředí jí nemusejí odpovídat zcela přesně. Často bývají realizovány průzkumy a měření ve zvukových komorách, aby byly lépe zmapovány akustické situace obtěžujících zdrojů.

Dle výzkumu Regionálního úradu veřejného zdravotníctví v Banské Bystrici je uváděn staveništní hluk jako druhá nejvíce obtěžující množina nežádoucích zvuků.

3.5 Stávající režimy kontroly stavebního hluku

Zhotovitel stavby

Povinnosti pro stavebníka, resp. dodavatele stavby, stanoví zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví který v § 30 odst. 1 stanoví, že osoba, která používá, případně provozuje stroje a zařízení, které jsou zdrojem hluku nebo vibrací, jejichž provozem vzniká hluk (dále jen "zdroje hluku nebo vibrací"), je povinna technickými, organizačními a dalšími opatřeními v rozsahu stanoveném tímto zákonem a prováděcím právním předpisem zajistit, aby hluk nepřekračoval hygienické limity upravené prováděcím právním předpisem pro chráněný venkovní prostor, stejně tak jako na chráněné vnitřní prostory staveb a chráněné venkovní prostory staveb, a aby se zabránilo nadlimitnímu přenosu vibrací na fyzické osoby.



Obr. 3.5.1. Obvykle jsou situace nadměrné hlukové zátěže řešeny pouze informací obyvatelům o možnosti vzniku hlukové nepohody s žádostí o pochopení [62]

Stavební úřad

Stavební úřad by měl v rámci stavebního řízení prověřit projektovou dokumentaci stavby s ohledem na přetížení hlukové kapacity území z hlediska provozu investičního objektu a také s ohledem na to, zda, a v jakém směru by mohla mít stavební činnost negativní dopad na pohodu bydlení obyvatel v přilehlé obytné zástavbě. Podmínky realizace stavby jsou pak dané stavebním povolením včetně dodržování vyhlášky o obecně technických požadavcích na výstavbu.

Při zpracování podrobnějšího projektu zásad organizace výstavby musí stanovit podmínky pro provoz staveniště, které se musí zařídit, uspořádat a vybavit příslušnými cestami pro dopravu materiálu tak, aby se stavba mohla řádně a bezpečně budovat. Nesmí docházet k ohrožování a nadměrnému obtěžování okolí, zvláště hlukem. Právě stížnosti na zvýšenou hlučnost a prašnost při dopravě stavebního materiálu na stavbu, obtěžování hlukem ze stavebních strojů (pojezd stavební techniky, sbíjecí a bourací kladiva, pojezd vysokozdvizných vozíků) bývají nejčastějším tématem kritických podání obyvatel přilehlé zástavby.

Státní stavební dohled

V případě, že se lidé domnívají, že stavebník nerespektuje plně podmínky vyplývající ze stavebního povolení, stavebního zákona a jeho prováděcích předpisů, měli by se obrátit na příslušný stavební úřad, aby prostřednictvím orgánu státního stavebního dohledu dodržování stavebního povolení a stavebně správních předpisů zkontroloval.

Dle stavebního zákona státní stavební dohled zajišťuje ochranu veřejných zájmů, jakož i práv a právem chráněných zájmů právnických a fyzických osob vyplývajících z tohoto zákona, z předpisů vydaných k jeho provedení, ze zvláštních předpisů, z územně plánovací dokumentace, z územních rozhodnutí, z provádění stavby nebo její změny, z vlastností stavby při jejím užívání, z odstranění stavby a z provádění terénních úprav, prací a zařízení.

Krajská hygienická stanice a zdravotní ústav

V případě pochybností o dodržování limitů hlučnosti by měl dát orgán státního stavebního dohledu, respektive na základě jeho zjištění stavební úřad, podnět k tomu, aby příslušná krajská hygienická stanice [43] prostřednictvím zdravotního ústavu měření provedla.

Lze doporučit, aby se občané, kteří se cítí být obtěžováni hlukem ze stavby, obrátili na příslušný stavební úřad s žádostí o prověření, zda stavebník dodržuje stavební povolení a projektovou dokumentaci, kdy lze požádat také o součinnost příslušnou krajskou hygienickou stanicí.[43]

Při obtěžování nadměrným hlukem během výstavby mohou občané podat sami oficiální podnět na místní Orgán ochrany veřejného zdraví tj. Krajskou hygienickou stanicí. Hygienická stanice dále postupuje podle správního řádu a v případě potřeby zadá kontrolní měření hluku příslušné laboratoři, která má osvědčení o autorizaci. Kontaktní adresy Krajských hygienických stanic (KHS) jsou uvedeny v přehledu na internetové adrese MZ ČR.

Při zjištění překročení hygienických limitů daných prováděcím předpisem Zákona č. 258/2000 Sb. ve znění pozdějších zákonů, je provozovatel daného zdroje hluku povinen zajistit v termínu uvedeném v rozhodnutí příslušného úřadu nápravu stavu k hodnotám hlučnosti, které nepoškozují zdraví.

Krajská hygienická stanice se vyjadřuje již před zahájením výstavby k dokumentaci pro potřeby vydání územního souhlasu či územního rozhodnutí, zde se však řeší zejména zásady ochrany stavby před negativními účinky vněj-

šího prostředí, především silniční dopravy. Někdy již v této fázi požaduje plán nasazení mechanizace u dané investice s ohledem na možnost vzniku nadlimitního hluku z výstavby, ten však není možné v danou dobu stanovit přesně, neboť často není znám hlavní dodavatel výstavby ani strojní sestavy.

Veřejný ochránce práv

Na veřejného ochránce práv se stále častěji obracejí lidé se stížnostmi na obtěžování hlukem ze stavenišť, přičemž argumentují sníženou pohodou svého bydlení. Poukazují na zdravotní rizika, jakož i neochotu příslušných správních úřadů při řešení podání, ve kterých požadují zjednání nápravy.

Soud

Podle § 420a občanského zákoníku obecně platí, že každý odpovídá za škodu, kterou způsobí jinému provozní činností. Za tuto provozní činnost je pokládána i hlučná činnost stavební firmy, která realizuje stavbu. V případě, že stěžovatel prokáže, že vznikla škoda v důsledku stavebních prací, nebo že podnikatelský subjekt například dosáhl nižšího zisku z důvodu obtěžování jeho klientů hlukem, může se domáhat náhrady takto vzniklé škody, tedy ušlého zisku, na stavební firmě.

Stavebně technologická příprava dodavatelů

Aby mohla stavební firma při výkonu provozní činnosti prokázat podmínky stavebního povolení a předešla stížnostem obyvatelstva z okolí a následným zásahům výše uvedených kontrolních a sankčních režimů, měla by vždy hlučkové hledisko zohledňovat. Ve firmách nebývá k dispozici interní mechanismus, například SW podpora, ve které by bylo možné jednoduše predikovat hluk na budoucí zakázce, v případě, že je požadována akustická studie KHS, je zadána akustické laboratoři.

Stanovisko Nejvyššího správního soudu

Průlomovým je stanovisko Nejvyššího správního soudu, kde se jeví jako precedenční rozhodnutí č.9As28/2012-129 NSS ČR, kde je řečeno, že **“V území nadlimitně zatíženém hlukem se nesmí zhoršit novým investičním záměrem hluková situace ani o 0,1 dB”**.

Tímto stanoviskem se propojuje oddělená kategorizace hluku z užívání staveb a z výstavby.

3.6 Měření a měřidla hluku

Pro možnost porovnávání hodnot mezi zdrojem hluku a místem dopadu akustické emise zjišťujeme v daném místě a čase hodnoty měřené přístrojem.

Předně nutno zdůraznit, že hovoříme-li o měření, je nutno rozlišovat:

- Měření technické (kdokoliv pro svou potřebu či získání orientačních hodnot)
- Měření akreditované (akustické laboratoře s certifikovaným přístrojem)

Pouze akreditované hodnoty měření lze posuzovat ve vztahu k limitním hodnotám dle příslušné legislativy.

Pro orientační měření hladiny hlasitosti nám slouží zvukoměr. Jedná se o zařízení, které je v podstatě zesilovačem, jenž signál dodaný mikrofonom zesílí tak, aby stačil k záznamu, ať již se jedná o vychýlení ručičky citlivého měřícího přístroje připevněného na výstup zesilovače, nebo v případě moderních zařízení k výstupům hodnot na digitálním displeji. Lze upravovat frekvenční charakteristiky. Zvukoměr neměří „hlasitost“, měří hladinu akustického tlaku, měřené veličiny nazýváme tedy hladinou zvuku a udáváme v dB s připojením frekvenční charakteristiky. Hladiny zvuků jsou obvykle mezi 30-120dB. Zvukoměry mohou buď zaznamenávat jakýkoliv náhodný impuls, nebo mohou být nastaveny na sledování pouze obalové křivky impulsů.

Na těchto principech pracují běžná měřidla hluku. Trh nabízí širokou škálu měřidel, od jednoduchých hlukoměrů až po sofistikované akustické kamery. Při kolaudaci objektů na základě požadavku dotčené hygienické stanice se měření provádí běžně. Dále se měření provádí jako podklad při zpracování hlukových studií pro zjištění současné hlukové zátěže ve sledované lokalitě. Měření se provádí i v rámci stížností uživatelů objektů v případě podezření na přenos nadměrného hluku, kam spadá záležitost staveništního hluku.

Nejčastější bývá značka Brüel a Kjaer, ta reprezentuje standard přístrojů akreditovaných firem pro fyzikální akustická měření, ať už laboratorní, či v praxi. Vhodným přístrojem k nepravidelným měřením staveništního hluku se jeví zvukoměr Brüel a Kjaer 2250 na obrázku 2.13, kde přenosu dat a on-line ovládání analyzátoru je umožněno přes USB rozhraní, s pomocí programu BZ-5503, který slouží k zobrazení naměřených dat, jejich archivaci a přenosu.



Obr. 3.6.1 Zvukoměr Brüel a Kjaer 2250 [44]

Doplňujícími pomůckami k takovému měření jsou: měřicí mikrofón, akustický kalibrátor, kryt proti větru, mikrofonní kabel 10m, kovový stativ (max. výška 4m), laserový dálkoměr, svinovací ocelový metr.



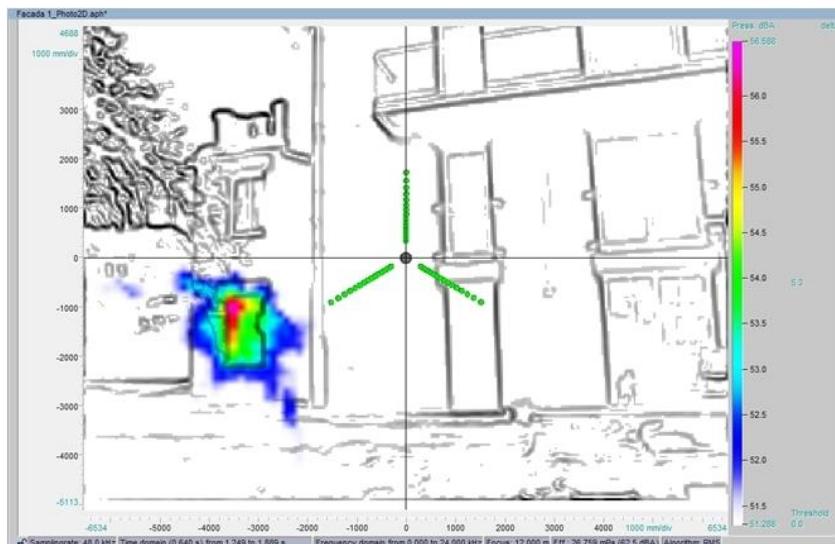
Obr. 3.6.2 Příklad měření útlumu protihlukové stěny hlukoměrem

Akustická kamera je zajímavé zařízení, kterým lze detailně identifikovat zdroje akustické emise pomocí speciální mikrofonní soustavy a poté naměřená akustická data graficky prezentovat. Soustava se skládá z několika mikrofonních jednotek, které jsou uspořádány dle potřeby měření do kruhu (tzv. Ring), do trojúhelníku (tzv. Star) nebo do sféry (viz následující obrázky).



Obr. 3.6.3 Uspořádání mikrofonů je vázáno na konkrétním použití. [37]

Hluková kamera má rozsáhlé možnosti využití. Dokáže přesně identifikovat a lokalizovat směr a polohu zdroje zvuku. Propojením obrazového a akustického signálu zobrazí jednotlivé zdroje zvuku a jejich akustickou energii a také zjistí, které zdroje zvuku jsou rozhodující a které je možné zanedbat. Tím toto zařízení umožňuje optimálně investovat prostředky např. na snížení hluku na „správných místech“. Ve sledovaném místě totiž určí akustické parametry a v případě více zdrojů zvuku také jejich vzájemný podíl na zjištěných hodnotách. Zařízení umožňuje náročné analýzy a rozborů nasnímaných signálů. Měřit lze v laboratoři, v reálných, dokonce i ve velmi nestandardních podmínkách. Měření je také možné provádět v širokém rozsahu vzdáleností, detailní a krátké vzdálenosti, tak i vzdálenosti až 800 m od zdroje hluku. [37]



Obr. 3.6.4 Grafický výstup při použití akustické kamery [37]

Ve venkovním prostoru je při měření hluku měřicí mikrofon zpravidla umístěn v poloze do 2 metrů od fasády před oknem místnosti nebo v jiném exponovaném místě v závislosti na zdroji hluku.

Pro měření se pro standartní postupy uvažuje a posuzuje souvislých 8 hodin nejvyššího hluku ve dne a 1 hodina v noci.

3.7 Hlukové studie

Hlukové studie vyžadují hygienické stanice nebo stavební úřady jako podklad pro rozhodování při územním nebo stavebním řízení, podklad k žádosti o vydání integrovaného povolení, avšak může si je zadat jakýkoliv objednatel.

Hlukové studie modelují hluk u silniční a železniční a tramvajové dopravy, letecké dopravy, průmyslových celků a studie staveb a interiéru (šíření hluku mezi místnostmi v rámci jednoho objektu, šíření hluku z vnitřních prostor objektu přes fasádu směrem k chráněným místům, šíření hluku z venku přes fasádu do chráněného vnitřního prostoru objektu, výpočty doby dozvuku v interiéru), návrhy protihlukových opatření, hlukových clon a protihlukových krytů, stacionární zdroje hluku, jakými jsou výtahy, vzduchotechnika, chlazení atd., v exteriéru i interiéru objektů včetně technických a organizačních opatření pro snížení hlučnosti, hluk ze stavební činnosti.

Hlukové studie zachycují vliv hluku ze stávajících a projektovaných staveb na nejbližší chráněná místa – pozemky a bytová zástavba. Vypočtené hlukové parametry jsou následně porovnány s přípustnými hygienickými limity uvedenými v nařízení vlády č. 272/2011 Sb.[4]

Studie se vypracuje tehdy, pokud je nutné prověřit vliv nově vzniklého zdroje hluku v lokalitě nebo je do lokality umístěn nový chráněný prostor, pro který je stanoven hygienický limit hluku nebo je přípustná pouze určitá mez hluku odpovídající povaze objektu.

Softwarová podpora

K modelování hlukových map je využíváno sofistikovaný programů, které pracují s výše uvedenými fyzikálními veličinami tak, aby bylo možné vyčíslený hluk modelovat pomocí izofon, neboli vrstevnic hluku. Na trhu je několik softwarových systémů, které umožňují vytipování, okamžitou analýzu různých zdrojů hluku a stanovení jejich vzájemného podílu na celkovém hluku.

Jsou rozděleny dle zacílení na prostředí, ve kterém hluk chceme posuzovat.

- CadnaA – programový produkt pro výpočet a hodnocení hluku ze silniční a železniční dopravy, z letecké dopravy, z průmyslových zařízení a průmyslových závodů a areálů, z průmyslových zdrojů, hluku ze sportovních zařízení a zařízení pro volný čas.
- CadnaR – software pro výpočet a posouzení hluku v místnostech a na pracovištích
- BASTIAN – programový produkt pro výpočet přenosu zvuku mezi místnostmi v budovách a pro výpočet přenosu zvuku z venkovního do vnitřního prostoru
- Neprůzvučnost – programový produkt pro teoretické posouzení vzduchové a kročejové neprůzvučnosti stavebních konstrukcí
- MITHRA – výpočet hluku u dopravních staveb v členitém území
- HLUK+ – programový produkt pro výpočet hluku z dopravních a průmyslových zdrojů [41]
- ODEON modelování vnitřního prostoru a k návrh řešení prostorové akustiky
- LimA – programový produkt pro výpočet hluku z průmyslu a dopravy

3.8 Protihluková opatření

V současnosti jsou známá protihluková opatření týkající se problematiky trvalého užívání železničních či tramvajových těles. Spočívají v rekonstrukci tratí, kdy se použijí nové technologie, spočívající zejména v pružném uchycení kolejnic na podkladní panely, oboustranném vyplnění boků kolejnic pryžovými bokovnicemi a lze i celé těleso uložit do vany z antivibračních rohoží. Tímto lze snížit hlukové zatížení o cca 2 dB.

U silničních staveb hraje roli vliv povrchu vozovky a navrhuje se vhodné protihlukové clony, jejichž minimální plošná hmotnost by měla být 10kg/m^2 a povrch, který je orientovaný směrem ke zdroji hluku, z pohltivého materiálu. Případně lze i provést úpravu reliéfu a porostu okolního terénu. Návrhy protihlukových clon mají stejně jako měření dopravního hluku přesnou metodiku, například délka protihlukové clony musí být alespoň dvojnásobkem kolmé vzdálenosti chráněného místa od clony, je nutno řešit únikové cesty atp. [46]

Protihlukových opatření je na poli staveništního hluku je celá řada počínaje organizací práce, vhodnou pracovní dobou a konče dobrou informovaností občanů bydlících v okolí stavby. V principu lze rozdělit na opatření na zdroji hluku, neboli aktivním opatření a opatřeními na cestách šíření hluku, neboli pasivními opatřeními.

3.9 Závěr k současnému stavu problematiky se zaměřením na hluk z výstavby

Hluk z výstavby (je užíván pojem i staveništní hluk a hluk ze stavební činnosti) vznikající použitím zvolené mechanizace je jednou z množin hlukové zátěže obyvatelstva. Výše uvedená legislativa a akustika mapuje problematiku v širokém záběru.

Konkrétně pro hluk z výstavby je v ČR z legislativního pohledu nejvýznamnější nařízení vlády č. 272/2011 Sb., kde jsou definovány limity a korekce. [4]

tab.č.: 3.9.1 Limity a korekce pro hluk z výstavby [4]

základní limity	L_{Aeq} pro denní dobu (06-22 h)	50 dB
	L_{Aeq} pro noční dobu (22-06 h):	40 dB
korekce	Posuzovaná doba od 06 do 07 h	+ 10 dB
	Posuzovaná doba od 07 do 21 h	+ 15 dB
	Posuzovaná doba od 21 do 22 h	+ 10 dB
	Posuzovaná doba od 22 do 06 h	+ 5 dB

Pro hluk z výstavby je podstatné, že jeho limity jsou posuzovány samostatně, nesčítají se s jinými druhy hlukové zátěže (automobilová, letištní, železniční doprava), přestože pro akustický dopad na člověka působí hluk z prostředí celistvě. Z této úvahy zřejmě vychází stanovisko Nejvyššího správního soudu, kdy při naplnění jakékoli limitní hodnoty nelze přitížit prostředí ani krátkodobě, což například v území s limitní silniční dopravou znemožní výstavbu.

Každá stavební investice je individuální akce s různými možnostmi území, investorů, dodavatelů, nicméně vymezení souvisejících množin problematiky s průniky společných vazeb, které stanoví vždy okrajové podmínky a možnosti, uvádím na obr. 3.9.1.

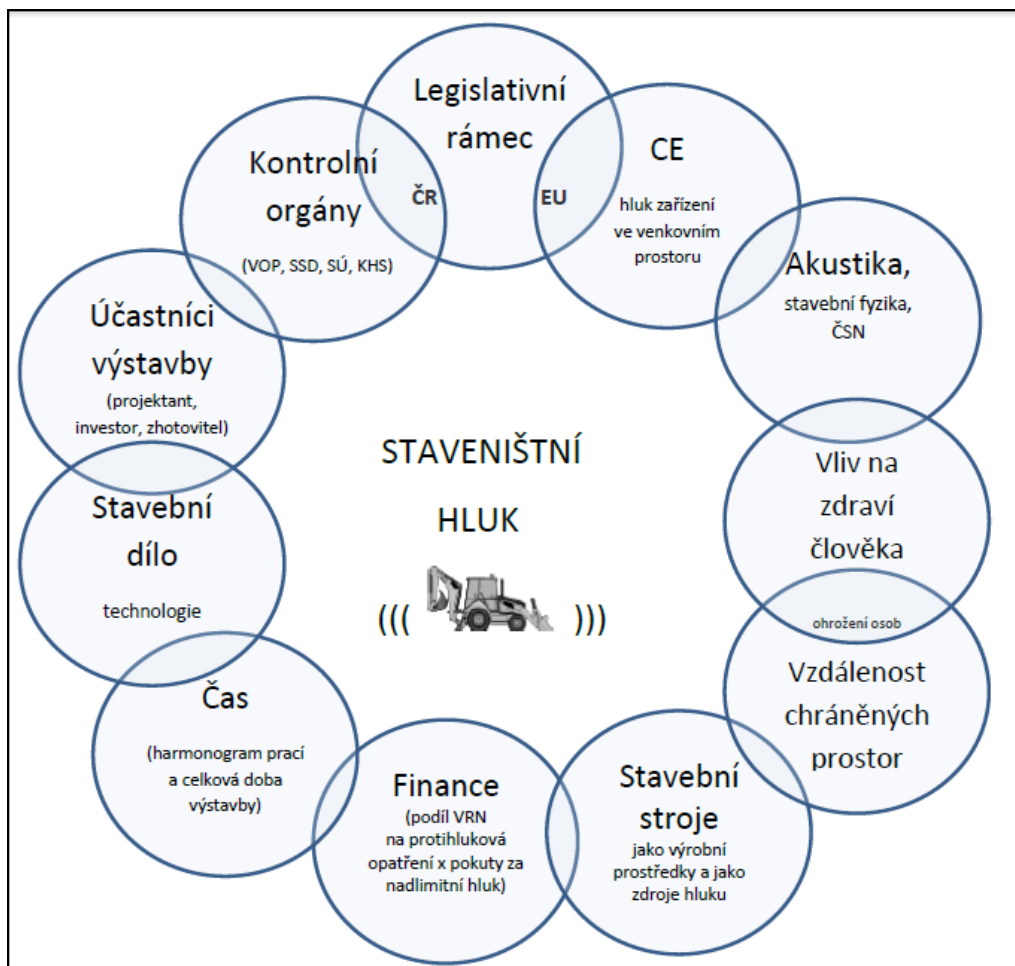
V případě, že je na základě měření hluku z výstavby překročena limitní úroveň hluku, dojde k omezení nebo zastavení prací, což způsobí časové a následně finanční komplikace hlavními dodavateli.

Pokud chce nechat hlavní dodavatel vyhodnotit přesněji, zda k takovéto situaci může dojít, nejsou k dispozici k volnému stažení či v levnější verzi vhodné SW podpory pro obecnou akustiku prostředí ani samostatné se zaměřením na hluk z výstavby.

V případě, že zadá investor či dodavatel ke zpracování akustické laboratoři plnohodnotnou akustickou studii, budou využívány nákladné SW podpory uvedené v kap. 3. 7., což se projeví v nákladech za tuto studii, často není zvladatelné ani časově. Akustické laboratoře prioritně pracují na akustických studiích pro možnost umístění stavby do území a jejímu trvalému hlukovému příspěvku území, hlukem z výstavby se zabývají okrajově.

Přesnost vyhodnocení je pak závislá na předaných podkladech ve smyslu skutečně souběžně pracujících strojů, případně na znalostech zpracovatele akustika, jak přesně simulovat pohyb a zapojení strojů na staveništi.

Často jsou tyto simulace vedeny buď jen pro akusticky nejnvýraznější stroj bez možných příspěvků další mechanizace, nebo opačně, příliš ve prospěch bezpečnosti - při modelování akustik simuluje nejnevýhodnější pozice strojů tak, že jejich polohu označí na hranici staveniště a všechny stroje simuluje jako souběžně pracující, přestože k tak výrazné situaci v praxi nedojde.

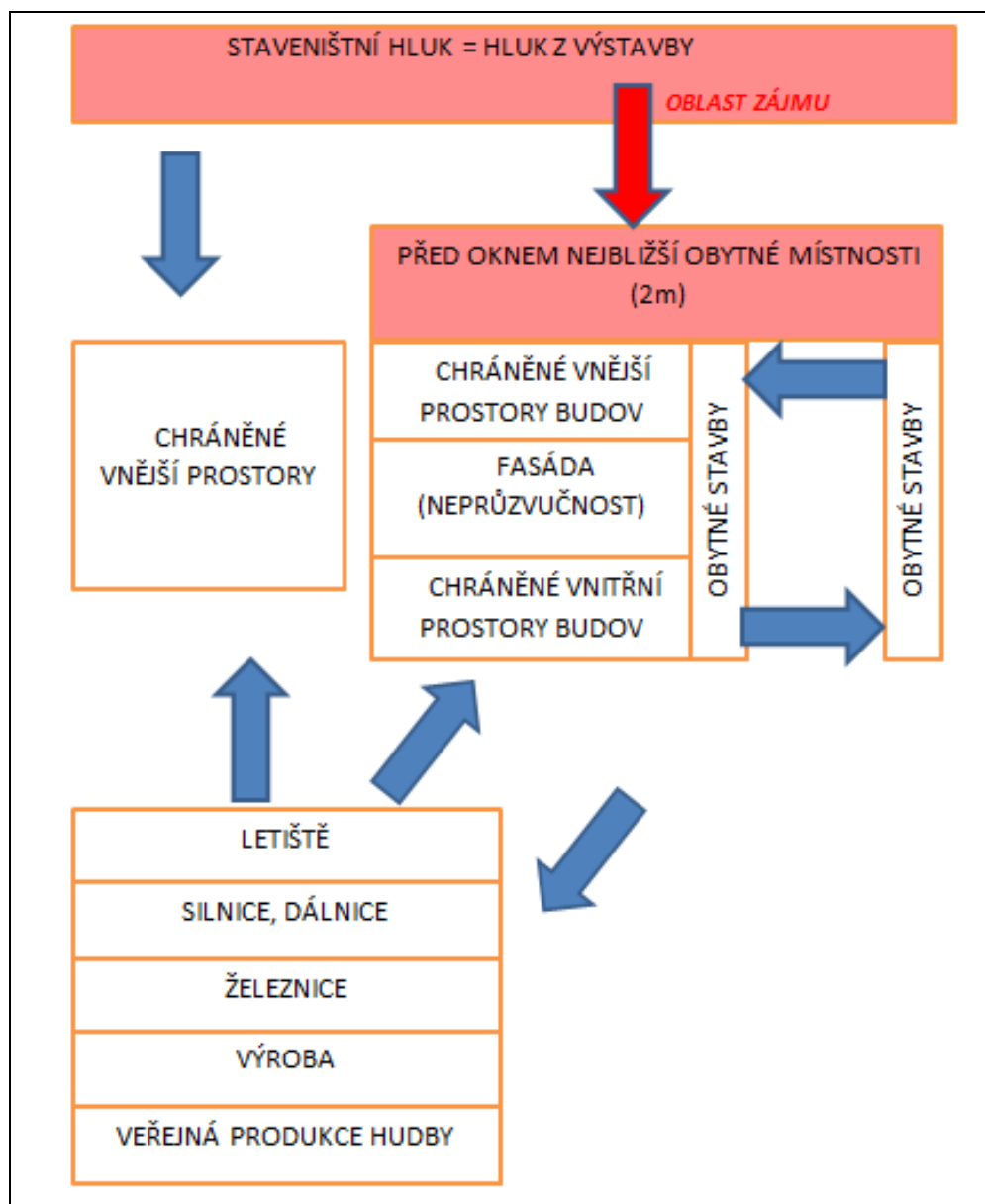


Obr. 3.9.1 Začlenění problematiky staveništního hluku, dotčené oblasti problematiky [©kantova.r@fce.vutbr.cz]

Zkoumání hluku z výstavby je cíleno na ochranu tzv. třetích osob, tedy osob užívajících okolní objekty či pohybujících se po volném prostranství v blízkosti výstavby.

Legislativa vychází z předpokladu, že při zpracování akustických výhledů nutno oddělit míru zvuku před obvodovým pláštěm a pak samostatně uvnitř budov – tj.za obvodovým pláštěm. Kvalita obvodového pláště a jeho výplní otvorů je samostatnou problematikou fyziky konstrukcí.

Pro predikci hluku z výstavby, která je plánována, je důležité předvídat přenosu zvuku mezi zdrojem (stavebním strojem) a pásmem 2 m (a případně méně) před obytnou fasádou chráněných prostor staveb, tak jak je vymezeno na obr.3.9.2 pro splnění limitních hodnot pro hluk z výstavby.



Obr. 3.9.2 Definování oblasti druhů hluku a oblastí dopadu, červeně oblast zkoumané problematiky hluku z výstavby

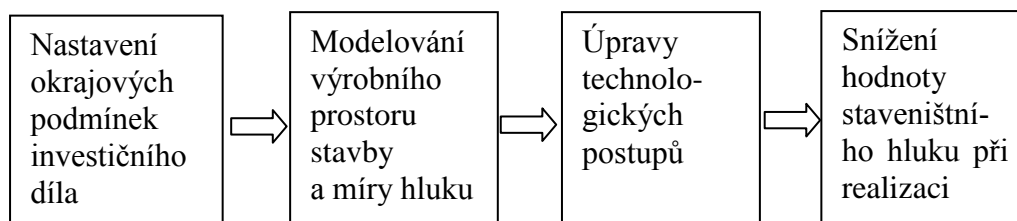
[©kantova.r@fce.vutbr.cz]

Pro správné měření je důležitý akustický efekt odrazu zvuku od překážky, aby měření či modelování nebylo ovlivněno navýšením hodnot vzniklým odrazem od měřené (výpočtové) fasády, při obvyklých měřeních se uvažuje odstup právě v hodnotě 2 m, kde je zaručeno, že výsledek nebude ovlivněn odrazem zvuku.

Vzhledem k rozsahu dané problematiky v této práci není řešena problematika zdrojů hluku ze stavební činnosti pro šířících se hluk ze zdrojů uvnitř objektu.

4 Návrh metodiky pro posuzování hluku z výstavby

Jestliže máme zařazenu množinu staveništního hluku technicky i legislativně, můžeme přistoupit k vlastnímu posuzování. Cílem je snižování hodnoty staveništního hluku pomocí modelování výrobního prostoru stavby a úprav technologických postupů při výstavbě ve smyslu obr. 4.1.



Obr. 4.1 Snižování hodnoty staveništního hluku pomocí modelování výrobního prostoru stavby a úprav technologických postupů při výstavbě [©kantova.r@fce.vutbr.cz]

V dalších kapitolách se budeme zabývat tím, jak nastavit správně okrajové podmínky pro modelování, jaké možnosti úprav technologických postupů máme a do jaké míry lze snížit hodnotu hluku, a s jakou přesností můžeme predikovat konkrétní akustické hodnoty v modelu.

4.1 Posuzování ve fázi výrobní přípravy stavby

Aby mohla stavební firma při výkonu provozní činnosti prokázat podmínky stavebního povolení a předešla stížnostem obyvatelstva z okolí a následným zásahům výše uvedených kontrolních a sankčních režimů, musí vždy hlukové hledisko zohledňovat. Aby stavební výroba nepřekračovala povolenou hladinu hluku, musí dodavatel znát limitní hlukové hodnoty a umět určit sestavu strojů ve smyslu zdrojů hluku. Stavební práce musí provádět pouze v povolené pracovní době a učinit opatření pro zajištění hlukové hladiny ze stavební činnosti.

Zařazením požadavku na hlukovou zátěž výstavby se stává hluk jedním z činitelů výrobního procesu, stejně jako pracovní síly, prostředky a předměty a lze s ním také v optimalizačních návrzích takto pracovat. Pohlédneme-li na přípravu realizace stavby z tohoto pohledu, můžeme volit postupy, které sníží hlučnost výstavby.

Je možno volit různé stroje s různou hlučností či jejich kombinace, lze je v rámci zařízení staveniště umisťovat různě s ohledem na řazení dílčích stavebních procesů, prostorovou a časovou strukturu výstavby. Stejně dílo lze docílit různými stavebně technologickými postupy (například souběžná, postupná, proudová výstavba). Zde mohou některé vhodně umístěné objekty staveniště či objekty výstavby plnit funkci akustické zábrany, což může být v některých případech jediným řešením pro možnost vyhovění požadavku na venkovní chráněné prostory.

Míra hlučnosti stavebních strojů pro konkrétní stavby může být řešena buď předem, ve fázi předvýrobní v projektové dokumentaci, stanovením výpočtových hodnot. Ve fázi výrobní lze hodnoty ověřovat vlastním měřením.

Posuzování negativních účinků na okolí by mělo mít širší záběr než jen bezprostřední okolí staveniště, což souvisí mimo jiné s určením trasy dopravního napojení staveniště pro zásobování stavby stavebním materiálem.

Včasnými výpočty a modelováním budoucí hlučnosti staveniště bude zabezpečeno přesnější zhodnocení reálné hlukové zátěže konkrétního staveniště již ve výrobní a předvýrobní přípravě stavby.

Pak by bylo možno přistupovat k návrhu jednotlivých druhů stavebních strojů, jejich kombinaci či návaznosti prací přesněji, s jistotou splnění požadavku na chráněné venkovní prostory. Nabízí se pak také možnost zohlednění protihlukových opatření při finančním i technickém návrhu zařízení staveniště, posouzení hlukových poměrů vnitrostavebních komunikací, s ohledem na možné druhy povrchu, případně definování hlučnosti těchto povrchů. [32]

V dalším zkoumání a experimentální části se budeme zabývat předvídaním přenosu zvuku mezi stavebním strojem jako zdrojem a pásmem 2 m (a případně méně se zohledněním odrazu) před obytnou fasádou chráněných prostor staveb, tak jak je vymezeno na obr. 3.9.2.

4.2 Šíření zdrojů hluku

4.2.1 Výpočet přenosu zvuku od stavebního stroje k místu měření

Z fyzikálních znalostí o přenosu zvuku vyplývá, že hlučnosti ve venkovním volném prostoru výrazně ubývá se vzdáleností od zdroje hluku. S hodnotou vzdálenosti mezi zdrojem a měřeným bodem a úrovní hladiny zvuku zdroje pracujeme při výpočtech a modelování.

Za předpokladu, že stavební stroj, jako zdroj hluku je bodový a pracuje v obecném nezastavěném prostoru, ubývá hlučnosti se vzdáleností podle vzta-
hu

$$L_2 = L_1 - 20 \lg \frac{r_2}{r_1}$$

kde

L_2 ... hladina zvuku v dB (A) ve vzdálenosti r_2 v m,

L_1 ... hladina zvuku v dB (A) ve vzdálenosti r_1 v m (například hladina naměřená měřidlem v blízkosti stroje nebo inzerovaná výrobcem v definované vzdálenosti od zdroje).

Šíření hluku je podstatně ovlivněno i okolím zdroje. Se vzrůstající hustotou zástavby může klesat efekt útlumu hlučnosti v uliční nebo uzavřené zástavbě. Dochází ke koncentraci akustických vln odrazy. Proto má velký vliv charakter zástavby, zejména vzdálenosti a kvalita odrazových ploch v blízkosti zdroje hluku.

Přesné hodnoty vyjadřující akustickou situaci zadaného území je nutné vyhodnotit složitějším výpočtem ve třech mezních situacích, jednak pro pokles hlučnosti v ideálních podmínkách volného rovinnatého terénu, pokles hlučnosti ve volném terénu se zvlněním a pokles hlučnosti v úzké ulici s odrazy. Takovéto vyhodnocení již obvykle žádá dodavatel u akustika nebo přímým zpracováním akustické studie u akustické laboratoře. [32]

4.2.2 Výpočet hlučnosti při souběžném nasazení několika strojů na staveništi

Pro práci stavebních strojů je typické, že pracují nejen ojedinele, ale častěji ve strojních sestavách, tedy v plánovaných kombinacích. Vzhledem k tomu, že může docházet ke koncentraci akustických vln ze všech zdrojů, je třeba počítat a modelovat hodnoty s akustickými příspěvky všech souběžně pracujících strojů. V případě, že v prostoru staveniště je současný výkon více strojů, lze použít následující rovnice pro výslednou hlučnost v místě těchto zdrojů.

Souběžná práce strojů o stejné hlučnosti a se stejným charakterem hluku:

$$L_v = L_1 + 10 \lg n$$

kde

L_v ... výsledná hladina hluku v místě zdrojů v dB (A),

n ... počet stejně hlučných strojů,

L_1 ... hladina hluku jednoho stroje v dB (A).

Souběžná práce strojů o různé hlučnosti a se stejným charakterem hluku:

Pracují-li na staveništi zdroje hluku, které mají různou hlučnost, lze při přibližně stejném charakteru hluku těchto strojů soustředěných v určitém místě staveniště použít pro výslednou hlučnost následující vztah:

$$L_v = 10 \lg \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right)$$

kde

L_v - výsledná hladina hluku v místě zdrojů v dB (A),

L_1, L_2, \dots, L_n - hlučnost jednotlivých zdrojů v dB (A). [32]

Přesný výpočet či akustickou studii může opět pro tyto případy provést akustická laboratoř, je mu však nutné po stavebně technologické stránce zadání přesně definovat. Fyzik – akustik nemá stavební zkušenost s tím, které stroje při nasazení u dané výstavby mohou být skutečně v provozu souběžně a které mají práci ve střídavých cyklech. Nemůže často ani předjímat trajektorii pohybu strojů pro rizikové polohy zvyšující akustický příspěvek toho kterého stroje. Pro tyto případy je nutné rozvážit přesně požadavky použité technologie, a do zadání definovat stroje, které budou opravdu v běhu souběžně, nikoliv jen odstaveny na staveništi. Není tedy možné vycházet z doby objednaných pronájmů staveních mechanismů, ale ze skutečné jejich činnosti v rámci potřebných pracovních cyklů a dle časového plánu výstavby.

4.3 Akustické účinnosti bariér

Pro přesnost výpočtu akustické účinnosti protihlukové bariéry vycházet z toho, zda se jedná o konstrukci trvalou, jako jsou protihlukové stěny okolo silnic a dálnic nebo konstrukce mobilní. Požadavky na protihlukové bariéry určené na staveništi, s menší hmotností okolo 10 kg m^{-2} , (někdy užíván výraz protihlukové clony), vyplývají z poznatku teorie o šíření akustických vln v prostoru a z potřeby nejjednodušším způsobem dosáhnout optimální účinnosti. Pro vyhodnocení akustické účinnosti byla odvozena řada empirických vzorců, které umožňují výpočet s dostatečnou přesností pro běžnou technickou praxi.

Poměrně rychlé vyhodnocení umožňuje výpočet akustické účinnosti bariéry podle vztahu:

$$\Delta L_B = 10 \lg(50\delta + 3) \quad [\text{dB (A)}]$$

kde

ΔL_B ... hodnota přídavného útlumu bariéry v dB (A),

δ suma délek úseček ($a + b - c$) v [m].

Úsečku „a“ vedeme od zdroje hluku k horní hraně dočasně stavěné bariéry. Úsečka „b“ spojuje horní hranu bariéry s hlukoměrem většinou umístěným vně staveništi. Úsečka „c“ je nejkratší spojnice mezi zdrojem a příjemcem.

Ve vzorci není pro zjednodušení vyjádřen vliv vlnové délky. Předpokládá se však frekvence hluku o oktávovém pásmu 500 Hz. Dále vzorec předpokládá, že jde o bariéru dostatečné (nekonečné) délky. [32]

Pro **přesnější posouzení velikosti útlumu bariéry** ΔL_B lze použít vztah:

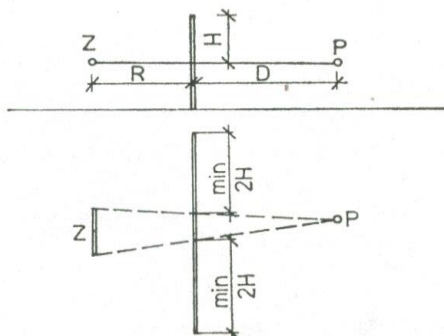
$$\Delta L_B = 10 \lg(20N) \quad [\text{dB (A)}]$$

$$N = \frac{f}{172} \left(\sqrt{R^2 + H^2} - R + \sqrt{D^2 + H^2} - D \right)$$

kde

f ... frekvence hluku [Hz],

velikosti R , H , D ... jsou délky úseček [m] podle schématu na obr. 4.3.1.



Obr. 4.3.1 Schéma pro výpočet útlumu hluku bariérou a schéma pro určení minimální účinné délky bariéry [32]

Na základech akustiky včetně výše uvedených matematických vztahů jsou založeny veškeré sofistikované programy, které užívají akustické laboratoře.

4.4 Hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb

Dle NV č. 272/2011 Sb. nás z hlediska působení staveništního hluku zajímají pojmy chráněný venkovní prostor a chráněný venkovní prostor staveb.

Chráněným venkovním prostorem se rozumí nezastavěné pozemky, které se užívají k rekreaci, sportu, léčení a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť.

Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do dvou metrů okolo bytových domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb. [4]

Cílem modelování i měření je optimální zhodnocení budoucí nebo současné hladiny akustického tlaku zvuku v místě měření. Důležitá je tedy definice:

Pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb jsou hodnotící kritéria reprezentována hladinou akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby.

Hodnotí se výsledné hladiny akustického tlaku dopadajícího zvuku zjištěné měřením při umístění mikrofону ve vzdálenosti 0,5 m až 2 m před odrazivým povrchem při použití korekce k získání dopadajícího zvukového pole. Přednostně se doporučuje používat vzdálenost 2 m.

Pro každé měřicí místo v daném místě měření by mělo být zohledněno dopadajícího zvukového pole, tedy případná korekce +3 dB k získání.

Hluk ze stavební činnosti, proniká li do objektu i jiným způsobem než vzduchem, například přes konstrukci nebo podložím, není pokládán za hluk ze zdrojů uvnitř objektu. [17]

4.5 Vytipování staveb s předpokladem zvýšené hlukové zátěže

Zdrojem hlučnosti na staveništi jsou téměř vždy technologické postupy, které používají enormně hlučné staveništní mechanismy.

S postupem stavebních prací se na staveništních mění nasazené mechanismy a s tím i emitovaná hlučnost. Je tedy třeba soustředit se na stadia výstavby, která jsou z hlediska hlučnosti nejzávažnější, a u nich na ty mechanismy, které jsou nejhlučnější.

U nové výstavby jsou zpravidla z hlediska hlučnosti nejzávažnější zemní práce, zakládání, popřípadě tunelování a s ním spojené technologie (transport a odvoz materiálů, provoz zařízení apod.). Při přestavbách jsou to zejména bourací práce, při nichž se používají kompresory a bourací kladiva.

K hlavním zdrojům hluku patří nástroje působící nárazy (například zařízení na rozbíjení betonu), stroje pro zemní práce, pilotážní soupravy, pneumaticky poháněná zařízení a spalovací motory.



Obr. 4.5.1 Hlučné beranění podzemních pažících stěn LARSEN [62]

Některé druhy investiční výstavby nejsou zvýšenou hlukovou zátěží ohroženy vůbec, jiné za souběhu určitých podmínek a u některých staveb lze zvýšenou zátěž předpokládat již dle projektu a umístění výstavby.

Jedná se zejména o situaci, kdy je výstavba v blízkosti stávajících budov a v odrazivém prostředí.



Obr. 4.5.2 Hluk v úzkých prostorách a při záborech veřejného prostranství, ADMINIS-TRATIVNÍ A PARKOVACÍ OBJEKT NAMIRO Olomouc [62]

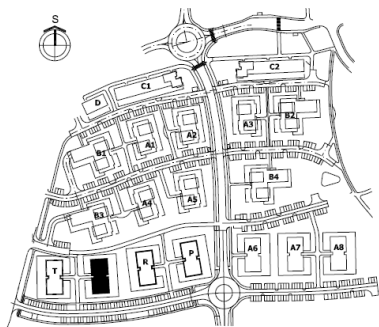


Obr. 4.5.3 Umístění nové výstavby v těsné blízkosti jiného objektu, zde lze v souvislosti s řešením hluku využít stávající porosty jako útlumové prvky [62]



Obr. 4.5.4 Umístění nové výstavby v těsné blízkosti jiných objektů [62]

Další oblastí, kterou je nutno řešit po hlukové stránce jsou velké komplexy bytových a rodinných domů, kdy je investice řešena postupnou výstavbou, tedy v etapách, které podléhají samostatnému kolaudačnímu rozhodnutí a následně v některých objektech již bydlí lidé, v jejich sousedství však teprve vznikají objekty nové.



Obr. 4.5.5 Typ výstavby postupné, kdy je nutno chránit nastěhované obyvatelé před hlukem z výstavby, některé objekty jsou již v užívání, jiné ve výstavbě (Nové Pitkovice) [62]

4.6 Využitelnost pracovní doby při překročení limitních hodnot

Pokud v praxi dojde k situaci, že je řešena akustickou laboratoří hluková studie či měření, jedná se o situaci, kdy jsou již známy těsně před či v průběhu výstavby konkrétní stroje s jasnými hodnotami akustických výkonů na staveništi.

Na základě výsledků hlukové studie je pak nařízeno omezení nasazení strojů jen na část pracovní doby, jiné řešení již není možné.

Nastíníme modelovou situací, jak ji řeší akustické studie - v případě kombinace tří zvolených strojů, které se mohou současně na stavbě vyskytnout:

Tab. 4.6.1 Příklad kombinace strojů na staveništi a jejich hodnot akustických výkonů [63]

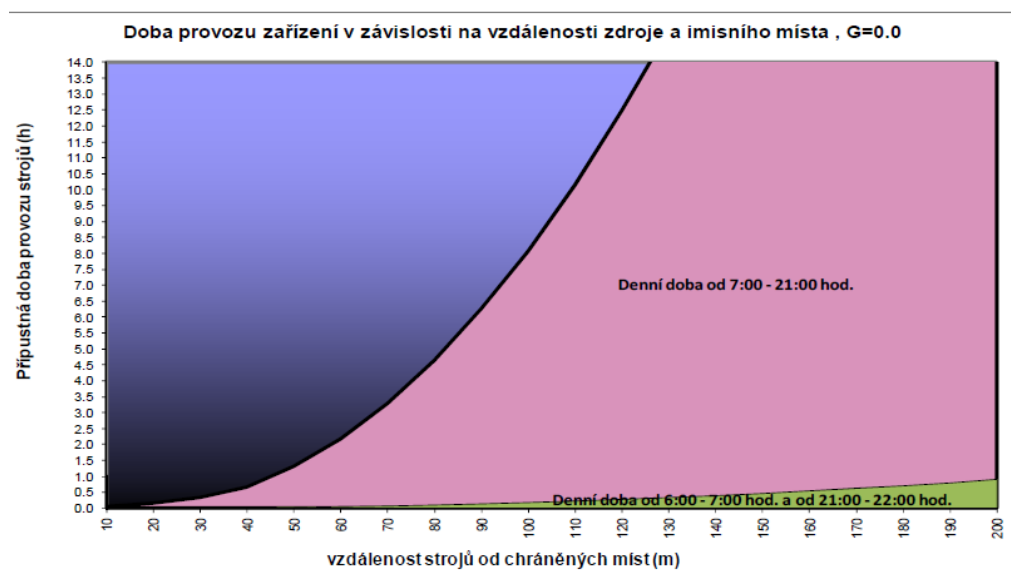
	Typ stroje	označení	Hodnota LwA (dB)
1	Kolový nakladač	Caterpillar 966H	107
2	Drtič	Finlay C 1540 RS	118,6
3	Kolové hydraulické rypadlo	Caterpillar M325 D	104
Akustický výkon skupiny uvažované jako bodový zdroj hluku			119

Následně provedeme pro modelovou situaci výpočet, korekce a srovnání s limity. [4]

Tab. 4.6.2 Hygienické limity stavební činnosti a jejich korekce pro posuzované denní doby

Posuzovaná doba (hod)	Korekce (dB)	Hygienický limit ze stavební činnosti ve vzd.2m od fasády chráněných objektů L_{Aeqs} (dB)
6,00-7,00	+10	60
7,00-21,00	+15	65
21,00-22,00	+10	60
22,00-6,00	+5	noční práce se stroji se neuvažuje

Stanovíme li přípustnou provozní dobu těchto tři mechanismů s ohledem na vzdálenost od chráněných míst v odrazivém terénu, plné využití pracovní doby je možné pouze při vzdálenosti strojů 100 m od chráněné zástavby.



Obr. 4.6.1 Stanovení přípustné doby provozu strojů v závislosti na vzdálenosti zdroje [63]

V případě souběžného provozu těchto strojů a vzdálenosti 50m od chráněné zástavby lze tedy využít pouze 1,3hod. provozu strojů, tedy pouhých 16% pracovní doby. Pokud bylo v časovém plánu výstavby uvažováno s plným nasazením strojní sestavy, jistě realizátorovi tato situace prodlouží dobu dotčených stavebních procesů v časovém harmonogramu výstavby. Řešením je jistě použití mobilní protihlukové stěny, jejíž cena se však projeví v nákladech na výstavbu. Částečným řešením je upravit sled operací na staveništi, jako je umístění figur zeminy, skládek materiálu, buňkovišť a dalších objektů zařízení sta-

venišť, které mohou být přirozenou hlukovou zábranou. [63] Teoreticky může taková překážka snížit hluk o 15 a více decibelů, viz. **Příloha 9**.

4.7 Využití SW podpory Hluk plus k modelování hluku

Simulace problematiky staveništního hluku může být řešena v dostupných SW pro modelování hluku s využitím fyzikální logiky pro přenos zvuku v mapovém podkladu zvoleného území. Prioritně jsou ale tyto podpory užívány pro hluk z užívání komunikací, je třeba vhodně nastavovat okrajové podmínky modelování, chceme-li řešit hluk ze stavební činnosti.

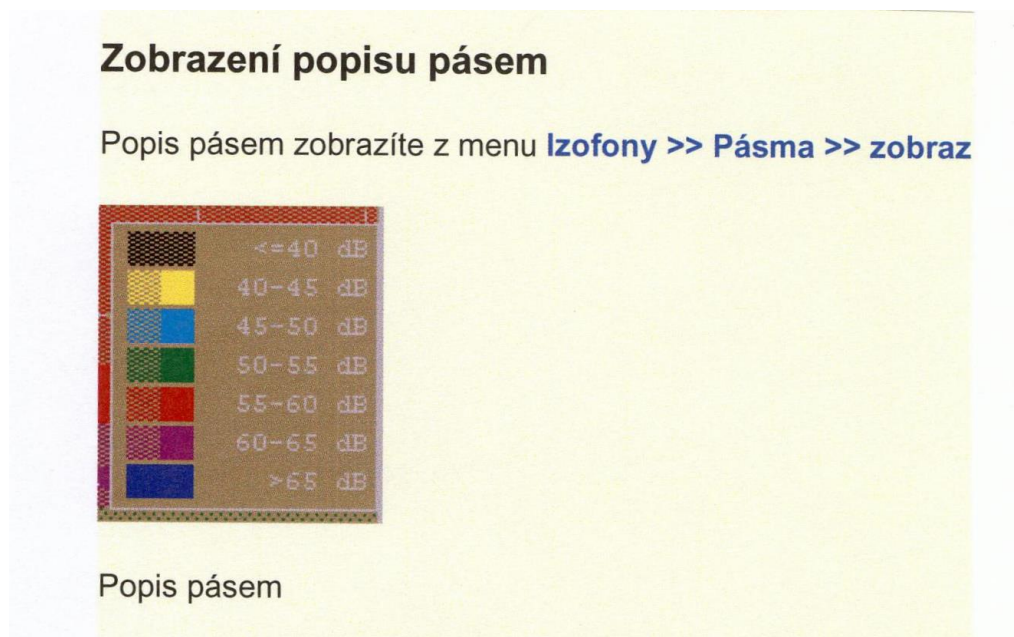
Z možných SW podpor, ve kterých lze hluk z výstavby vizualizovat a hodnotit, jako je SW LIMA, CadnaA, Hluk Plus, vybrán Hluk plus [41], studentská licence na ústavu TST a to verze 9.15, která zohledňuje "Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb" [17]

Lze zde na základě mapového podkladu lze provést verifikaci souřadnic a zjišťovat v nastavených modelech hladiny akustického tlaku vytvářeného polem akustických vln, dopadajících na fasády stavebních objektů. Výsledkem uplatnění uvedeného postupu pro místo příjmu (MP) je hodnotící hladina $L_{Aeq MP}$, která se porovnává s požadavky NV 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. [4]

Cílem je pro konkrétní zvolené body prokázat hladinu akustického tlaku zvuku. Orgány ochrany veřejného zdraví tuto veličinu závazně vyžadují pro dopad na fasádu posuzované stavby, nicméně v případě potřeby může být modelováno a měřeno i pro body volené na sociálních objektech zařízení stavenišť, a v místech dlouhodobého sdružování osob na staveništi.

Pro účely hlukových studií je nutno uvažovat tyto mechanismy jako zdroje hluku bodové, běžná míra pohybu stroje na staveništi nezakládá předpoklad k hodnocení zdrojů jako liniových.

Uvedená SW podpora umožňuje vizualizaci akustické situace území pomocí pětidecibelové škály pásem izofon.



Obr. 4.7.1 Úrovně jednotlivých izofon jsou v SW určeny barevnými pásmy [41]

4.8 Návod pro obsluhu SW Hluk plus pro specifika modelování hluku ze stavební činnosti

Z možností uvedeného SW pro modelování staveništního hluku využijeme jen některé funkce. Pro jednoznačnější určování měřících míst se často pojem chráněný venkovní prostor staveb označuje jako chráněná fasáda budov.

Příloha 1 této práce obsahuje přehledný návod, ve kterém je pro níže uvedené kroky potřebného postupu modelování určuje formu vložení s odkazem na konkrétní SW nástroj, potřebný podklad s rozhodnými informacemi a definici získaného výstupu potřebného pro další krok modelování.

Potřebné kroky modelování v Hluk plus:

- Otevření SW produktu
- Výběr a vložení bitmapových podkladů
- Kontrola nastaveného měřítka
- Vynesení stávajících objektů: objekty s chráněnou fasádou = místa příjmu, objekty mezilehlé a s fasádami orientovanými přes volné pole ke zdroji hluku
- Vynesení pohltivých ploch: keře, stromy, pole
- Úprava terénu a kontrola nastavení v řezu
- Definování bodových zdrojů hluku
- Definování linií měření -v případě uličních linií, kdy nelze s jistotou určit, ve kterém místě bude nejvyšší hodnota
- Definování bodů měření - v případě konkrétních jednotlivých oken chráněných fasád, nutno zadat výšku měřeného bodu

-
- Zadání hodnot z měření hlukoměrem -pokud je modelována již situace probíhající stavby
 - První výpočet
 - Zobrazení pětidecibelových barevných izofonních pásem a tabulky bodů
 - Zobrazení pětidecibelových barevných izofonních pásem v řezu
 - Možnosti editace zdrojů a měřených bodů
 - Druhý výpočet
 - Vložení přímých akustických překážek na mezi zdroj a nadlimitní místo měření
 - Vložení alternativních akustických překážek na mezi zdroj a nadlimitní místo měření
 - Třetí výpočet (případná editace akustických překážek s novým výpočtem až do splnění hlukové limity)

Velmi důležitý je výběr a vložení tzv. bitmapových podkladů, jedná se o elektronický výkres či podklad, který se spojí s měřítkem SW podpory.

Může to být mapa situace stavby a zařízení staveniště, možno použít podklad v PDF, DWG převeden do JPG – podkladem může být výkres s podrobným vyznačením poloh stavební mechanizace ale i výkres nosných konstrukcí z projektové dokumentace, udává-li nám lépe potřebné polohy mechanizací přímé vynesení a okótování realizovaných konstrukcí. Nutná je však znalost a ověření měřítko výkresu či mapy.

Mapový podklad také nutno uložit do stejného adresáře jako soubor se zadáním Hluku plus a mít ho dostupný při každém modelování aktualizovaného zadání.

Po správném spárování podkladu s mřížkou SW podpory je nutné zanechat všechny akusticky významné objekty do zadání, aby byly výpočtem zohledněny jak pro možnou pohltivost, odrazivost či funkci přirozené překážky v paprsku zvuku. Obrysy nutno pečlivě vynést, výšky budov zadat správně. Je zde umožněno vkládání asymetrických objektů i zeleně.

V případě, že se jedná o složitější terén, je třeba pečlivě rozvážit, jaká úroveň je pro nás „nulová“, abychom správně vynesli výšky zdrojů a výšky bodů měření.

O zadání správné polohy zdroje hluku rozhodne volba polohy stroje v zadaném podkladu. Vycházíme z možností zařízení staveniště, s ohledem na tvar, napojení a umístění komunikací, skládek, zásobovacích a obslužných tras, definování trajektorií pohybu všech mechanismů, referenčních poloh jak strojů, které se na staveništi během pracovní směny pohybují, tak zdrojů pevných, jako např. věžový jeřáb. Zde se již projeví znalost technologických předpisů, bezpečnostních odstupů, sledu činností a potřebnosti skutečně souběžného zapojení konkrétních mechanizací při stavebních procesech.

Definování bodových zdrojů hluku znamená označit takové polohy stroje, které jsou pro akustickou situaci prostoru významné, obvykle v nejbližší technicky možné poloze směrem k místu měření na chráněné fasádě. Pro stavební stroje je vhodné označit ve výběru tzv. průmyslový zdroj samostatný. V případě potřeby lze v modelování editovat zadané zdroje tak, že některé z nich tzv. vypneme a můžeme tak zjistit, co se stane s akustickou situací staveniště. Pokud provádíme toto testování, musí být možnost vypnutí realizovatelná při výstavbě. Jedná se například o situace, kdy ze sestavy dozer, nakladač, nákladní auto, vypneme zdroj nakladač a auto u testování zdroje dozer, tato strojní sestava skutečně umožňuje oddělit snímání a odvozy ornice do samostatných cyklů.

Pokud tentýž stroj, jakožto zdroj hluku se v průběhu pracovní směny pohybuje a my testujeme jeho vliv na bod dopadu v různých v krajních polohách, je třeba, aby byl zapnut pouze v jedné z možností polohy, jinak by bylo modelováno jako dva různé souběžně pracující stroje.

Definování měřených bodů na přilehlých fasádách objektů chráněné zástavby by mělo odpovídat požadavky NV 272/2011 Sb. nebo oprávněnému požadavku technického měření v daném místě pro posouzení naměřených a limitních údajů platné legislativy (práce den, večer, noc). [4]

Smyslem modelování je zjištění výsledné hodnota hladiny akustického tlaku v místě měření a porovnání s hygienickým limitem. V případě, že jsou hodnoty nadlimitní, upravujeme model editováním vstupů pro zjištění, jakou realizovatelnou úpravou lze docílit nižších hodnot.

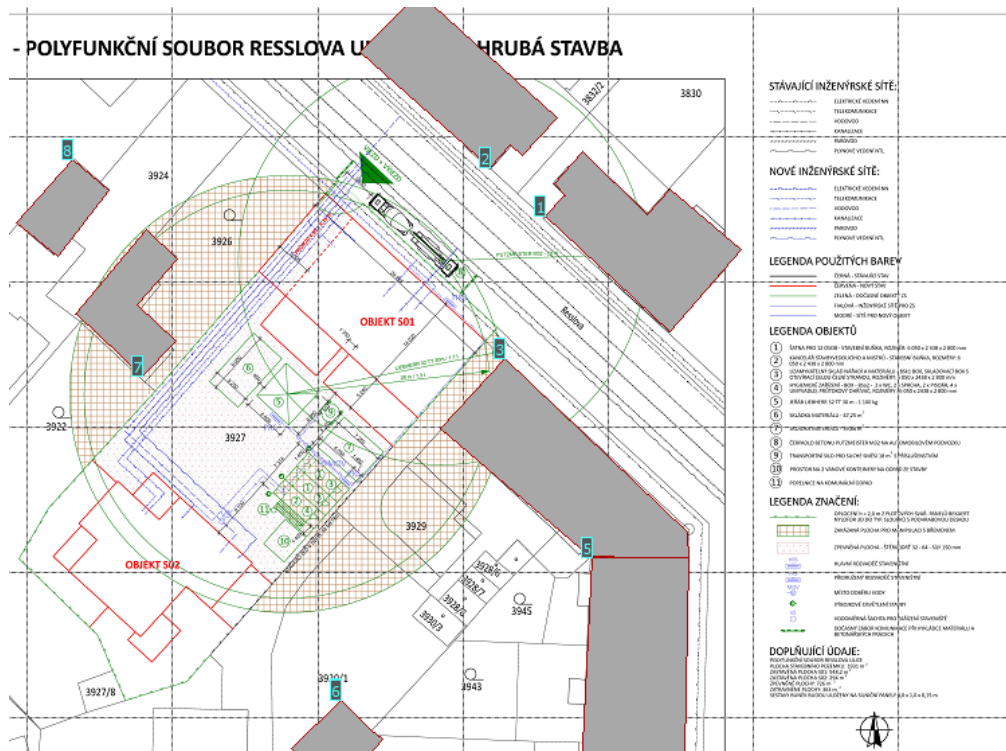
S odkazem na kapitolu 3.2 a Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., přičteme-li k základní hodnotě limity hodnotu korekce pro hluk ze stavební činnosti, pro problematiku řešenou v této práci získáváme hodnotící hodnoty hluku dle tabulky 4.8.1.

Tab. 4.8.1 Hygienické limity hluku ze stavební činnosti [4]

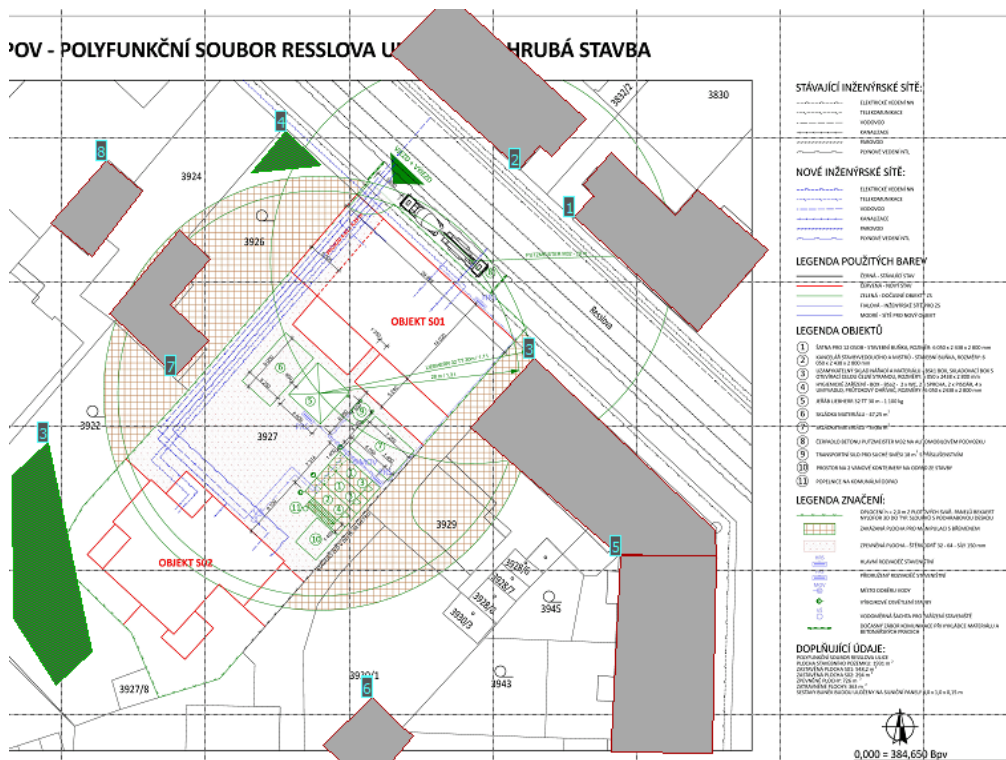
Druh chráněného prostoru	Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A L Aeq, s (dB) pro posuzovanou dobu			
Chráněný venkovní prostor staveb	6 - 7 hod.	7 - 21 hod.	21 - 22. hod.	22 - 6 hod.
	60	65	60	45 Obvykle se noční práce se stroji neuvažuje

Abychom mohli pracovat, musíme znát hodnotu akustického výkonu nebo hladinu akustického tlaku v určité vzdálenosti pro posuzovaný zdroj, které je nutno odečíst z produktových listů výrobců stavebních strojů. (viz. **příloha č.2,3,4,5,6,7**)

Vložení domů je nutné pro linie chráněných fasád pro chráněný venkovní prostor staveb, ale i dalších domů či objektů, stejně tak je nutné vložit zeleň.

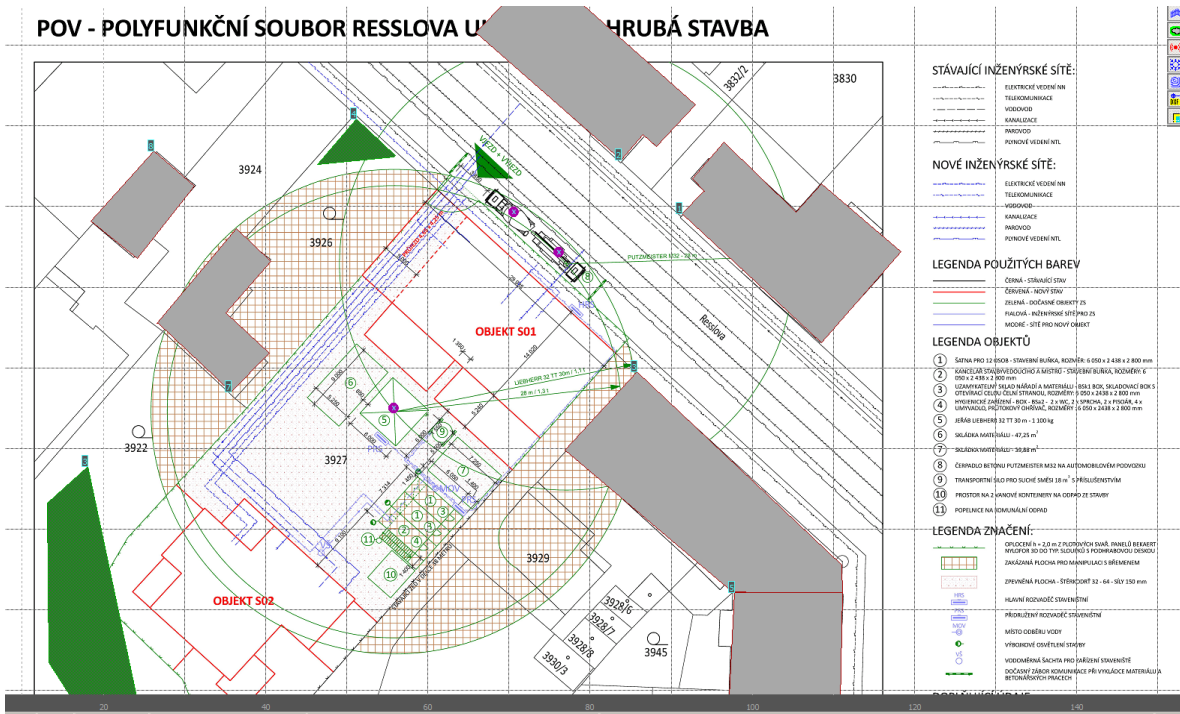


Obr. 4.9.3 Vložení akusticky významných objektů a měřených fasád do SW podpory

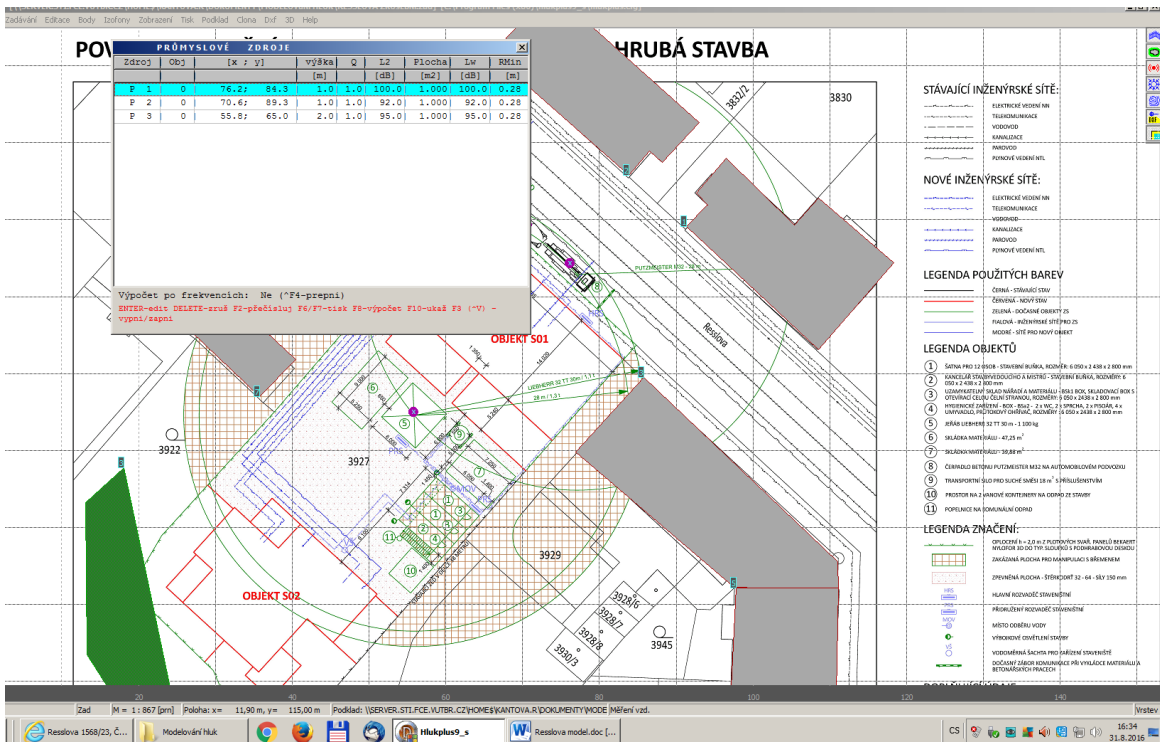


Obr. 4.9.4 Vložení akusticky významných objektů zeleně do SW podpory

Následně označíme zdroje hluku v současně zapojených sestavách.

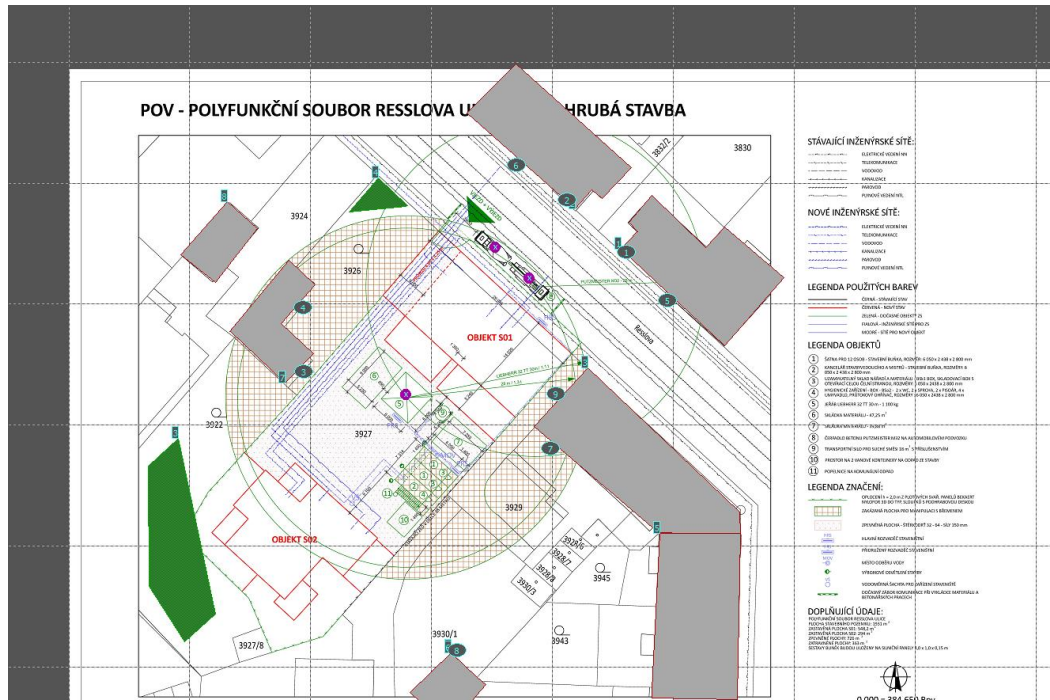


Obr. 4.9.5 Vložení stavebních strojů jak zdrojů hluku do SW podpory

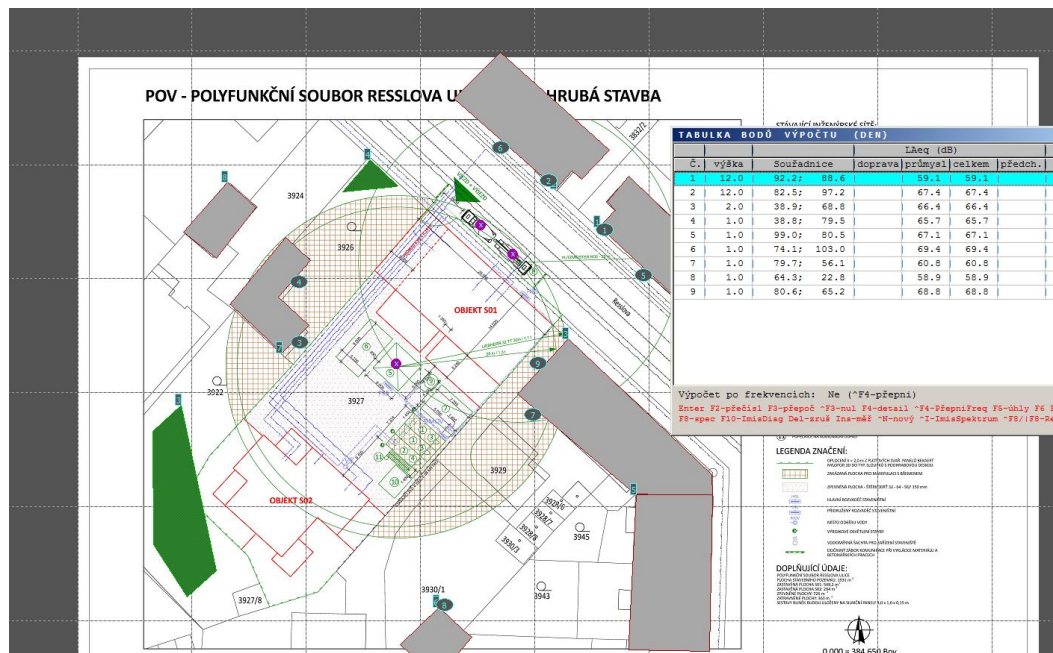


Obr. 4.9.6 Vložení zadané zdroje hluku do SW podpory s tabulkou zdrojů a ovládacími prvky SW podpory

Poté následuje definování bodů měření.

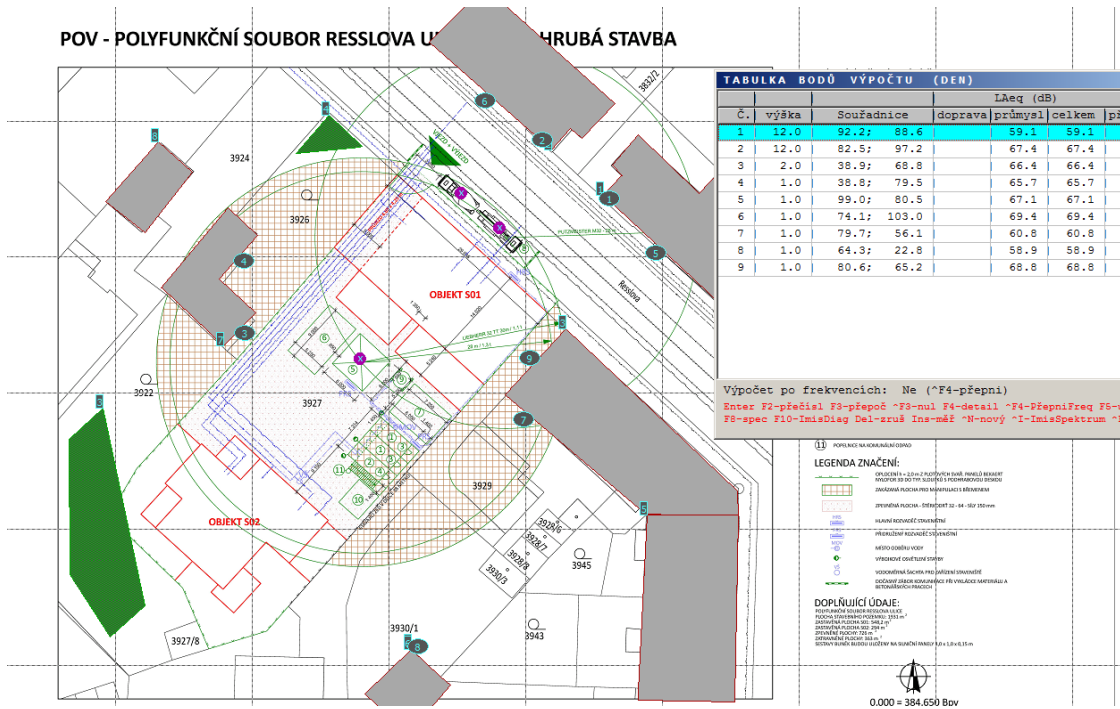


Obr. 4.9.7 Vložené body měření chráněných fasád do SW podpory s tabulkou zdrojů

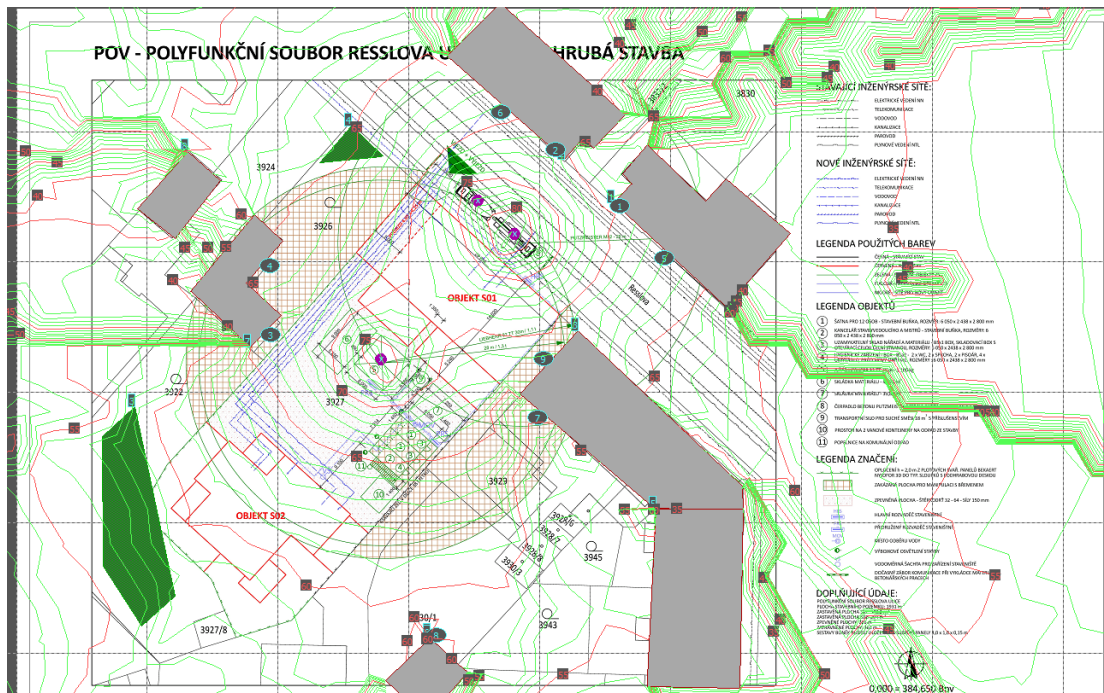


Obr. 4.9.8 Vložené měřicí body do SW podpory s tabulkou naměřených hodnot

Limitní hodnota pro den 7 – 21 hod je 65 dB, překročena je v bodě 2,3,4,5,6,9.

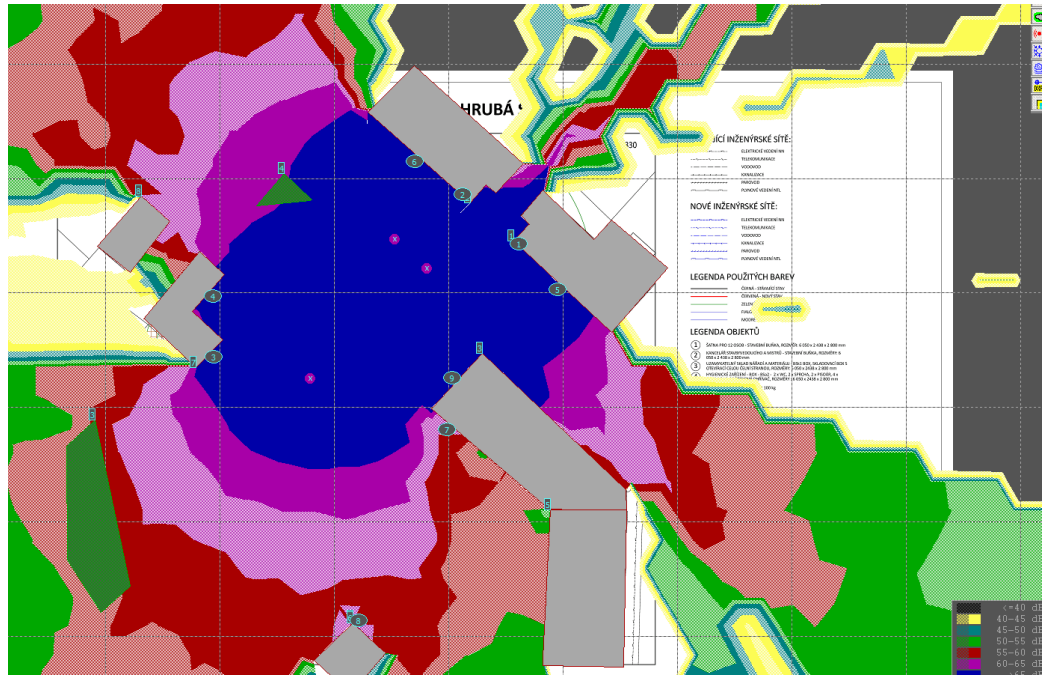


Obr. 4.9.9 Vyhodnocení nadlimitních hodnot měřicích bodů pro případné editace



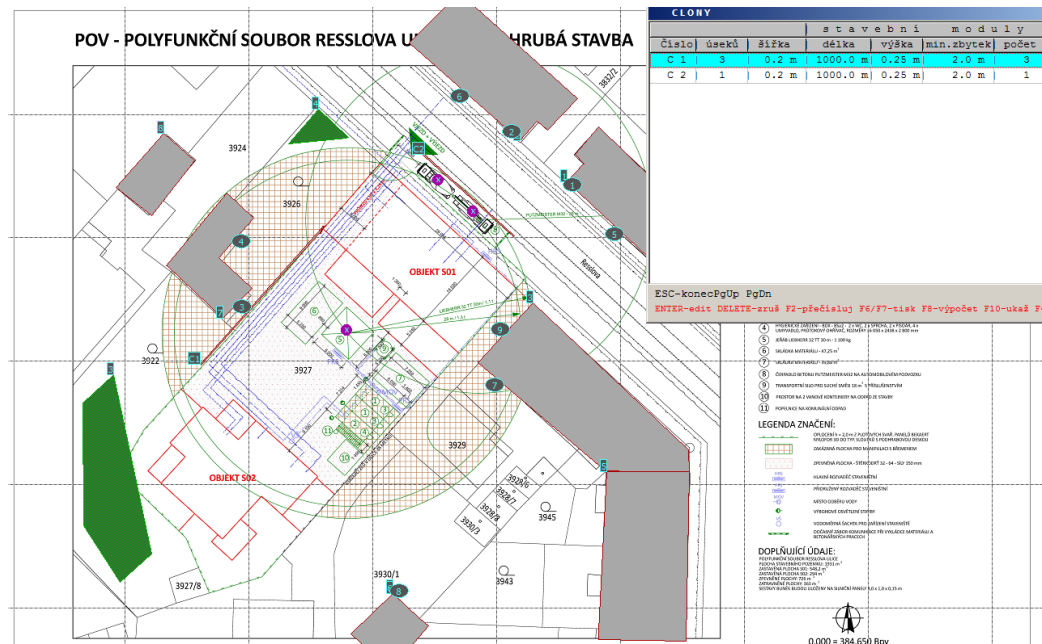
Obr. 4.9.10 Vizualizace izofon případové studie - funkce Izofony zobraz

Je třeba rozlišit vizualizace pomocí funkce Izofony zobraz nebo Pásma zobraz



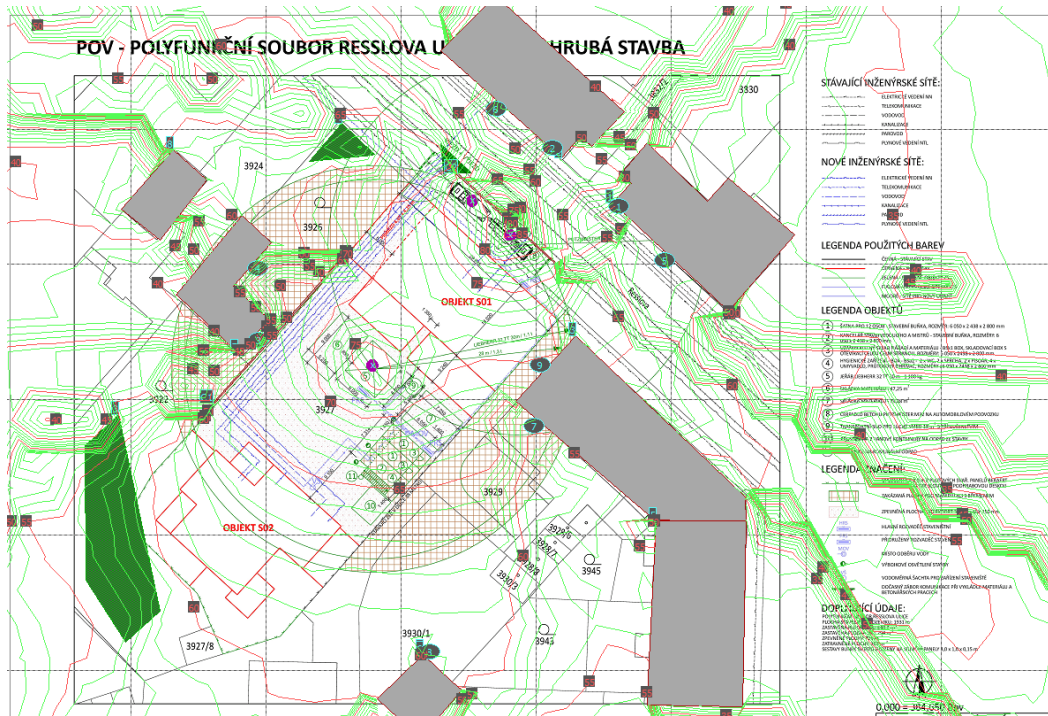
Obr. 4.9.11 Vizualizace izofon případové studie - funkce Pásma zobraz

Z vizualizace vyplýne ideální poloha pro zadání dvou clon, které by mohly vyřešit akustickou situaci.

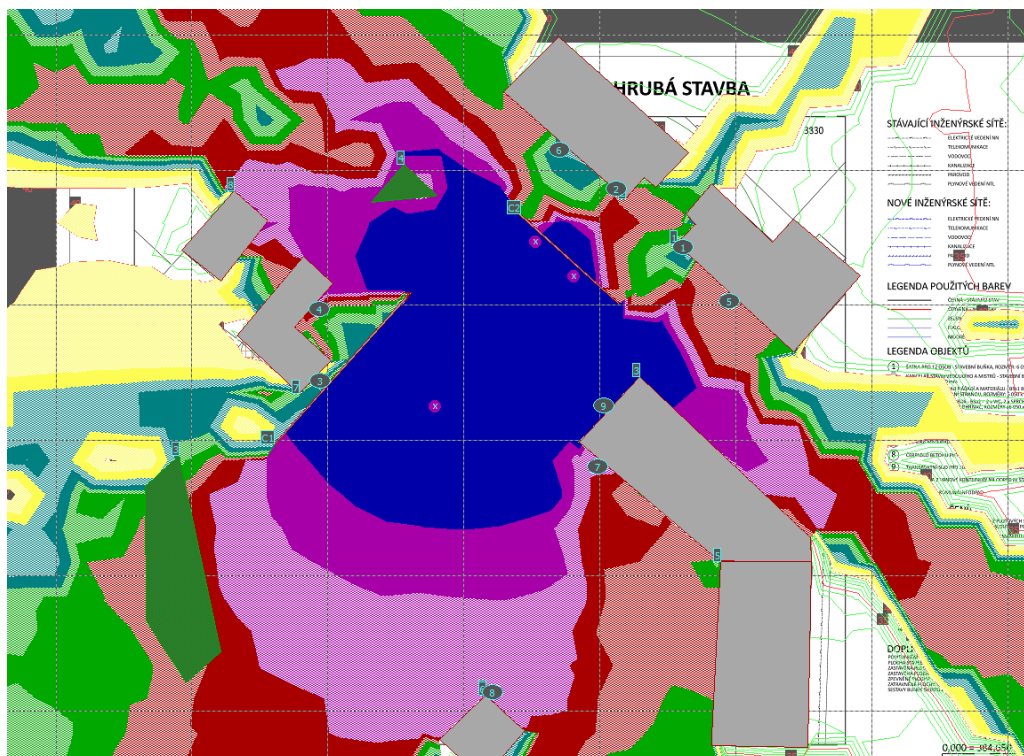


Obr. 4.9.12 Vložené měřící body do SW podpory

Efekt lze rychle odhadnout dle vizualizace pomocí funkce Izofony zobraz nebo Pásma zobraz, změnu v měřících bodech ukáže tabulka hodnot.

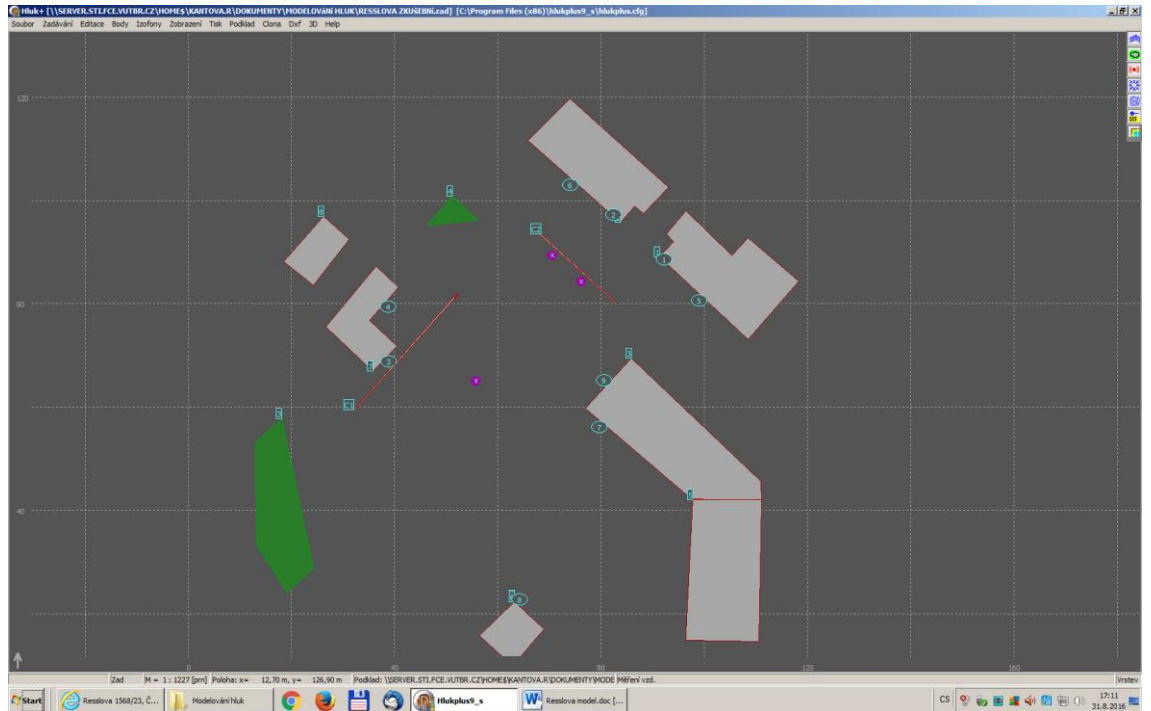


Obr. 4.9.13 Vizualizace izofon případové studie s vloženými clonami - funkce Izofony zobraz



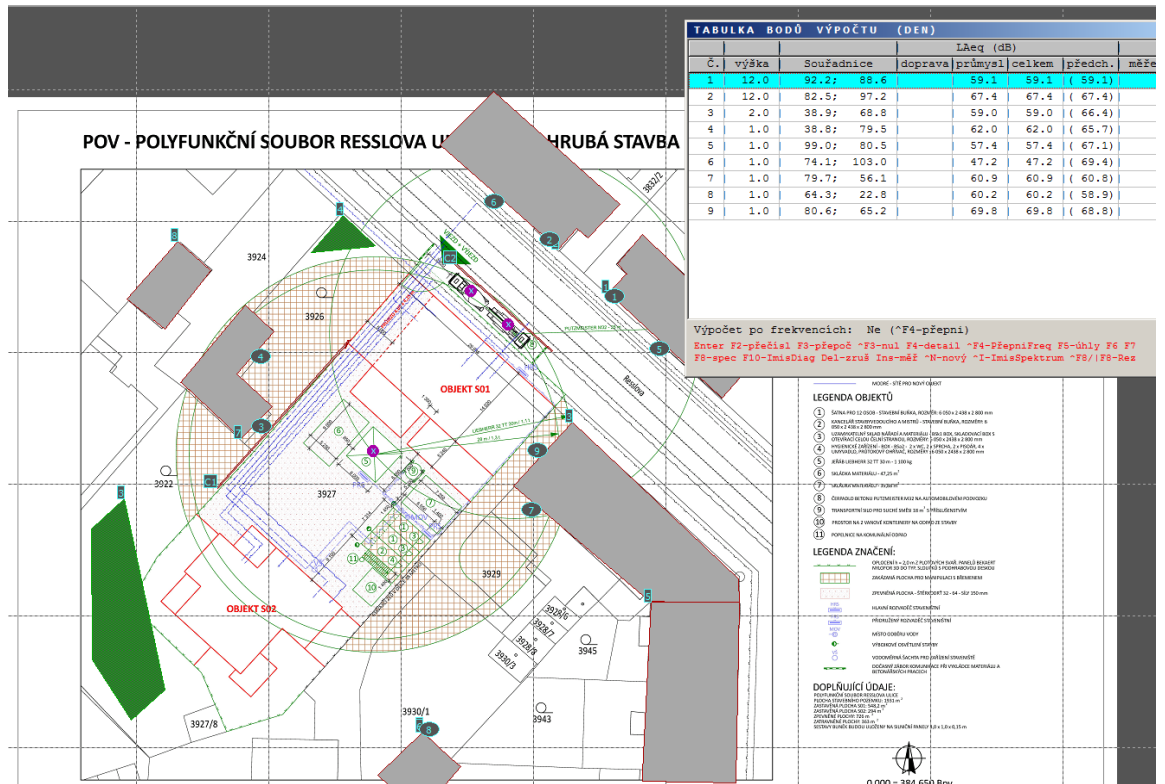
Obr. 4.9.14 Vizualizace izofon případové studie s vloženými clonami - funkce Pásma zobraz

Pro možnost editací a přehledné práce lze využít možnosti samostané práce s objekty s potlačením bitmapového podkladu jako na obrázku 4.9.15.

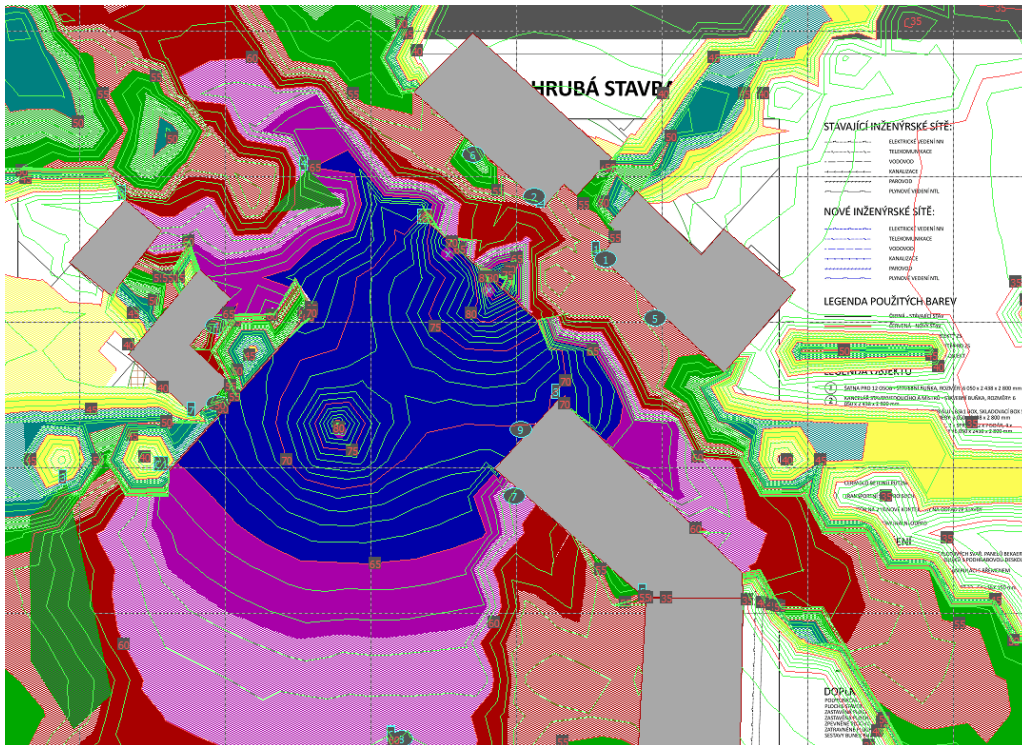


Obr. 4.9.15 Vizualizace všech akusticky významných objektů bez spráženého podkladu

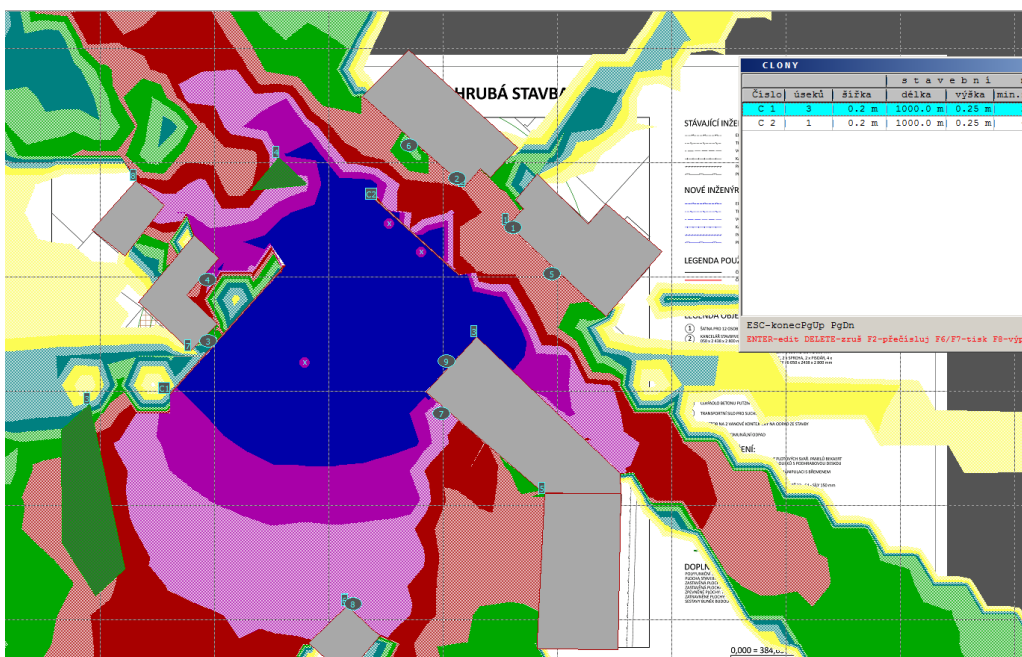
Pokud navržené řešení nedostačuje pro získání podlimitních hodnot, je nutné zkoušet editovat vložené objekty a protihluková opatření opakovaně.



Obr. 4.9.16 Úprava parametrů objektů – clony č.2



Obr. 4.9.17 Vizualizace izofon i pásem případové studie s vloženými clonami po editaci



Obr. 4.9.18 Vizualizace pásem případové studie s vloženými clonami po editaci s tabulkou clon

4.10 Možnosti snižování staveništního hluku

Výběr stavebních strojů

Trh nabízí širokou škálu strojů, jejich výběr pro danou investici je dán zejména ekonomickými možnostmi a dostupností daného stroje. V případě splnění těchto limit pak výběr postupuje dle technických požadavků na pracovní nástroj stroje, jeho kapacitu, výkon nebo například podvozek, individuálně dle potřeby. Při výběru stroje je nutné zohledňovat jeho hlukovou dominanci, v případě, že bychom platili drahý stroj jen proto, abychom docílili nejvyššího výkonu pro daný proces, se nám nezúročí, pokud bude jeho hluk nadlimitní a stroj bude mít omezenou dobu práce pouze na část směny. Pak by bylo výhodnější vzít stroj méně výkonný a levnější. Toto posouzení je nutné prioritně zahrnout do optimalizace při výběru strojů.

Obsluha stavebních strojů

Pokud u oblastí s potencionálním rizikem nadlimitního hluku ze stavební činnosti máme vyřešen problém s technickými parametry a optimálním výkonem, je třeba také vyžadovat na staveništních průběžnou technickou péči o stroje. Zejména v oblastech měst je potřeba pracovat s vybranými mechanismy v první polovině jejich životnosti a nepracovat zde se stroji, které nemají řádně seřízené motory.

Nutné je žádat protihluková opatření strojů u výrobců, jedná se o odhlučnění motoru nebo tlumičů, u beranidel lze požadovat přídavné zvukoizolační opláštění, takováto mechanizace je inzerována jako tzv. odhlučněná. Je třeba dodržovat technickou péči o stroje, jako je údržba, provoz, opravy. Zejména seřizovat vstřikovací trysky motorů, palivového a vstřikovacího čerpadla, kontrolovat čističe nasávaného vzduchu.

Možnosti střídavého zapojení strojů a strojních sestav

Jedná se o možnosti vyřazování jednotlivých strojů ze souběžné činnosti s ostatními stroji, pokud příspěvek tohoto stroje je důvodem překročení hlukové limity. Toto střídání musí být technologicky možné. Jako příklad lze uvést možnou strojní sestavu pro snímání ornice, kdy pro větší objemy snímání lze mít na místě v chodu jak dozer, tak nakladač, tak nákladní auto. V případě potřeby zde však není jejich činnost v souběžném chodu bezpodmínečně nutná a lze jejich činnost řadit postupně. Může pracovat sám dozer, až sejme ornici, nastupuje nakladač, až naloží nákladní auto, pak teprve auto odjíždí. V časovém modelování se tyto vazby označují jako vazba K-Z, tedy KONEC – ZAČÁTEK, konec jedné činnosti podmiňuje začátek jiné. Pro účely předvýrobní a výrobní přípravy se s časovým plánováním běžně pracuje a v podpůrných SW produktech, jako je SW CONTEC nebo Microsoft Projekt, lze toto zohlednit.

Je potřeba si uvědomit, že to, že stroje na staveništi „jsou“, neznamená ještě, že také „souběžně pracují“, v případě uvedeného nákladního auta hraje roli zapnutí motoru.

Změny technologických procesů

Stejně stavební dílo lze získat různými technologickými postupy. Výsledný železobetonový skelet může být například získán jako montovaný nebo jako monolitický, jedná se o různé technologie s různými potřebnými stavebními

stroji. Je ale třeba se zaměřovat na akusticky dominantní procesy, zejména těžby zemin, kde je možné vybírat z celé řady strojních kombinací a také procesy při realizaci hlubinných základů. Tady lze nahradit jednu technologii jinou, například nahrazení beraněných pilot vrtanými, hlučná výroba bednění z řeziva je již dlouhodobě nahrazována dodávkami systémových bednění.

Aktivní opatření na cestách paprsku zvuku, protihluková stěna

Aktivním opatřením je pořízení cílených konstrukcí, jako je umělá protihluková stěna, speciální protihlukový kryt. Tyto opatření jsou však již samostatně financovány a v případě, že nebyly plánovány, snižují dodavateli přepokládaný zisk.

Jako protihlukovou clonu lze využít i vhodně zvolené oplocení staveniště.

U protihlukových stěn konstruovaných způsobem jako na obr. 4.10.1 je nedostatkem otvor mezi betonovými základy pro stěny a spodní hranou stěny. Dochází tedy k částečnému „průtoku“ hluku do stíněného prostoru. Nutností funkčnosti je dostatečná kompaktnost. V konstrukcích clon nemají být otevřené otvory. Správné provedení ohrazení funkční clonou je patrné z obrázku 4.10.2.

Pasivní opatření na cestách paprsku zvuku

Neexistuje-li pro výkon stroj s nízkou hlučností, nebo pro dodavatele pro danou stavbu není k dispozici, je nutno zvolit pasivní opatření, překážku. Při šíření může hluk překážkou pronikat, být odražen, pohlcen, nebo překážku obejít. Proto pro docílení účinnosti zvolené překážky nutno provést výpočet, případně modelování celé situace v kontextu zdroje hluku i okolního terénu. Akusticky účinnou překážkou může být terénní zářez, zemní val, opěrná zeď, pás keřů, linie stromů.

Protihlukovou bariérou mohou být i staveništní skládky materiálů či dílců. Stejně tak lze vytvářením plánovaných akustických zemních valů pracovat s objemy vytěžených hornin a v průběhu výstavby vyrovnávat bilance násypů a výkopů. Je však třeba brát v úvahu omezení jejich rozměrů vyplývajících z technických a bezpečnostních norem či ze smyslu účelu dodávky.

Zdroj hluku lze dislokovat do vhodných prostor zejména u rekonstrukcí. Tam lze hlukově náročné mechanismy, jakými jsou například kompresory uzavřít do obestavěných prostor v rekonstruovaném objektu. Při kompaktním obestavění lze předpokládat snížení hluku až o 20 dB, jak inzerují akustické laboratoře. Nicméně hlukem neseným přímo v objektu se tato práce nezabývá.



Obr. 4.10.1 Protihluková stěna mobilní s otvory, které umožňují částečné vnesení hluku



Obr. 4.10.2 Protihluková stěna mobilní kompaktní, bez možnosti částečného vnesení hluku



Obr. 4.10.3 Výkres zařízení staveniště s vhodně umístěnou protihlukovou stěnou (Centrum podpory humanitních věd CARLA, Filozofická fakulta MU) [61]



Obr. 4.10.4 Realizace protihlukové stěny (Centrum podpory humanitních věd CARLA, Filozofická fakulta MU) [63]

5 Stanovení hodnot hlučnosti strojů a strojních sestav

Pro možnost predikce budoucího hluku na staveništích je nutné znát zdrojové hodnoty hlučnosti strojů zapojených při realizaci stavby. V případě, že ještě neznáme přesné stroje, může být pomocí pro orientační předvídání hluku pásmo dané minimem a maximem, do kterého bude spadat budoucí hlučnost vzhledem k dané technologii při realizaci objektů.

Pro tyto účely jsem zpracovala **přílohy 2,3,4,5,6,7,8**, ve kterých lze najít zdrojové hodnoty hlučnosti stavebních strojů L_{WA} .

Níže uveden podrobný postup při práci s daty.

5.1 Pořízení dat akustických výkonů strojů

Směrnice 2000/14/ES obsahuje ustanovení týkající se emisí hluku zařízení, které jsou určena k použití ve venkovním prostoru. Na základě této směrnice jsou u všech zařízení definovány garantované hodnoty akustického výkonu, případně akustického tlaku. Tato směrnice udává zásady při certifikaci a dovozu strojů, způsoby hodnocení jednotlivých skupin a definuje názvosloví strojů a zařízení, neuvádí však přesné hodnoty jednotlivých L_{WA} strojů. Stanovení L_{WA} je povinností výrobce.

Hodnoty L_{WA} nejsou obvykle volně dostupné, nebývají často součástí základního technického listu, který je zveřejňován, ale až v části návodu k použití, vyhledání pomocí internetového vyhledavače na stránkách dodavatelů či výrobců nezaručuje úspěch. Někdy lze nalézt na stránkách dodavatelů jiných evropských zemí, nejpraktičtější je přímé oslovení výrobců nebo dovozců zařízení. Ti mohou poskytnout úplnou technickou dokumentaci k zařízení. Jedná se o zdoluhavé získávání podkladů, které může čas pro zpracování hlukové studie například o šesti dominantních strojích protáhnout o několik týdnů.

Komunikace s výrobcem a provozovatelem strojní mechanizace pro získání certifikovaných hodnot hladin akustického výkonu stavebních strojů L_{WA} (dB) pro stroje, jejichž návody k použití nelze získat na tuzemském či zahraničním webu je zdoluhavá, někdy je možné odečíst hodnotu ze štítku stroje, ke kterému máme možnost se fyzicky dostat.

Pozor na odečítání správných hodnot z produktových listů výrobců stavebních strojů. Abychom mohli pracovat, musíme znát hodnotu akustického výkonu nebo hladinu akustického tlaku v určité vzdálenosti pro posuzovaný zdroj, může být uveden jak akustický výkon stroje L_{WA} , tak akustický tlak L_{pA} .

Obvykle bývají na technických listech strojů uvedeny dvě hodnoty, hlučnost vnitřní a vnější.

Hlučnost vnitřní je hlučnost v kabině řidiče, kterou je nutno u stavebních strojů inzerovat v souvislosti s požadavky na tzv. pracoviště. Pro účely staveništního hluku se jedná o odečet hodnoty hlučnosti vnější.

Například pro stroj rypadlo-nakladač CASE 590 Super R Series 3 by se jednalo o hodnoty hlučnosti:

Vnitřní (L_{pA}).77 dBA, Vnější (L_{WA}).103 dBA

HYDRAULICS

Type of pump _____ Gear _____
 Number of bodies _____ 2
Maximum flow _____ 160 l/min
 Maximum pressure level _____ 210 bar

mirrors to reduce stoppage time.

NOISE

Internal (LpA) _____ 77dB(A)
 External (LwA) _____ 103 dB(A)



SPECIFICATIONS

580 SUPER R+ SERIES 3 (TIER 3)

Obr. 5.1.1. Příklad produktového listu stroje CASE 590 Super R Series 3 s uvedením hlučnosti stroje

Pro rychlejší orientaci jsem pro vás zpracovala tabulku akustických výkonů stavebních strojů v **příloze 2 a 3**, kde je uveden výpočet hladin akustického tlaku stavebních strojů: přepočítání L_{WA} na L_{PA} pro činitel směrovosti $Q = 1$ a výpočet hladin akustického tlaku stavebních strojů: přepočítání L_{WA} na L_{PA} pro činitel směrovosti $Q = 2$ včetně přepočtu pro hodnoty ve zvolených odstupových vzdálenostech až do 70 metrů, kdy již z rozsahu hlučnosti stavebních strojů se dostáváme do bezpečných vzdáleností, kdy L_{PA} již nebude nadlimitní. Hodnoty L_{WA} uvedené v tabulkách jsou hodnoty certifikované a získala jsem je kombinací výše uvedených způsobů:

- Odečtem z technických listů jednotlivých strojů – elektronicky z webu tuzemských dovozců
- Odečtem z technických listů jednotlivých strojů – elektronicky z webu dovozců zemí EU
- Odečtem z technických listů jednotlivých strojů – elektronicky z webu výrobců
- Odečtem z technických listů jednotlivých strojů – tištěné katalogy provozovatelů, dovozců, ČR, EU
- Odečtem z návodů k použití jednotlivých strojů – elektronicky z webu tuzemských dovozců
- Odečtem z návodů k použití jednotlivých strojů – elektronicky z webu dovozců zemí EU
- Odečtem z návodů k použití jednotlivých strojů – elektronicky z webu výrobců
- Odečtem z návodů k použití jednotlivých strojů – tištěné katalogy provozovatelů, dovozců, ČR, EU

- Odečtem certifikovaných hodnot užívaných akustickými laboratořemi
- Odečtem ze štítků strojů na stavbách
- Výpočtem dle přílohy č. 1 Nařízení vlády č. 9/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku

Následně byly tyto hodnoty využity pro získání hodnot v určených místech dopadu takto:

- Výpočtem dle základních vzorců akustických vztahů pro přenos zvuku, vztah mezi hodnotou hladiny akustického výkonu a hodnotou hladiny akustického tlaku
- Výpočtem dle základních vzorců akustických vztahů pro přenos zvuku, vztah pro hodnoty hladin akustického tlaku pro souběžně pracující kombinaci zdrojů a vztah mezi hodnotami hladin akustického tlaku v různých vzdálenostech od těchto zdrojů

Pro definování zdrojů hluku jako celku je v teorii akustiky uvažována zásada, že více zdrojů může být uvažováno jako jeden zdroj, pokud vzdálenost mezi nimi je menší než 1/10 vzdálenosti od vyšetřovaného místa, což je důležitá zásada pro použití dat.

5.2 Přístup ke zpracování dat z hlediska pravděpodobnosti a statistiky

Pro účely obeznámení, možnosti odečtu, výpočtů a zejména modelování co nejpřesnějších případových studií jsem shromáždila přes **600 hodnot akustického výkonu strojů L_{WA} uvedených v příloze č. 4,5,6,7.**

Tyto stroje jsem zařadila do skupin dle typologie výrobních řad – podskupiny **modré** množiny a do skupin dle jak typologie výrobních řad, tak i využití pro procesy – označeno jako **hnědé** množiny.

Identifikace stroje je zpřesněna jak typovým číslem, také označeným výrobcem či dovozcem a uvedením nejsilnějšího technického ukazatele pro výběr, tím je parametr velikosti pracovního nástroje, kapacita, výkon, pohon, kW výkonu motoru, druh podvozku, nastavba atd.

Z těchto skupin a nadskupin jsou následně vybrány kombinace typických strojních sestav hlavních procesů pozemní výstavby.

Jistě existují i další stroje, jejichž L_{WA} v uvedené tabulce není zařazeno a proto je potřeba správně zpracovat střední hodnoty, se kterými lze dále pracovat. Je třeba posoudit relevanci skupin vzájemně a rozložení hodnot ve skupině, tedy vzájemná vzdálenost dat v používaném souboru.

Vypovídající hodnotou srovnatelnosti skupin je pro směrodatná odchylna, která se vyznačuje tím, že má z uvedených charakteristik variability stejné jednotky jako hlavní znak, v našem případě tedy dB. S hodnotou rozptylu nebo absolutní odchylky nelze věcně pracovat.

Shromážděný vzorek je statistickým souborem dat, je dělen na skupiny i podskupiny s uvedenými hodnotami L_{WA} a to tak, aby byly jednotlivé statistické

soubory přibližně stejných charakteristik jak matematických, tak stavebně – technologických.

Pro rozdělení byla zvolena následující struktura provázející další přehledy **modrých podskupin** a **hnědých skupin v přílohách 5,6,7,8.**

STROJE PRO VRTÁNÍ A PILOTOVÁNÍ

- Vrtné soupravy
- Beranidla
- Jádrové vrtání

STROJE A ZAŘÍZENÍ K BOURÁNÍ OBJEKTU

- Kombinované stroje
- Závěsná hydraulická kladiva
- Demoliční pneumatická kladiva ruční
- Demoliční kladiva ruční hydraulická a benzínová
- Vrtací kladiva a rozbrušovací pily

DOZERY

- Pásové dozery
- Kolové dozery
- Kompaktory

RYPADLA A NAKLADAČE

- Bez rozlišení - používané v akustických studiích
- Pásová rýpadla mini 0,9-9 tun
- Pásová rýpadla 12-40 tun
- Pásová rýpadla 45-90 tun
- Pásová rýpadla s prodlouženým dosahem (SmartBoom)
- Kolová rýpadla 16-22 tun
- Smykem řízené nakladače kolové
- Kolové nakladače do 30 tun
- Kolové nakladače nad 30 tun
- Pásové nakladače
- Smykem řízené nakladače pásové
- Stroje pro manipulaci s materiálem - rýpadlonakladače a kolové stroje

GREJDRY

SKREJPRY

STROJE PRO VERTIKÁLNÍ DOPRAVU

- Věžové jeřáby
- Autojeřáby, teleskopické manipulátory, paletizační vidle, výtahy

NÁKLADNÍ AUTOMOBILY, ČERPADLA, DOMÍCHÁVAČE STROJE A ZAŘÍZENÍ PRO DOKONČOVACÍ PRÁCE

- Mobilní kompresory
- Rozbrušovací pily
- Pily stolové, blokové, obkladačské a řezače spár

ZAŘÍZENÍ NA ZHUTŇOVÁNÍ BETONU

- Ponorné vibrátory pro střední až vysokopecní beton
- Multifunkční ponor. vibrátory s efektem rychlého vytlačení bublin
- Ponorné vibrátory pneumatické
- Ponorné vibrátory vysokofrekvenční
- Vibrátory s nastavitelnou odstředivou silou
- Hladičky na beton a vibrační lišty

ZAŘÍZENÍ PRO HUTNĚNÍ ZEMIN

- Vibrační desky jednosměrné
- Vibrační desky pro písek, štěrk, tmely a asfalty
- Vibrační desky obousměrné pro písky, štěrky, zámkovou dlažbu
- Hutnicí pěchy a vibrační válce

ZDROJE ENERGIE

- Agregáty benzinové, elektrické
- Generátory, elektrocentrály, záložní zdroje

Uvedené rozdělení se jeví jako vhodné z hlediska:

- množství pořízených dat L_{WA} ,
- kategorizace, kterou nabízejí výrobci,
- množin akustických výkonů souvisejících s pohony strojů
- technického rozdělení (podvozky, nástavby...)
- technologického rozdělení,
- možností kombinací v technologických sestavách

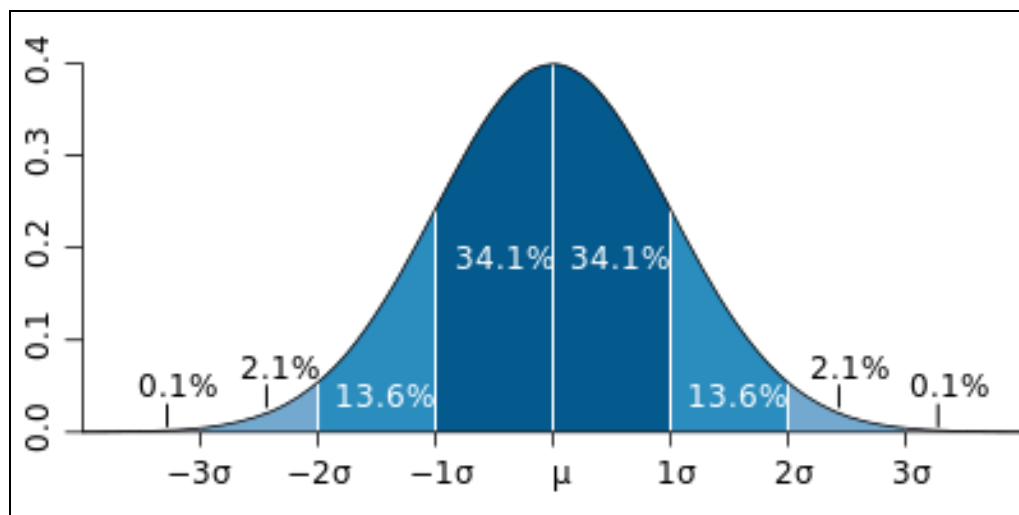
Jedná se o navržené rozdělení, které je možno v případě rozšíření celkové databáze získaných akustických výkonů strojů přerozdělovat pro přesnější získávání výsledků středních hodnot skupin. Jak atypická skupina byla založena pro RYPADLA A NAKLADAČE skupina Bez rozlišení – používané v akustických studiích. Náhodně se podařilo získat pro oblast rypadel a nakladačů základní hodnoty od akustických laboratoří a byly shrnuty do jedné množiny, aby

bylo možno porovnat výsledky středních hodnot získané za skupiny dle technického rozdělení a střední hodnotu, která je evidentně v praxi akustických laboratoří užívána. Stroje pro plošné těžení SKREJPRY a GREJDRY jsou sice zařazeny, ale pro pozemní stavitelství jednak využívány méně často a také jejich nabídka není tak množstevně objemná, proto byly zachovány jen v základních skupinách, bez podskupin. Vhodnější rozdělení by však bylo pro množinu NÁKLADNÍ AUTOMOBILY, ČERPADLA, DOMÍCHÁVAČE, kde se zdá, že výkonná čerpadla zvedají střední hodnotu skupiny a vhodnější by bylo při pořízení větší četnosti dat rozdělit na více skupin pro zapojení do modelování sestav strojů. Navržená základní skupina byla z důvodu jednotných podvozků a motorů, nicméně rozdělení podskupiny by bylo vhodnější zřejmě dle přepravovaných objemů, tonáže.

V navrženém rozdělení a s uvedenými hodnotami akustického výkonu je zpracována **příloha 5**, kde jsou uvedeny potřebné a užívané statistické hodnoty L_{wA} ve skupině:

- Maxima
- Minima
- Medián
- Aritmetický průměr
- Modus
- Směrodatné odchyly
- Výběrové směrodatné odchyly
- Kvartilové odchyly

Praktickým přínosem stanovení směrodatné odchyly je využití empirického pravidla, že většina hodnot se neodlišuje od průměru o více než jednu směrodatnou odchyly a skoro všechny hodnoty jsou v pásmu do dvou směrodatných odchyly od průměru.



Obr. 5.2.1 Rozložení dat v souboru a znázornění směrodatné odchylky [48]

Vyznačením hodnot výběrové směrodatné odchylky je zohledněna právě možnost výskytu dalších neznámých hodnot (my pracujeme pouze s výběrem z nich).

Pro stanovení střední hodnoty akustického výkonu L_{WA} ve skupině je lépe využít míru centrální tendence, tedy lépe vypovídající hodnotou tzv. mediánu, tedy střed nikoliv aritmetický, ale střed s ohledem na počet možných opakujících se hodnot. Platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu.

Vzhledem k typologii znaku, kterým je L_{WA} v dB, shodné hodnoty u velkého podílu znaků je medián vhodněji nalezený střed skupiny. Aritmetický průměr je u malých souborů příliš ovlivněn extrémními hodnotami.

Při volbě mediánu jako střední hodnoty však nahrazuje funkci směrodatné odchylky tzv. kvartil.

Jinými slovy, pokud místo aritmetického průměru použijeme medián, musíme použít mezikvartilovou odchylku:

Medián = „prostřední“ hodnota, lze si představit jako hodnotu Q_2

První kvartil Q_1 = „čtvrtinová“ hodnota (medián první poloviny hodnot)

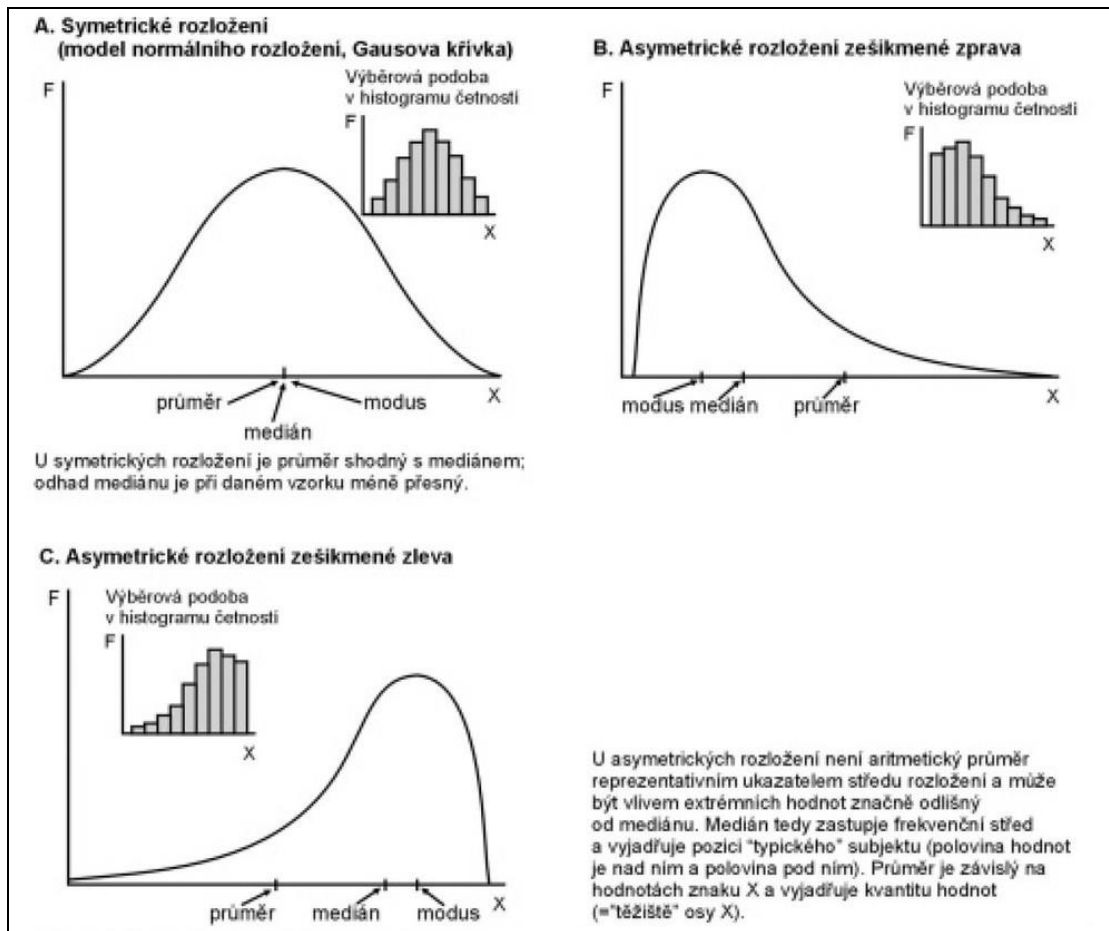
Třetí kvartil Q_3 = „tříčtvrtinová“ hodnota (medián druhé poloviny hodnot)

Vzhledem k počtům znaků ve skupinách a jejich číselnému rozložení odpovídá tato charakteristika střední hodnoty lépe než aritmetický průměr.

Při častém opakování hodnoty znaku ve skupině lze využít i další stanovení střední hodnoty a to tzv. modus, ten však definuje pouze hodnotu nejvyšší četnosti v řadě, což by pro účely hodnocení zdrojového hluku nezohlednilo používané stroje odlehlých hodnot.

Pro další využití v tabulce **přílohy 5,6,7** byly již dále použity hodnoty kvartilů jako střední hodnoty pro osu skupiny.

Vztah a poloha středních hodnot vyjádřených průměrem, modusem a mediánem je uvedena na obr. č. 5.2.2.



Obr. 5.2.2 Poloha průměru, mediánu a modusu v histogramu četnosti [49]

5.3 Zásady pro určení strojních sestav

Předložená příloha 2,3,4,5,6,7 bude vodítkem pro předvídání hluku v případě zapojení jednotlivých strojů samostatně.

Stroje však pracují ve skupinách dle technologií využívaných na stavbách.

Každá stavba vyžaduje individuální nasazení stavební mechanizace ve vazbě na časový plán výstavby.

Pokud cílíme na kombinace strojů ve strojních sestavách hlukově dominantních a za fyzikálního předpokladu, že lze skupinu strojů považovat za jeden zdroj, pokud vzdálenost mezi stroji je menší než 1/10 vzdálenosti od vyšetřovaného místa, lze definovat stěžejní stavební procesy hrubé spodní a hrubé vrchní stavby a k nim strojní sestavy takto:

- STROJNÍ SESTAVA PRO HLUBINNÉ ZAKLÁDÁNÍ, PILOTÁŽ S ODVOZEM VÝKOPKU
- STROJNÍ SESTAVA PRO TĚŽENÍ ZEMIN - DOZEROVÁ TECHNOLOGIE

- STROJNÍ SESTAVA PRO TĚŽENÍ ZEMIN - RYPADLOVÁ TECHNOLOGIE - TĚŽENÍ JÁMY
- STROJNÍ SESTAVA PRO TĚŽENÍ ZEMIN - RYPADLOVÁ TECHNOLOGIE - TĚŽENÍ RÝH
- STROJNÍ SESTAVA PRO BETONÁŽ ZÁKLADŮ - TECHNOLOGIE PLOŠNÝCH ZÁKLADŮ
- TECHNOLOGIE PLOŠNÝCH ZÁKLADŮ - TECHNOLOGIE BETONÁŽE ZÁKLADOVÝCH PASŮ PŘI PROUDOVÉ VÝSTAVBĚ
- STROJNÍ SESTAVA PRO BETONÁŽ HRUBÉ VRCHNÍ STAVBY - TECHNOLOGIE BETONÁŽE BADIÍ
- STROJNÍ SESTAVA PRO BETONÁŽ HRUBÉ VRCHNÍ STAVBY - TECHNOLOGIE BETONÁŽE ČERPADLEM
- STROJNÍ SESTAVA PRO BETONÁŽ HRUBÉ VRCHNÍ STAVBY - TECHNOLOGIE ZDĚNÍ

Pro stanovení těchto skupin je důležitá nejen vazba stavebně technologická, ale také souběžné zapojení ve smyslu souběžné práce z hlediska příspěvků hluku.

Nebyly řešeny kombinace strojů, u kterých není předpokládána souvislost z hlediska blízkosti na staveništi a kombinace pro práce dokončovací, kdy jsou kombinace nezobecnitelné.

K diskuzi je také zapojení nákladních automobilů do strojních sestav obecně. Nákladní automobil na staveništi obvykle vypíná motor a pak bychom jej neměli pro modelování uvažovat. V případě hledání nejvyšší kritické hodnoty (pojízdní se zapnutým motorem vedle rypadla atd.) by bylo nutno řešit přesné technologické postupy a směřovalo by řešení k přímé případové studii.

Pro variantu označenou jako proudová výstavba je modelována mezní situace, kdy souběžně hlukově zapojené stroje nejsou vázány přímo technologicky, ale budou společně pracovat v jeden okamžik, neboť u betonářských procesů se pracuje po záběrech, kdy na jednom záběru probíhá betonáž a na jiném se pracuje s osazováním bednění či armatury. Přitom tyto pracovní záběry mohou mít blízkost postavení stavebních strojů odpovídající možnému přepočtu hodnot na celkové L_{WA} skupiny.

Pro skupiny těchto strojů v uvedených strojních sestavách je uvedená mediánová hodnota použita pro výpočet hlukové kapacity strojní sestavy uvedené v **příloze 8**.

Přepočet proveden dle vzorce z kap. 4.2.2. cíleně vytvořeným interaktivním programovacím polem, které může k těmto účelům sloužit i dalším zájemcům o výslednou hodnotu L_{WA} pro souběžně pracující stroje.

Hodnota L	112	108	101
vzorec	$10^{(112/10)}$	$10^{(108/10)}$	$10^{(101/10)}$
L/10	158489319246	63095734448	12589254118
suma	234174307812		
log	11,36953925		
Celkem	113,6953925		

$$L_v = 10 \lg \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right)$$

Obr. 5.3.1 Obrazovka programu pro přepočítání hodnot L_{WA} více souběžně pracujících strojů na celkové L_{WA} strojní sestavy

6 Výpočtové modelování hluku, stanovení dílčích vlivů prostředí na akustickou situaci staveniště - etalon

Cílem této části je modelování výrobního prostoru staveb s možností zvýšeného hluku z výstavby s cílem stanovení míry dílčích vlivů prostředí staveniště a jeho okolí na přesnost výpočtu. Předložení modelování bude formou skenů obrazovek SW produktu Hluk plus, s vysvětlením vizualizací, což podpoří návod v příloze 1 a osvětlí chování zvuku ve volném prostoru i možnosti využití SW nástrojů produktu.

Stanovení dílčích vlivů prostředí ovlivňujících hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby bude numericky zhodnoceno. Aby byly porovnatelné získané hodnoty, první část modelování bude vedena pro tzv. etalon, tedy teoretické staveniště běžného rozměru, pro který budou vyhodnoceny vzájemné vlivy, aby bylo možné získat představu o poměrech dílčích příspěvků hluku a příspěvků pro útlum hluku na cestě od zdroje k měřenému bodu. Výsledky práce s následným modelováním na etalonu jsou pak uvedeny včetně grafů v příloze 9.

ZÁKLADNÍ HODNOTY ETALONU:

- STAVENIŠTĚ 50m x 50m,
- STAVEBNÍ STROJ = ZDROJ HLUKU V CENTRU STAVENIŠTĚ
- CHRÁNĚNÁ FASÁDA má výšku 12m, 4NP, 3m KV
- CHRÁNĚNÁ FASÁDA 40m OD ZDROJE HLUKU,
- CHRÁNĚNÁ FASÁDA 15m OD HRANICE STAVENIŠTĚ

Veškeré modelování výrobního prostoru stavby bude vnímáno z pohledu umístování strojní techniky jako zdroje hluku vnějšího chráněného prostoru.

Pro přehlednost srovnávaných dat jsou pro modelování v SW Hluk + jsou stanoveny tyto okrajové podmínky:

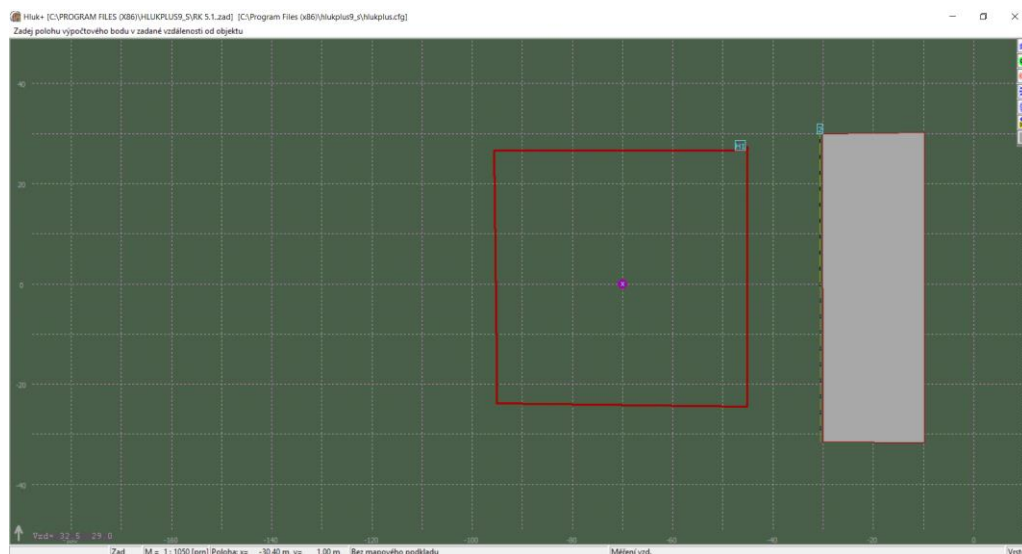
- Zkoumány jsou pouze hodnoty chráněného venkovního prostoru staveb
- Navržené mechanismy jsou definovány jako stacionární zdroje hluku
- Navržené mechanismy jsou definovány jako průmyslové zdroje hluku
- Výpočtové hodnocení vychází z doporučených teoretických akustických vztahů
- Při tvorbě modelu v programu jsou zohledněny klimatické podmínky s nastavením dat: meteorologická korekce konstantní (všesměrové šíření), teplota vzduchu 20⁰ , vlhkost vzduchu 60%, atmosférický tlak 101,3 kPa
- Při tvorbě modelu v programu je zohledněna konfigurace terénu a ostatní zástavba
- Při tvorbě modelu jsou zohledněny vlastnosti povrchu terénu (pohltivý/odrazivý)

- Výpočty L_{pA} jsou zpracovány pro výšku + 2 m nad terénem, není-li uvedeno jinak,
- Není-li uvedeno v dílčích případech jinak, obrázky vykreslení izofon odpovídají výšce + 2 m, pro vizualizaci zvolen pětidecibelový rastr základního nastaveného barevného spektra,
- Není-li uvedeno jinak, zjišťované hodnoty hlukových ukazatelů jsou vypočteny bez odrazu od fasády,
- Hodnoty akustických výkonů stavebních strojů dle četnosti jejich decibelových hodnot a s ohledem na rastr, se kterým pracují izofony výstupů podpůrného SW rozdělila obecně na stroje s hodnotami akustických tlaků 90, 100, 110 a 120 dB,
- Velikosti stavenišť pro objekty pozemní výstavby jsou různého rozměru i tvaru, pro základní modelování definován průměrný etalon staveniště 50m x 50m,
- Odstup chráněné fasády odpovídá vzdálenosti přes běžnou účelovou komunikaci - vzdálenost měřícího místa 4 0m, výška budovy chráněné fasády 4 NP, 12 m,
- Pro základní modelování nastavení hodnot SW bez mapového podkladu, zadány hodnoty simulovaného stavebního stroje jako hodnoty stacionární polohy v hodnotách akustického výkonu: 90, 100, 110, 120 dB,
- Základní nastavení odrazivého terénu,
- Výška zdroje 1m (zadáváno jako běžná výška motoru stavebních vozidel),
- Měření u fasády v kolmici - nejbližším možným okně pro vzdálenost 0,5 před fasádou ve výšce 2m, tj. 1 NP = 2 m,
- Měření v dalších podlažích v násobku konstrukčních výšek: 2NP = 5 m, 3 NP = 8 m, 4 NP = 11 m,
- Není-li uvedeno jinak, korekce pro odraz od stěn 3 dB.

6.1 Stanovení míry vlivu pohltivosti a odrazivosti terénu na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

Pro stanovení míry vlivu změn okrajových podmínek pro možnost vyhodnocení vzájemných závislostí zvolen počátek jako prostá simulace ideálního staveniště o rozměrech 50 m x 50 m s nejbližší chráněnou fasádou ve vzdálenosti odpovídající běžné silniční komunikaci, tak jak je zobrazeno na obr. 6.1.1.

Vzdálenost chráněné fasády od zdroje je zde nastavena na 40 m.



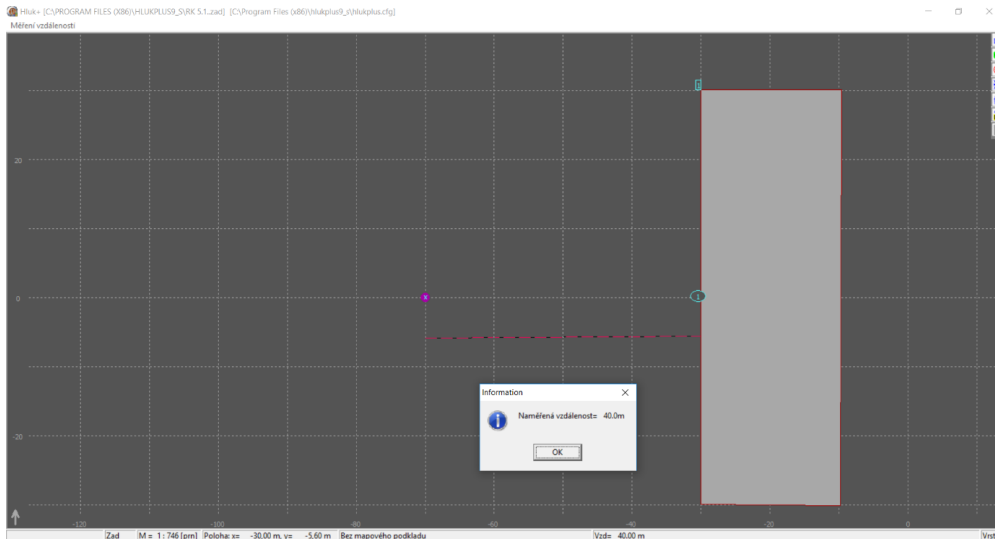
Obr. 6.1.1 Simulace stanoveného srovnávacího etalonu běžného staveniště včetně centrováné polohy stavebního stroje s určením polohy fasády nejbližšího chráněného objektu

Při posuzování měřených nebo modelovaných hodnot akustického tlaku s limitou určenou legislativní normou se vždy hodnotí přilehlá fasáda nejbližšího objektu vnímáno od polohy stroje nebo strojní sestavy.

Pro první modelování přenosu zvuku mezi zdrojem a místem měření nejsou vloženy žádné další objekty, které v reálném prostředí ovlivní hodnotu akustického tlaku v měřeném bodě. Ty budou zohledňovány až v dalších krocích modelování.

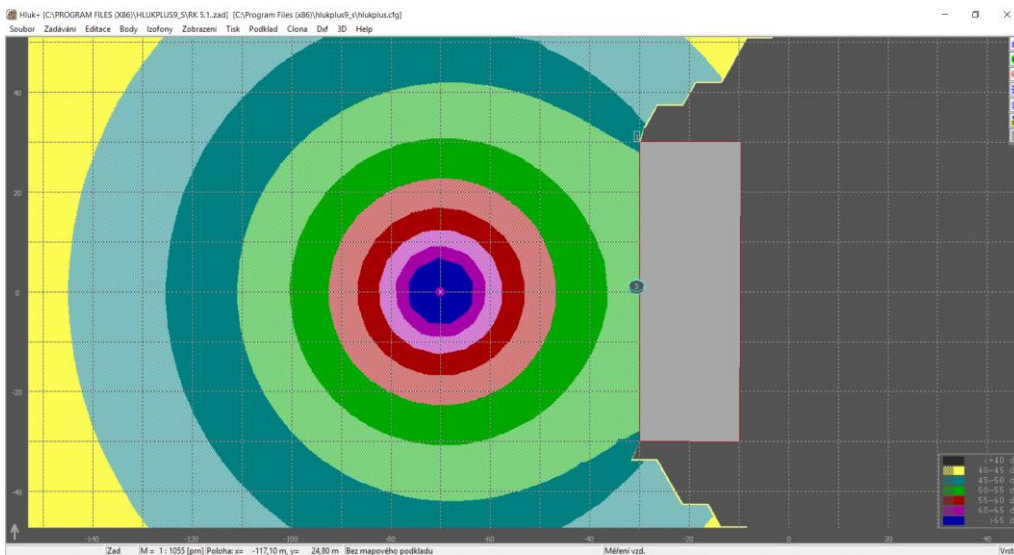
Rozdíl v základním nastavení pohltivého a odrazivého terénu je zjevný na první pohled, v případě nastavení pohltivého terénu je obrazovka šedozelená, v případě nastavení odrazivého terénu je šedá.

Pro veškerá modelování této případové studie, kde proběhne srovnání dílčích vlivů na zvoleném etalonu, není vkládán a s měřítkem párován žádný bitmapový podklad, objekty, zdroje hluku i místa měření budou zadávány pouze jako místa odpovídající modelu a souhlasné s měřítkem mřížky SW produktu, což zaručí správný přepočítání akustických hodnot jak ve volném poli, tak při vyznačení objektů, které přenos zvuku ovlivňují. Měřítko je nutné důsledně ověřit, tak jako na obr. 6.1.2.



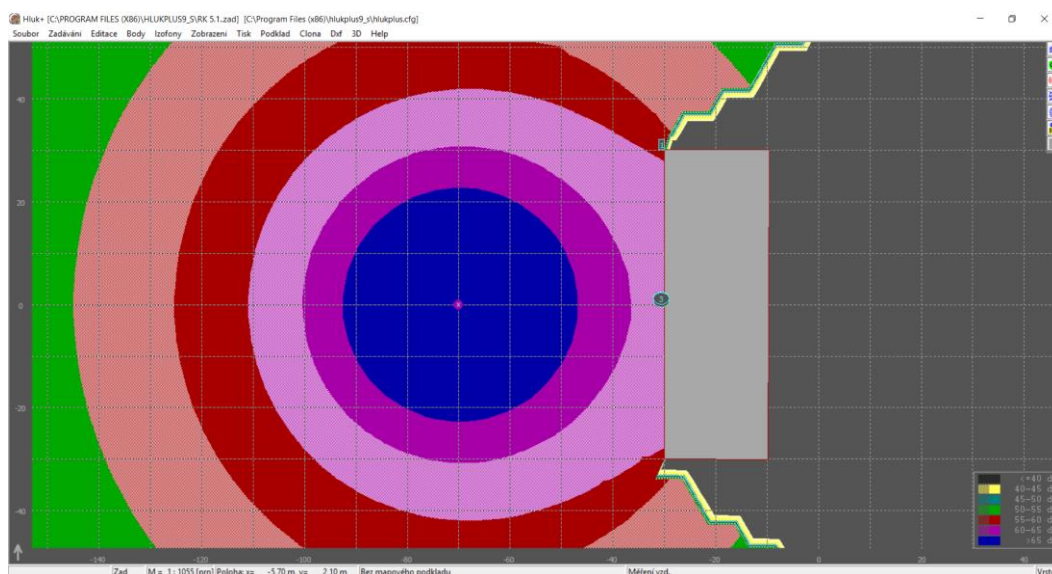
Obr. 6.1.2 Zadání polohy stavebního stroje s definovaným akustickým výkonem jako zdroje hluku do centra staveniště s nastavením vzdálenosti fasády chráněného objektu

Zadání polohy zdroje hluku pro tuto simulaci definujeme jako jediný zdroj hluku, který reprezentuje nějaký stavební stroj s definovaným akustickým výkonem. Je zadán v obecném prostředí, pouze s nastavením základních výše uvedených okrajových podmínek modelování. Je stanovena pouze jeho vzdálenost od nejbližšího možného místa měření, tedy okna prvního podlaží přilehlé fasády nejbližší chráněné budovy.



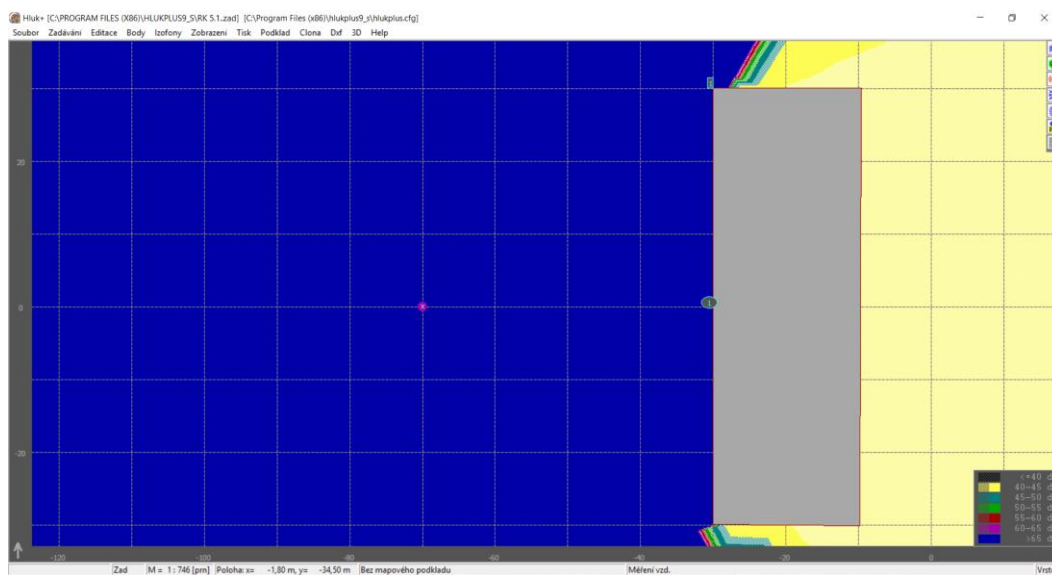
Obr. 6.1.3 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 90 dB v prostředí odrazivého terénu

Při vykreslení v pětidecibelové stupnici pásem dle obr. 6.1.3 spadá měřený bod do oblasti 50 až 55 dB, přesná hodnota označeného bodu na fasádě je 51,8dB. Průběh barevného spektra také vyjadřuje vložený objekt s měřenou fasádou jak hlukovou bariérou, která pro danou výšku budovy zachytí zvuk natolik, že na druhé straně budovy nejsou hodnoty zdrojem vůbec ovlivněny.



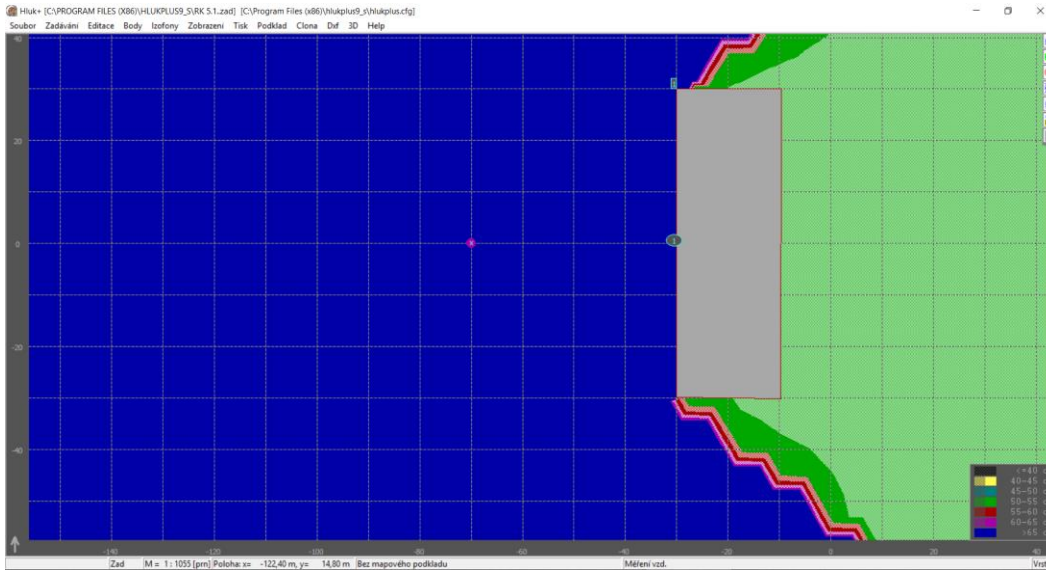
Obr. 6.1.4 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 100 dB v prostředí odrazivého terénu

Pro výpočet u fasády ve stejném bodě, ale pro zdroj s akustickým výkonem 100 dB, je již zřetelný pásmový posun na 60 - 65 dB, přesná hodnota v měřeném bodě je 61,8 dB, kde na obr. č. 6.1.4. vidíme také vliv měřené budovy jako překážky v paprsku zvuku.



Obr. 6.1.5 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 110 dB v prostředí odrazivého terénu

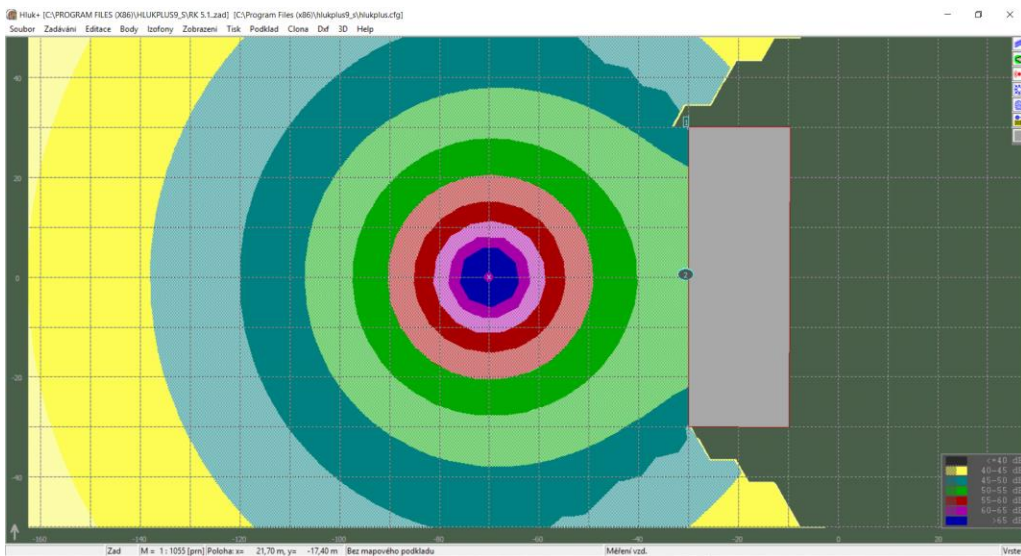
Výpočet u fasády pro zdroj 110 dB se již dostáváme na nejvyšší hlukové pásmo s označením více než 65 dB a přesná hodnota odečtená v měřeném bodě je 71,8 dB. Z rozložení pásem ve vizualizaci je zjevné, že se změní i akustický výsledek z bočních stran a zadní strany chráněného objektu, s měřitelnou hodnotou hluku v pásmu 40 - 45 dB. Při vyšších hodnotách zdrojů a při jakékoliv asymetrii zdroje vůči měřenému objektu je třeba řešit hodnotu i na bočních fasádách objektu.



Obr. 6.1.6 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 120 dB v prostředí odrazivého terénu

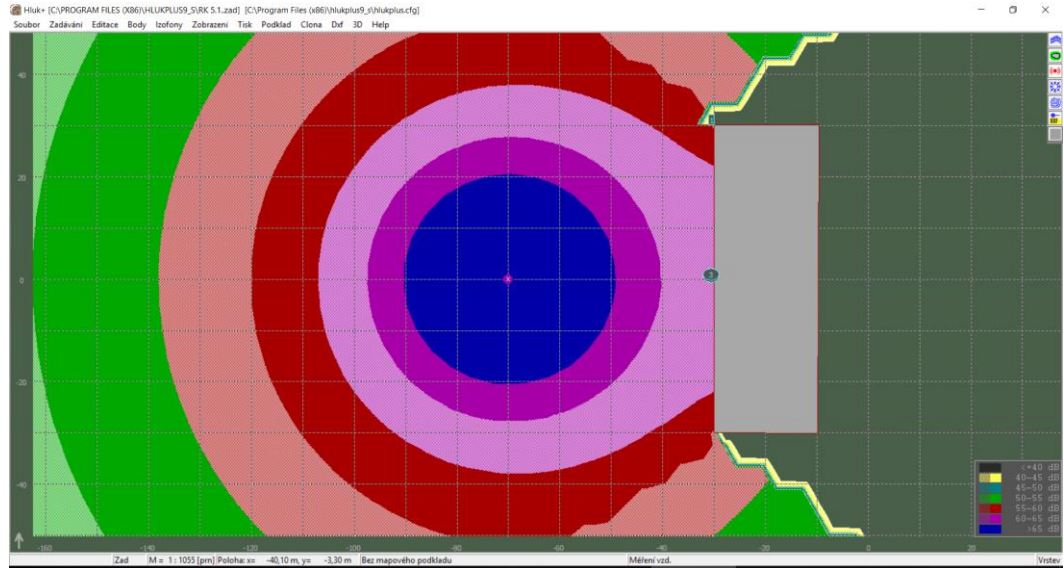
Výpočet u fasády pro zdroj 120 dB se zdánlivě nemění situace na chráněné fasádě, ale hodnota v měřeném bodě se zvyšuje na 81,8 dB. Z rozložení pásem na obr. č. 6.1.6. je zjevné, že se i akustický výsledek z bočních stran a zadní strany chráněného objektu zvyšuje na hodnoty, které při umístění okenních otvorů i na bočních stranách objektu vytváří potřebu přesnějšího modelování vedoucí ke zjištění přesných hodnot akustického tlaku u konkrétních měřících míst. Při hodnotách na 50 dB jsme v úrovni základní hodnoty limity hluku [4] bez použitých korekcí.

Následovat bude modelování se změnou jedné z okrajových podmínek, a to se základním nastavením plošně pohlitého terénu a to od obr. 6.1.7.



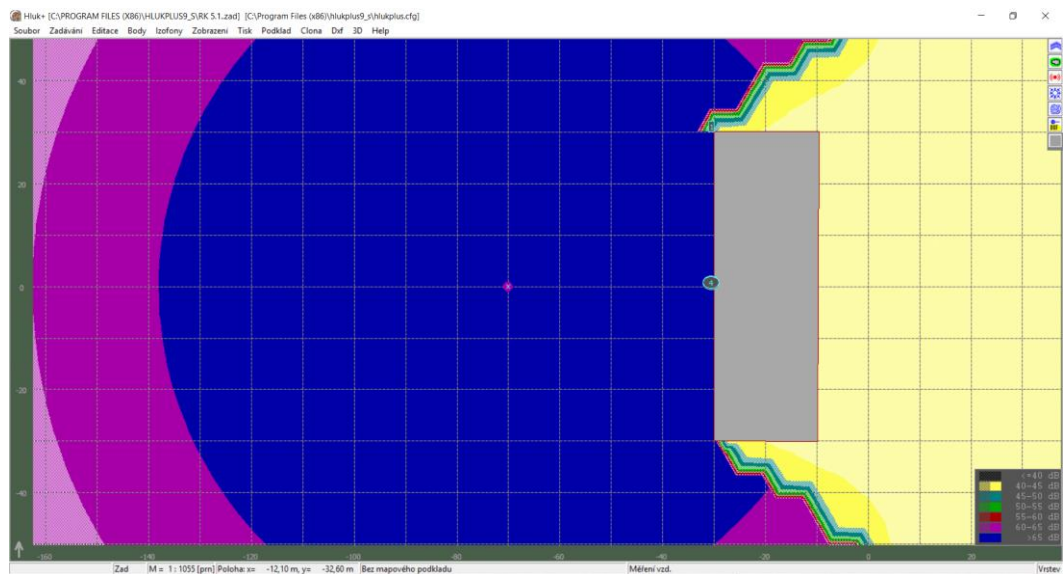
Obr. 6.1.7 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 90 dB v prostředí pohlitého terénu

Jestliže v základním nastavení softwarové podpory v parametrech zadání změníme výchozí nastavení na pohltivý terén, při zachování všech ostatních okrajových podmínek se hodnota v měřeném bodě sníží z 51,8 dB na 51,2 dB, viz. obr. 6.1.7. Nepracujeme-li s bitmapovým podkladem, základní rastr změní barvu z šedé na šedo zelenou.



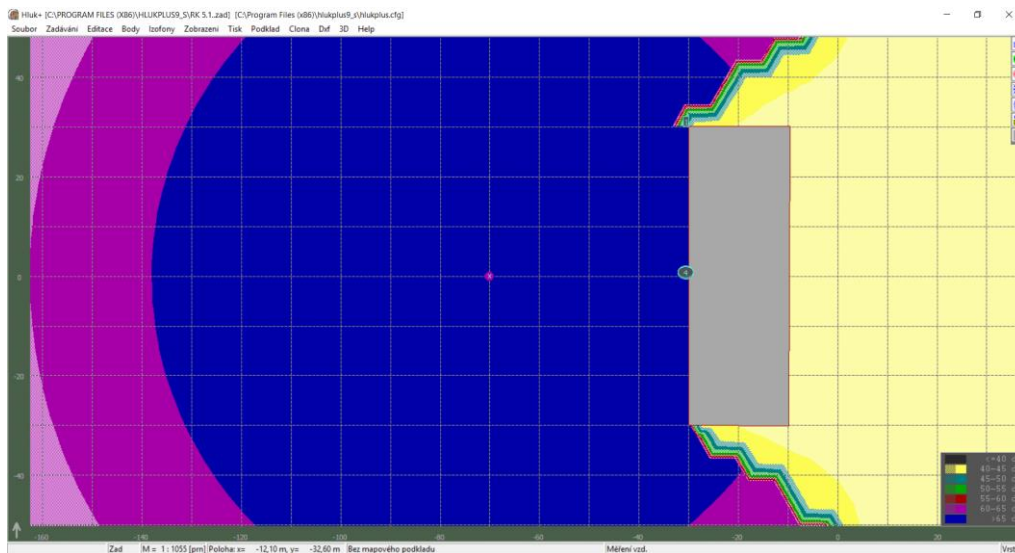
Obr. 6.1.8 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 100 dB v prostředí pohltivého terénu

Jestliže v základním nastavení softwarové podpory v parametrech zadání změníme výchozí nastavení na pohltivý terén, pro zdroj 100 dB při zachování všech ostatních okrajových podmínek se hodnota v měřeném bodě fasády sníží z 61,8 dB na 61,2 dB, viz obr. č. 6.1.8.



Obr. 6.1.9 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 110 dB v prostředí pohltivého terénu

Jestliže v základním nastavení softwarové podpory v parametrech zadání změníme výchozí nastavení na pohltivý terén, pro zdroj 110 dB při zachování všech ostatních okrajových podmínek se hodnota v měřeném bodě sníží z 71,8 dB na 71,2 dB.



Obr. 6.1.10 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 120 dB v prostředí pohltivého terénu

Jestliže v základním nastavení softwarové podpory v parametrech zadání změníme výchozí nastavení na pohltivý terén, pro zdroj 120 dB při zachování všech ostatních okrajových podmínek se hodnota v měřeném bodě z 81,8 na 81,2 dB.

Závěr kap. 6.1:

Při existenci pohltivého terénu oproti odrazivému v těsné blízkosti výstavby dochází ke snížení hodnoty L_{pA} (dB) o **0,6dB**. Tabulka s přehledem hodnot včetně procentuálních podílů tohoto snížení pro oblast akustických výkonů stavebních strojů je uvedena v **příloze 9**.

6.2 Stanovení míry vlivu křovinových a stromových porostů na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

Při základním nastavení odrazivého i pohltivého terénu lze také pro konkrétní simulaci vkládat do modelů orámování dalších vlivných pohlcovačů hluku a to křovinových porostů a stromů přímo do měřítka podkladu.

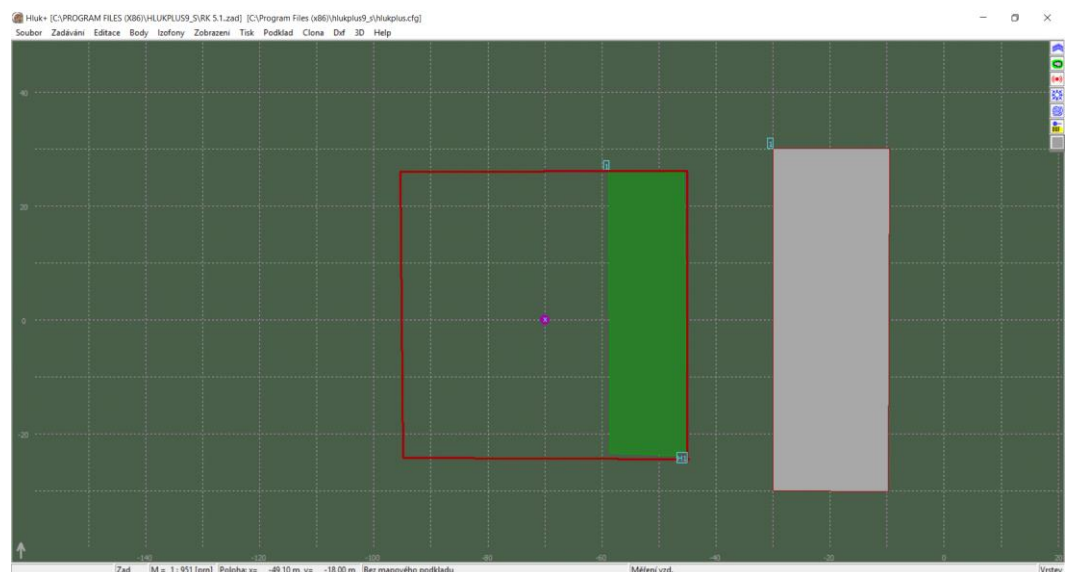
Další ukázky modelování vložení markantních ploch s porosty do již pohltivého terénu ukáží míru tlumitelnosti ve zvolené situaci staveniště.

Jako simulovatelná a současně stavebně technologicky možná varianta byla zvolena míra křovinového porostu v hodnotě 25% plochy staveniště, do výšky max. 1,5 m a stromového porostu do výšky max. 5 m, umístěná v plné šíři staveniště v území mezi zdrojem hluku a bodem měření.

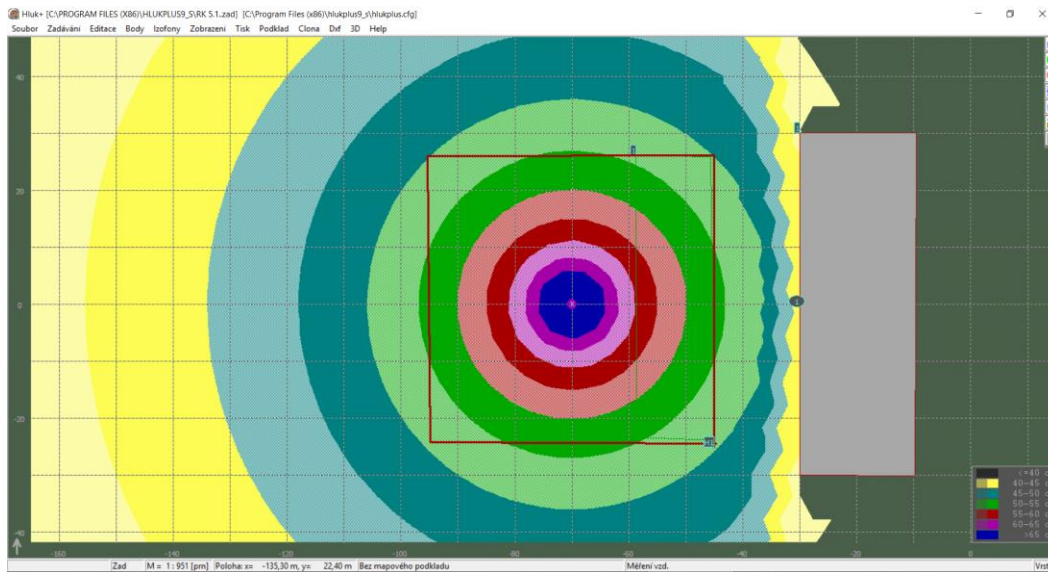
Lze takto simulovat případ, kdy na ploše staveniště je porost, který se ponechává v prostředí i po dokončení výstavby, který je po dobu výstavby chráněn, a o jeho plochu je zmenšena plocha pro staveniště oproti ploše, která je držena z pohledu vlastnických práv.

Mohla by nastat i situace, že porost bude sice kácen pro možnost konečných terénních a sadbových úprav, ale právě z důvodu přirozené překážky hluku by se k tomu přistoupilo až v závěru výstavby, kdy již nepracují hlukově dominantní stroje a tohoto útlumového prvku by se během výstavby cíleně využilo.

Větší objemy porostů by zřejmě při velikosti zvoleného staveniště jako etalonu nepřicházely do úvahy. Zahájení modelování je patrné z obr. č. 6.2.1., vložený porost je vizuálně vystupuje jako sytě zelená plocha zadaného objektu.

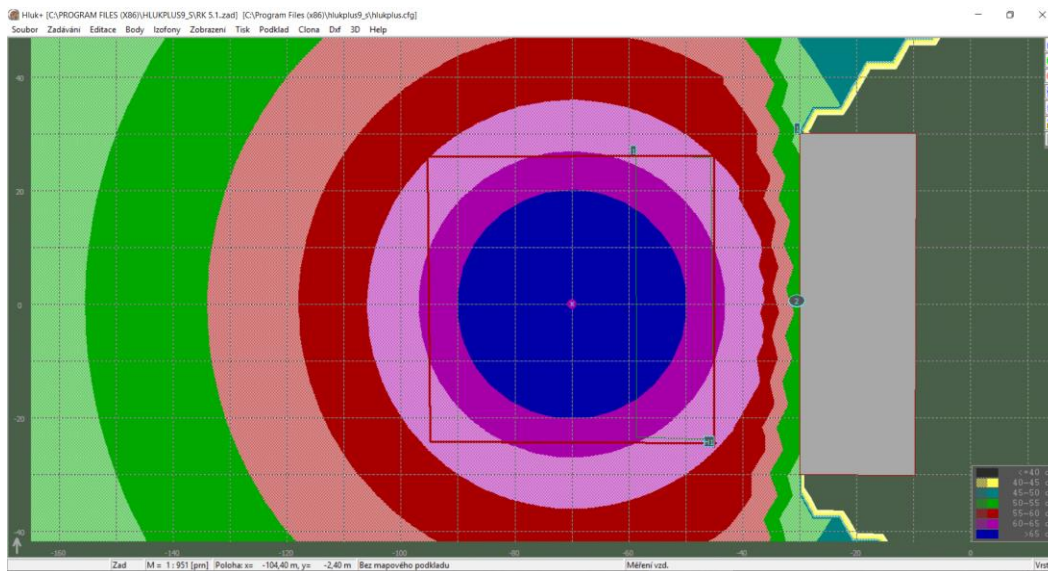


Obr. 6.2.1 Zadání křovinového pásma výšky 1,5 m v prostoru staveniště v prostředí pohltivého terénu



Obr. 6.2.2. Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 90 dB v prostředí pohltivého terénu při zadání křovinového pásma výšky 1,5 m v prostoru staveniště

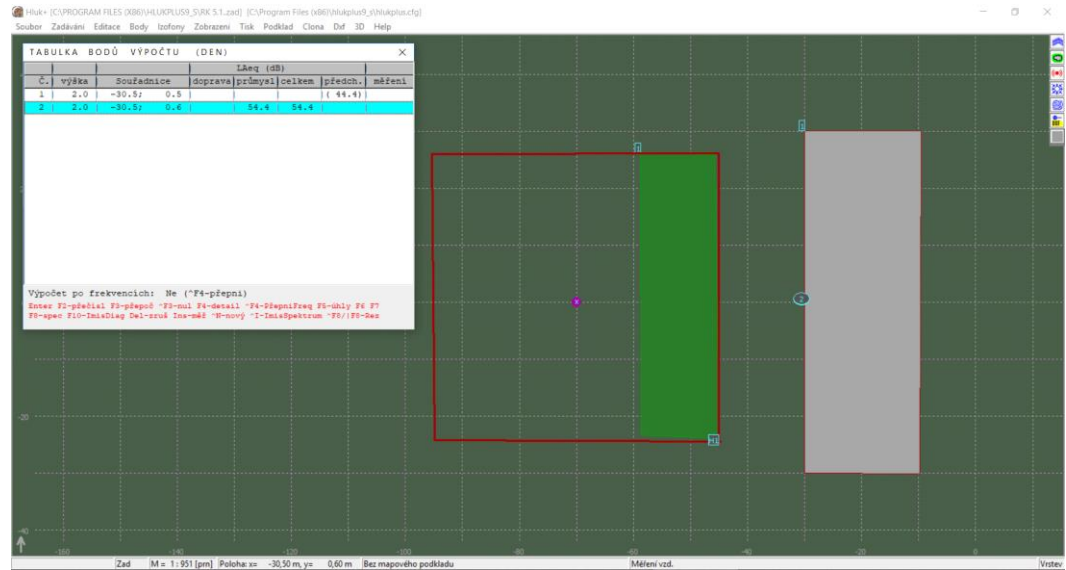
Jestliže v základním nastavení softwarové podpory v parametrech zadání ponecháme výchozí nastavení na pohltivý terén, pro zdroj 90 dB při zachování všech ostatních okrajových podmínek a vložení křovinového pásma se hodnota v měřeném bodě sníží z 51,8 na 44,4 dB.



Obr. 6.2.3 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 100 dB v prostředí pohltivého terénu při zadání křovinového pásma výšky 1,5m v prostoru staveniště

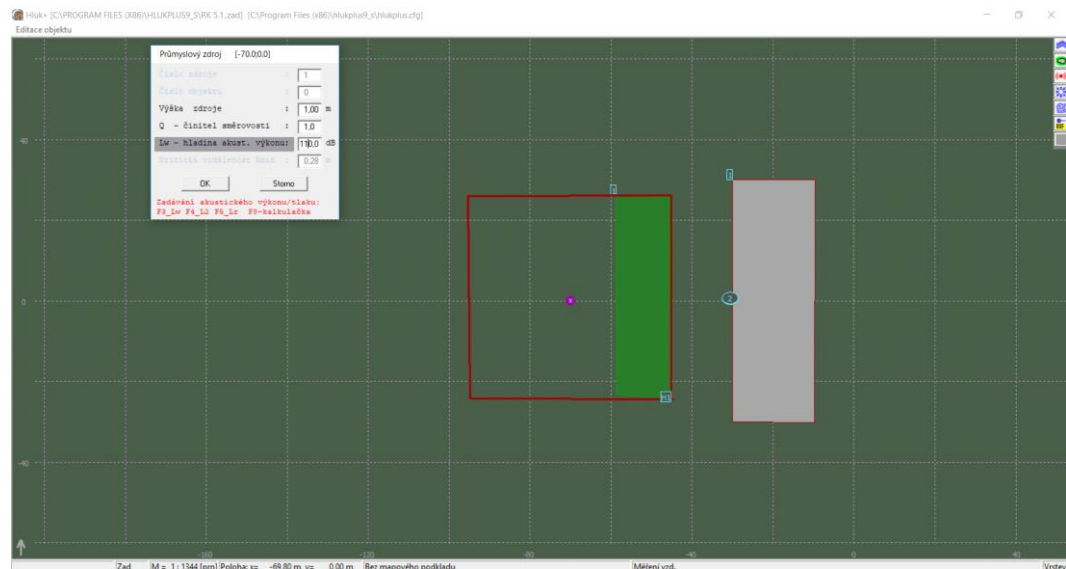
Jestliže v základním nastavení softwarové podpory v parametrech zadání ponecháme výchozí nastavení na pohltivý terén, pro zdroj 100 dB při zachování všech ostatních okrajových podmínek a vložení křovinového pásma se hodnota v měřeném bodě sníží na 54,4 dB.

Při modelování lze odečítat hodnoty ve zvolených bodech – místech měření v tabulce bodů výpočtu, kterou lze vyvolat na obrazovku, tak jak je vidět na obr. č. 6.2.4 pro možnost dokumentace, kontroly či přenosu dat.

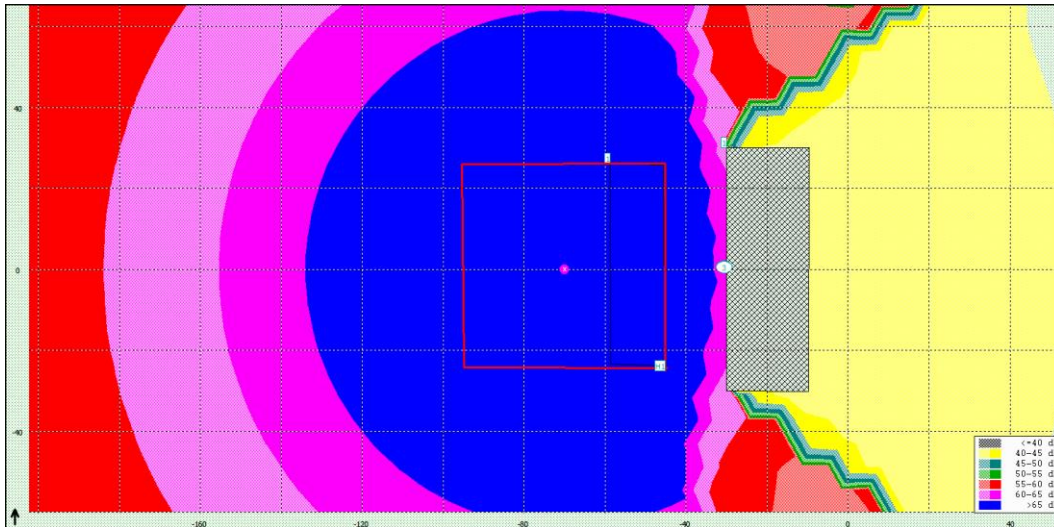


Obr. 6.2.4 Vykreslené objekty simulace při zadání akustického výkonu stroje 90 dB a 100dB v prostředí pohltnivého terénu při zadání křovinového pásma výšky 1,5m v prostoru staveniště s tabulkou hodnot měření

Stroj jako zdroj hluku při vkládání do modelu jakožto průmyslový zdroj lze editovat při zachování jeho polohy jen úpravou hladiny akustického výkonu zdroje v tabulce, viz obr. č. 6.2.5.

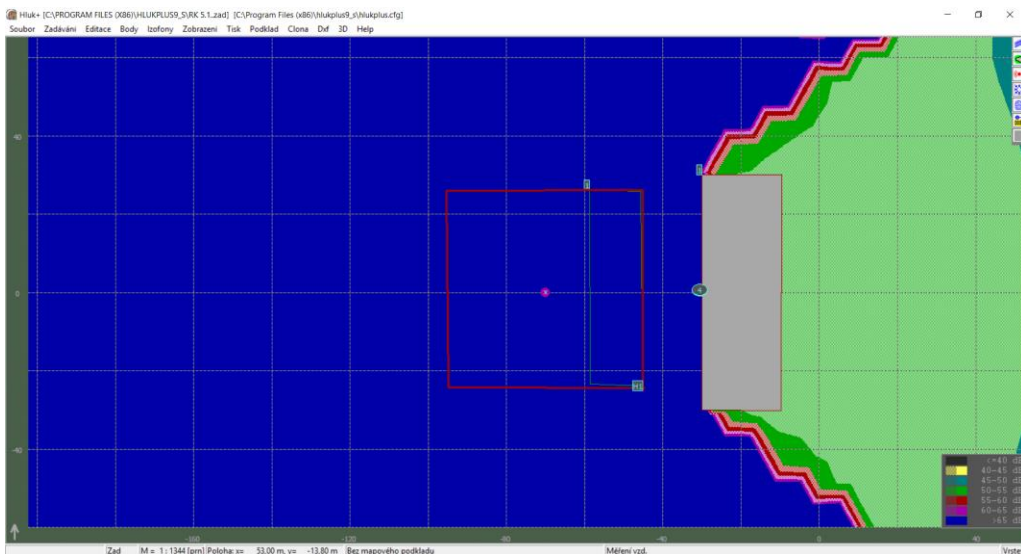


Obr. 6.2.5 Vykreslené objekty simulace při zadávání akustického výkonu stroje 110dB v prostředí pohltnivého terénu při zadání křovinového pásma výšky 1,5m v prostoru staveniště s tabulkou hodnot zadávaných zdrojů



Obr. 6.2.6 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 110 dB v prostředí pohltného terénu při zadání křovinového pásma výšky 1,5m v prostoru staveniště

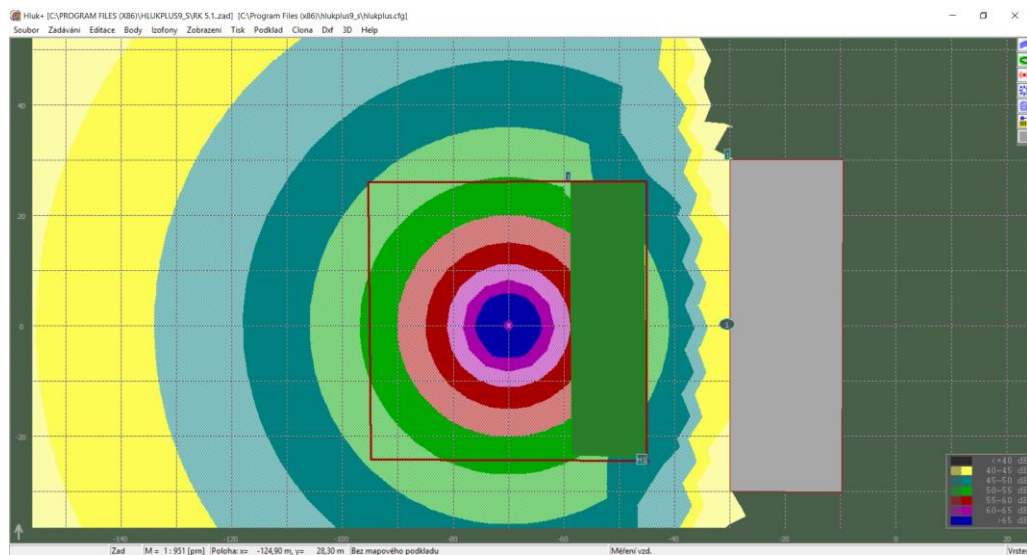
Pro přenos skenu obrazovky s izofonami lze využít i možnosti přenosu bez ovládacích prvků SW obrazovky s trochu výraznější škálou barev, tak jak je na obr. č. 6.2.6 pro hodnotu zdroje 110 dB, kde stav v měřicím bodě je 64,4 dB.



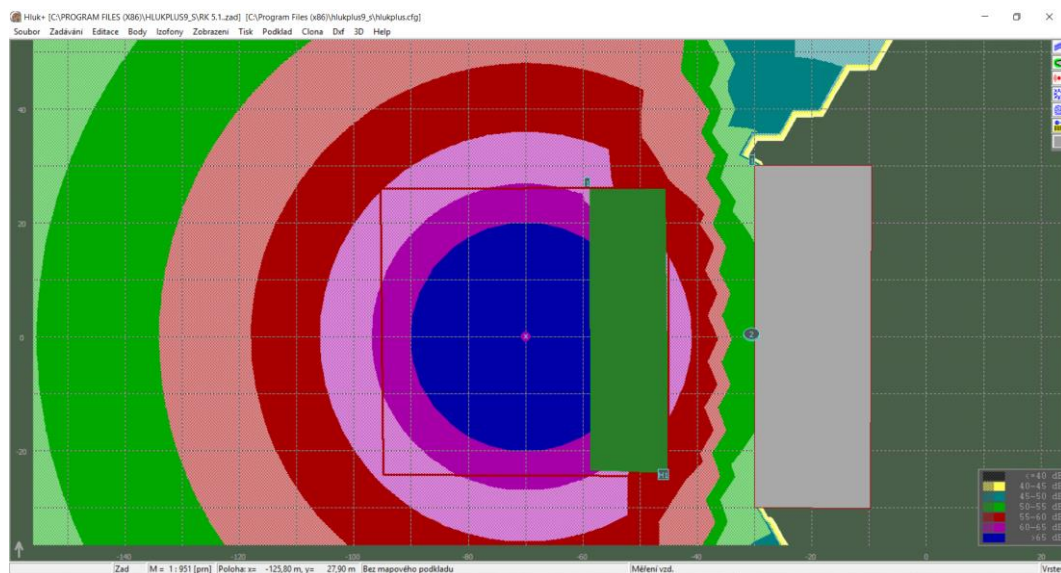
Obr. 6.2.7 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 120 dB v prostředí pohltného terénu při zadání křovinového pásma výšky 1,5m v prostoru staveniště

Pro nejsilnější modelovaný zdroj 120 dB je zobrazení izofon na obr. č. 6.2.7. a pokles způsobený vloženým porostem je z původních 81,2dB v měřeném místě na 74,4 dB.

Dále budeme modelovat porost vyšší, zadána změna porostu na stromový, výšky 5 m, editací objektu zeleně se stejnou půdorysnou plochou, ale upravenou výškou. Pak se při zdroji 90 dB sníží hodnota v na 43,8 dB v místě měření, viz obr. č. 6.2.8.

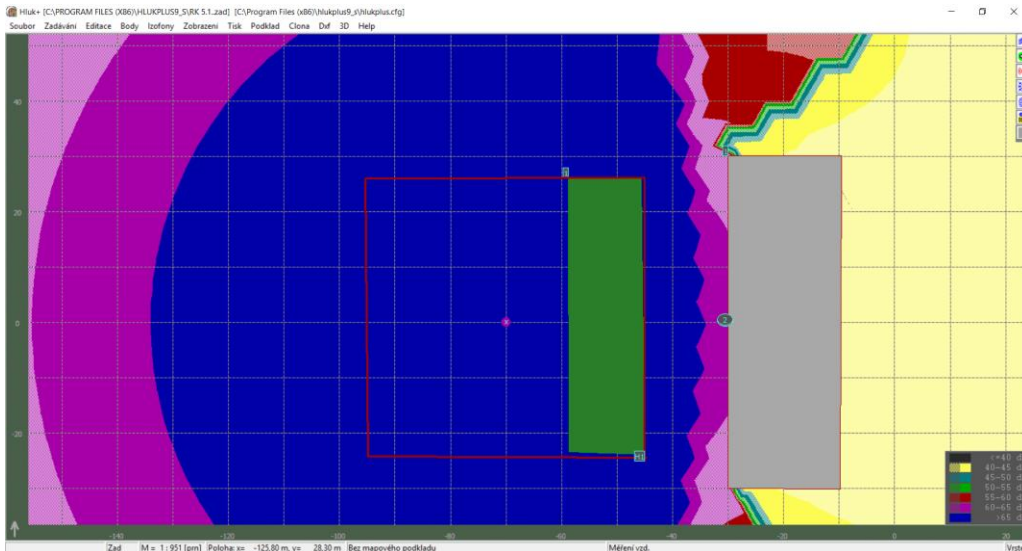


Obr. 6.2.8 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 90 dB v prostředí pohltného terénu při zadání stromového pásma výšky 5m v prostoru staveniště



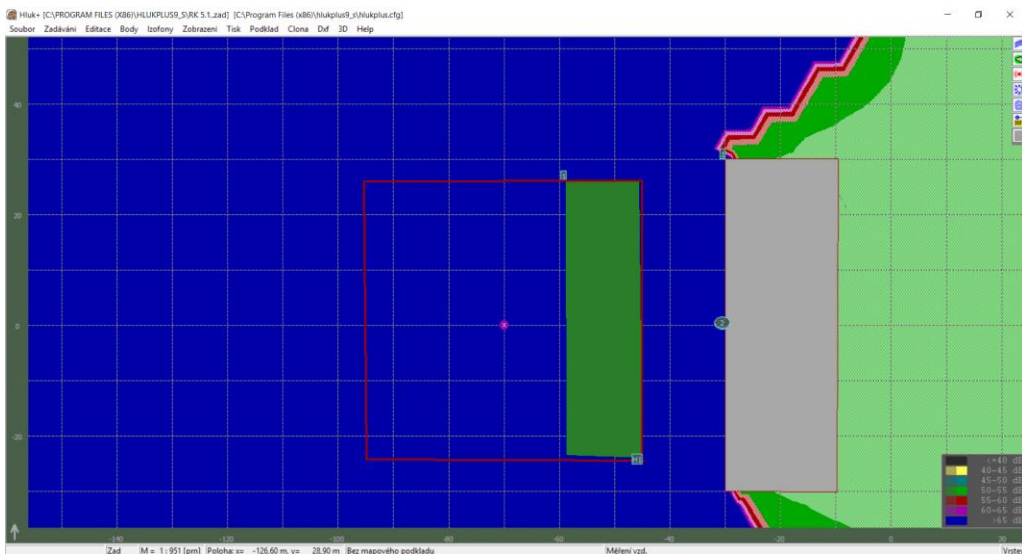
Obr. 6.2.9 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 100 dB v prostředí pohltného terénu při zadání stromového pásma výšky 5m v prostoru staveniště

Při zdroji 100 dB sníží hodnota v na 53,8 dB v místě měření, viz obr. č. 6.2.9. Při zdroji 110 dB sníží hodnota v na 63,8 v místě měření, viz obr. č. 6.2.10, nicméně s měřitelnými hodnotami za objektem.



Obr. 6.2.10 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 110 dB v prostředí pohltivého terénu při zadání stromového pásma výšky 5m v prostoru staveniště

Při zdroji 120 dB sníží hodnota v na 73,8 v místě měření, viz obr. č. 6.2.11, nicméně s výraznějšími hodnotami za objektem.



Obr. 6.2.11 Vykreslená pásma izofon v barevném spektru při zadání akustického výkonu stroje 120 dB v prostředí pohltivého terénu při zadání stromového pásma výšky 5m v prostoru staveniště

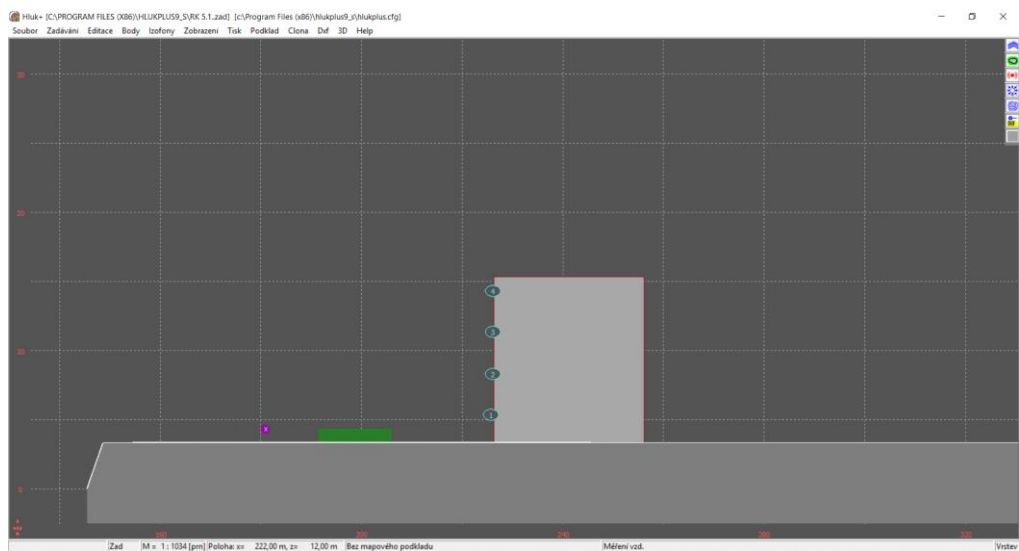
U zdroje hluku 90 dB již pásmo zeleně o stejné výšce jako je zdroj hluku ovlivní akustickou situaci, pak je lépe vnímat akustickou situaci v řezech, jako na obr. 6.2.12, kde se na rozdíl od simulace půdorysné projeví vliv akustické bariéry tvořené keřovým nebo stromovým porostem v celém prostoru řezu. Aby bylo správná vizualizace hlukových pásem v řezu, je nutné správnou výškou označit zdroje hluku, výšky keřových a stromových porostů, výšku budovy a měřící body umístěné v jednotlivých podlažích před okny obytných místnos-

tí. Vizualizace v řezech je dobrou pomůckou pro lepší představu takzvaného akustického stínu, který vytváří přirozené i nepřirozené hlukové zábrany vložené mezi zdroj hluku a posuzovaný bod chráněné fasády.

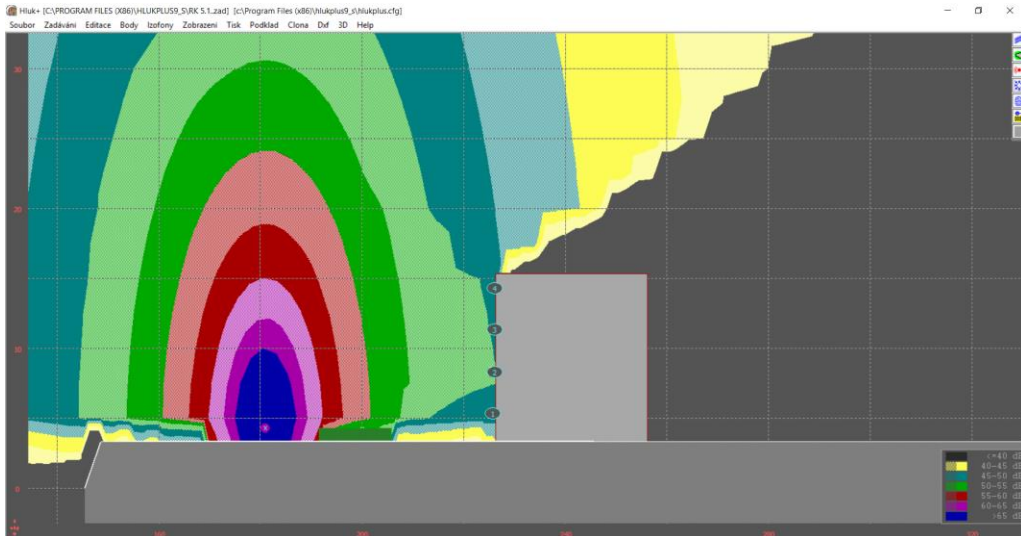


Obr. 6.2.12 Řez modelem se zadaným terénem, zdrojem hluku nad terénem, výškou zeleně převyšující zdroj hluku a označením měřícího bodu prvního podlaží

Z řezu je patrnější než z půdorysu, že by bylo potřebné řešit u takovýchto zadání měřících bodů i v dalších podlažích. Správné číslování měřících bodů s přiřazením k patřičnému podlaží je opět lépe kontrolovatelné v řezu, jak na obr. 6.2.13, v půdorysné projekci se body překrývají.

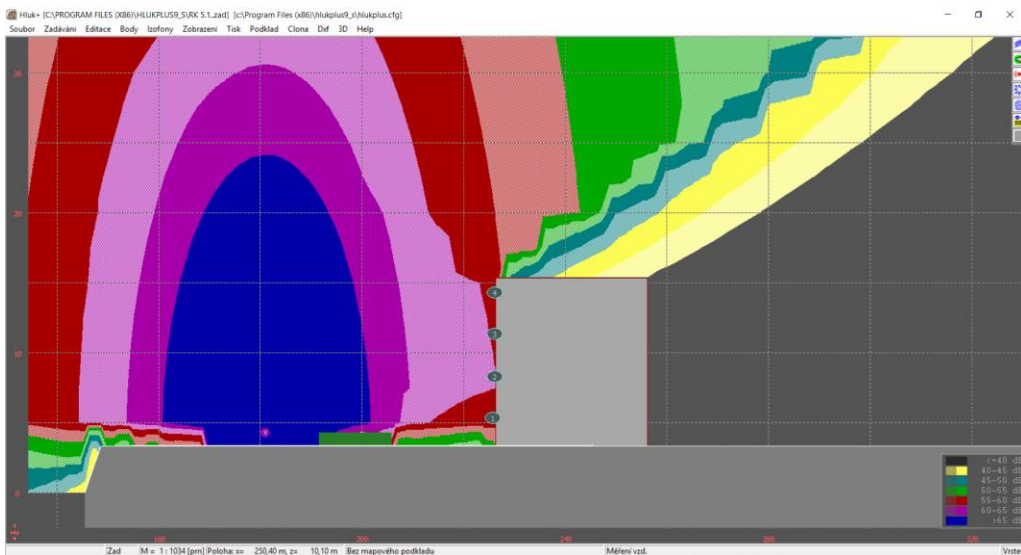


Obr. 6.2.13 Řez modelem se zadaným terénem, zdrojem hluku nad terénem, výškou zeleně křovinového porostu a označením měřícího bodu všech čtyř podlaží



Obr. 6.2.14 Řez modelem se zadaným terénem, 90 dB zdrojem hluku nad terénem, výškou zeleně křovinového porostu a označením měřícího bodu všech čtyř podlaží a průběhem izofon

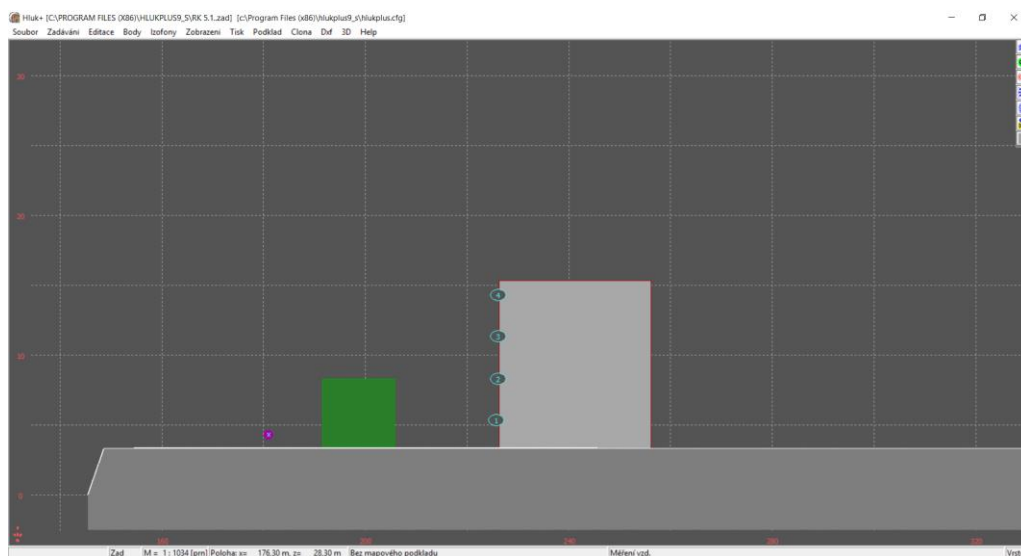
Z průběhu izofonních pásem na obr. č. 6.2.14 je zjevné, že v největším riziku je linie druhého nadzemního podlaží, první nadzemní podlaží může být odstíněno bariérou a pro třetí a čtvrté již vzhledem k výšce předpokládáme snížování hodnot. Stejně tak vnímáme vizualizaci pro zdroj hluku 100 dB na obr. č. 6.2.15.



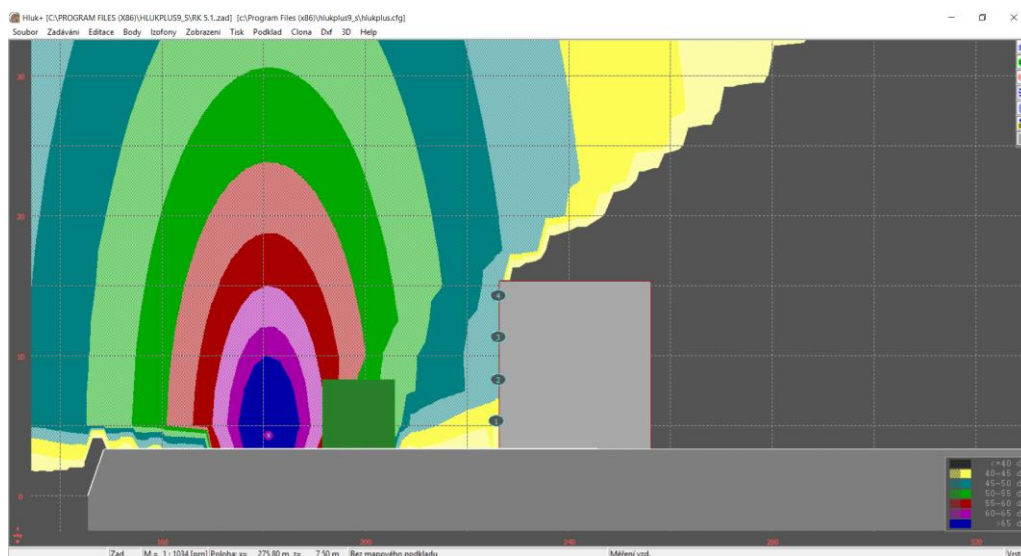
Obr. 6.2.15 Řez modelem se zadaným terénem, 100 dB zdrojem hluku nad terénem, výškou zeleně křovinového porostu a označením měřícího bodu všech čtyř podlaží a průběhem izofon

Průběh izofon v řezu pro zdroj hluku nad 100 dB, kdy se i přes vloženou bariéru zeleně neprojeví akustický stín výrazně ani v měřeném bodě prvního podlaží, natož po celé výšce fasády, je zjevné, že v takovém případě není akustická bariéra funkční.

U zadání vyššího stromového porostu dle obr. č. 6.2.16 bude průběh izofon v řezu poněkud jiný, dle vizualizace na obr. č. 6.2.17 je odstíněno první podlaží, zbývající tři jsou ve stejném pětideciblovém pásmu.

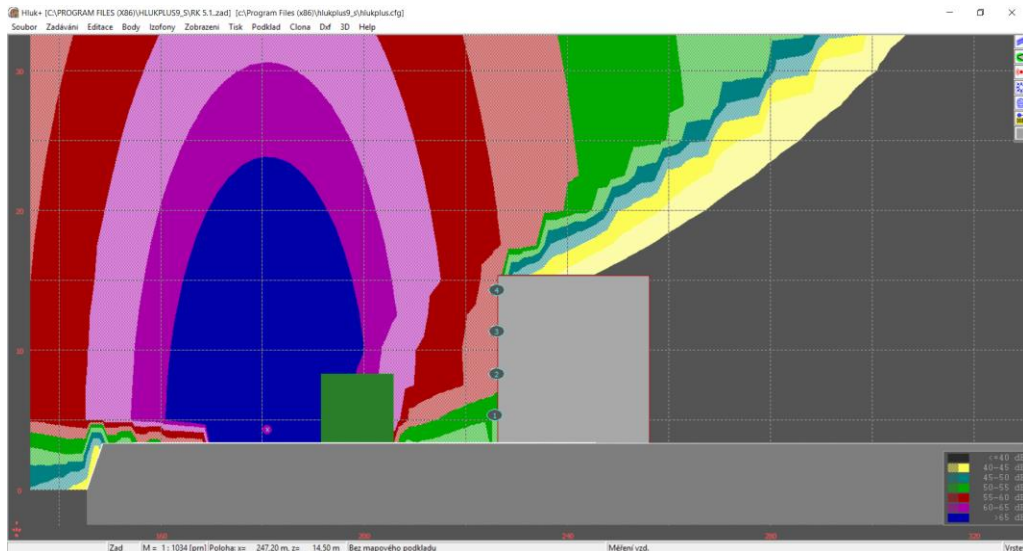


Obr. 6.2.16 Řez akustické studie se zadaným terénem, zdrojem hluku nad terénem, výškou stromového porostu a označením měřících bodů všech čtyř podlaží, zdrojem hluku 90dB, zelení výšky 5m

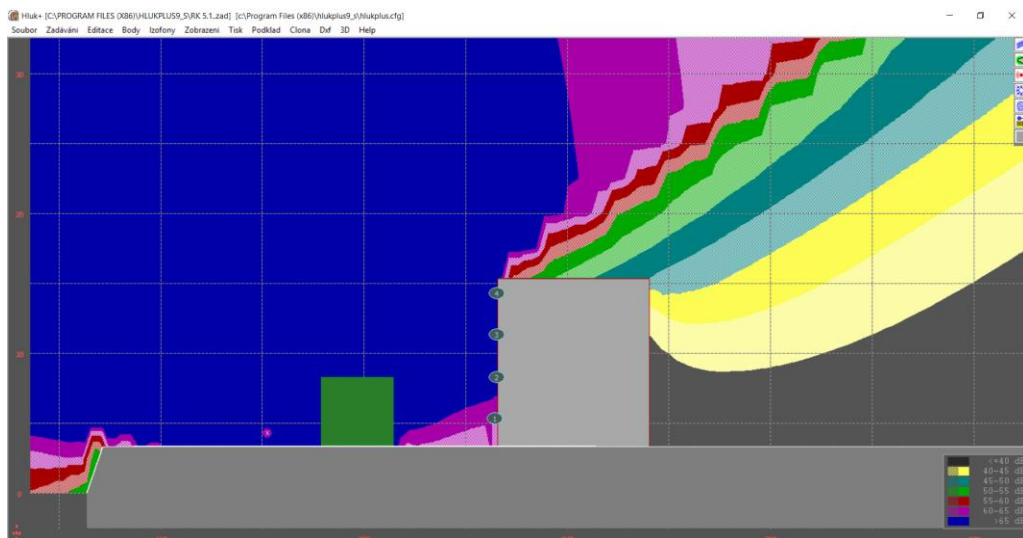


Obr. 6.2.17 Řez akustické studie se zadaným terénem, zdrojem hluku nad terénem, výškou stromového porostu a označením měřících bodů všech čtyř podlaží, zdrojem hluku 90 dB, zelení výšky 5m a průběhem izofon

Z vizualizace izofon na obrázcích 6.2.17, 6.2.18, 6.2.19 pro zdroj hluku 90, 100 a 110 dB vyplývá, že k útlumu v hodnotě jednoho pětideciblového pásma dochází pouze u prvního podlaží.



Obr. 6.2.18 Průběh izofon v řezu pro zdroj hluku 100 dB

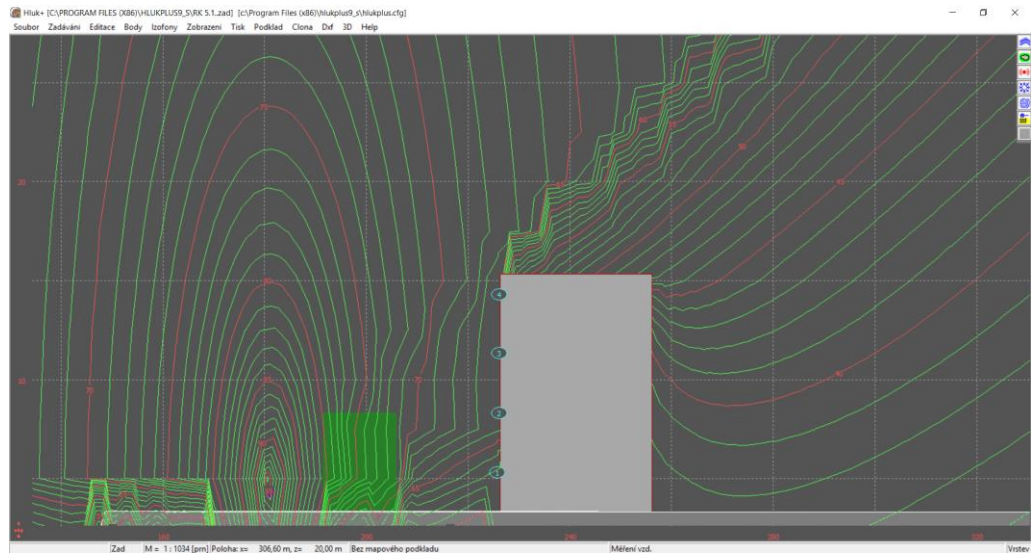


TABULKA BODŮ VÝPOČTU (DEN)						
Č.	výška	Souřadnice	L _{Aeq} (dB)			měření
			doprava	průmysl	celkem	
1	2.0	-30.1; -598.9				(68.8)
2	5.0	-29.7; -599.5				(70.0)
3	8.0	-29.7; -597.6				(69.9)
4	11.0	-29.8; -600.1				(69.8)

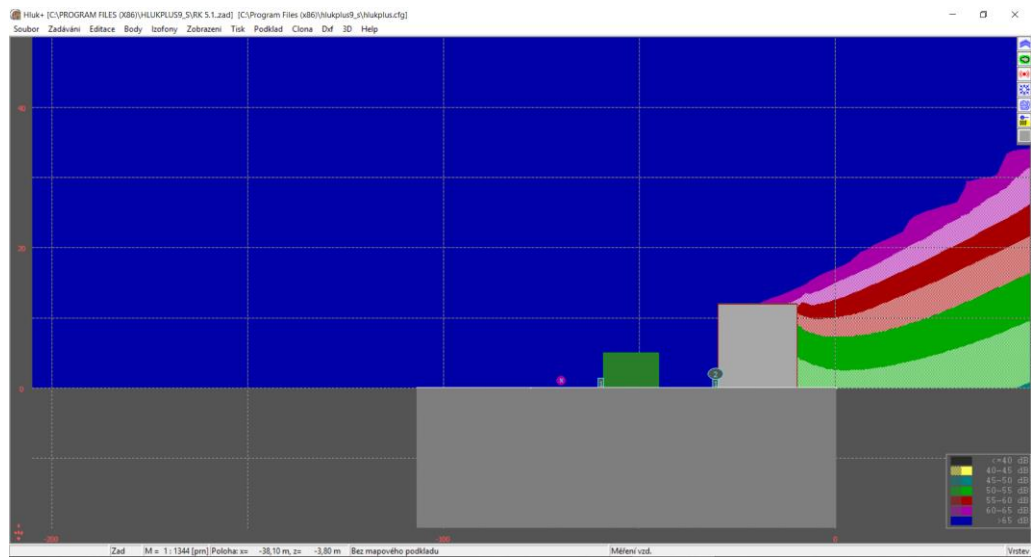
Obr. 6.2.19 Průběh izofon v řezu pro zdroj hluku 110 dB s tabulkou hodnot v měřených bodech

Dle přesných hodnot měřených bodů dle obr. č. 6.2.19 je nad rámec izofonních pásem zjevné, že nejvyšší hodnota pro bod 2 v hodnotě 70dB je naměřena ve druhém podlaží, pro třetí a čtvrté se snižuje po 0,1dB. Vliv přímé akustické překážky se projeví pouze v prvním podlaží v bodě 1.

Ještě přesnější vizualizaci můžeme získat zobrazením přímých izofon s hodnotami, tak jako je na obr. 6.2.20.



Obr. 6.2.20 Zobrazení lomových hodnot izofon pro přesný průběh v řezu situace

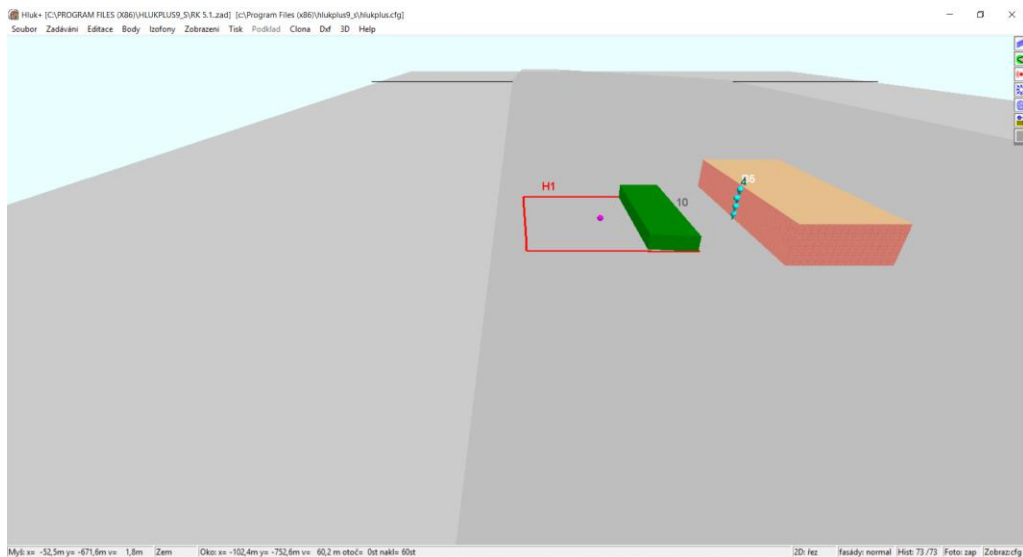


Obr. 6.2.21 Průběh izofon v řezu pro zdroj hluku 120dB

U silných zdrojů hluku akustická bariéra neovlivní ani situaci v prvním podlaží, tak jako vidíme na obr. č. 6.2.21.

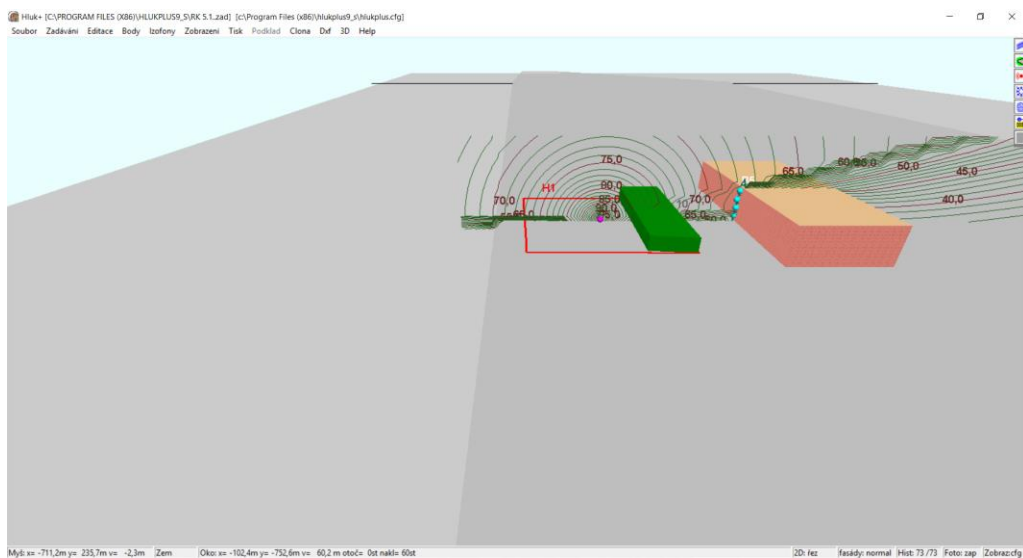
SW podpora Hluk plus umožňuje pro akustické studie i tzv. 3D zobrazení.

Pro ověření správnosti zadaných poloh a výšek měřících bodů, zdrojů hluku a vložených akusticky významných objektů je možné je využít, tak jako je řešená situace zobrazena na obr. č. 6.2.22.



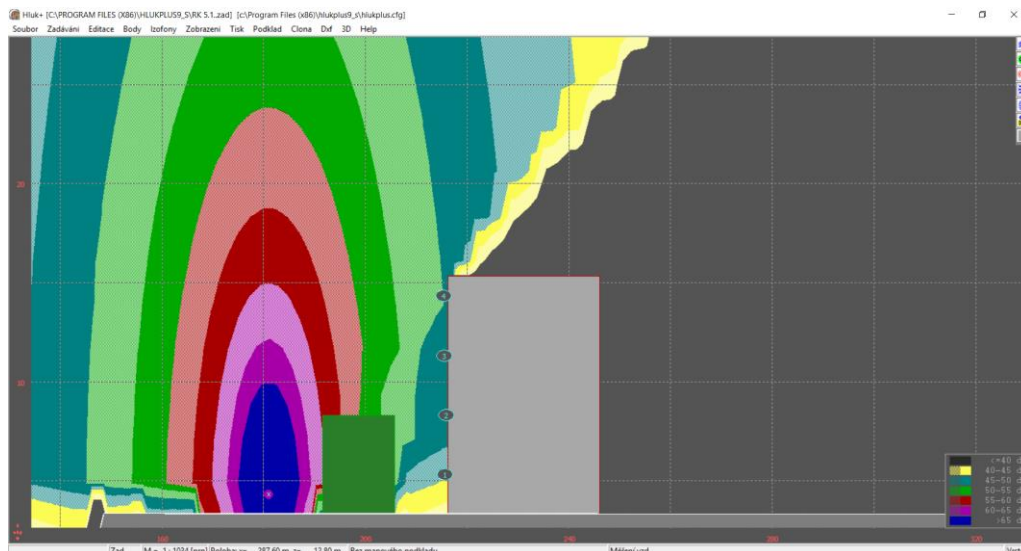
Obr. 6.2.22 Akustická studie případu vložené zeleně v 3D zobrazení

Průběh izofon lze zobrazit i v této 3D verzi, tak jak vidíme na obrázku č. 6.2.23

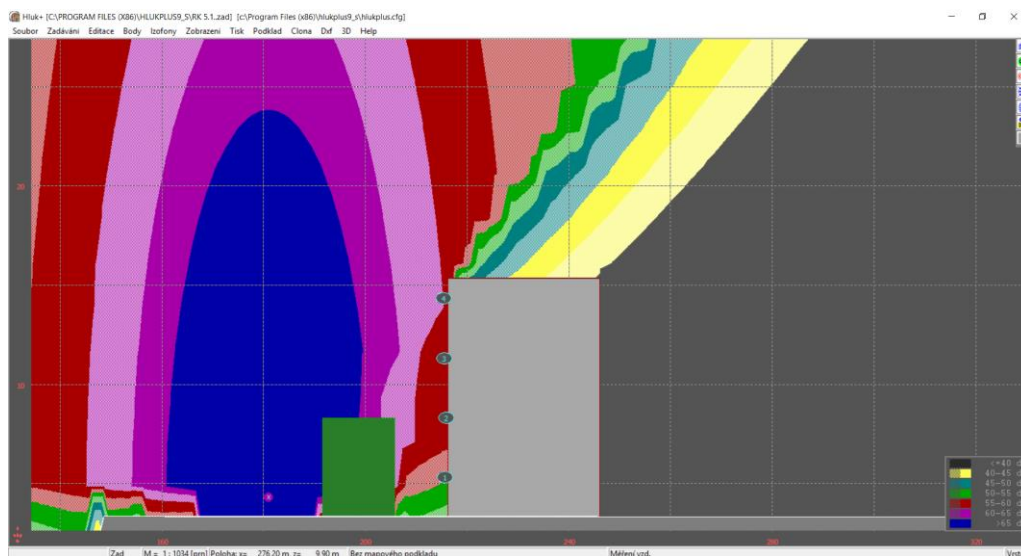


Obr. 6.2.23 Akustická studie případu vložené zeleně v 3D zobrazení s průběhem izofon

Lze namítnout, že mohou být různé vzdálenosti mezi objektem s chráněnou fasádou a útlumovou zelení. Přiblížení zeleně a měřeného objektu ale nemá zásadní vliv na průběh hluku z pohledu předvídání hluku u vložených přírodních překážek v paprsku zvuku, dle obr. č. 6.2,24., 6.2.25



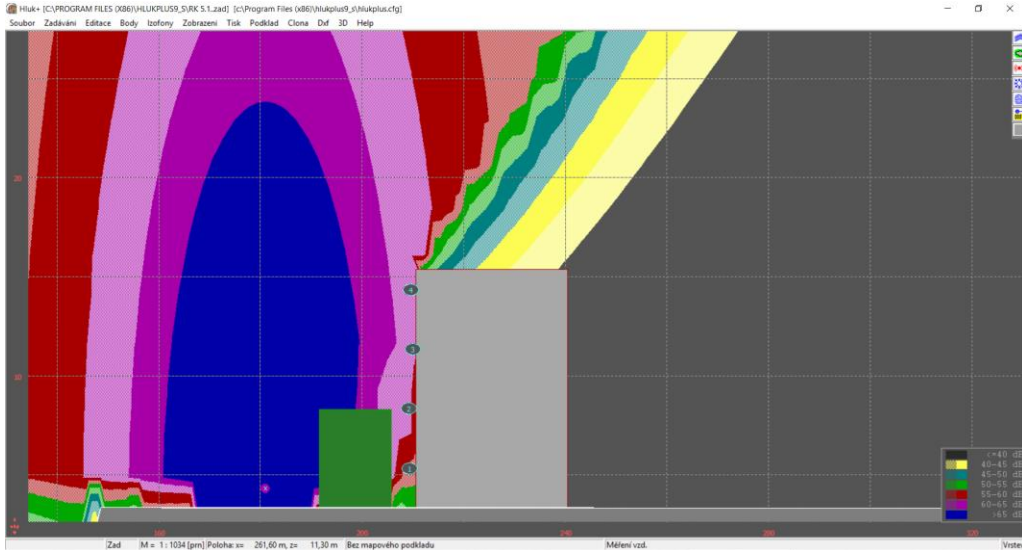
Obr. 6.2.24 Akustická studie případu vložené zeleně v řezu s průběhem izofon se zmenšenou vzdáleností zeleně a měřeného objektu, průběh izofon pro 90 dB



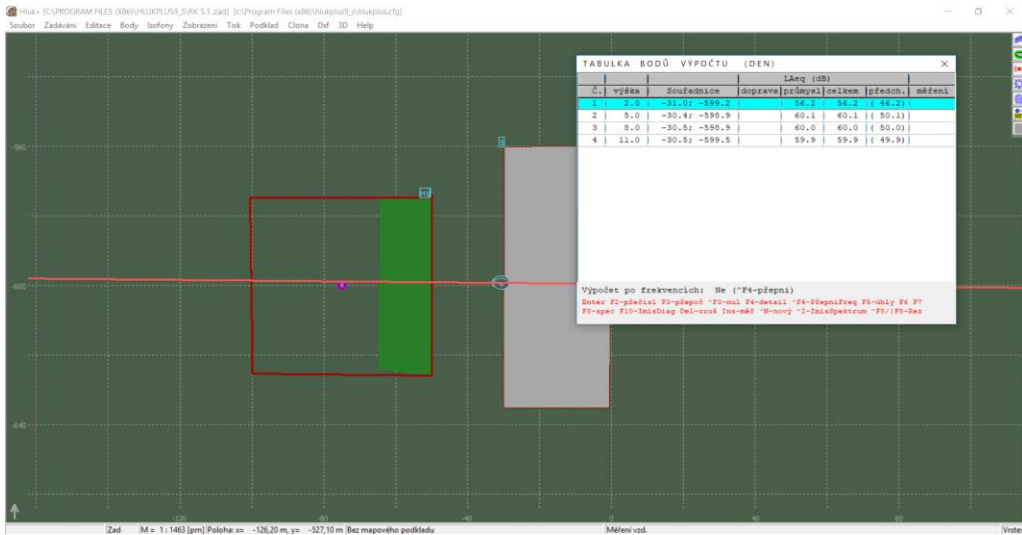
Obr. 6.2.25 Akustická studie případu vložené zeleně v 3D zobrazení s průběhem izofon se zmenšenou vzdáleností zeleně a měřeného objektu, průběh izofon pro 100 dB

Vliv vložené zeleně pro druhé podlaží se projeví pouze v případě, že výška stromů dosahuje úrovně měřeného bodu a vzdálenost zeleně a bodu měření je cca 5m, tak jak je patrné z obr. č. 6.2.26.

Takové výšky zeleně však nelze předjímat, četnější jsou keřové porosty a v režimu udržovaných živých plotů bývají často také ve výšce 1,3 m, dílčí model pro tuto výšku zeleně je s tabulkou výsledných hodnot pro jednotlivá podlaží na obr. č. 6.2.27.



Obr. 6.2.26 Akustická studie případu vložené zeleně v 3D zobrazení s průběhem izofon se zmenšenou vzdáleností zeleně a měřeného objektu



Obr. 6.2.27 Akustická studie případu vložené zeleně v půdorysném zobrazení tabulkou hodnot v bodech jednotlivých podlaží

Tab. č. 6.2.1: Vliv zeleně ve výšce 1,3 m na hodnotu měřených bodů jednotlivých podlaží měřeného objektu:

Zdroj [dB]	NP	1	2	3	4
90		46,2	50,1	50,0	49,9
100		56,2	60,1	60,0	59,9
110		66,2	70,1	70,0	69,9
120		76,2	80,1	80,0	79,9

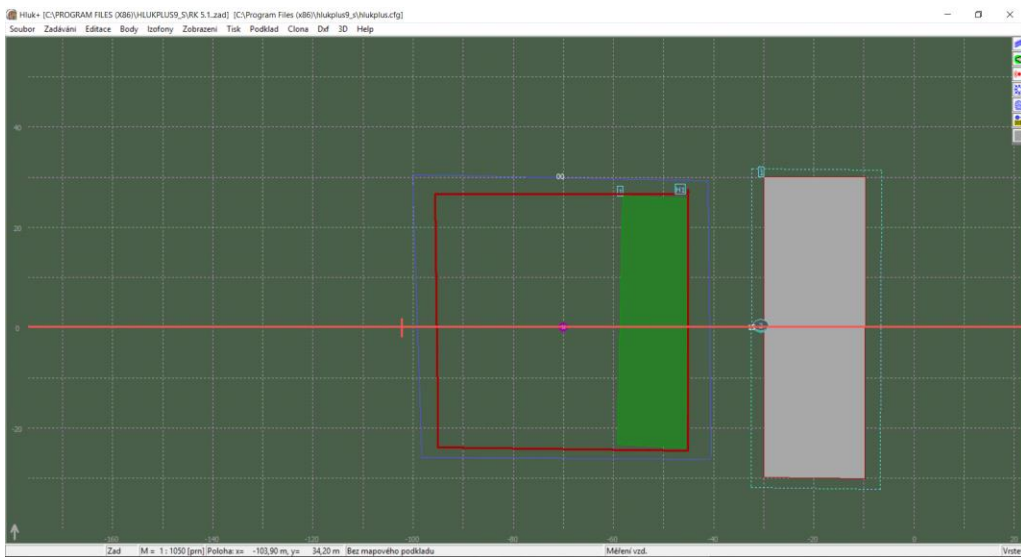
Závěr kap. 6.2.:

Na základě modelovaných situací lze predikovat smysluplnost ověřování hodnot měřených bodů chráněných fasád takto:

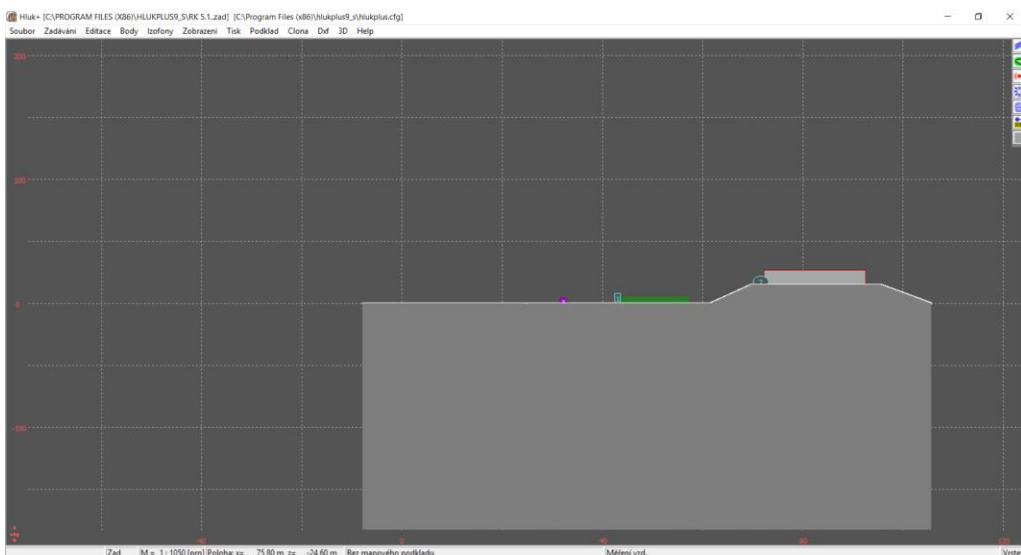
- vliv vložených ploch křovinových porostů a stromových porostů pouze v prvním podlaží
- dochází k rozdílům hodnot v bodě měření při vložené zeleni pro případy, kdy výška zeleně je nižší, než je zdroj hluku, vyšší než je zdroj hluku a vyšší než je bod měření
- Hodnoty výšky porostu méně než 0,5 metru má význam zadávat pouze jako pohltivé plochy v území, nejsou přímou akustickou překážkou pro bod měření, akustickou situaci výrazně neovlivní.
- vliv vložené zeleně pro druhé podlaží se projeví pouze v případě, že výška stromů dosahuje úrovně měřeného bodu a vzdálenost zeleně a bodu měření je cca 5m.
- je nutné zjišťovat hodnoty v měřicích místech druhého podlaží vždy, a to i tehdy, pokud pro výpočty bodů nebo vykreslení izofon prvního podlaží nejsou překročeny hygienické limity
- nutno rozlišovat při existenci zeleně v situaci staveniště nastavení pohltivého terénu a vkládání významných akustických prvků křovinových a stromových ploch
- nutno rozlišovat vkládání křovinových a stromových ploch do základního nastavení odrazivého terénu nebo pohltivého terénu
- Pro zkoumání hodnot pro etalon staveniště bylo zvoleno modelování křovinového porostu výšky 1 m, 1,3 m a 1,5 m a stromového porostu výšky 5m a jejich vliv na výsledné hodnoty akustických tlaků v měřených bodech je vyčíslen v tabulkách v příloze 9.
- Hodnota v měřeném bodě při změně terénu z odrazivý na pohltivý a zohlednění křovinového porostu v míře 25% plochy staveniště do výšky 0,5-1,0 m sníží o dalších 1,2 dB. (výšky 1-3 m o 6,8dB, výšky 3-5 m o 7,4 dB).
- Hodnoty výšky porostu jako přímé překážky zvuku pro méně než 0,5 metru menšího plošného rozsahu nemá význam zadávat, akustickou situaci výrazně neovlivní, jen plošně rozsáhlé porosty.
- Snížení o celkem 1,8dB, 7,4dB, 8dB činí z původní hodnoty dopadu 3,47%, 14,29% a 15,44%
- Hodnota v měřeném bodě po změně terénu z odrazivý na pohltivý a nastavení křovinového porostu v míře 25% plochy staveniště do výšky 0,5m -1,0 m sníží o dalších 1,2 dB.

6.3 Stanovení míry vlivu tvaru terénu na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

Členitost a převýšení terénu v půdoryse při zkoumání modelu není markantní, ale jsou patrné lomové čáry, viz obr. č. 6.3.1., v řezu modelu pak zadaná situace vypadá dle obr. č. 6.3.2., chráněná fasáda je zadána výš o 15 metrů. Oranžová linka znázorňuje osu řezu.

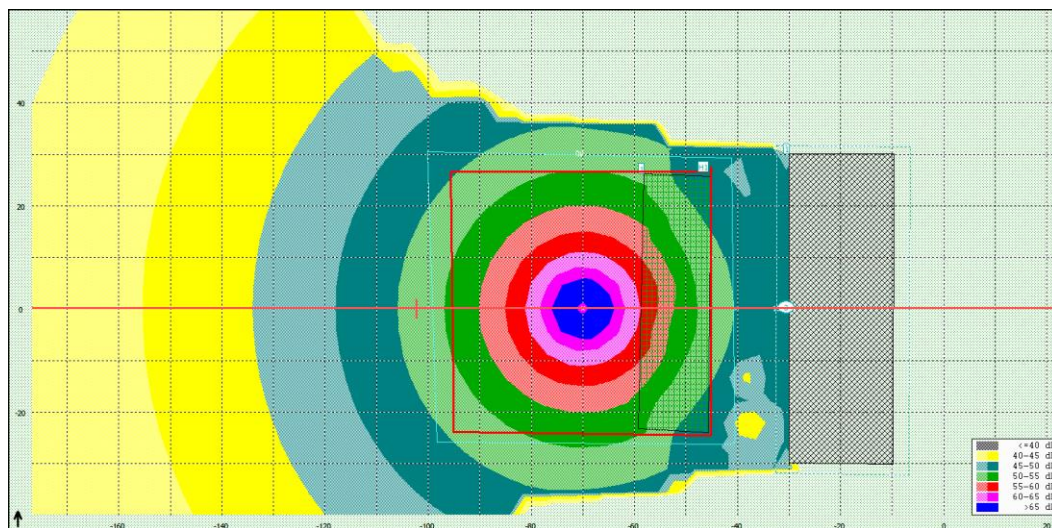


Obr. 6.3.1 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku

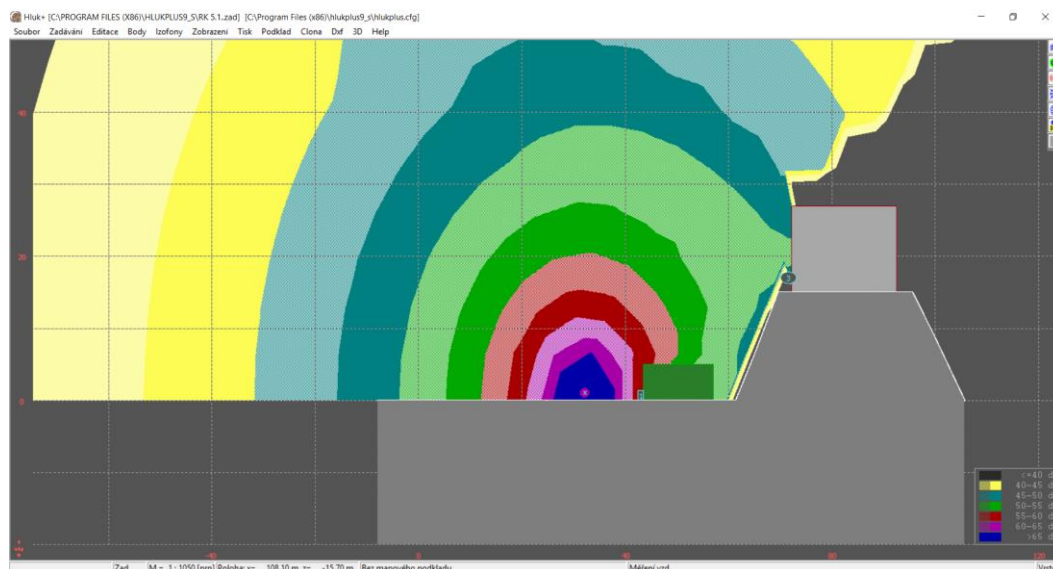


Obr. 6.3.2 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku

Vliv tvaru terénu na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby lze modelovat obtížněji, neboť individualita investic a okolí jejich terénu je obrovská, terénní vlny, zářezy, náspy, mohou nastat různé situace. Základní situací je však stav, kdy chráněná fasáda je výrazně výše nebo výrazně níže než zdroj hluku. Hodnotitelným rozměrem při přirozených tvarech násypů je hodnota od minimálně jedné běžné konstrukční výšky. Pro výraznost rozdílu bude modelován stav, kdy rozdíl činí 15 m, průběh izofon na obrázcích č. 6.3.3. a 6.3.4.

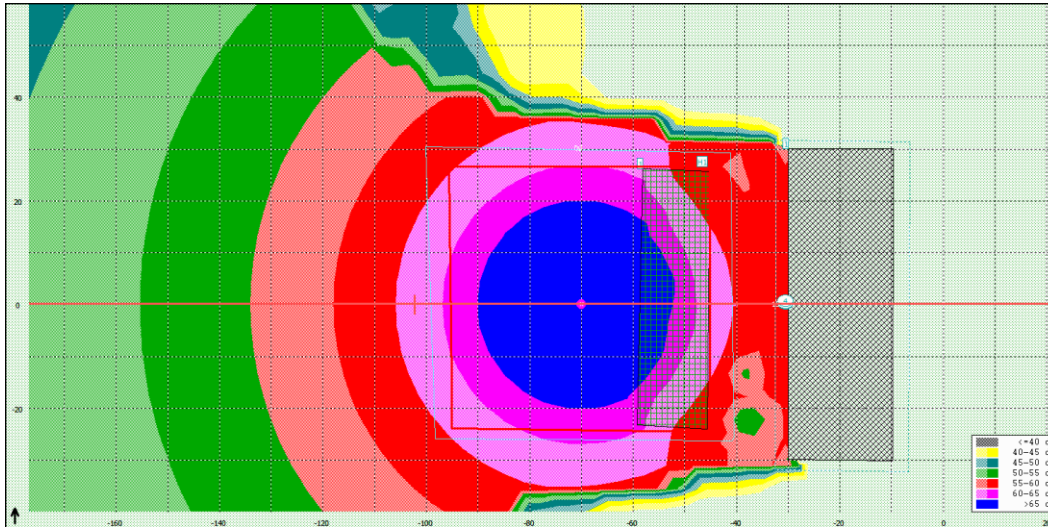


Obr. 6.3.3 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku, Průběh u zdroje 90 dB, hodnota místa měření je 49,3 dB

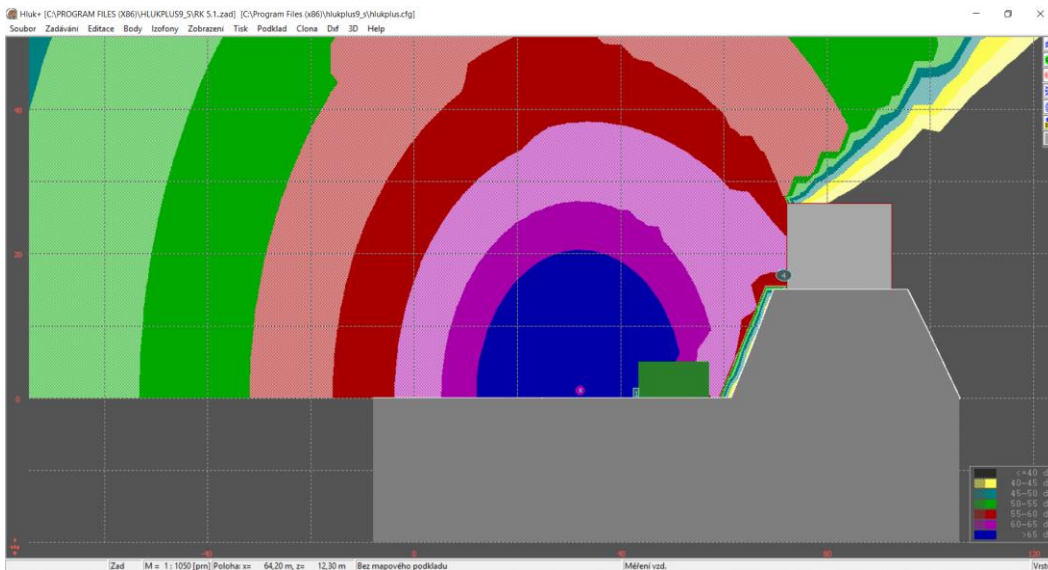


Obr. 6.3.4 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku

Stejně jako u předchozích modelů vizualizujeme průběh izofon i pro výraznější zdroj 100 dB, 110dB a 120 dB, akustickou situaci danou křivkami izofon v půdorysech a řezech vidíme na obr. č. 6.3.5, 6.3.6, 6.3.7, 6.3.8, 6.3.9, 6.3.10.

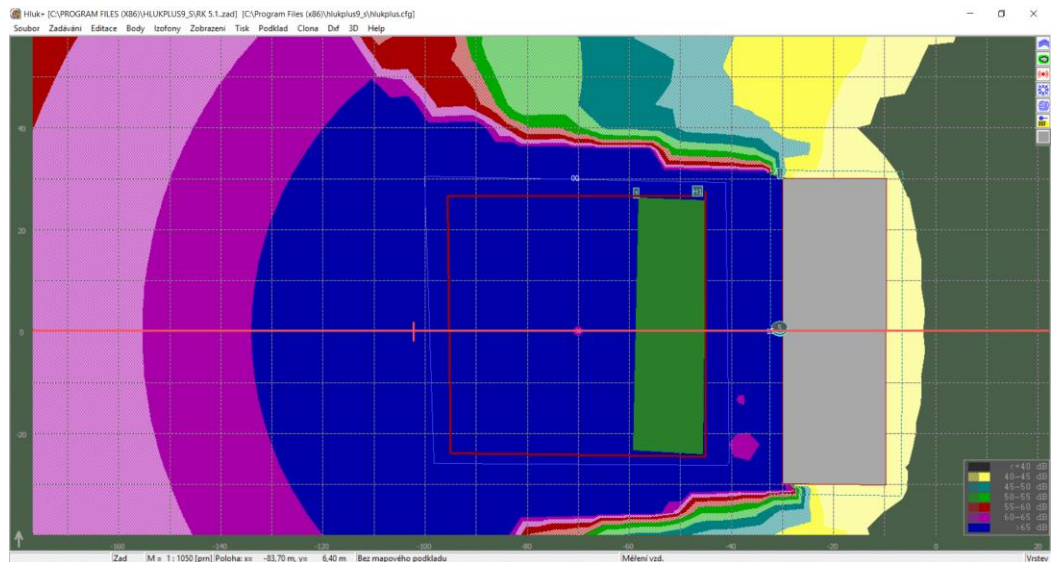


Obr. 6.3.5 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku 100 dB, hodnota místa měření je 59,3 dB.

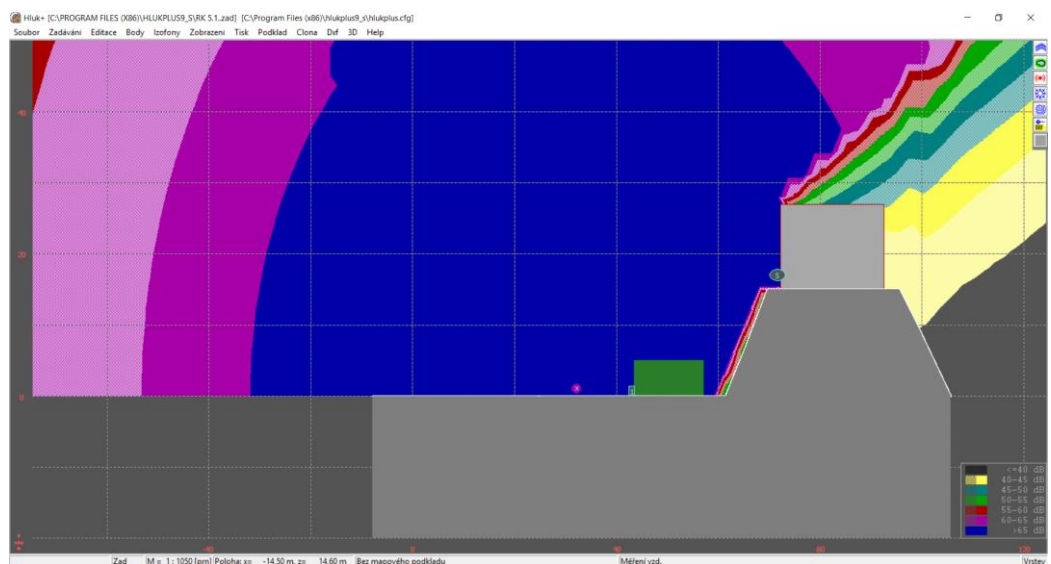


Obr. 6.3.6 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku 100 dB, hodnota místa měření je 59,3 dB.

Je patrné z průběhu izofon, že odstiňující vliv má spíše odstup hrany fasády od hrany náspu, ve zvoleném případě s účinkem v rámci 1NP.

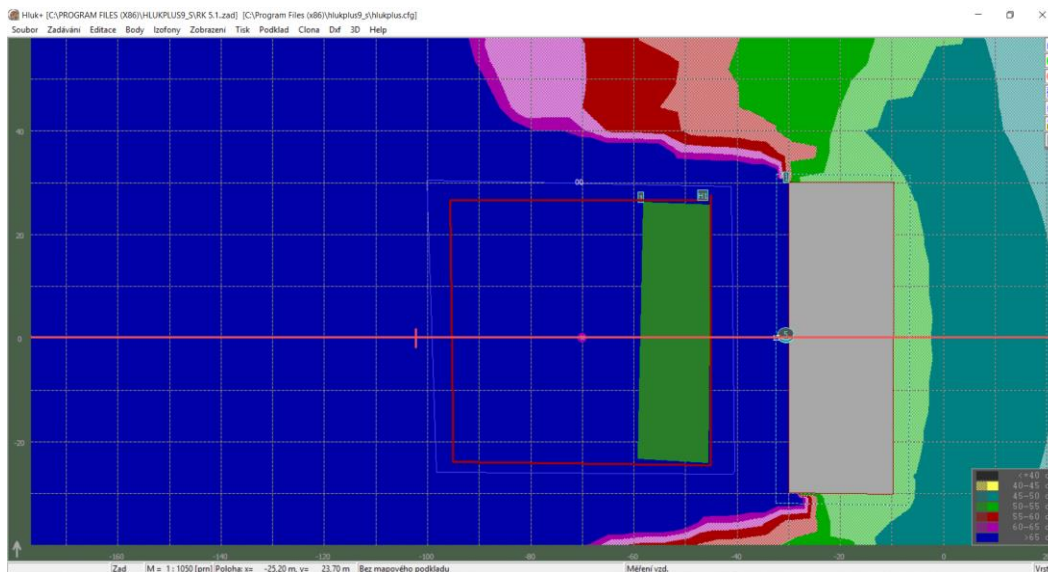


Obr. 6.3.7 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku 110 dB, hodnota místa měření je 69,3 dB.

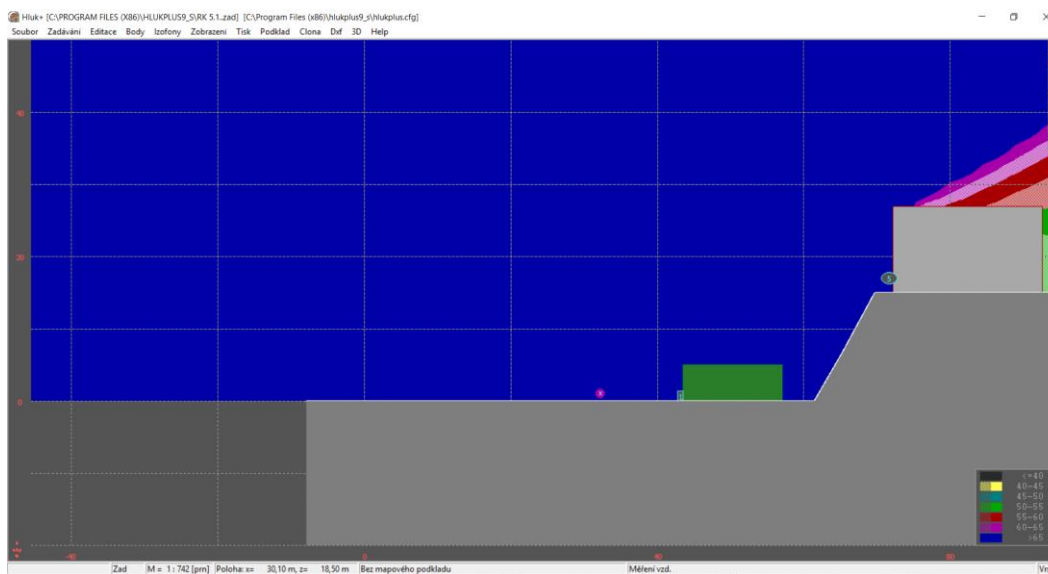


Obr. 6.3.8 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku 110 dB, hodnota místa měření je 69,3 dB.

Při vyšších hodnotách zdroje 110 a 120 dB již útlum v 1NP není.



Obr. 6.3.9 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než stavenišť se zdrojem hluku 120 dB, hodnota místa měření je 79,3 dB.



Obr. 6.3.10 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než stavenišť se zdrojem hluku 120 dB, hodnota místa měření je 79,3 dB.

Tab. 6.3.1 Akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výše než staveniště se zdrojem hluku, výsledná tabulka hodnot

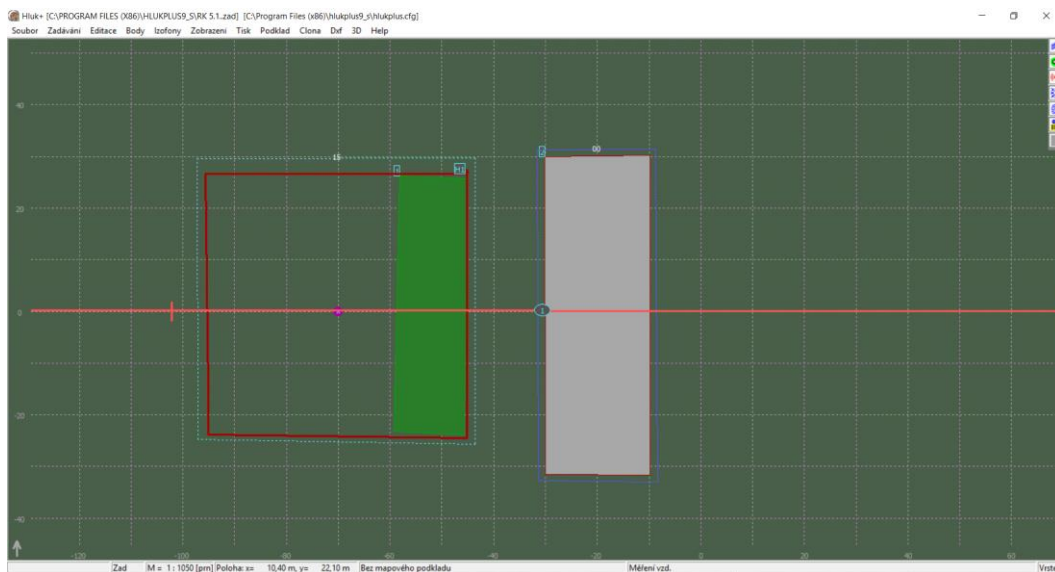
zdroj	Hodnota v měřeném bodě							
(dB)	základní	po změně terénu z odrazivý na pohltivý a křovinového porostu v míře 25% plochy staveniště						
		do výšky 1m	do výšky 1,5m	do výšky 5m	do výšky 5 m při terénní vlně 15 m Chráněná fasáda je výše než staveniště			
					MB 1NP 2m	MB 2NP 5 m	MB 3NP 8m	MB 4NP 11m
90	51,8	51,2	44,4	43,8	49,3	50,2	49,9	48
100	61,8	61,2	54,4	53,8	59,3	60,2	59,9	58
110	71,8	71,2	64,4	63,8	69,3	70,2	69,9	68
120	81,8	81,2	74,4	73,8	79,3	80,2	79,9	78

Pro situaci v případě že je objekt výše než zdroj lze uzavřít pro dané modelování tím, že pro zdroje 90 dB a 110 dB že záleží na tom, před okno kterého podlaží zadáme měřící bod. Budeme-li měřit ve druhém NP, nikoliv v prvním, hodnoty bodů budou jiné a při přechodu pětidecibellových pásem zobrazené jinou barvou, viz obr. č. 6.3.6. U vyšších hodnot zdroje již nehraje roli, fasáda je po celé výšce ve stejném pětidecibellovém pásmu.

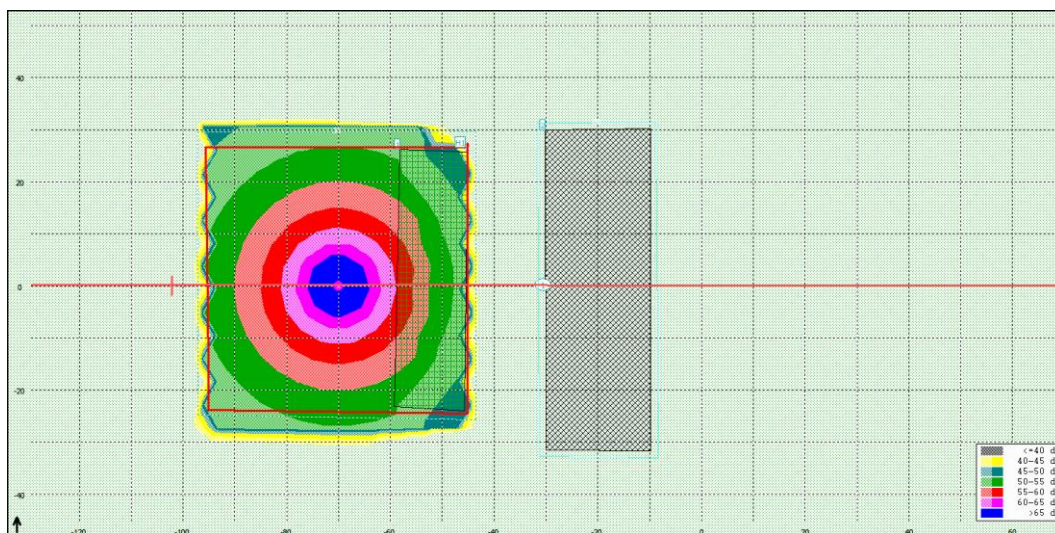
Další modelování k problematice vlivu tvaru terénu bude vizualizováno pro situaci, kdy chráněná fasáda je níže než staveniště se zdrojem.

V půdorysném zobrazení není opět na první pohled patrný stav terénu, viz obr. č.6.3.11, ani při jasnějším zobrazení i s izofonami jako na obr. 6.3.12.

Zdroj 90 dB se přitom sníží výrazně, a to až na 25,1 dB.

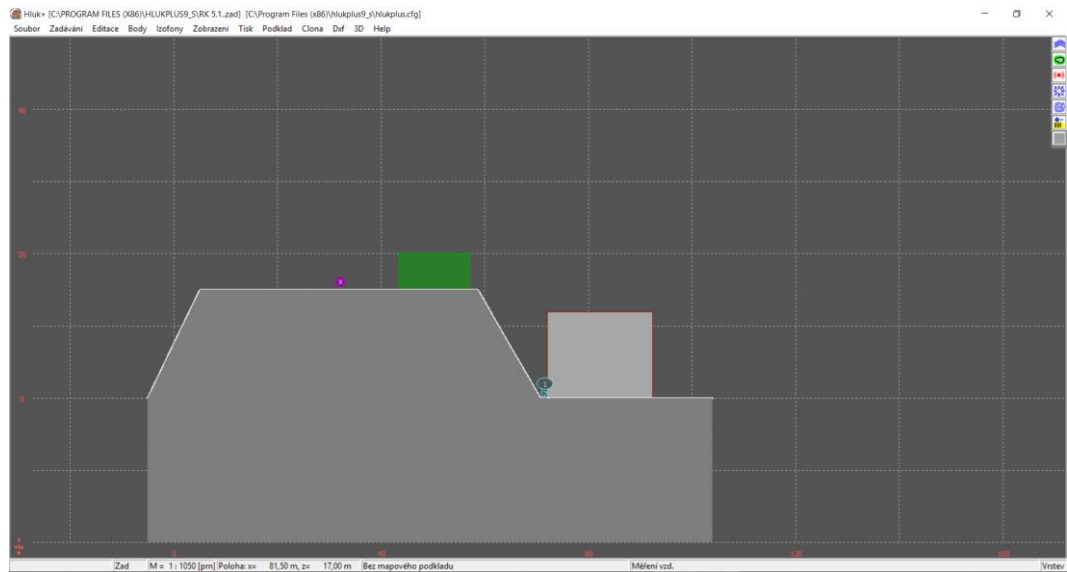


Obr. 6.3.11 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku 90 dB, hodnota místa měření je 25,1 dB.

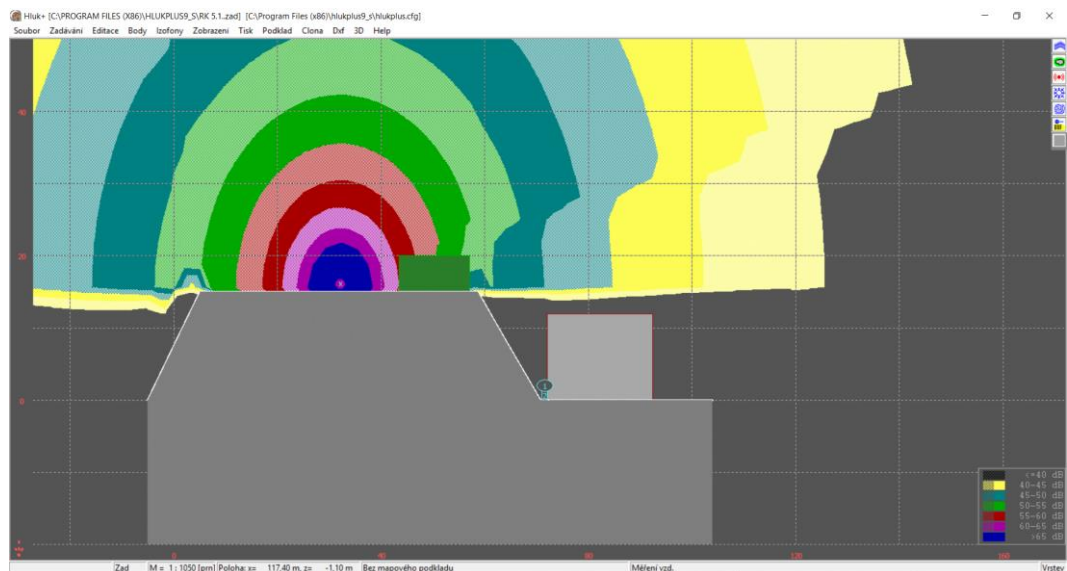


Obr. 6.3.12 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku 90 dB, hodnota místa měření je 25,1 dB, s průběhem izofon.

Je třeba celou akustickou situaci posuzovat ve správném řezu, tak jak vidíme modelovaný terén i vložené objekty na obr. č. 6.3.13.

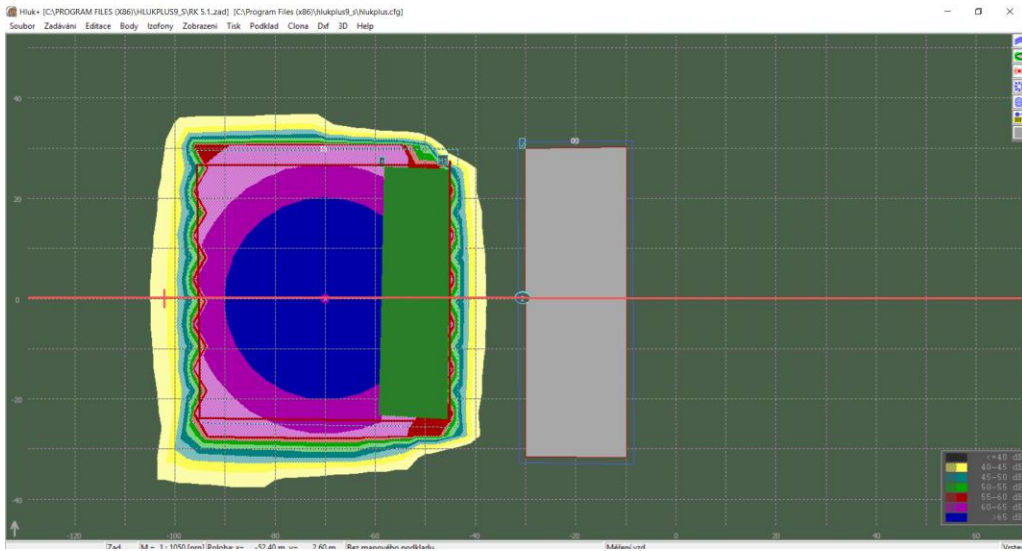


Obr. 6.3.13 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveňišťe se zdrojem hluku

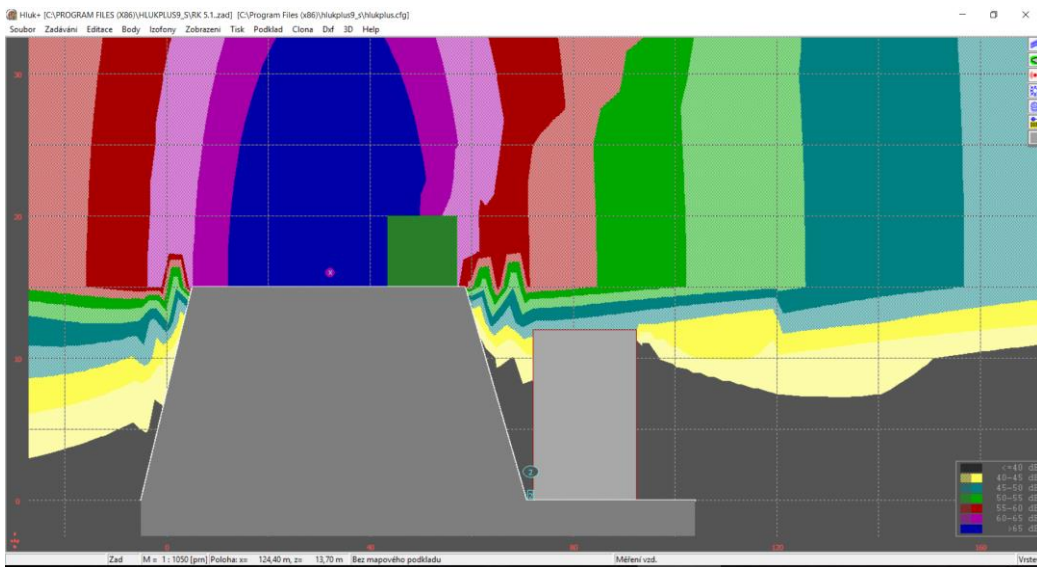


Obr. 6.3.14 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveňišťe se zdrojem hluku se zdrojem hluku 90 dB, hodnota místa měření je 25,1 dB, s průběhem izofon.

V případě komplikovanějších terénů, kdy stroje mohou být v různých úrovních, například v jámě a na povrchu je třeba zvolit pro model výhodnou nulovou linii, a od ní směrem nahoru vkládat výšky zdrojů i míst měření.

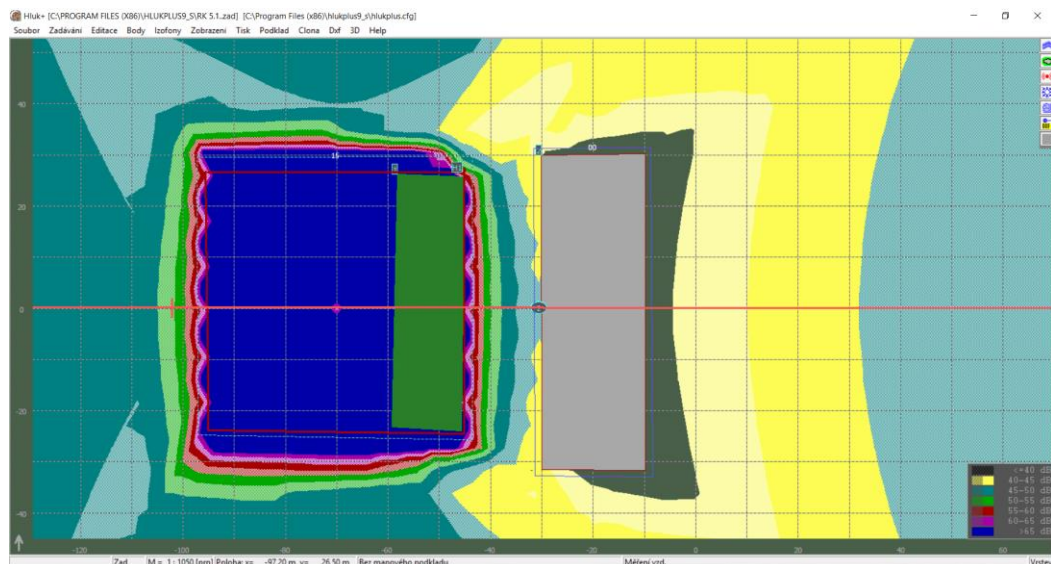


Obr. 6.3.15 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku se zdrojem hluku 100 dB, hodnota místa měření je 35,1 dB, s průběhem izofon.

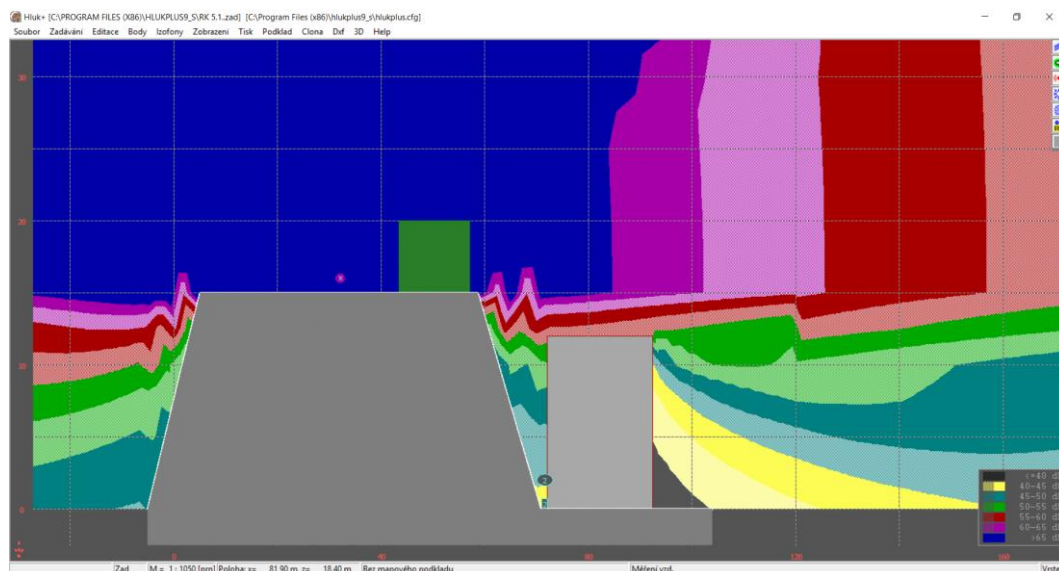


Obr. 6.3.16 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku se zdrojem hluku 100 dB, hodnota místa měření je 35,1 dB, s průběhem izofon.

Je zjevné, že u silnějšího zdroje nám nastává opačný efekt, než jsme dosud modelovali, kritickým místem pro volbu bodu měření je pro nás nejvyšší podlaží objektu, v případě překročení limitních hodnot by nebylo zjevné v půdoryse.

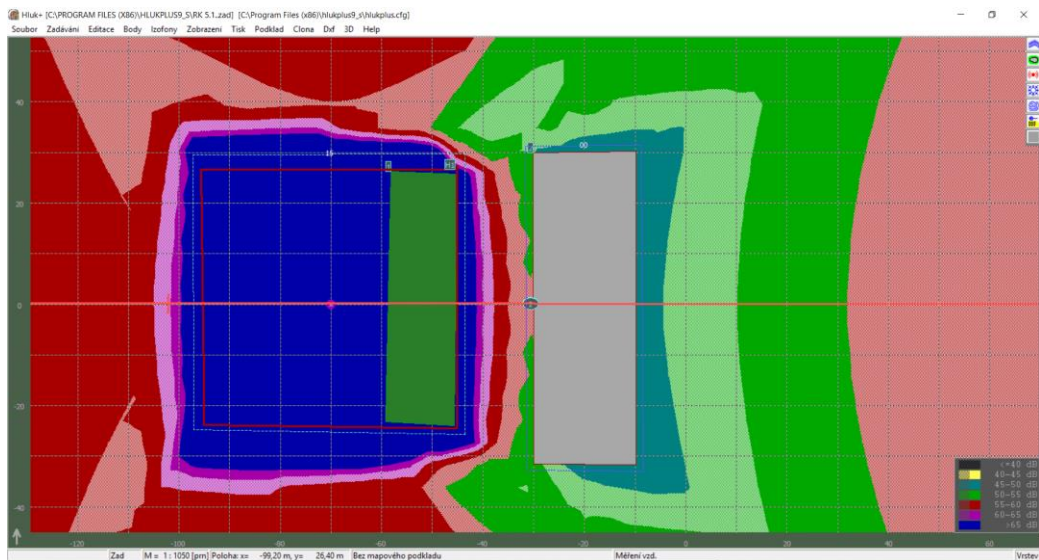


Obr. 6.3.17 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku se zdrojem hluku 110 dB, hodnota místa měření je 45,1 dB, s průběhem izofon.

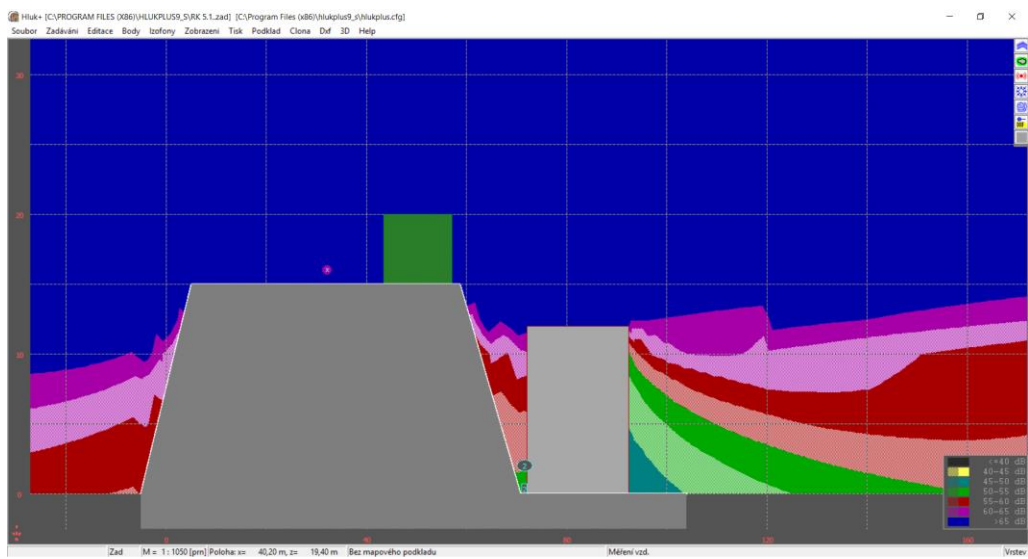


Obr. 6.3.18 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku se zdrojem hluku 110 dB, hodnota místa měření je 45,1 dB, s průběhem izofon.

Pro zdroj 110 a 120 dB je na obrázcích 6.3.18 a 6.3.20 dobře vizualizované co znamená pojem akustický stín a jak v režimu pětidecibelových pásem probíhá přenos zvuku od zdroje nejen k místu měření, ale i za něj a do blízkého okolí.



Obr. 6.3.19 Půdorys akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku se zdrojem hluku 120 dB, hodnota místa měření je 55,1 dB, s průběhem izofon.



Obr. 6.3.20 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než staveniště se zdrojem hluku se zdrojem hluku 120 dB, hodnota místa měření je 55,1 dB, s průběhem izofon.

Tab. 6.3.2 Akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je níže než staveniště se zdrojem hluku výsledná tabulka hodnot.

zdroj	Hodnota v měřeném bodě							
dB	základní	po změně terénu z odrazivý na pohltivý a křovinného porostu v míře 25% plochy staveniště						
		do výšky 1m	do výšky 1,5m	do výšky 5m	do výšky 5m při terénní vlně 15m Chráněná fasáda je níže než staveniště			
					MB 1NP 2m	MB 1NP 5m	MB 3NP 8m	MB 4NP 11m
90	51,8	51,2	44,4	43,8	25,1	27,3	32,5	35,1
100	61,8	61,2	54,4	53,8	35,1	37,3	42,5	45,1
110	71,8	71,2	64,4	63,8	45,1	47,3	52,5	55,1
120	81,8	81,2	74,4	73,8	55,1	57,3	62,5	65,1

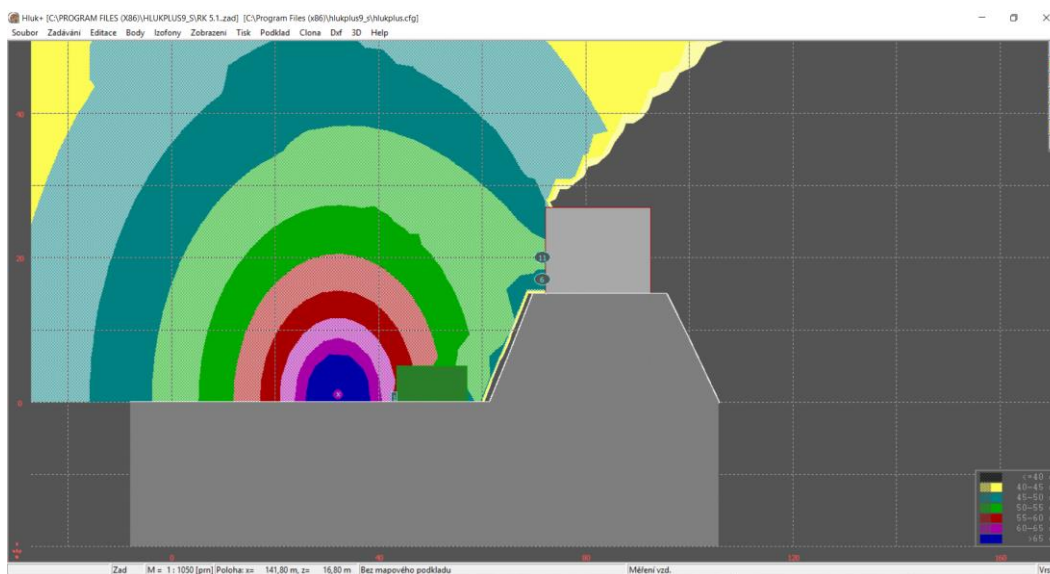
Závěr ke kap. 6.3.:

Vliv terénu je zjevný, ale těžce odhadnutelný pro zobecnění. Obvykle pro staveniště není ideální terénní vlna – snad kromě plánovaných základových jam. Zohlednění tvaru terénu ve větší členitosti vede spíše k individuálním hlukovým studiím s pečlivým zadáním terénu v podkladu. Obecně lze snad jen říci, že je třeba správně stanovit výšku měření, tedy vzdálenost mezi zdrojem a měřeným bodem se zohledněním výšky terénní vlny, je-li objekt chráněné fasády výše než zdroj. V opačném případě lze počítat s tzv. akustickým stínem, nicméně s vyššími hodnotami zdrojů ověřit měřící body umístěné v nejvyšších podlažích objektů.

Tabulka přesných hodnot modelu pro stanovení míry vlivu tvaru terénu – pro kapitolu 6.3. v příloze 9.

6.4 Stanovení míry vlivu umístění měřících bodů a výšky měření izofon na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

V předchozích kapitolách v souvislosti s ověřováním vlivu porostů a vlivu tvaru terénu jsme již několikrát poukázali s na obrázky akustických situací v řezu na to, že je nutné řešit úrovně chráněných fasád v jednotlivých podlažích, na obrázcích č. 6.4.1 a 6.4.2 vizualizace pásem s rozdílnou hodnotou v podlažích.



Obr. 6.4.1 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je výš než stavenišť se zdrojem hluku, různý průběh pásem v jednotlivých podlažích objektu

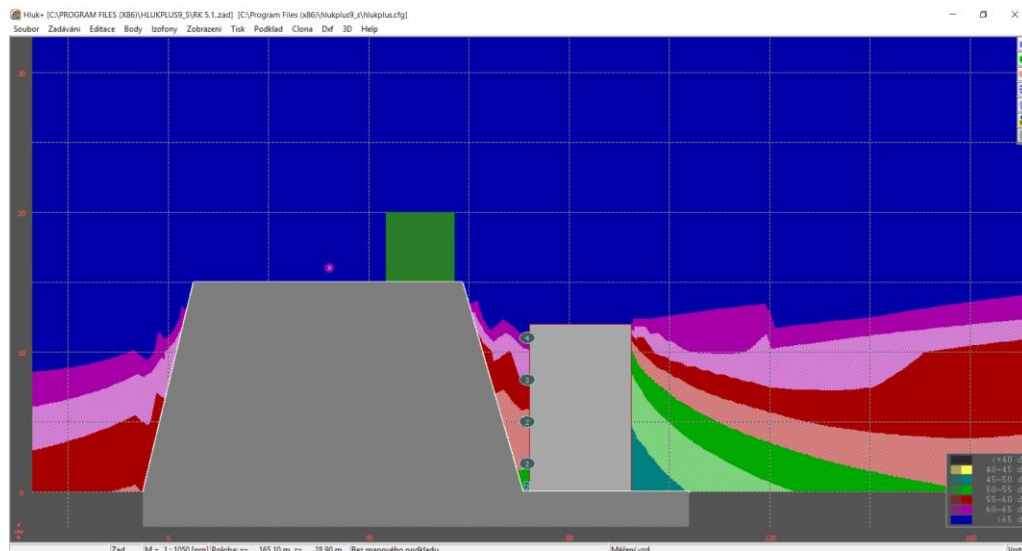
Pro nejvyšší hodnotu zdroje je na obrázku správné označení měřících míst s ohledem na rozdílnost hodnot v jednotlivých podlažích. Pokud bychom v takovémto případě nechali půdorysně vykreslit hodnoty izofon v úrovni měřeného bodu INP a nezkoumali akustickou situaci v řezu, nezjistili bychom, že ve vyšších podlažích můžeme být s hodnotami až o 15 dB rozdílní, jak ukazuje obrázek 6.4.2.

V této souvislosti je nutné zmínit, že jedním z potřebných rozhodnutí je umístění měřícího bodu, pro který pak odečítáme dB hodnotu z tabulky hodnot a druhým rozhodnutím je volba úrovně vykreslení barevných izofonních pásem, ve studiích je často matoucí, že jsou tyto úrovně různé.

Obvykle jsou měřící body nastavovány výškou od zadaného terénu s hodnotou před středem okenní výplně, tak byly modelovány předchozí situace, jak je ukázáno např. obr. č. 6.2.24., 6.2.25., 6.2.26.

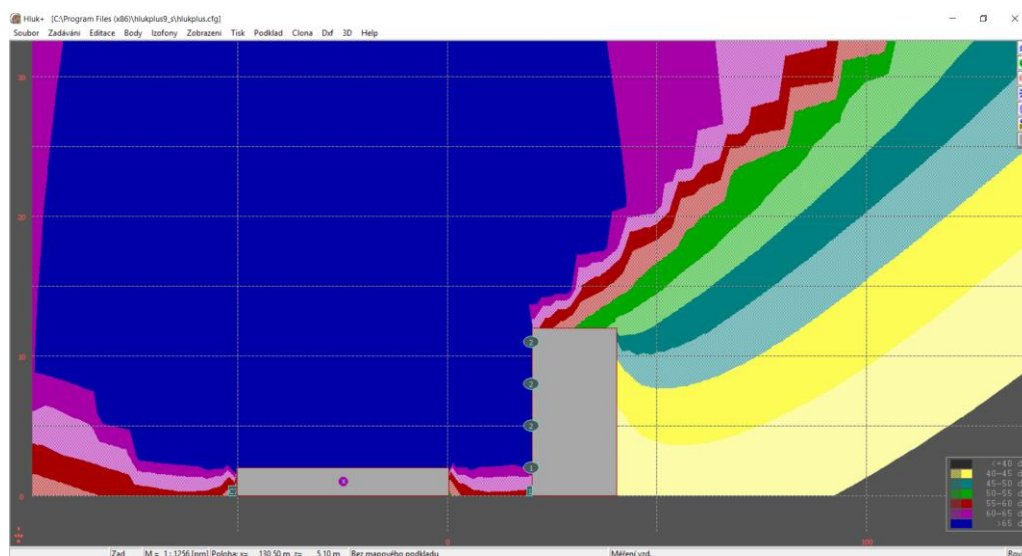
Mohou nastat případy, kdy může být zajímavé označit body jiným způsobem, například přechody podlaží, nebo při vyšších konstrukčních výškách objektů s plnějším prosklením spodní a horní linii prosklení.

Pro lepší vnímání izofonních pásem řezu lze okno řezu roztáhnout dle potřeby a mimo poměr měřítka osy x a y, akustické hodnoty se tím nezmění.



Obr. 6.4.2 Řez akustické studie se zadaným terénem, chráněná fasáda je nižší než staveniště se zdrojem hluku se zdrojem hluku měřící body pro přechody podlaží, s průběhem izofon.

I bez ohledu na různé úrovně terénu, i na rovině je nutné sledovat správné nastavení měřících bodů i úroveň zobrazování izofon, v obr. č. 6.4.3 je zřejmé, že půdorysný řez = zobrazení izofon ve 2 m výšky prvního podlaží bude na rozdíl od vyšších podlaží ovlivněno odstíněním stěny ohraničující staveniště.



Obr. 6.4.3 Řez akustické studie se zadaným terénem, protihlukovou stěnou kolem staveniště, zdrojem hluku a měřícími body, s průběhem izofon.

Závěr ke kap. 6.4:

Lze říci, že umístěné měřící body budou vždy v tabulce hodnot vykazovat správné hodnoty, pokud budou přisouzeny jinému místu (podlaží) měření, jedná se o chybu, nikoliv vliv na hladinu akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby.

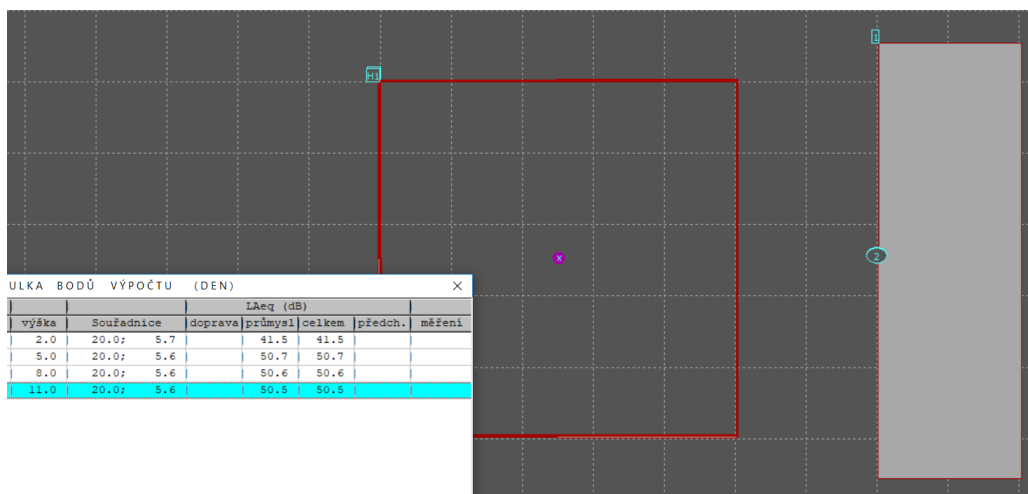
Je také potřebné poukázat na možnost záměny měřících bodů, jsou-li body úrovní podlaží zadávány dodatečně, zadávají se v půdoryse, kdy dochází k překryvu míst, může pak nastat špatné očíslování v podlažích, je potřebná kontrola a případné využití funkce Přečísluj body ↩

Tuto funkci lze využít přímo z tabulky bodů a klávesovou zkratkou F2.

Pro stanovený etalon by tato chyba znamenala hodnotu 15 dB pro celou výšku objektu modelovaného níže než terén a 8 dB výše než terén a hodnotách chyby 3 dB mezi podlažími.

6.5 Stanovení míry vlivu nepřesnosti zadávání při modelování na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

V návaznosti na předchozí kapitulu k problematice zadaných měřících bodů a vizualizace izofonních pásem na obrázku 6.5.1 tabulka hodnot bodů v podlažích objektu. V tabulce hodnot nalezneme i souřadnice, ze kterých lze odečíst chybné hodnoty při zadávání polohy bodu.



Obr. 6.5.1 Model akustické studie s tabulkou hodnot a uvedenými souřadnicemi bodů

Kromě nepřesností při zadávání bodů měření se také do výpočtu promítnou tyto nepřesnosti:

- Špatně spřažený bitmapový podklad- nedodržení měřítka
- Nepřesně vynesené obrysy akusticky významných objektů nebo zadání jejich výšek
- Zdroje hluku označené jinou hodnotou než L_{WA} , např. L_{PA} v kabině řidiče
- Špatně zadaný terén nebo hodnoty výšek vztažené k jiné úrovni, než model vyžaduje

Závěr ke kap. 6.5:

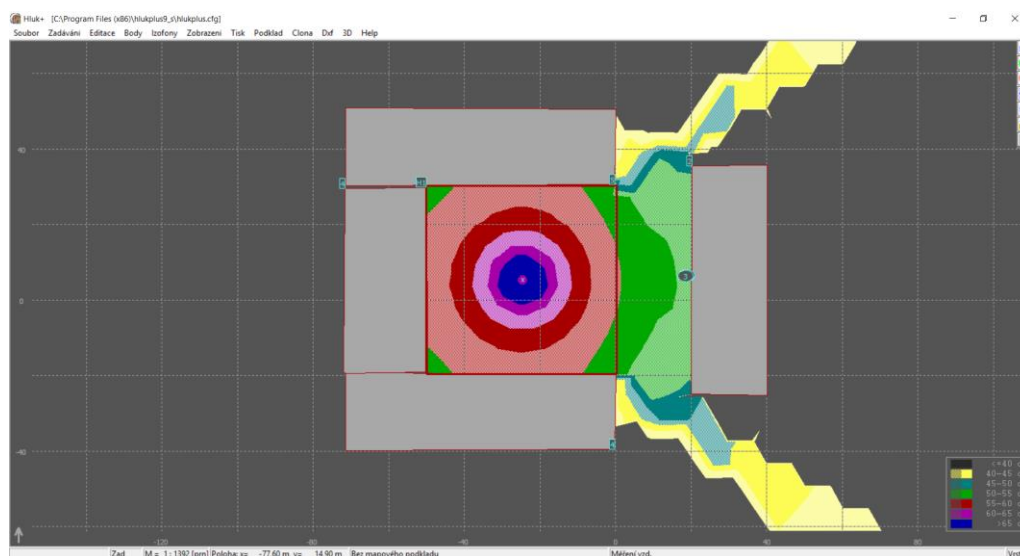
Zde se jedná opět o chyby, nikoliv vlivy na hladinu akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby. Nelze stanovit výši vlivu, záleží na odlišnosti vložené hodnoty. Pro zajímavost uvádím, že osobní chyba při pořizování dat zjištěná způsobem opětovného vytvoření stejného modelu činí na tomto etalonu až 0,6 dB.

Tabulka možných chyb uvedena v **příloze 9** této práce.

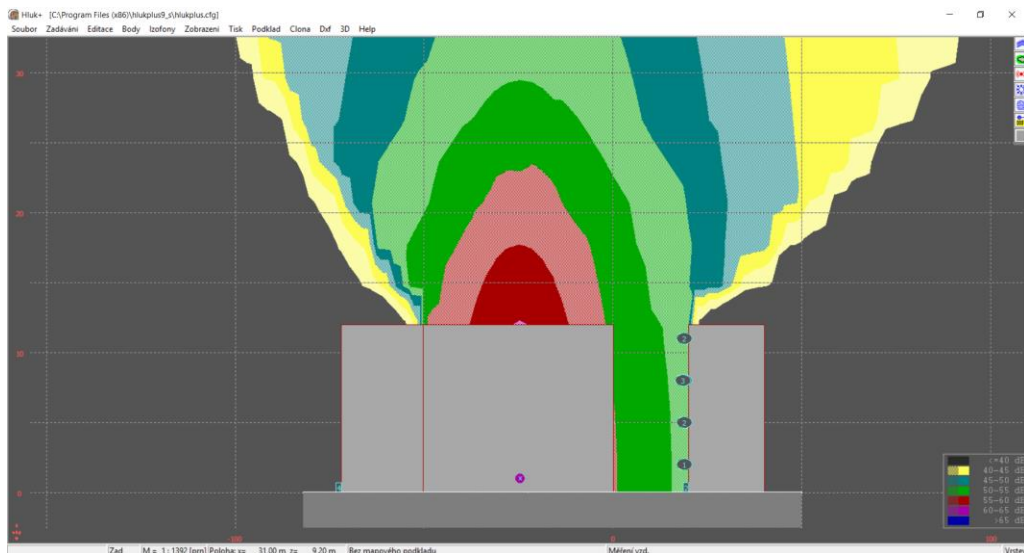
6.6 Stanovení míry vlivu četnosti a tvaru stávající zástavby na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

Nádvoří, zástavba tvaru U

Pro první verzi modelování byly vloženy objekty budov stejné výšky, tvořící nádvoří přes komunikaci k měřené chráněné fasádě.

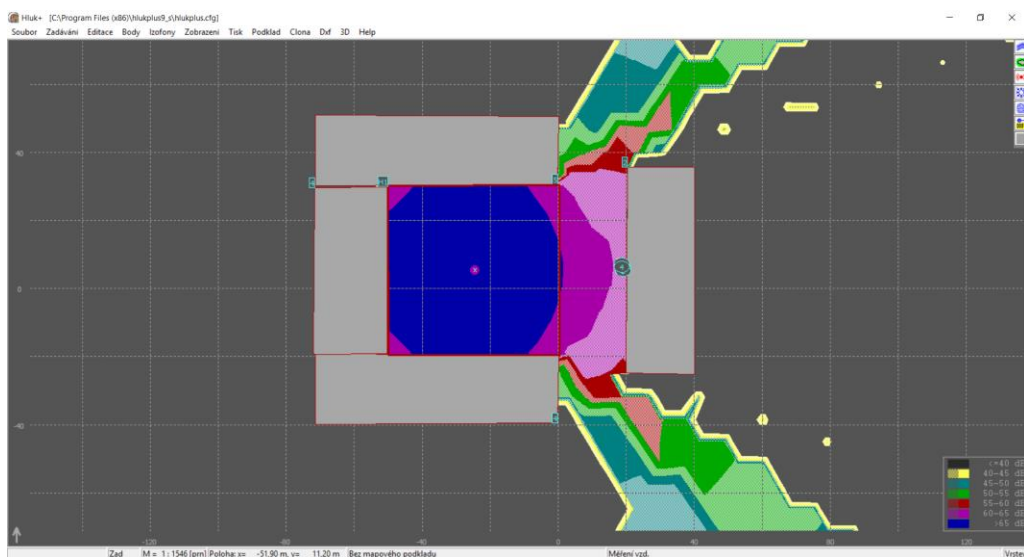


Obr. 6.6.1 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 90 dB, s izofonami

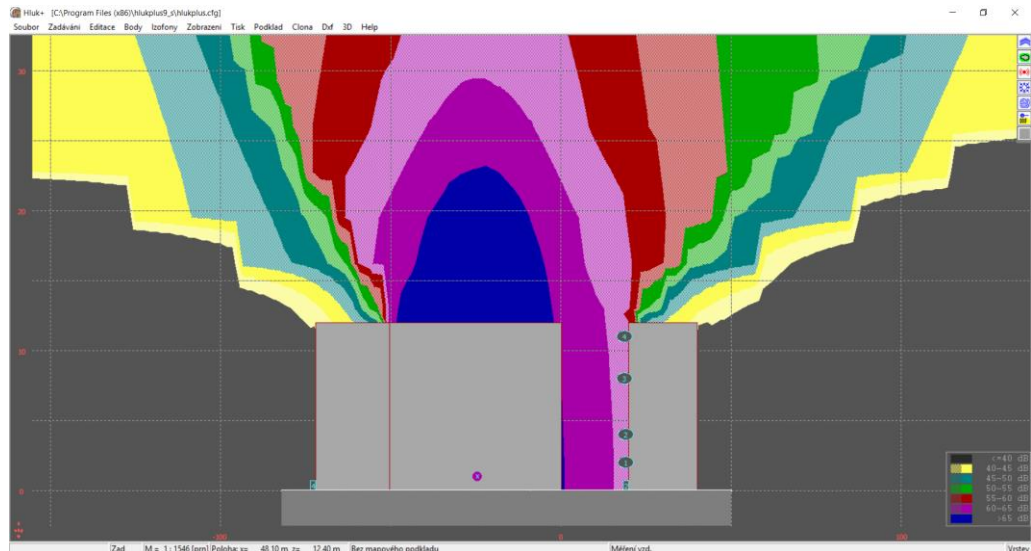


Obr. 6.6.2 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 90 dB, s izofonami

V půdoryse na obr. č. 6.6.1 a řezu na obr. č. 6.6.2 je pro zdroj 90 dB vizualizace hluku, objekty zabrání přenosu, je viditelný únik hluku z nádvoří směrem po linii silniční komunikace.

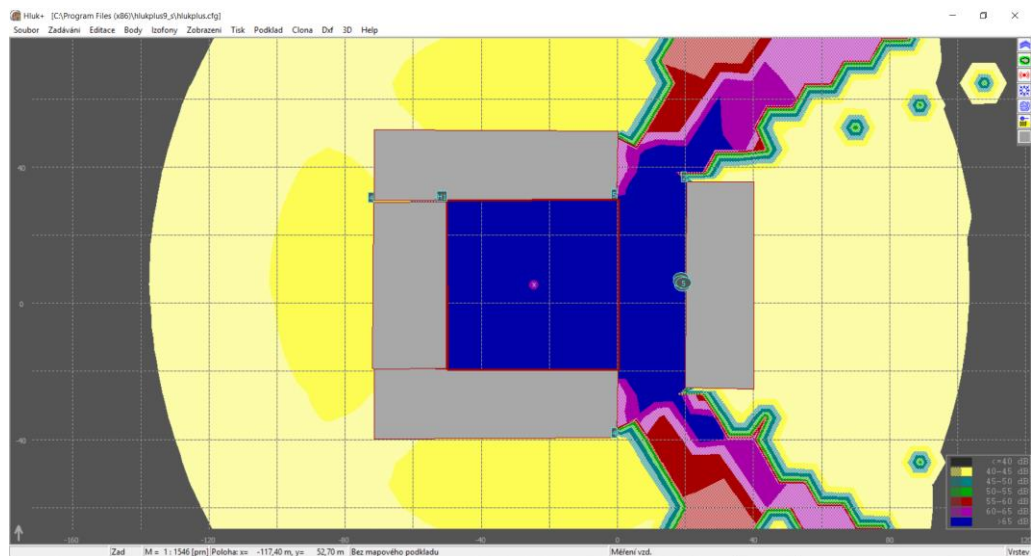


Obr. 6.6.3 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 100 dB, s izofonami

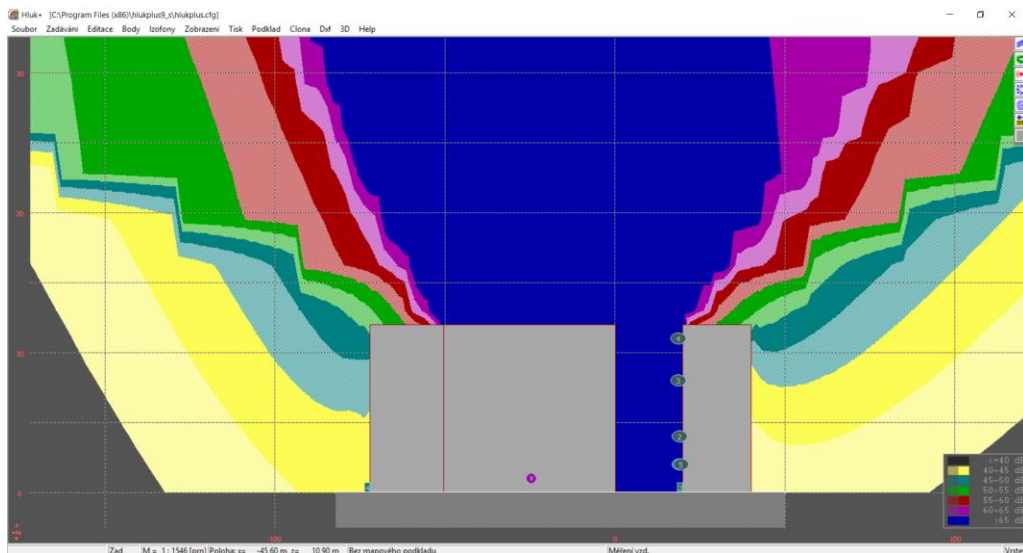


Obr. 6.6.4 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 100 dB, s izofonami

Při hodnotách zdroje 100 dB lze odečíst z modelu větší průtok hluku přes silniční linii, prostor za objekty není ale zasažen, viz obr. č. 6.6.3. a 6.6.4.

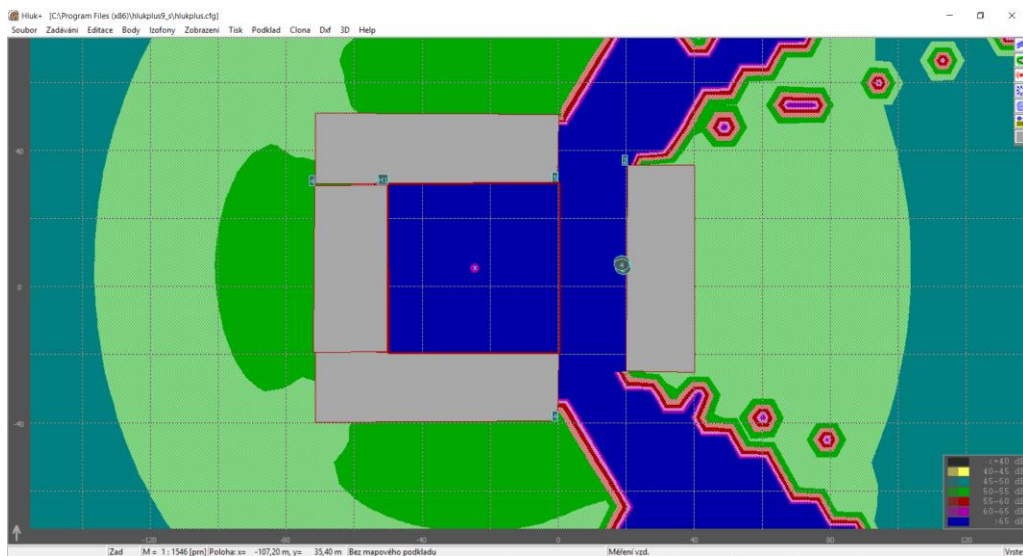


Obr. 6.6.5 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 110 dB, s izofonami

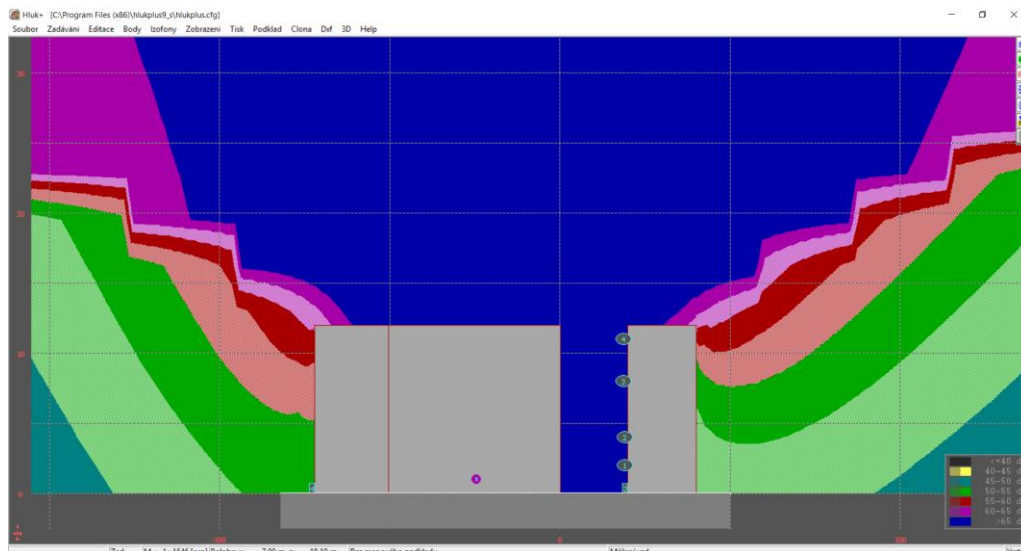


Obr. 6.6.6 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 110 dB, s izofonami

Při hodnotách zdroje 110 dB lze odečíst z modelu nejen větší průtok hluku přes silniční linii, prostor za objekty není je zasažen hodnotami pod 50 dB, viz obr. č. 6.6.5 a 6.6.6.



Obr. 6.6.7 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

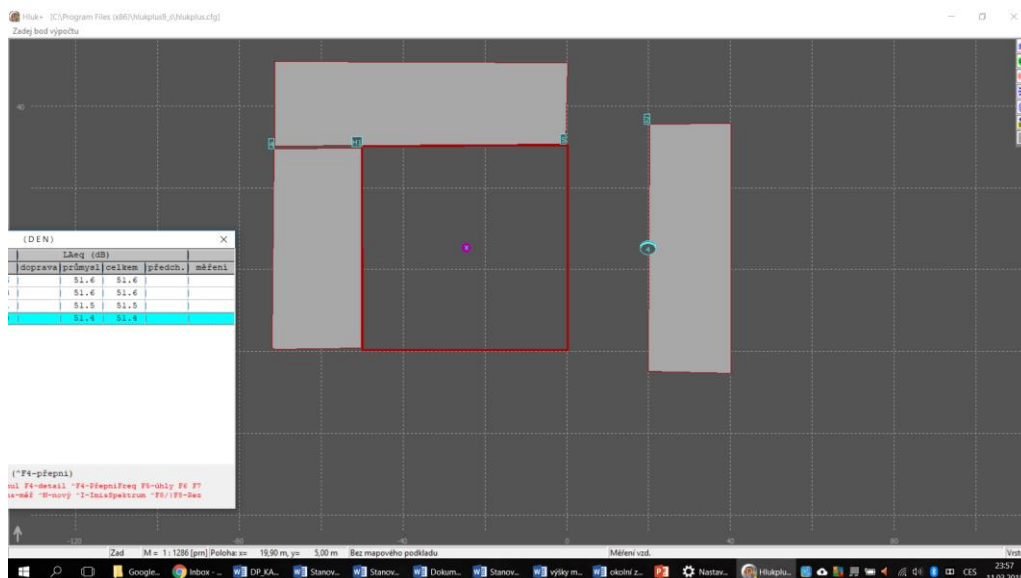


Obr. 6.6.8 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

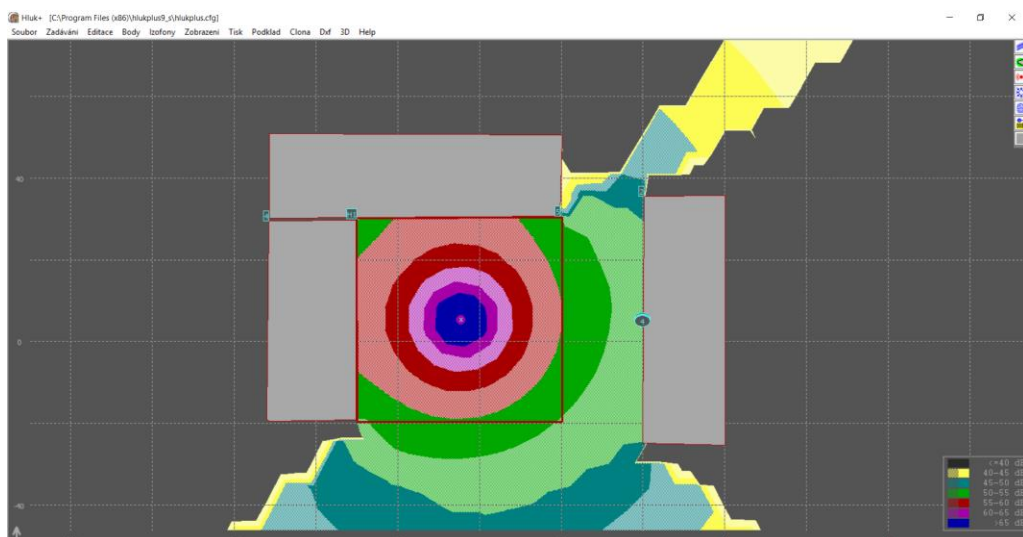
Při hodnotách zdroje 120 dB lze odečíst z modelu silný průtok hluku přes silniční linii, prostor za objekty je zasažen hodnotami pod 60 dB, viz obr. č. 6.6.7 a 6.6.8.

Jednostranná zástavba, tvar L

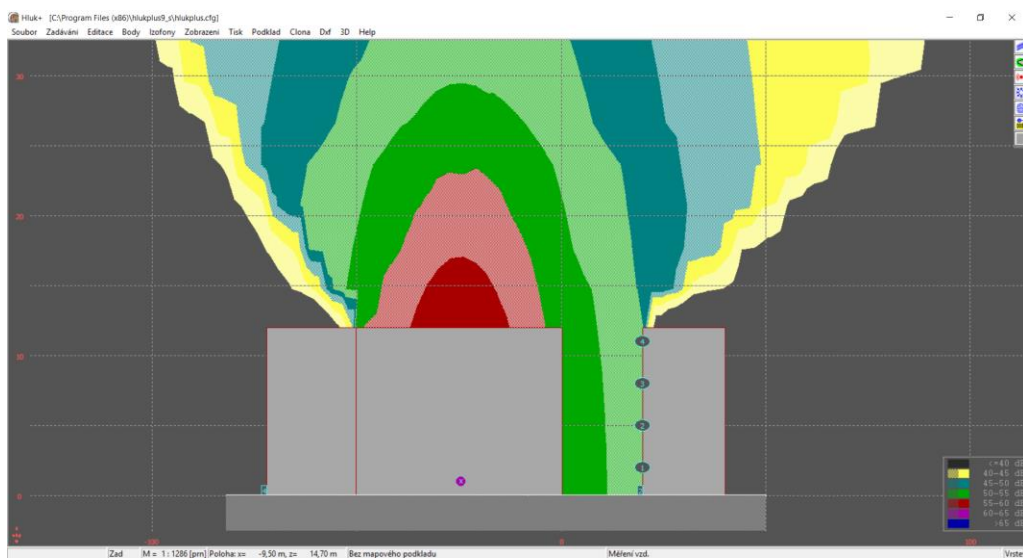
Pro druhou verzi modelování byly vloženy objekty budov stejné výšky, tvořící část původního nádvoří přes komunikaci k měřené chráněné fasádě.



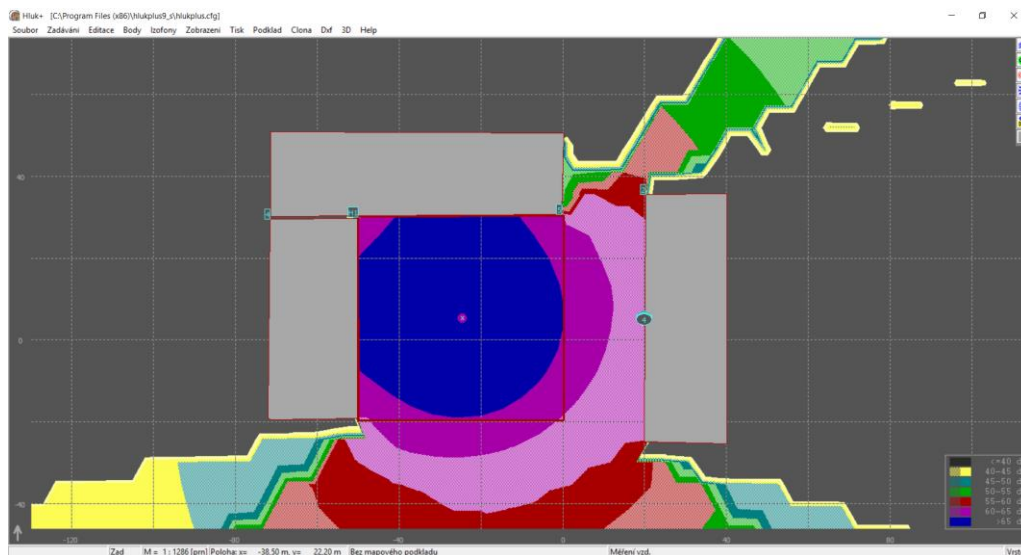
Obr. 6.6.9 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 90 dB, s tabulkou hodnot



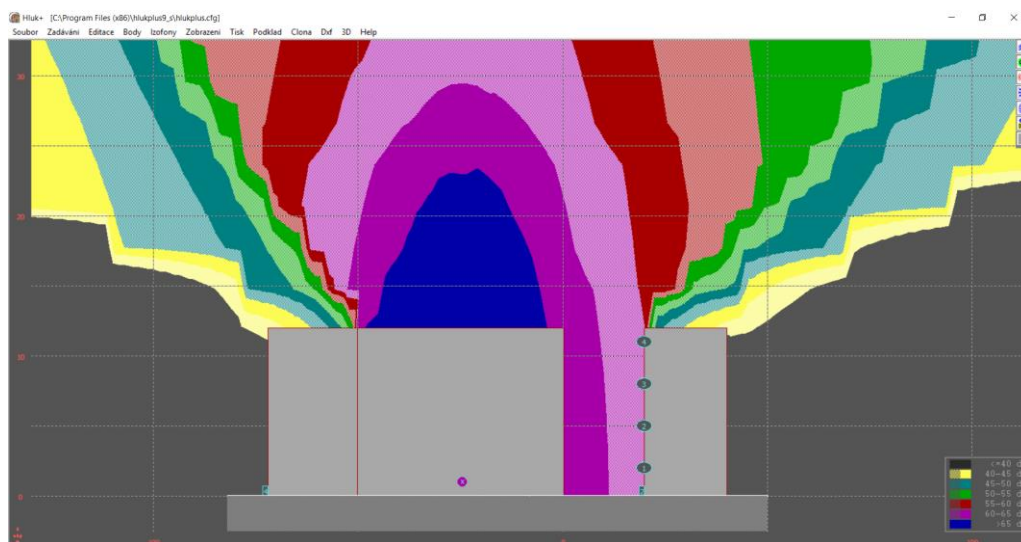
Obr. 6.6.10 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



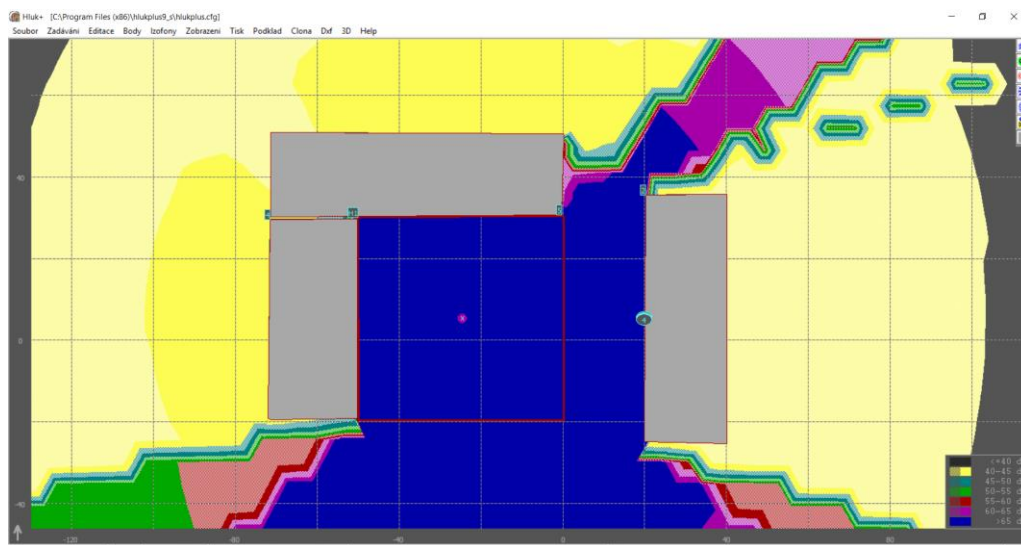
Obr. 6.6.11 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 90 dB



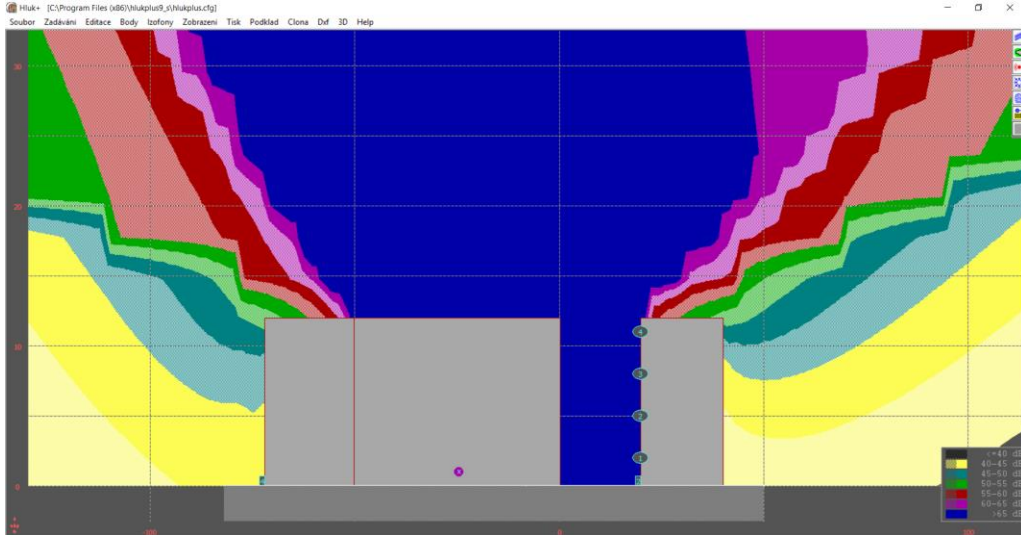
Obr. 6.6.12 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



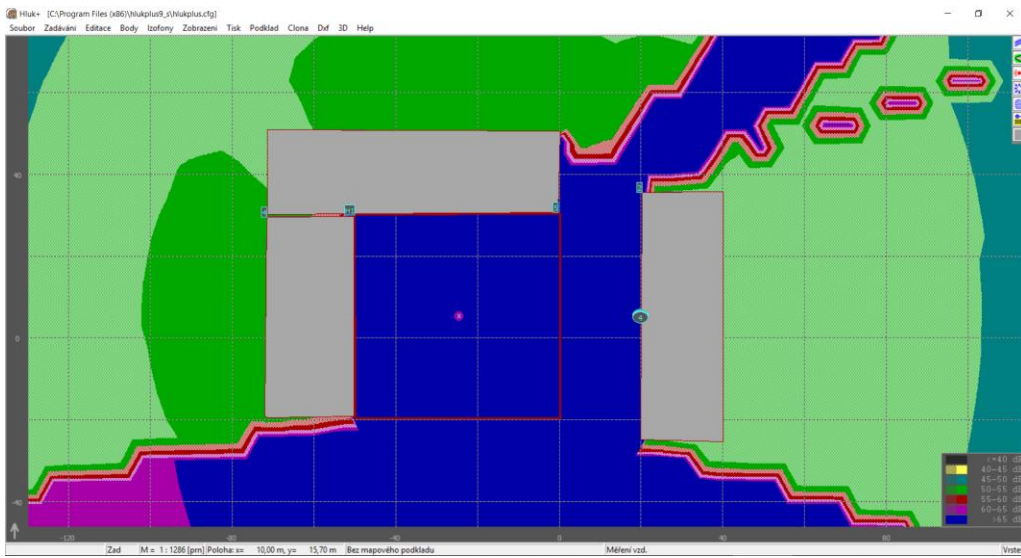
Obr. 6.6.13 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



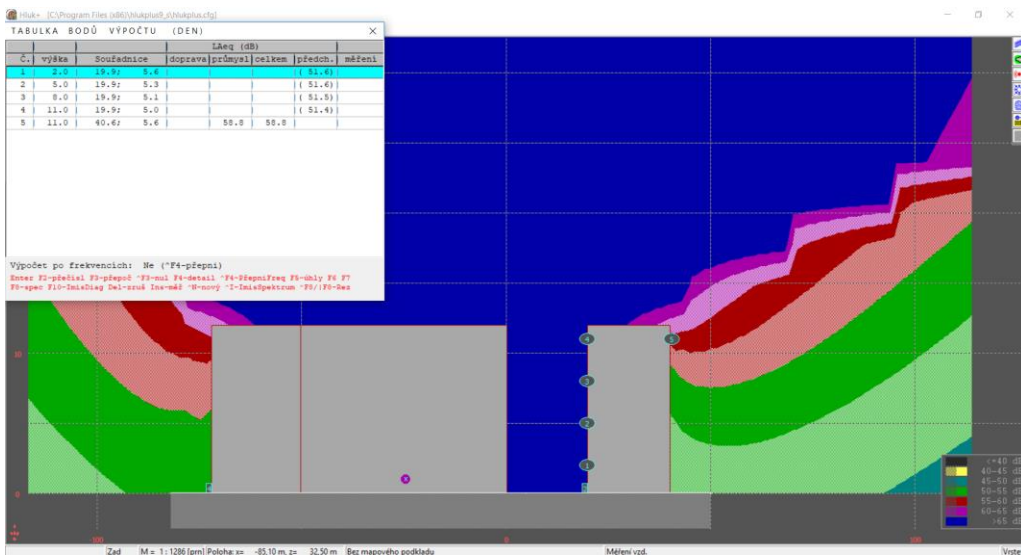
Obr. 6.6.14 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



Obr. 6.6.15 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



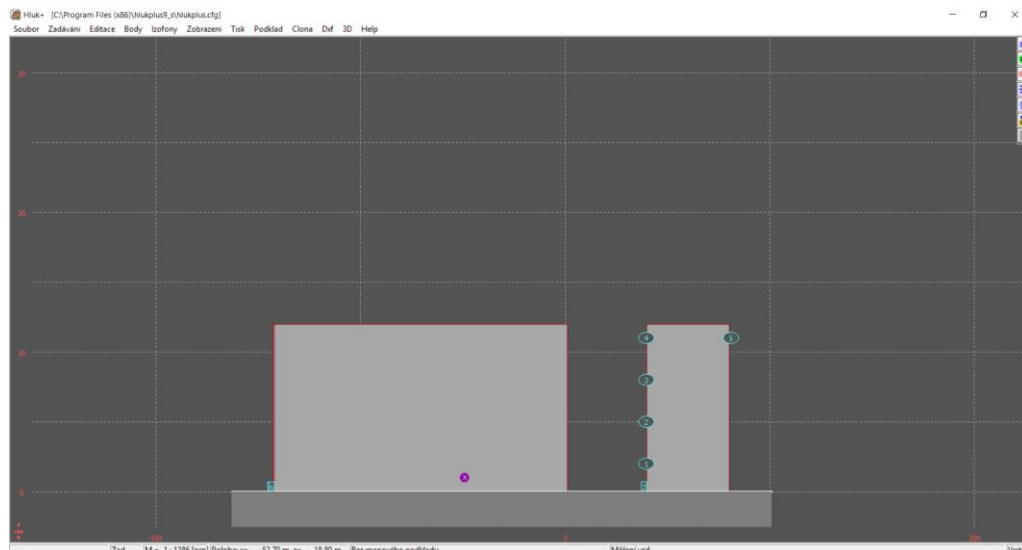
Obr. 6.6.16 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 120 dB, s izofonami



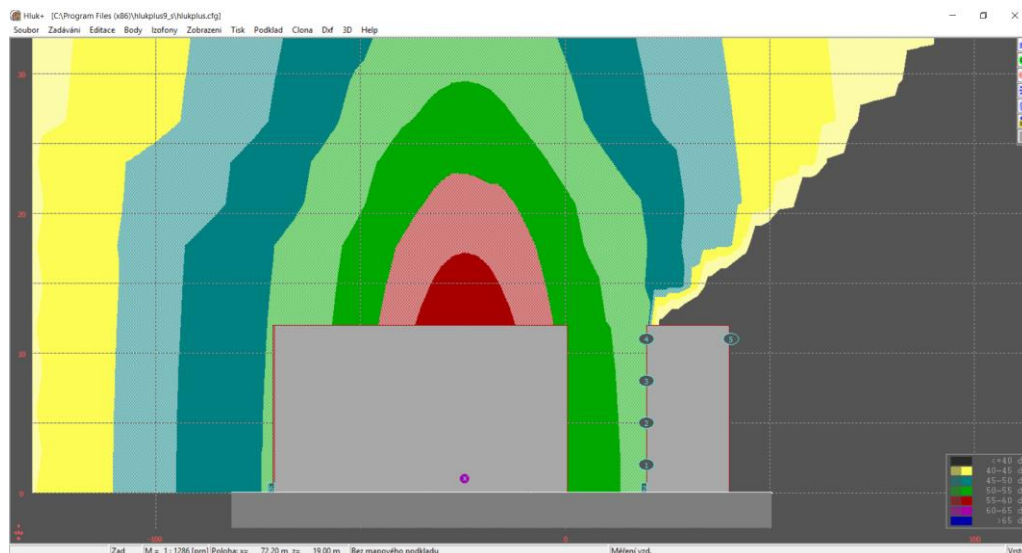
Obr. 6.6.17 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 100 dB, s izofonami a měřeným bodem v zadní části měřeného objektu

Oboustranná zástavba boční I I

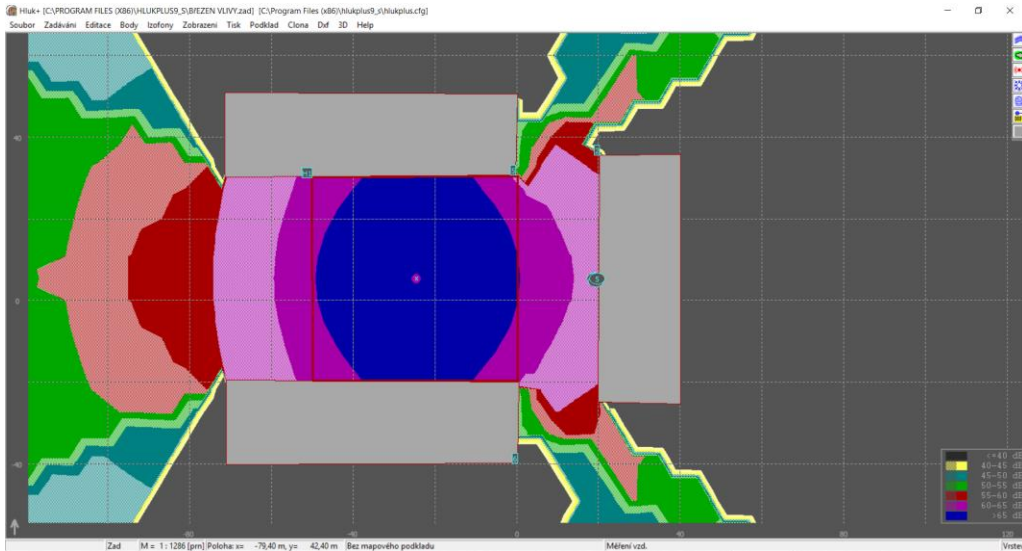
Na základě předchozích průběhů izofon je zjevné, že by bylo na místě monitorování hodnot ve 4NP zadní části budovy na které máme označená místa měření v přímém paprsku zvuku. V modelu označeno dalším číslem v pořadí, číslem 5. Je nutné prověřit měřicí bod pro všechny zdroje hluku, nenaměření hodnot pro nízké zdroje tak jako je na obr. č. 6.6.19 neznamená, že nepokračujeme dále. Pokud měřicí bod zrušíme, následující průběhy izofon jako na obr. č. nám ukazují, že pro vyšší hodnoty je potřebné.



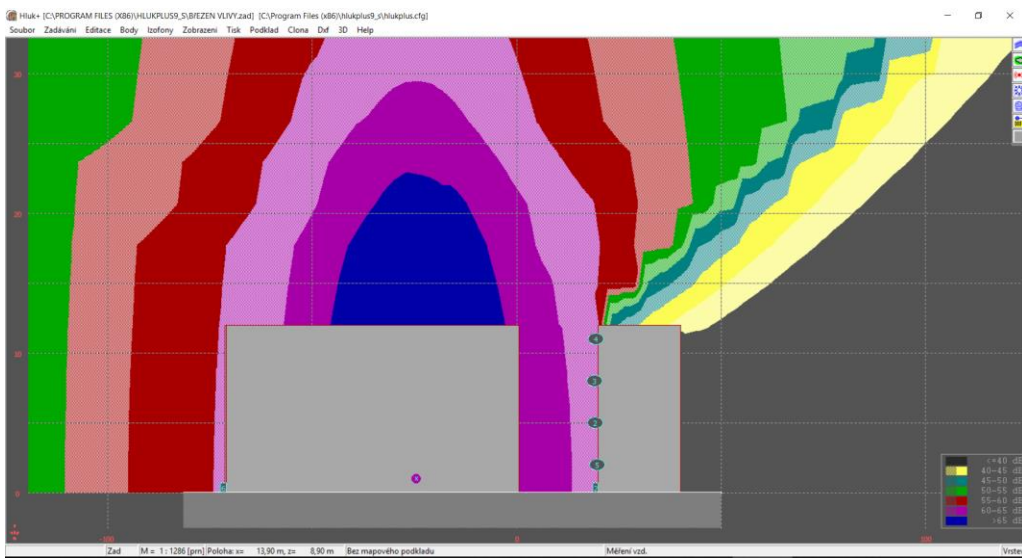
Obr. 6.6.18 Řez akustické studie pro oboustrannou boční zástavbu a zadaným měřicím bodem na zadní straně měřeného objektu



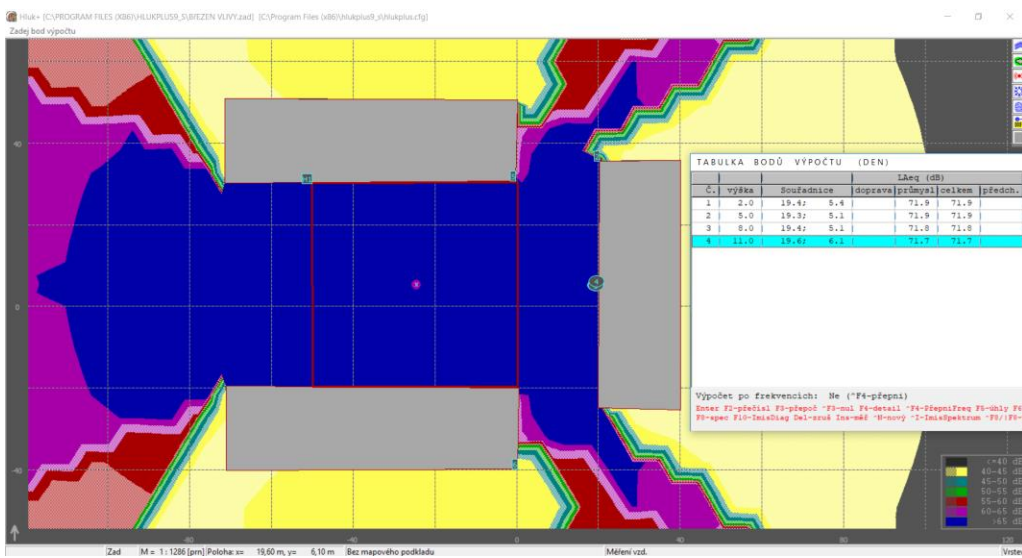
Obr. 6.6.19 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 90 dB



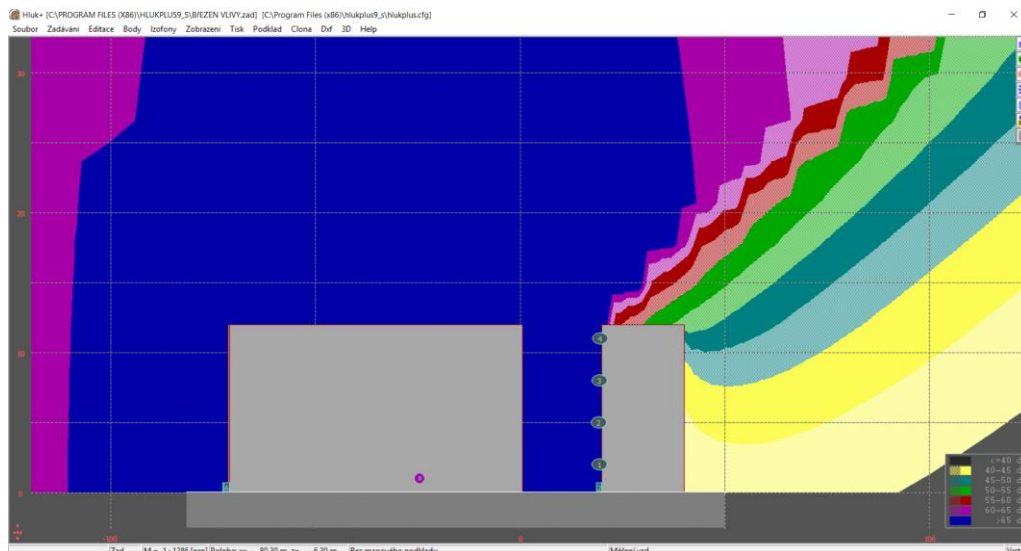
Obr. 6.6.20 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



Obr. 6.6.21 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 100 dB



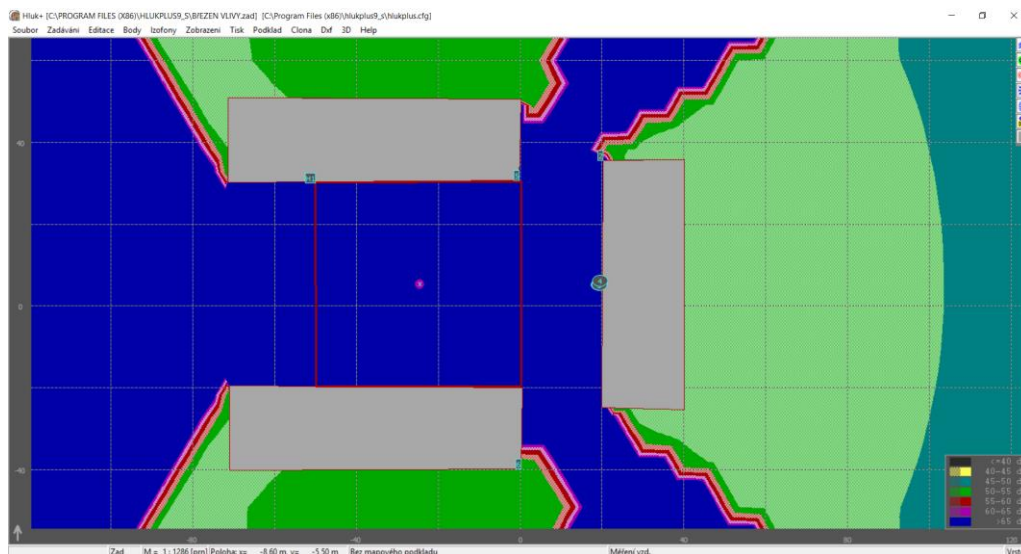
Obr. 6.6.22 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



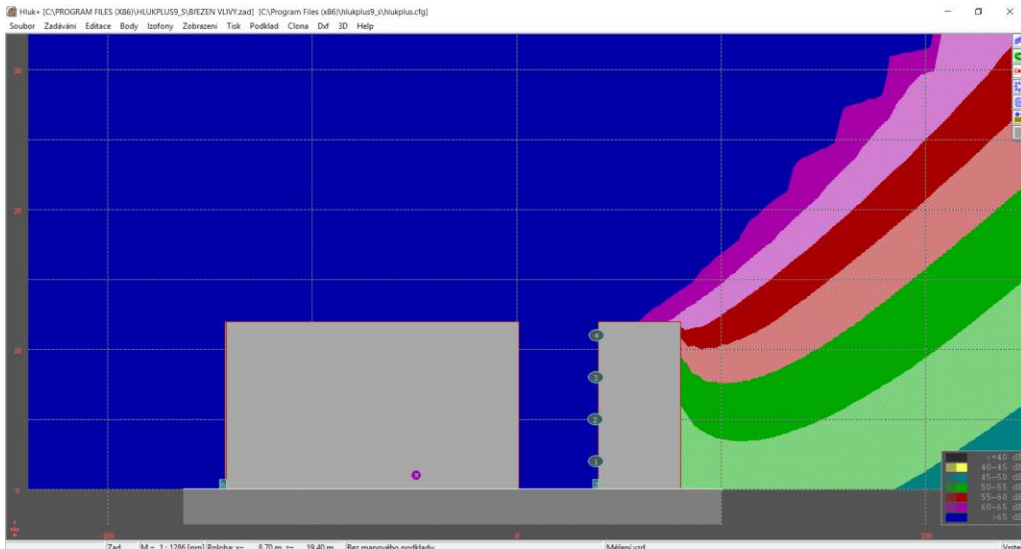
Obr. 6.6.23 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 110 dB, s izofonami

Na obr. č. 6.6.21 ještě i pro zdroj 100 dB absence bodu 5 není žádným rizikem, pro zdroj 110 dB by hodnota v 4NP zadní strany objektu v bodě 5 činila 47,5 dB, viz obr. č. 6.6.23.

Na obrázku 6.6.23 a 6.6.25 si lze také připomenout nutnost správného zobrazení výšek izofon, které si lze představit jako vodorovný řez, pro vodorovný řez 1NP nebo 4NP se bude při stejné akustické situaci jednat o různé zobrazení pásem.



Obr. 6.6.24 Půdorys akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 120 dB, s izofonami



Obr. 6.6.25 Řez akustické studie pro nádvoří, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

Pro zdroj 120 dB by hodnota v 4NP zadní strany objektu v bodě 5 činila 57,5 dB, viz obr. č. 6.6.25.

Dle průběhu izofon na obrázcích že pro hodnoty přes 120 dB zdroje by mělo být měřeno i okno 4NP druhé strany chráněného objektu.

Závěr ke kap. 6.6:

Závěrem lze k problematice s poukázáním na tabulku hodnot v příloze 9 říci, že pro zkoumaný etalon staveniště nejsou rozdíly v naměřených hodnotách nikterak markantní, neboť vliv rozdílnosti tvaru okolní zástavby činí 0,3 dB v prioritně zkoumaném bodě měření 1NP.

Pro křivku přenosu mezi podlažními je o 0,1 dB odlišnější směrem k vyšší hodnotě hluku varianta zástavby tvaru U.

6.7 Stanovení míry vlivu umístění objektů zařízení staveniště na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

Objekty zařízení staveniště, které ovlivňují akustickou situaci v místě investice jsou zejména:

Sestavy sociálních buněk a mobilních toalet

Sestavy uzamykatelných skladů ochranných pomůcek, náradí či materiálu

Úložiště sypkých hmot – valy vytěžených zemin nebo skládky kameniva

Skládky kusového staviva – prvky k montáži, palety tvárnic atd.

Oplocení

Pro základní modelování lze vycházet ze tří možných výškových úrovní pro hlukovou bariéru a to omezujících výšek daných legislativou.

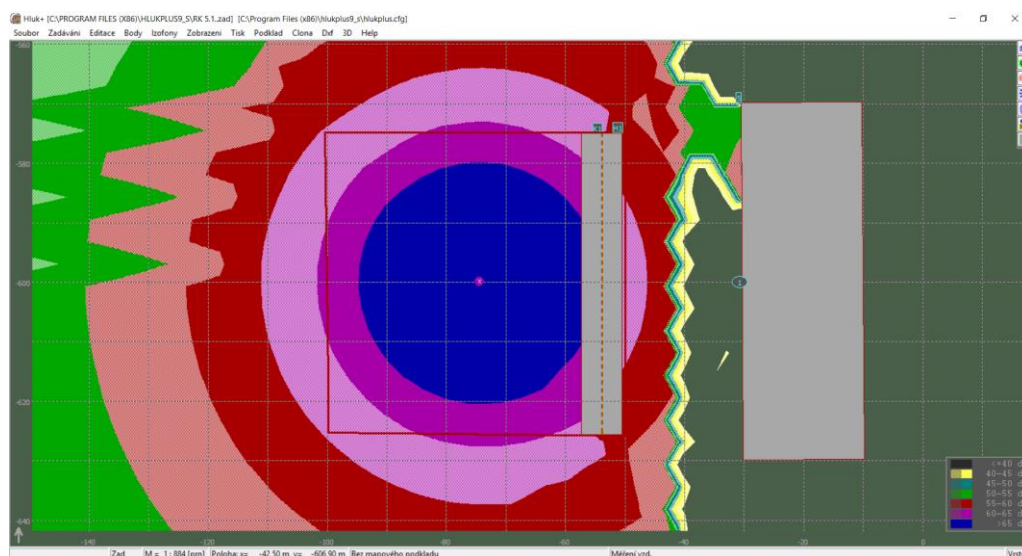
- a) ornice výšky 1,5 m
- b) ostatní volné skladovací plochy výšky 1,8 m
- c) uzamykatelné sklady, kanceláře a sociální buňky výšky 3 m,
případně 6 m (sestava 2 patra)
- d) oplocení výšky 2 m

ad a) ornice výšky 1,5 m

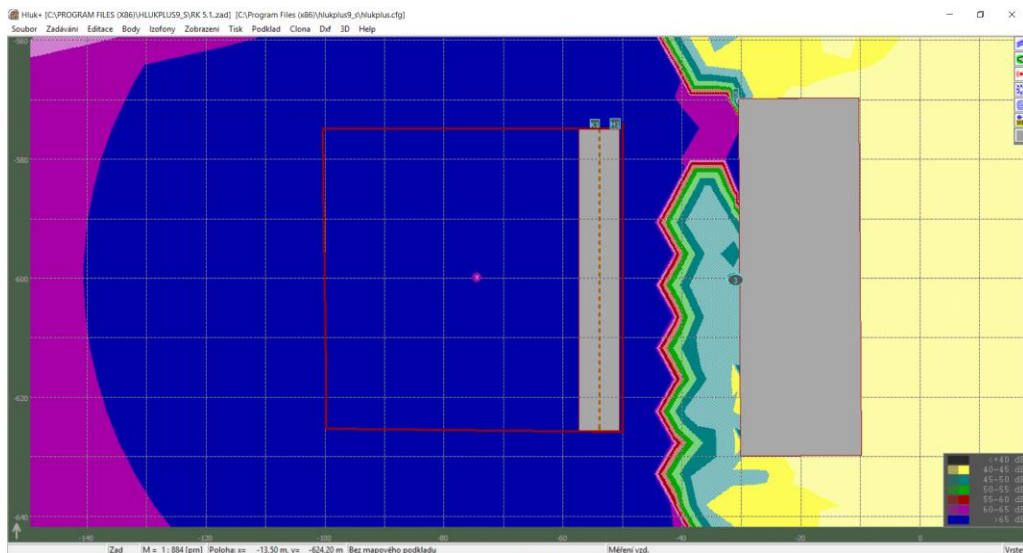
Simulována figura ornice sejmuté z plochy staveniště, výpočet velikosti zemního tělesa: $50 \times 50 \times 0,25 = 625 \text{ m}^3$ x koeficient nakypření 1,3 = $812,5 \text{ m}^3$, ponechání 50 % na staveništi ke zpětnému zazelenění 406 m^3 , přepočten pro tvar zemního tělesa základna pro výšku 1,5 m = 50 m x 6,8 m.



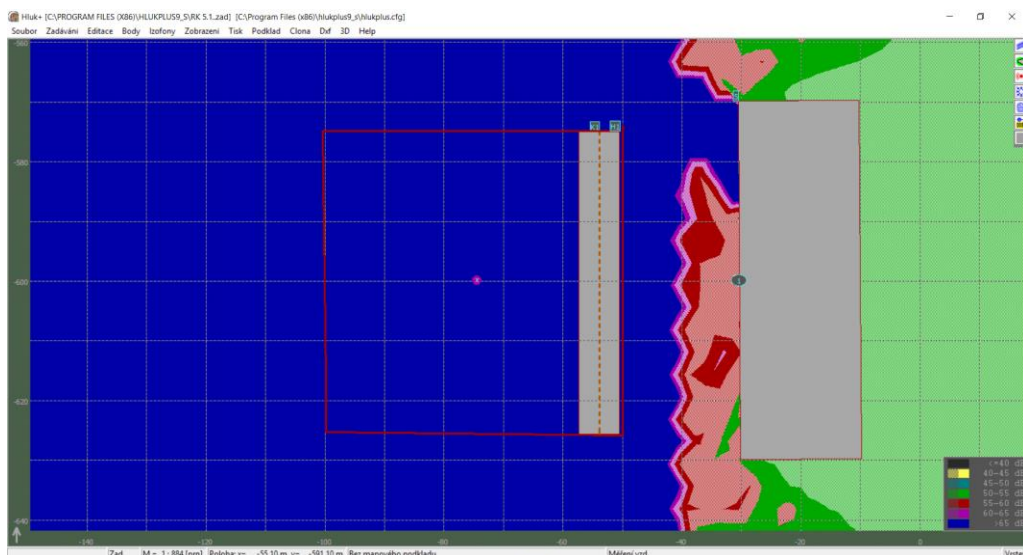
Obr. 6.7.1 Půdorys akustické studie pro figuru ornice, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



Obr. 6.7.2 Půdorys akustické studie pro figuru ornice, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



Obr. 6.7.3 Půdorys akustické studie pro figuru ornice, zdroj hluku 110 dB, s izofonami

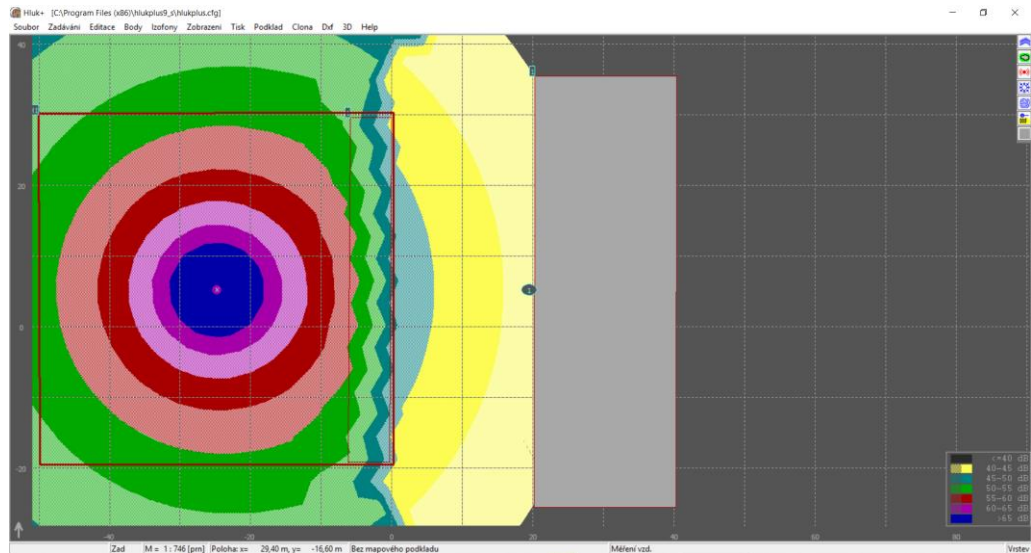


Obr. 6.7.4 Půdorys akustické studie pro figuru ornice, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

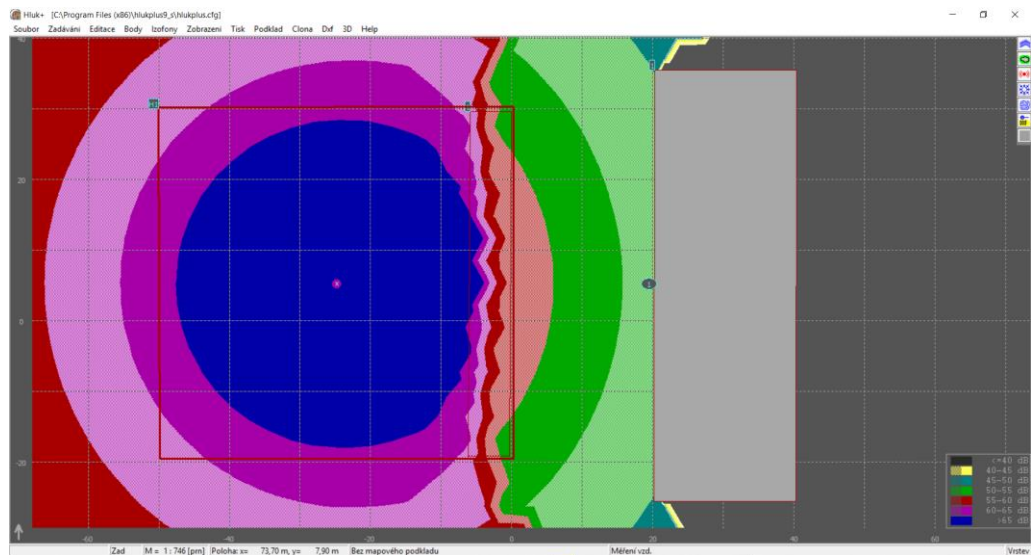
ad b) ostatní volné skladovací plochy výšky 1,8m

Pro skladování stavebníh hmot uvažovány rozměry:

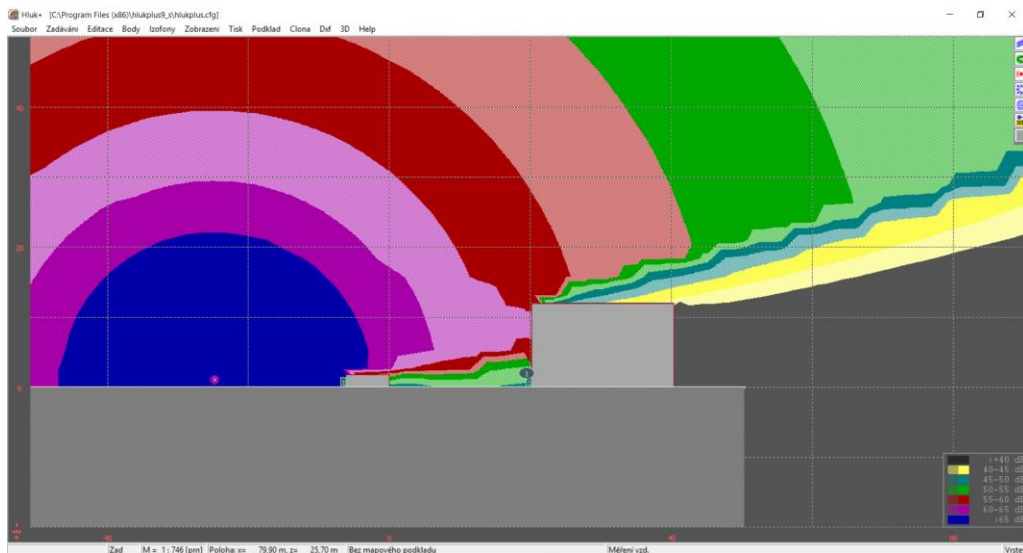
- výška 1,8 m,
- základna 50 m x 6 m.



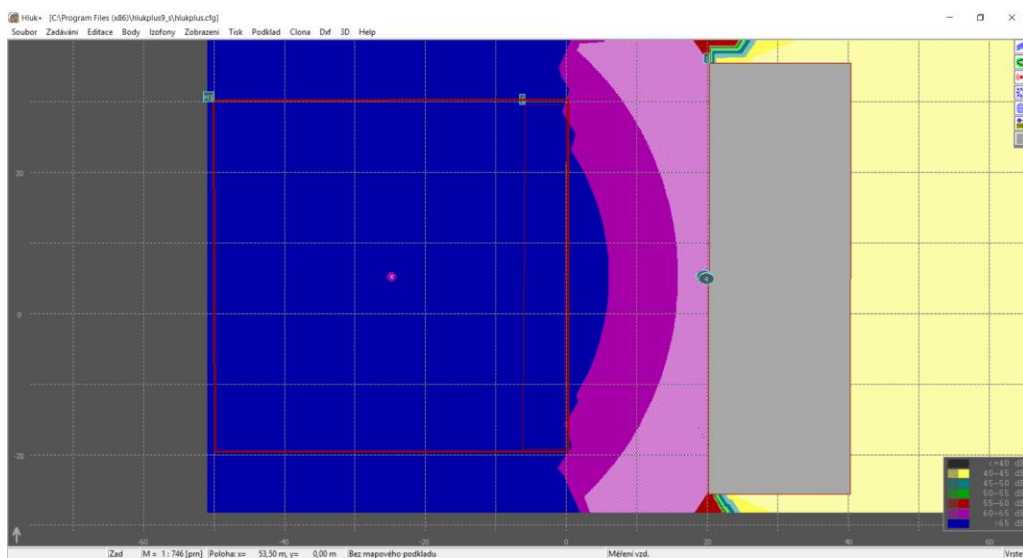
Obr. 6.7.5 Půdorys akustické studie pro volnou skládku, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



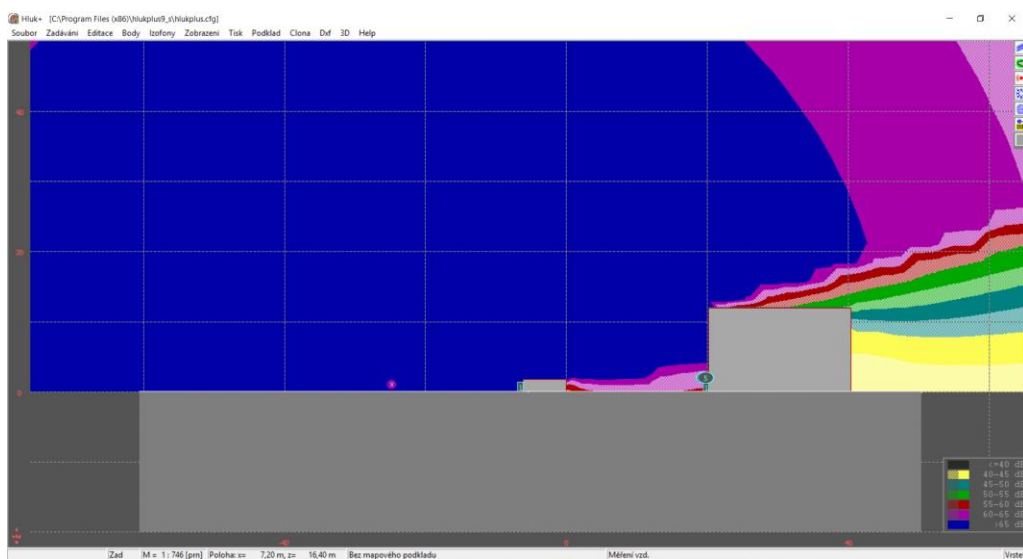
Obr. 6.7.6 Půdorys akustické studie pro volnou skládku, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



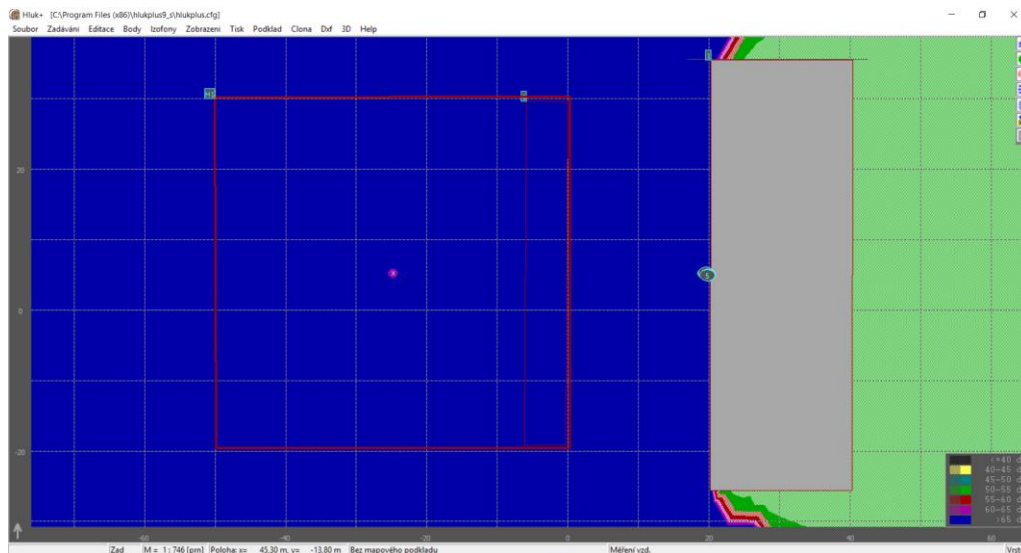
Obr. 6.7.7 Půdorys akustické studie pro volnou skládku, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



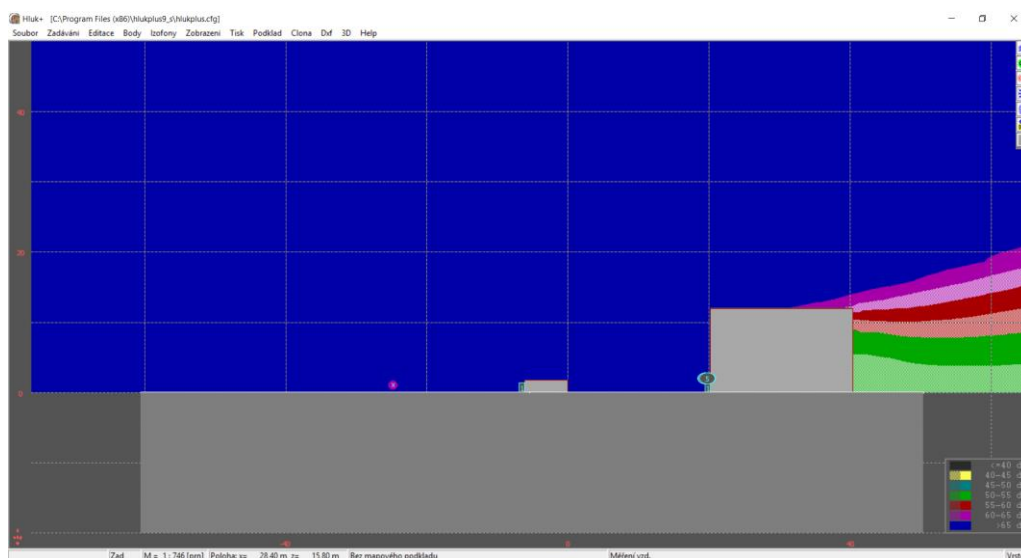
Obr. 6.7.8 Půdorys akustické studie pro volnou skládku, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



Obr. 6.7.9 Řez akustické studie pro volnou skládku, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



Obr. 6.7.10 Půdorys akustické studie pro volnou skládku, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

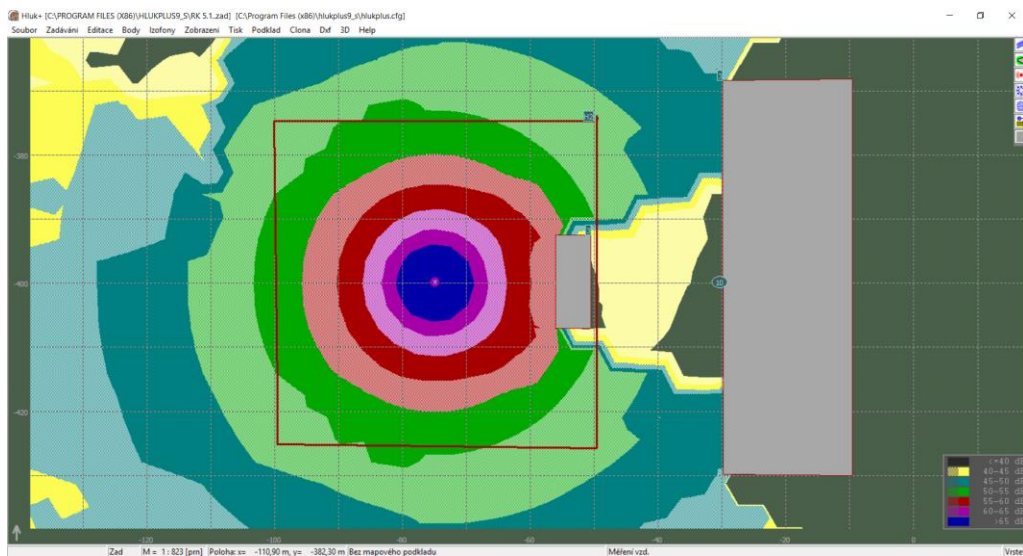


Obr. 6.7.11 Půdorys akustické studie pro volnou skládku, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

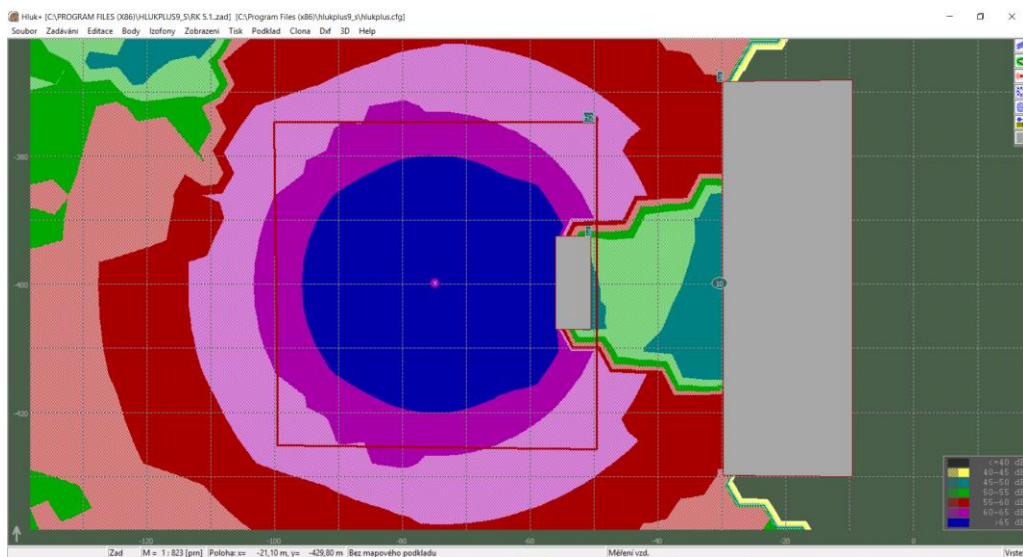
ad c) uzamykatelné sklady, kanceláře a sociální buňky
výšky 3 m, případně 6 m (sestava 2 patra)

Modelována běžná sestava kontejnerových buněk:

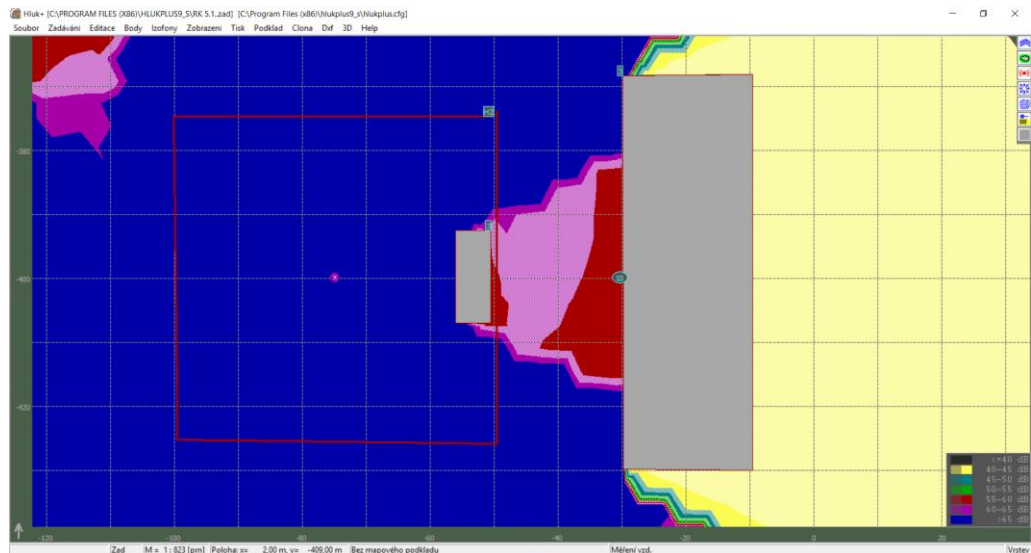
- výšky 3m,
- rozměru 6 m x 14,6 m,
- v ose mezi zdrojem a bodem měření.



Obr. 6.7.12 Půdorys akustické studie pro buňky, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



Obr. 6.7.13 Půdorys akustické studie pro buňky, zdroj hluku 100 dB, s izofonami

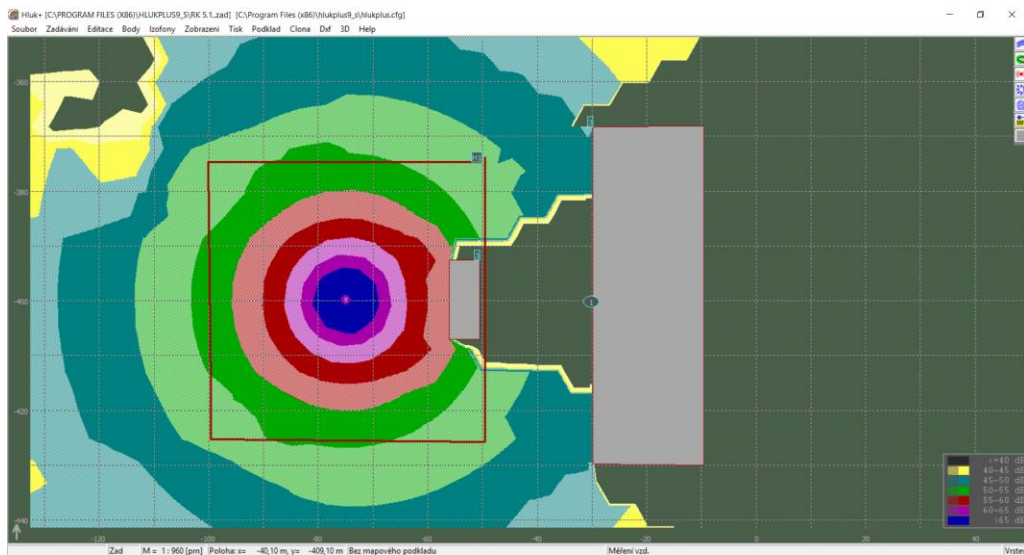


Obr. 6.7.14 Půdorys akustické studie pro buňky, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



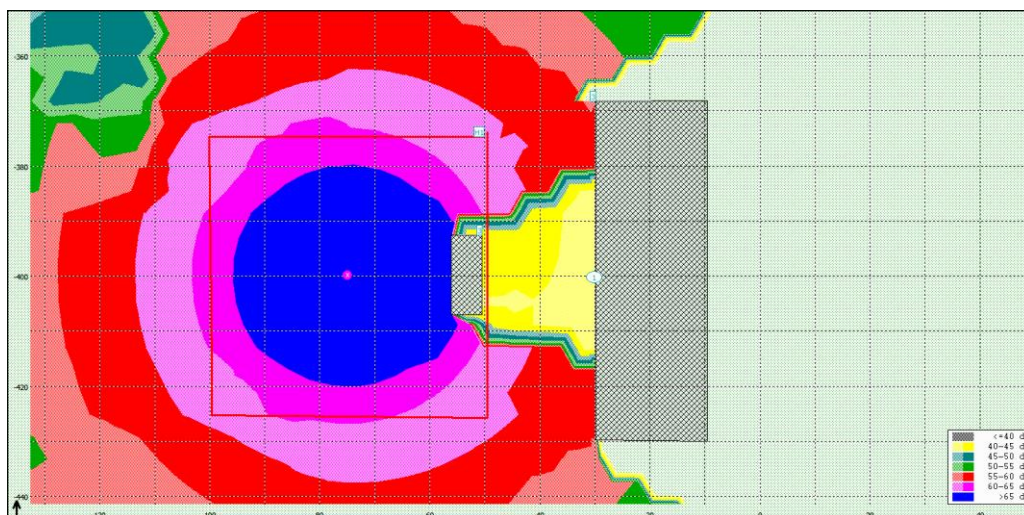
Obr. 6.7.15 Půdorys akustické studie pro buňky, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

V případě potřeby vyššího využití stavebních ploch lze při zohlednění nákladů na zbudování schodiště osazovat buňky ve dvou patrech, výška sestavy je pak 6 m.

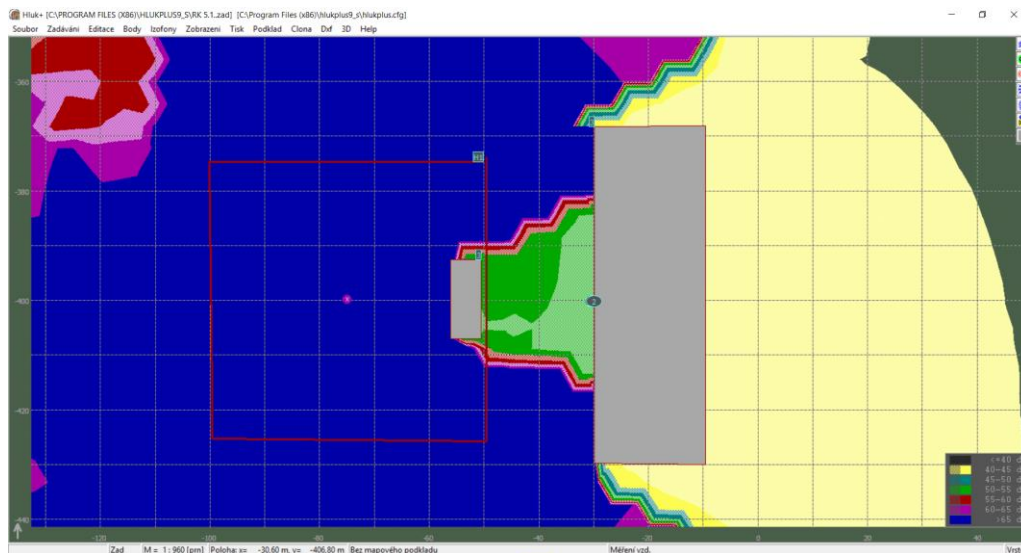


Obr. 6.7.16 Půdorys akustické studie pro buňky v sestavě výšky 6m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami

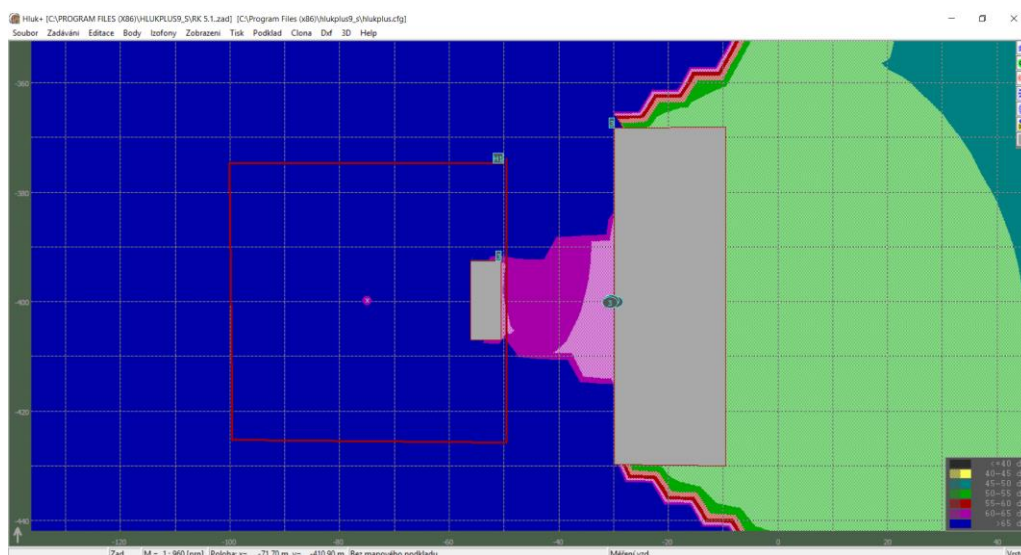
100db:



Obr. 6.7.17 Půdorys akustické studie pro buňky v sestavě výšky 6m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami

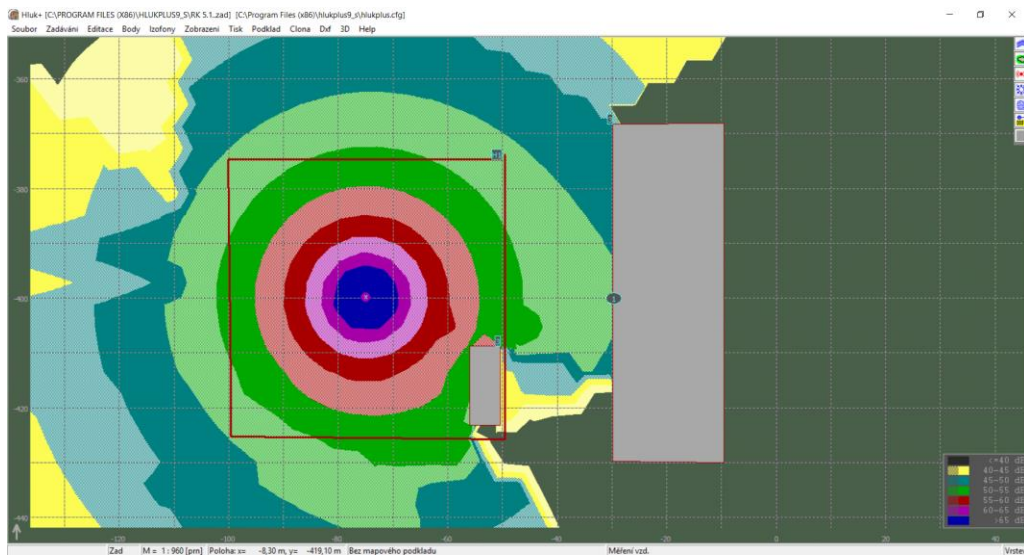


Obr. 6.7.18 Půdorys akustické studie pro buňky v sestavě výšky 6m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami

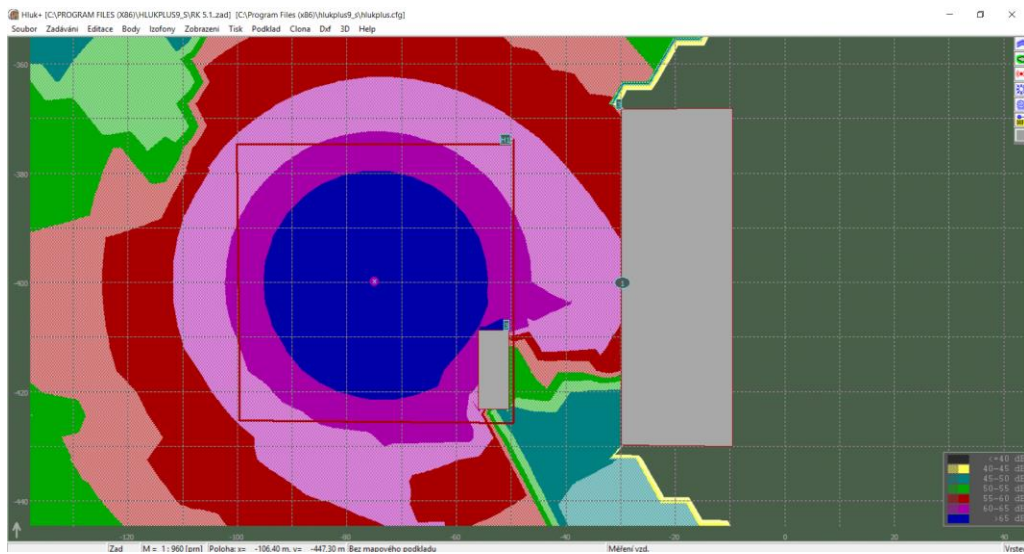


Obr. 6.7.19 Půdorys akustické studie pro buňky v sestavě výšky 6m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

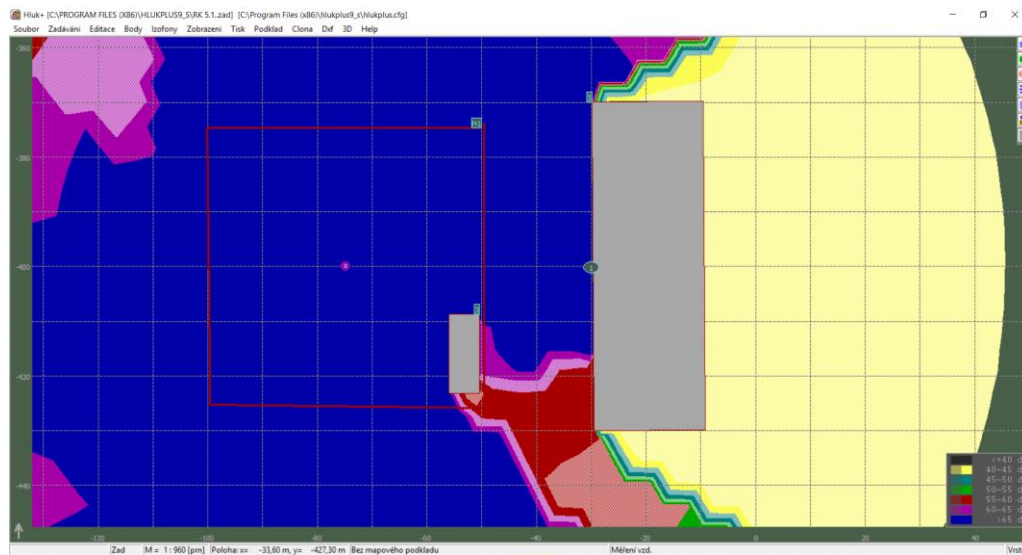
Poloha sestavy buněk nebývá obvykle ideálně v paprsku hluku, dalším modelem bude situace pro posun sestavy k rohu staveniště, výška 3m.



Obr. 6.7.20 Půdorys akustické studie pro buňky v rohu staveniště výšky 3 m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



Obr. 6.7.21 Půdorys akustické studie pro buňky v rohu staveniště výšky 3 m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



Obr. 6.7.22 Půdorys akustické studie pro buňky v rohu staveniště výšky 3 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



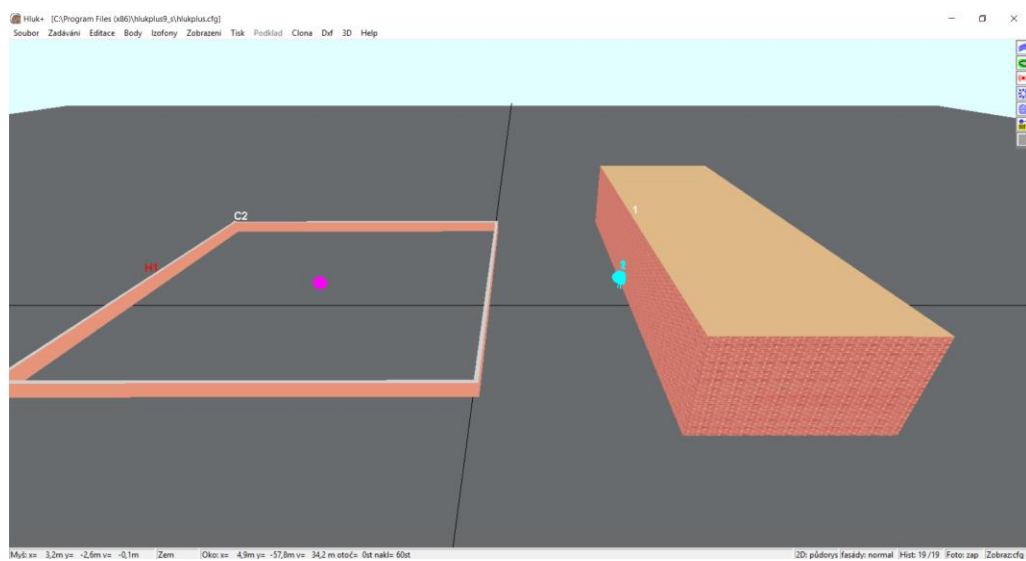
Obr. 6.7.23 Půdorys akustické studie pro buňky v rohu staveniště výšky 3 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

ad d) oplocení výšky 2 m

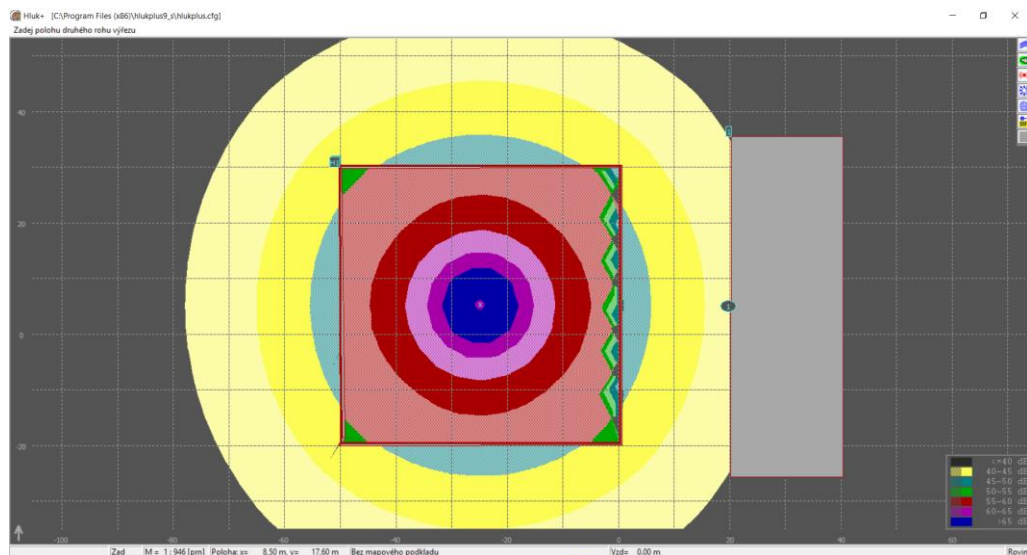
Jako protihlukovou clonu můžeme využít i vhodně upravené ohrazení stavenišť. Pro simulaci odstínění hluku oplocením lze uvažovat pouze mobilní oplocení z plných panelů, tak jako je na obr. č. 6.7.24. Průnik zvuku mezi stojany je řešitelný dodatečnou výplní dřevěnou fošnou.



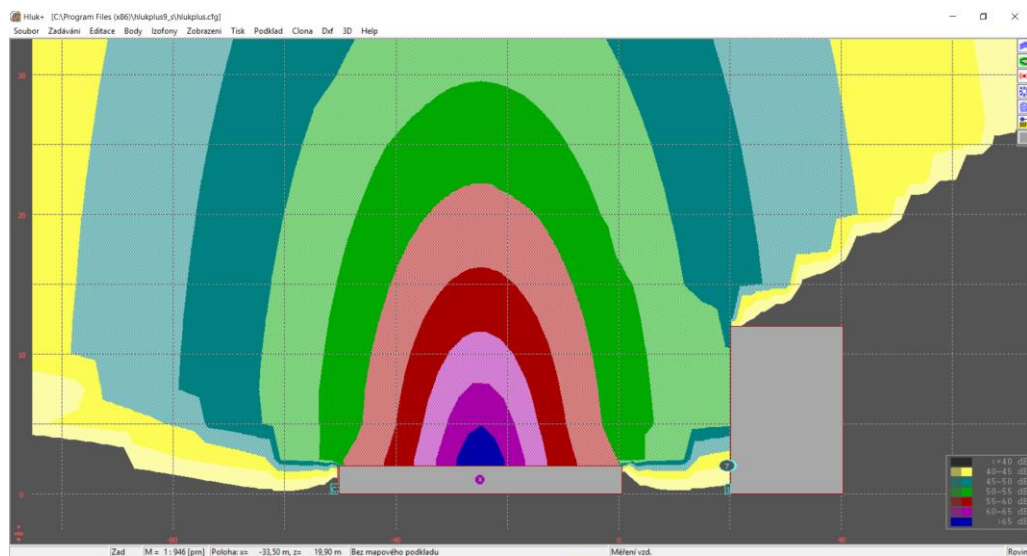
Obr. 6.7.24 Mobilní staveništní z plných panelů [52]



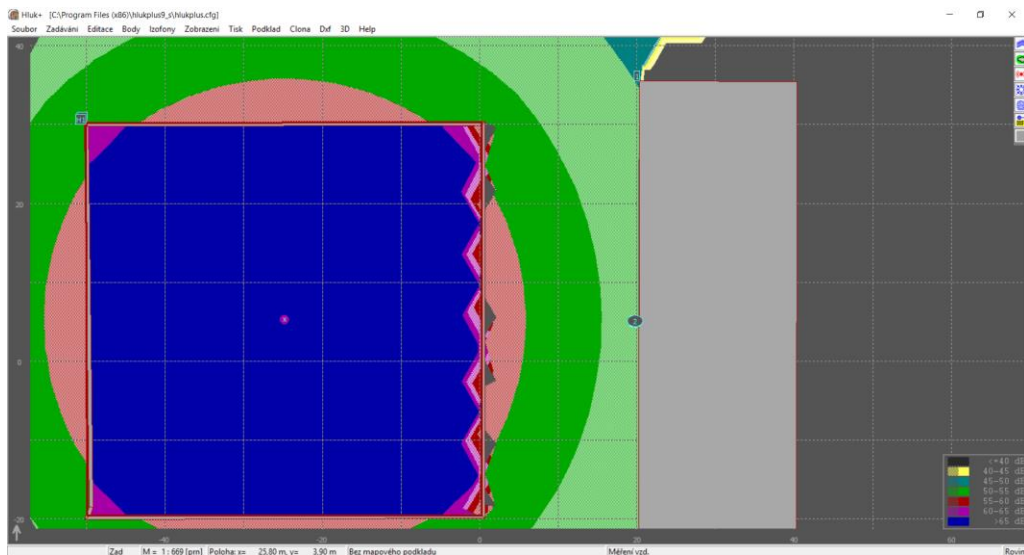
Obr. 6.7.25 Půdorys akustické studie pro oplocení ve 3D zobrazení modelu



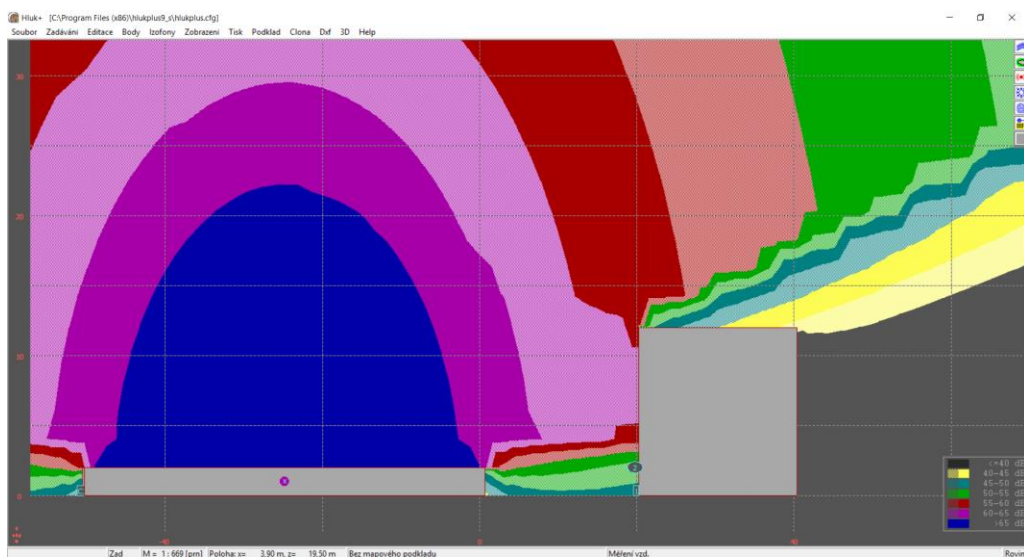
Obr. 6.7.26 Půdorys akustické studie pro mobilní staveništní oplocení staveniště výšky 2m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



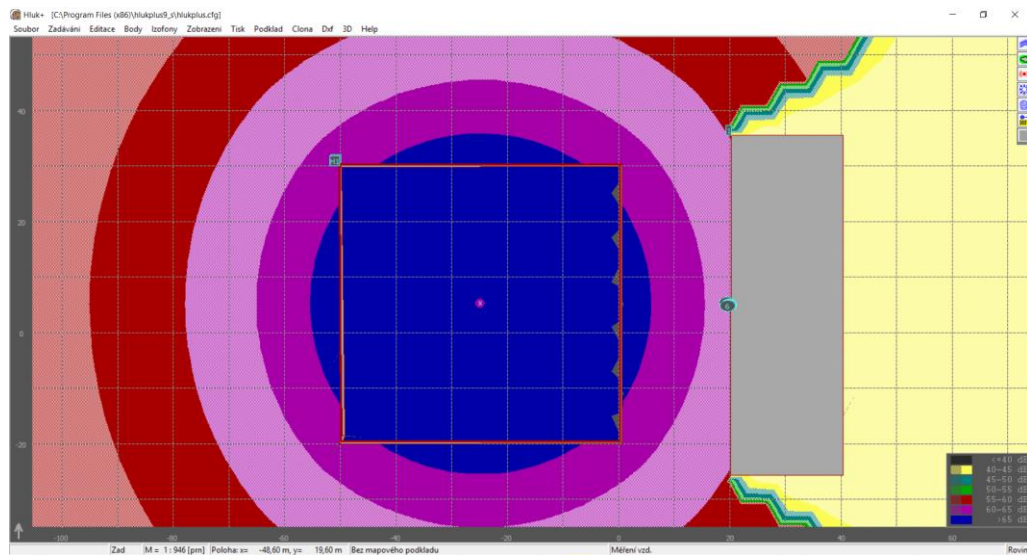
Obr. 6.7.27 Řez akustické studie pro mobilní staveništní oplocení staveniště výšky 2 m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



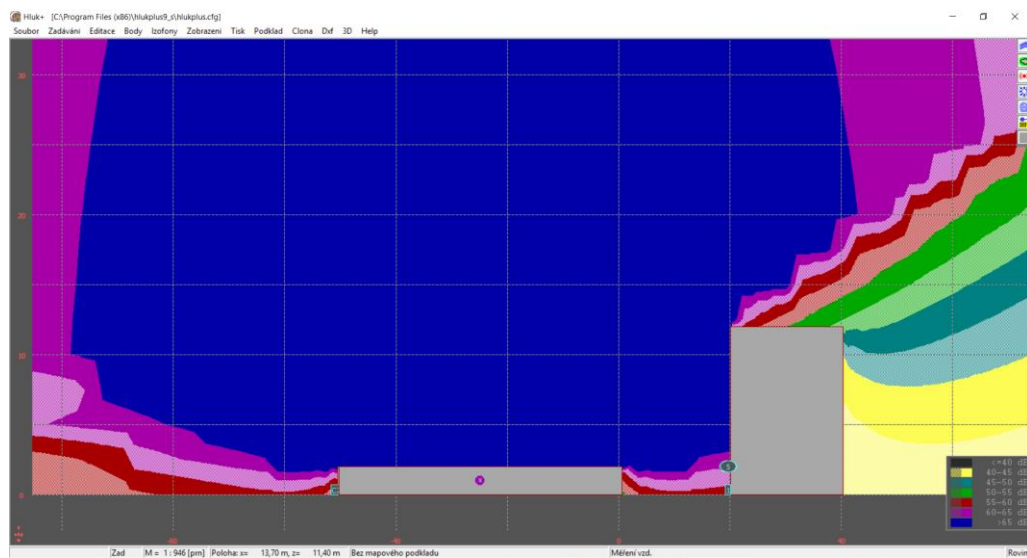
Obr. 6.7.28 Půdorys akustické studie pro mobilní staveništní oplocení staveniště výšky 2 m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



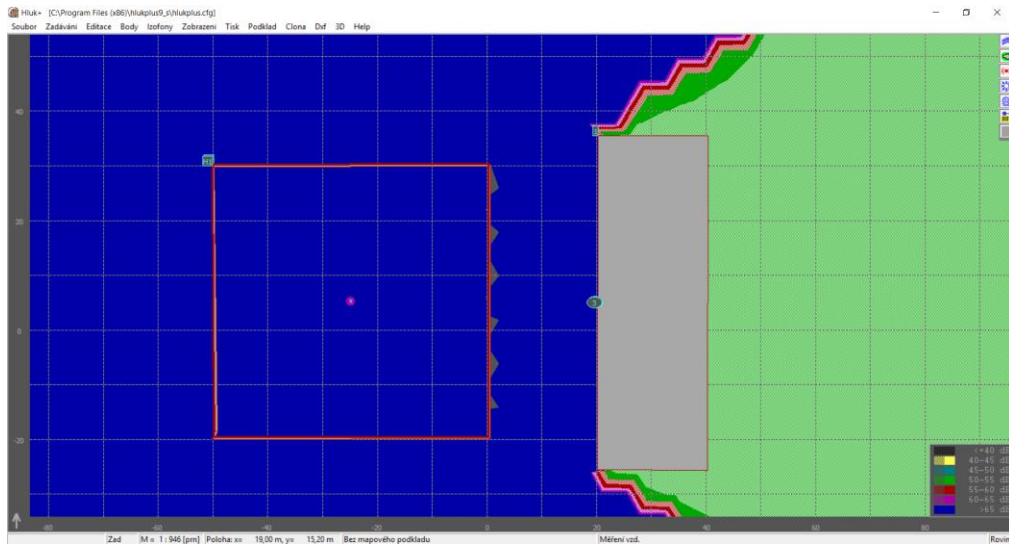
Obr. 6.7.29 Řez akustické studie pro mobilní staveništní oplocení staveniště výšky 2 m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



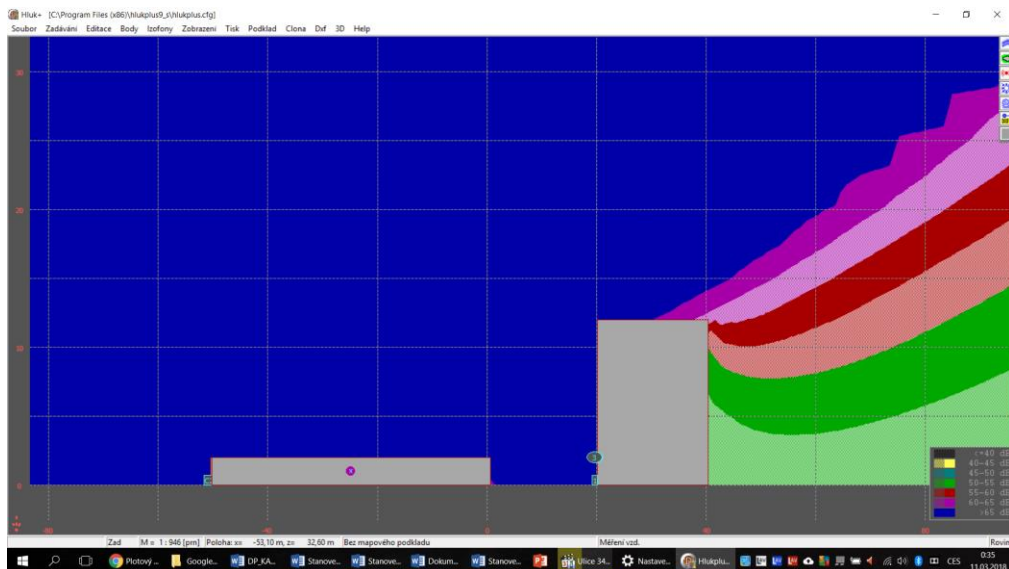
Obr. 6.7.30 Půdorys akustické studie pro mobilní staveništní oplocení staveniště výšky 2 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



Obr. 6.7.31 Řez akustické studie pro mobilní staveništní oplocení staveniště výšky 2 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



Obr. 6.7.32 Půdorys akustické studie pro mobilní staveništní oplocení staveniště výšky 2 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami



Obr. 6.7.33 Řez akustické studie pro mobilní staveništní oplocení staveniště výšky 2 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

Závěr kap. 6.7:

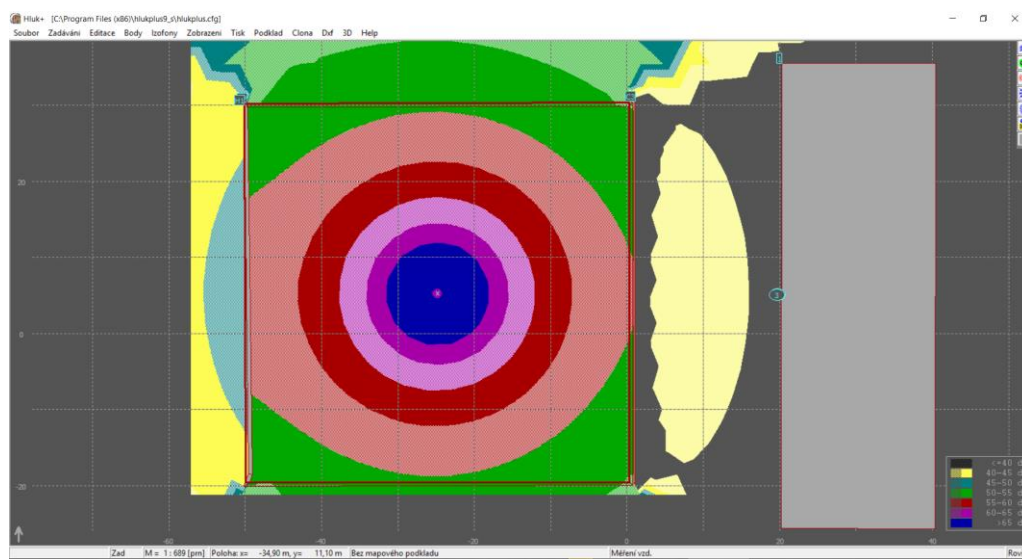
Staveništního oplocení jako akustické clony lze využít zejména tam, kde se nám jedná o snížení hodnot v 1 NP a v dalších podlažích již dojde k útlumu z důvodu vzdálenosti, neboť na vyšší podlaží již toto opatření nemá vliv a stejně by bylo v případě nadlimitního hluku nutné jiné opatření.

Tabulka přesných hodnot pro stanovení míry vlivu objektů zařízení staveniště pro zkoumaný etalon v **příloze 9**.

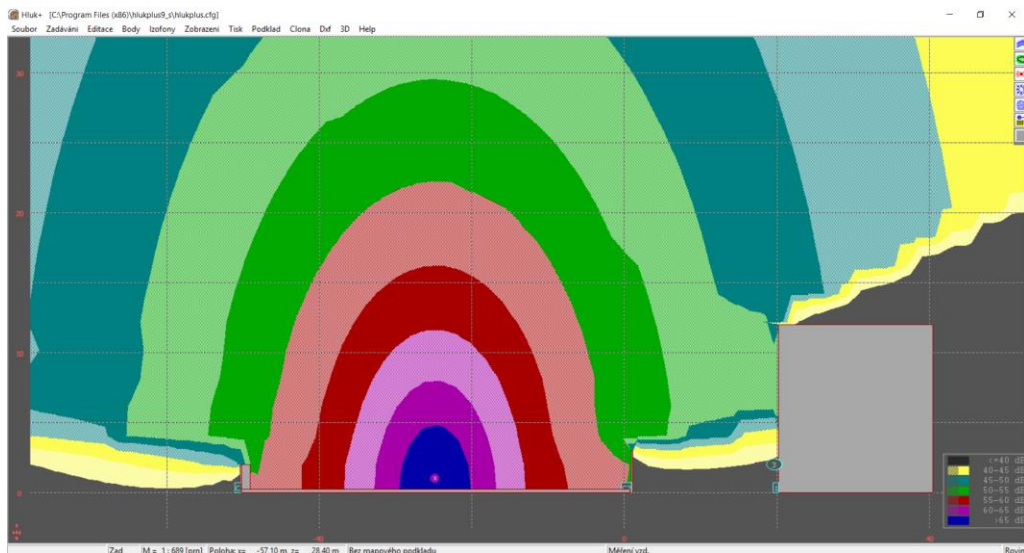
6.8 Stanovení míry vlivu umístění protihlukové clony na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

Konstrukce clony jsou kromě technického řešení, (rozměry, velikosti panelů pro převoz atd.) vybaveny zvukovou izolací, tedy akusticky pohltivou vrstvou ze strany staveniště, což výrazně zvyšuje účinek tohoto kompaktního ohrazení. Lze využít i skladby ocelových vlnitých plechů s dřevěnými rastry pro uchycení těchto plechů a izolace, se závěrečnou aplikací hliníkové folie tl. 0,2 mm s upraveným zvrásněným povrchem jako izolace proti vlivu povětrnosti, zvukopohltivé izolace z rohoží z čedičových vláken, tloušťky 4 cm, ochranná vrstva. Podobnou konstrukci má i protihluková clona s aplikací minerálních rohoží. [32]

a) Protihluková clona ve směru k měřicímu bodu: výška 3m

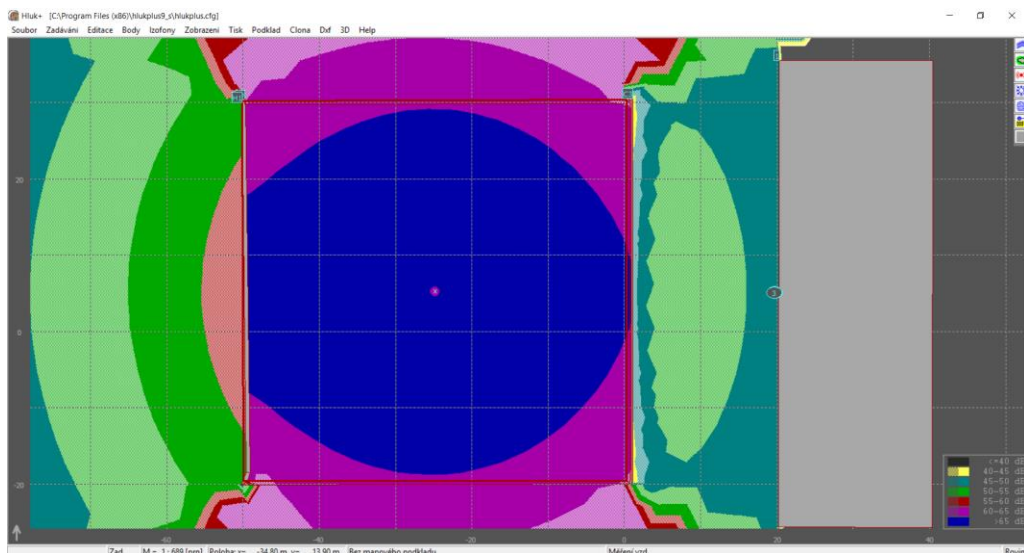


Obr. 6.8.1 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 3 m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami

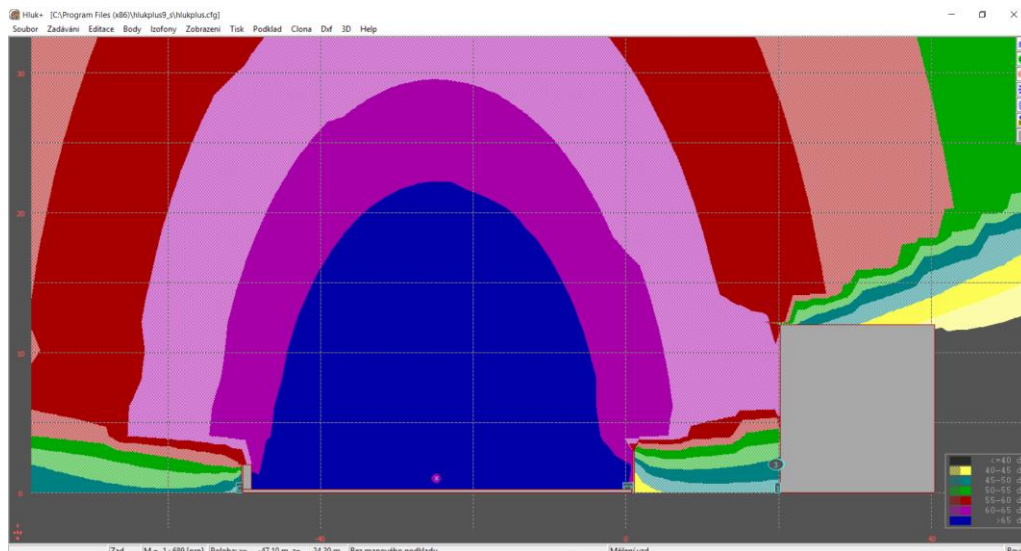


Obr. 6.8.2 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 3 m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami

..



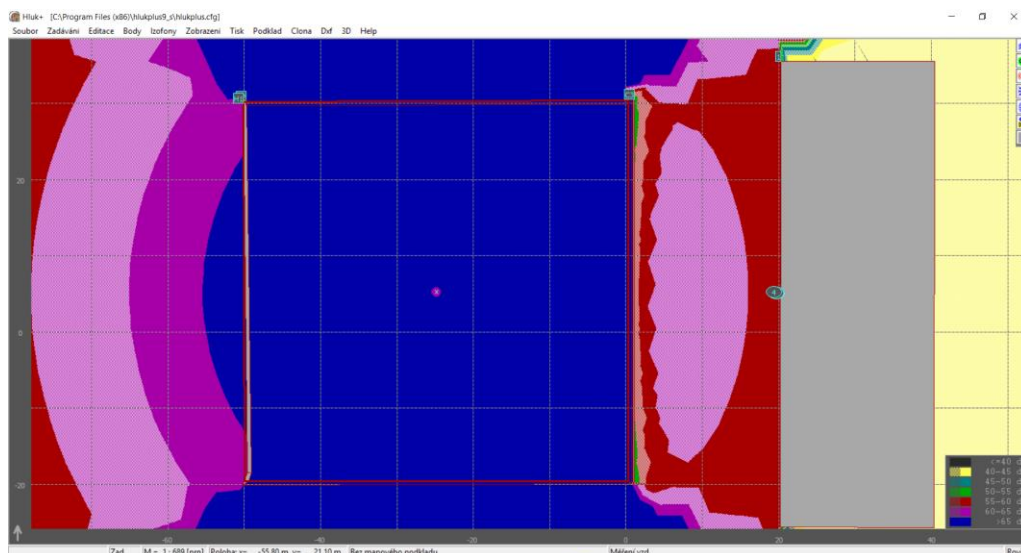
Obr. 6.8.3 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 3 m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



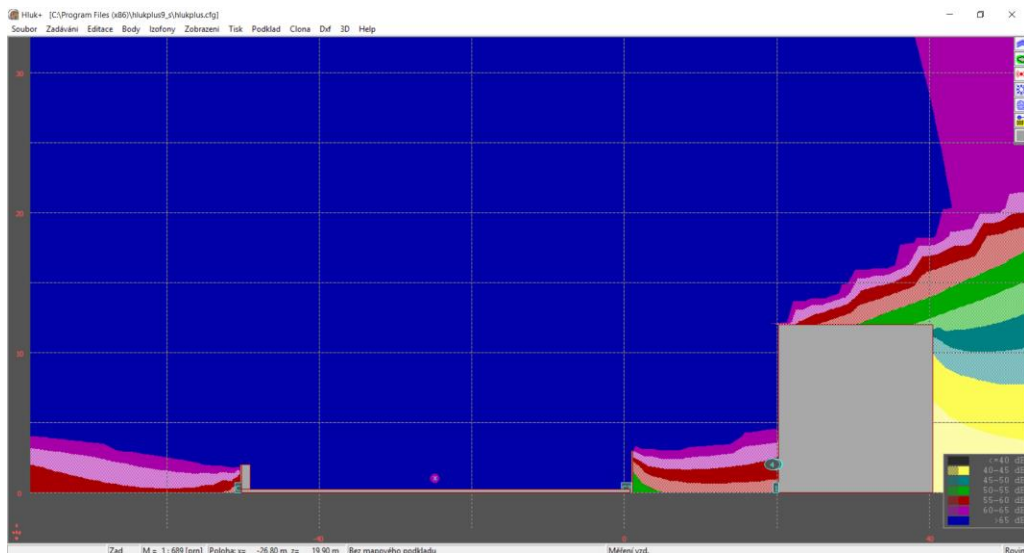
Obr. 6.8.4 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 3 m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami

Z průběhu izofon v řezu je patrné že odstínění protihlukovou clonou je účinné pro spodní polovinu objektu, tedy měřící body v 1NP a 2NP.

Akustická účinnost staveništních protihlukových clon je přímo úměrná jejich velikosti, přičemž rozhoduje jak výška, tak i šířka clony. Aby clona měla dostatečnou účinnost, mají boční délky clony, měřené od vnějšího půdorysného rozměru zdroje, nejméně dvojnásobně přesahovat účinnou výšku clony. Pohltivost je také závislá na potřebné hmotnosti. Za dostatečně neprůzvučnou se považuje staveništní clona o hmotnosti asi 10 kg m^{-2} a vyšší.



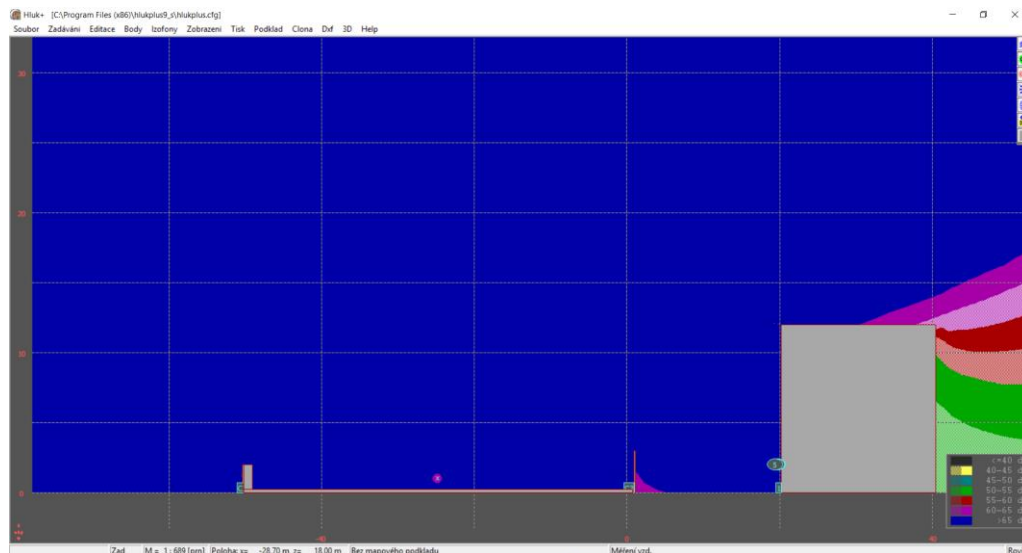
Obr. 6.8.5 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 3 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



Obr. 6.8.6 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 3 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami

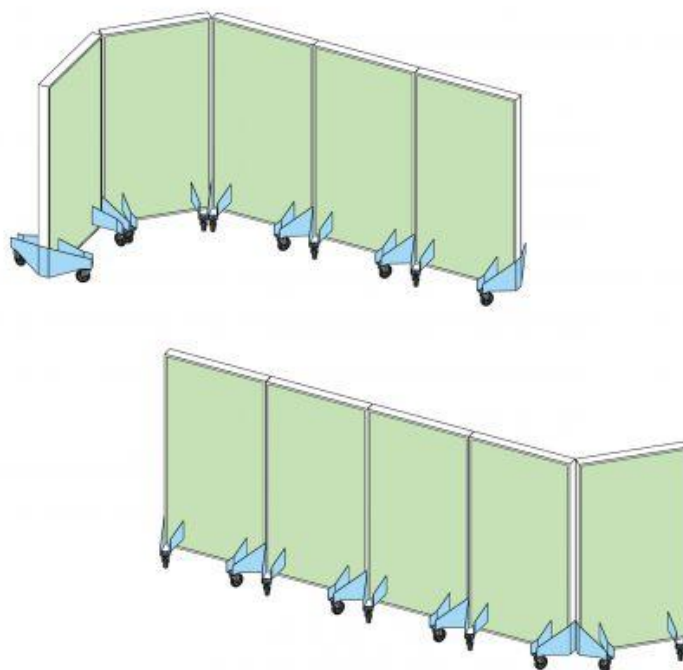


Obr. 6.8.7 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 3 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami



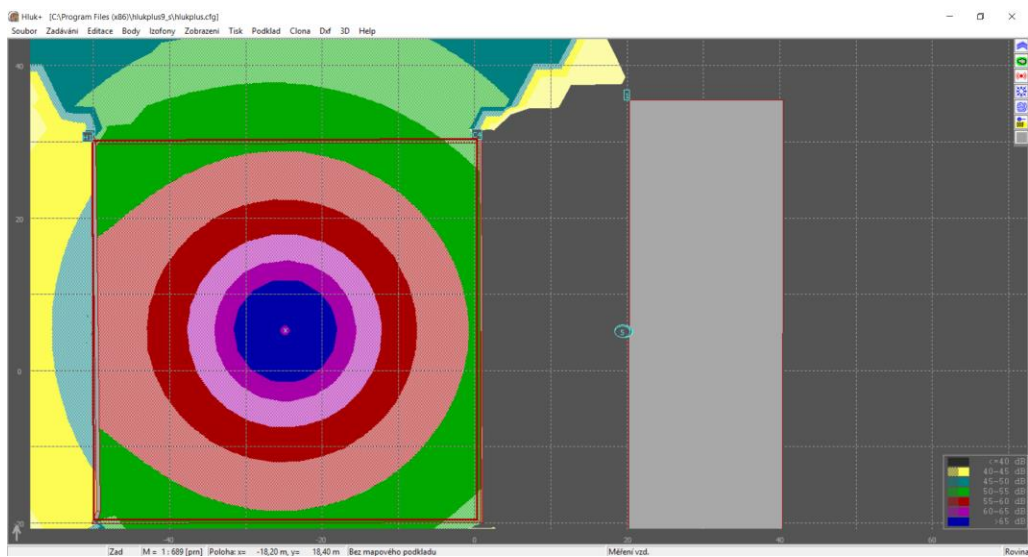
Obr. 6.8.8 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 3 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

Při vyšších hodnotách zdroje již pro dopad na fasádu clona nehraje roli, odstiňuje jen přímý prostor za clonou, nikoliv body měření. Přemístitelnost clon často nelze zaručit, nicméně lze při dobrém plánování zajistit vhodně přemístitelné clony, tak jako na obr. č. 6.8.9.

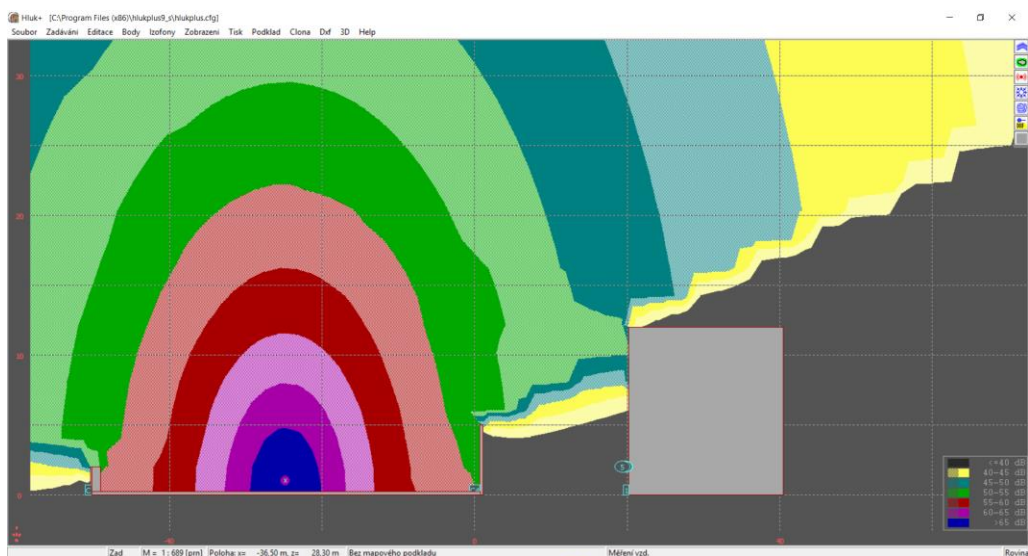


Obr. 6.8.9 Mobilní staveništní protihluková clona mobilní [52]

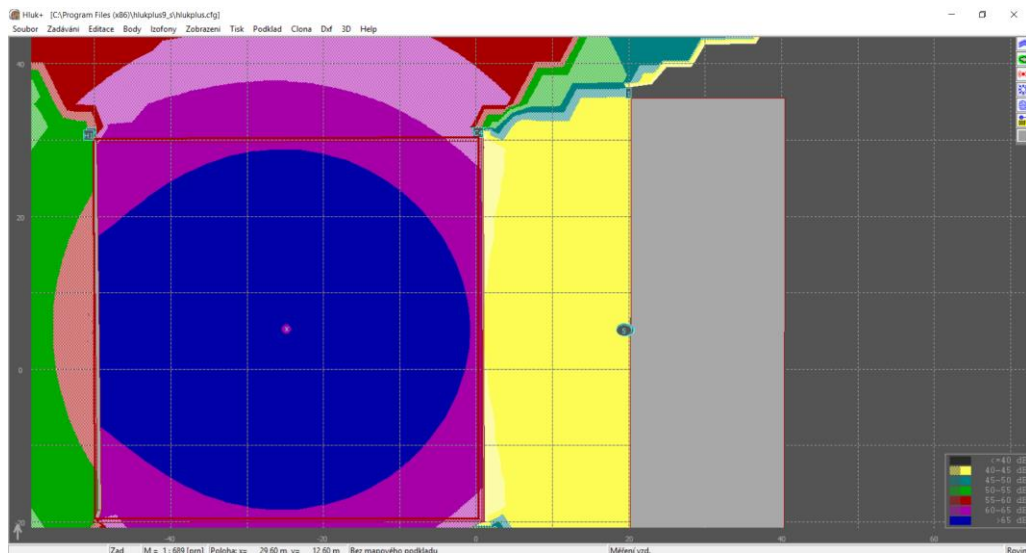
b) Protihluková clona ve směru k měřicímu bodu: výška 5m



Obr. 6.8.10 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 5 m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami

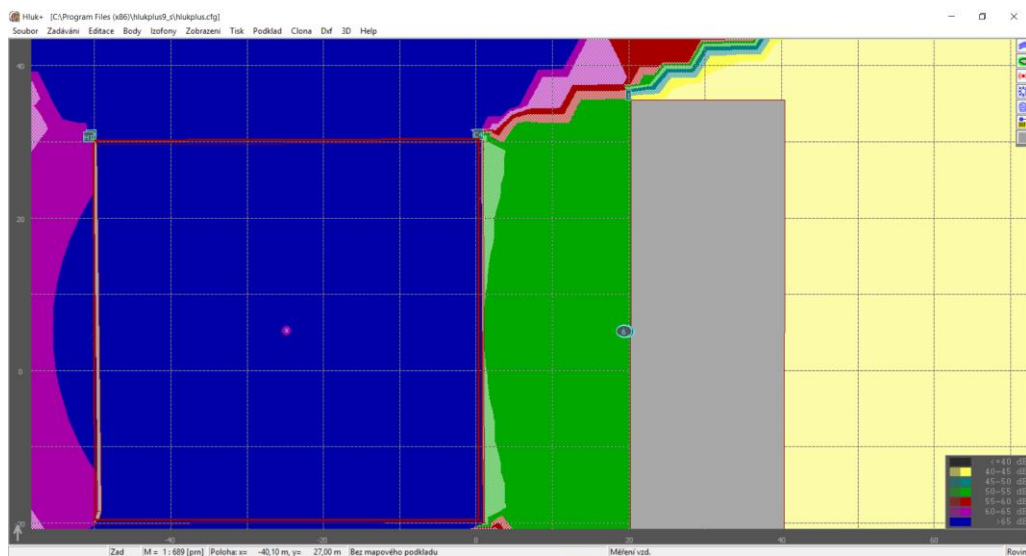


Obr. 6.8.11 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 5 m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami

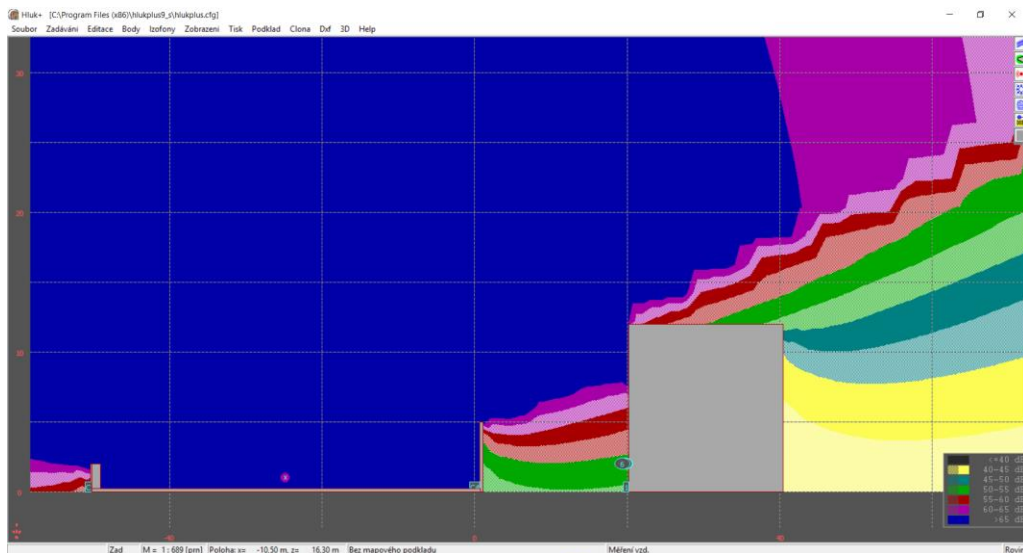


Obr. 6.8.12 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 5 m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami

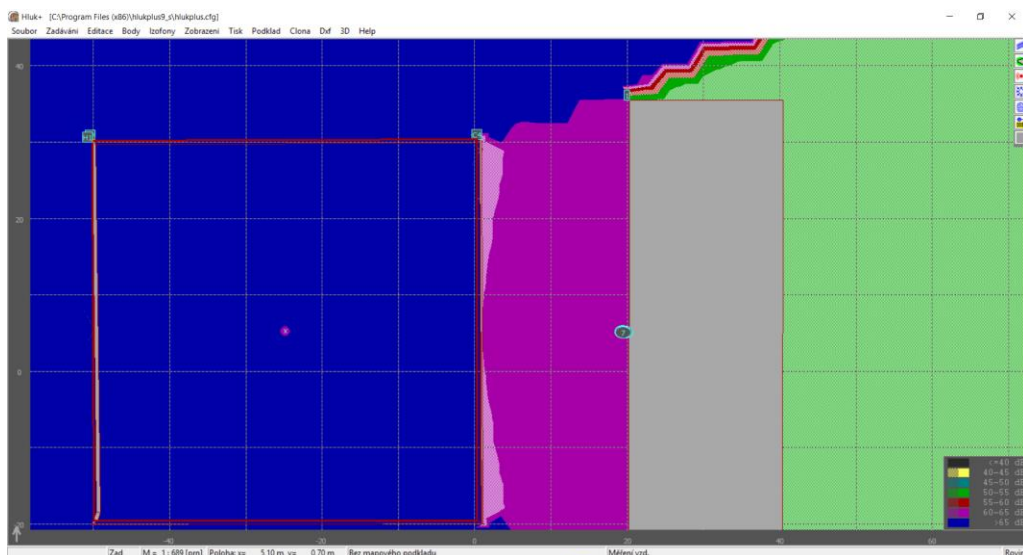
Účinnost výrazně ovlivňuje vzdálenost zdroje od clony. Se vzdáleností klesá účinnost, a proto zdroj hluku má být co nejbližší k cloně, resp. clona ke zdroji hluku. Ne vždy jde tomuto požadavku vyhovět, neboť zdroje jsou za dobu výstavby na více místech a ne vždy lze clonu přemísťovat. K nejlepšímu využití její funkce pak slouží právě modelování v SW.



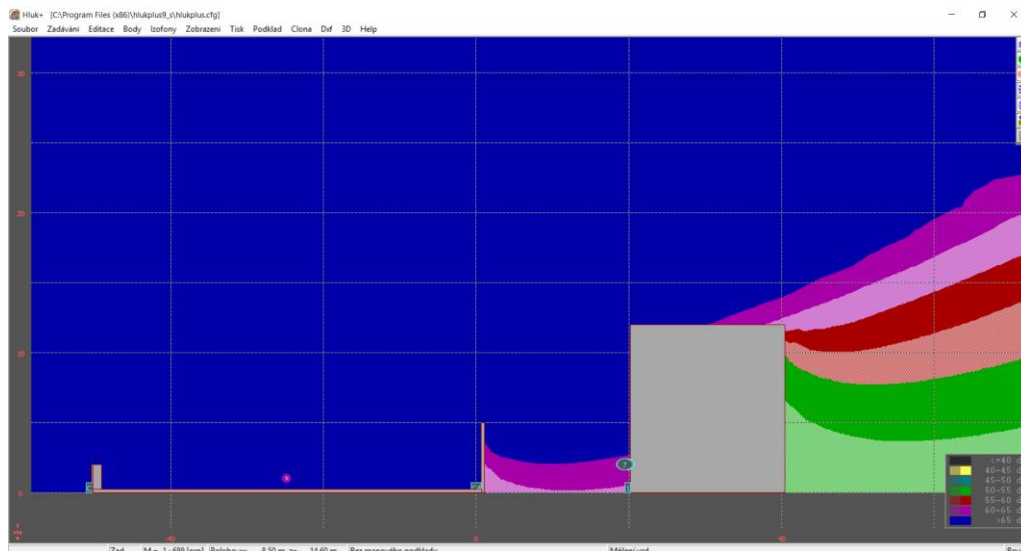
Obr. 6.8.13 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 5 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



Obr. 6.8.14 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 5 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami



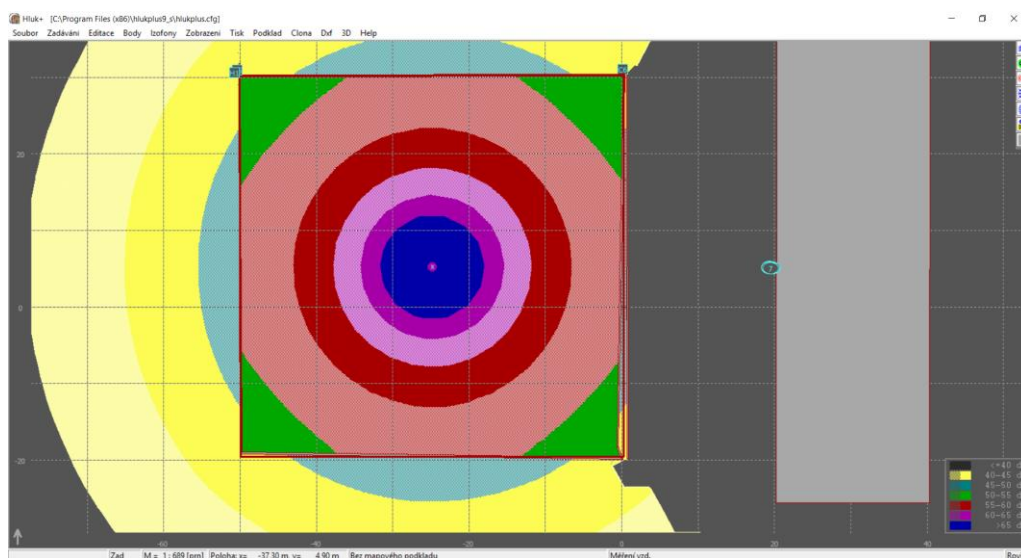
Obr. 6.8.15 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 5 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami



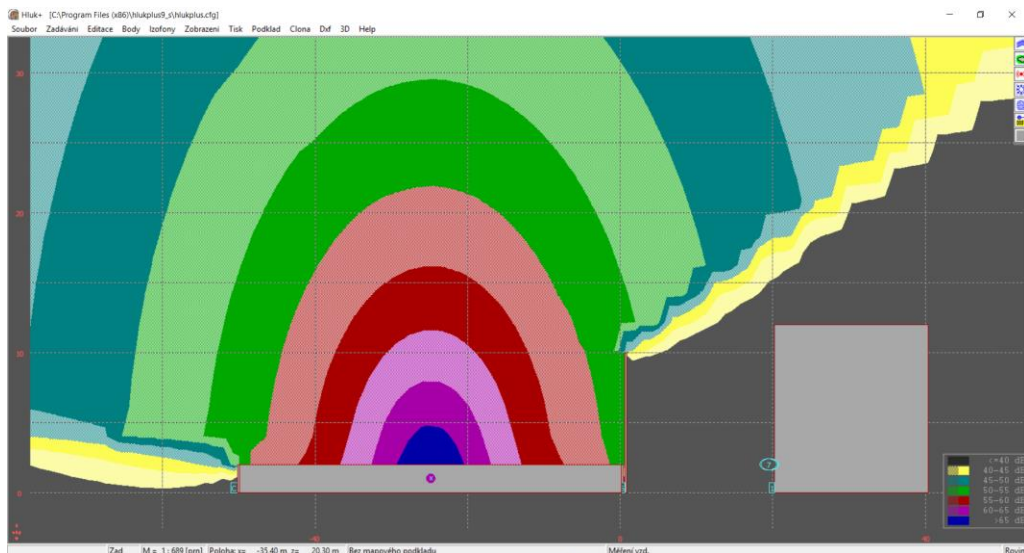
Obr. 6.8.16 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 5 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

c) Protihluková clona ve směru k měřicímu bodu: výška 10m

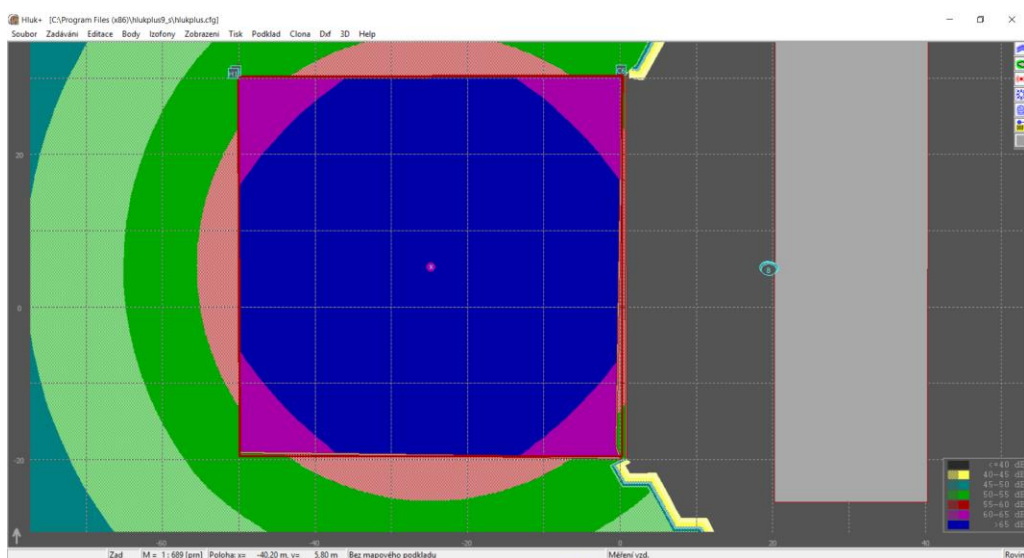
Mobilní protihlukové stěny takových výšek se málokdy praktikují pro ohrazení staveniště, clony těchto výšek jsou spíše clony odstiňující hluk z užívání komunikací, zejména dálnic. Pro představu teoretické účinnosti ve srovnání s dosažitelnou výškou 2 nebo 3 m však začleněno následné modelování pro níméně technicky možnou výšku 10 m clony.



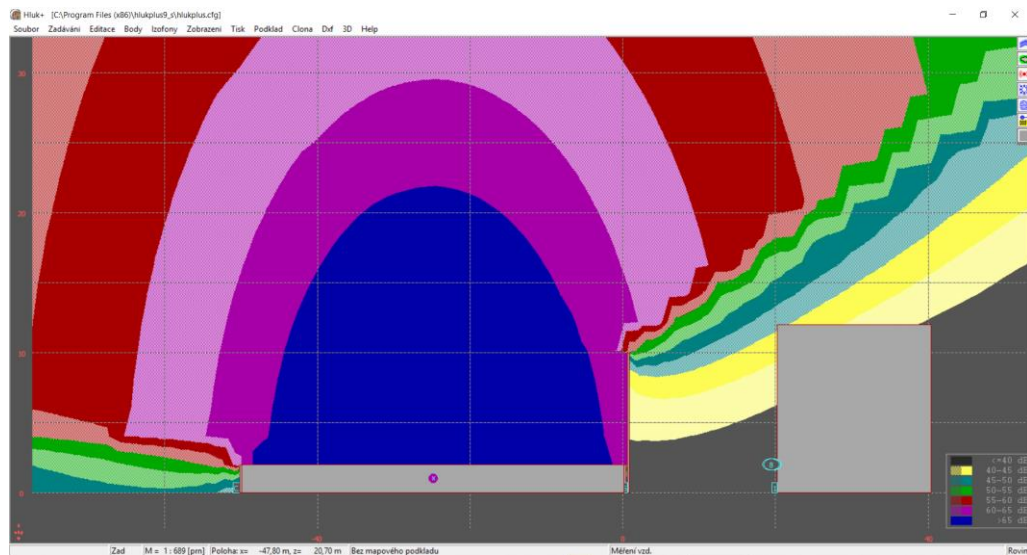
Obr. 6.8.17 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 10 m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



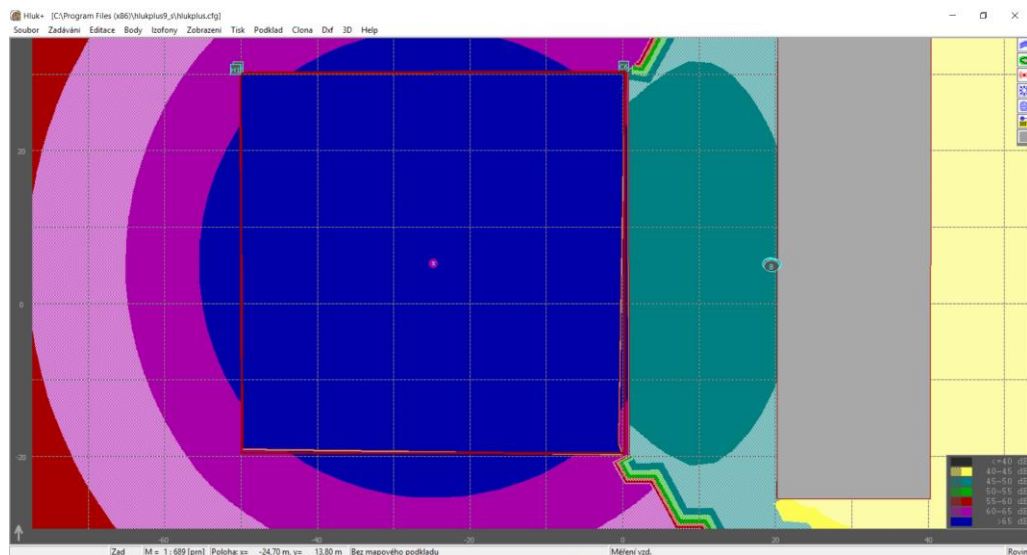
Obr. 6.8.18 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 10 m, zdroj hluku 90 dB, s izofonami



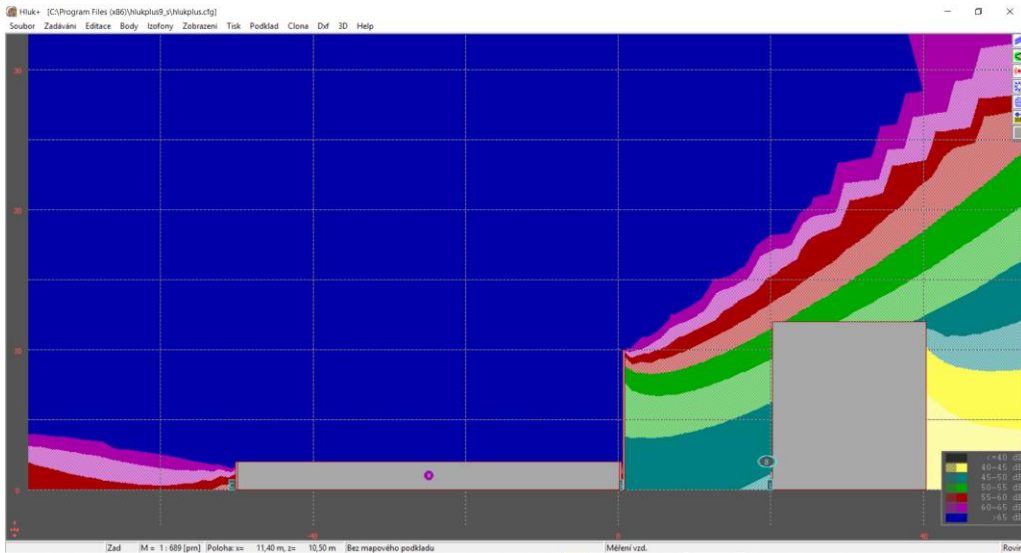
Obr. 6.8.19 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 10 m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami



Obr. 6.8.20 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 10 m, zdroj hluku 100 dB, s izofonami

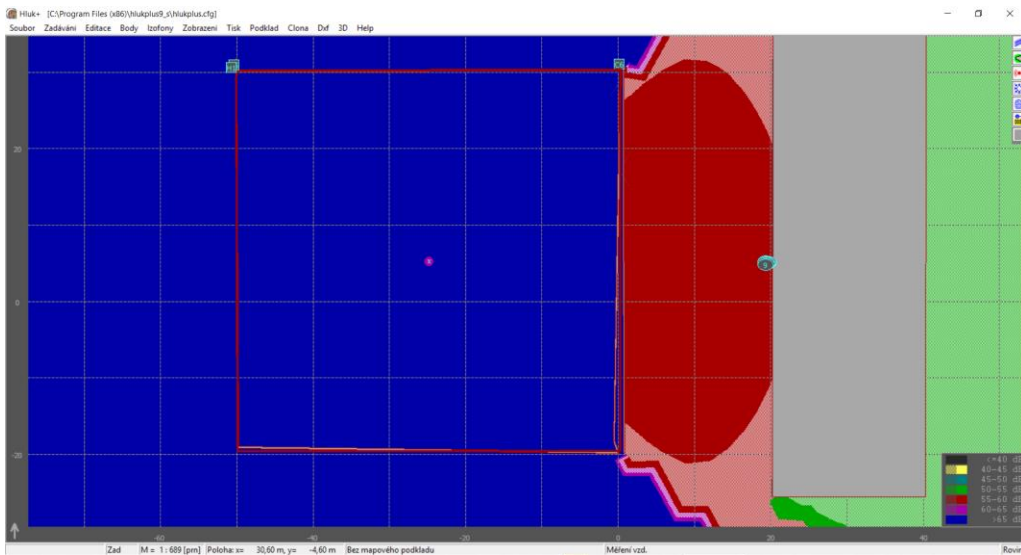


Obr. 6.8.21 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 10 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami

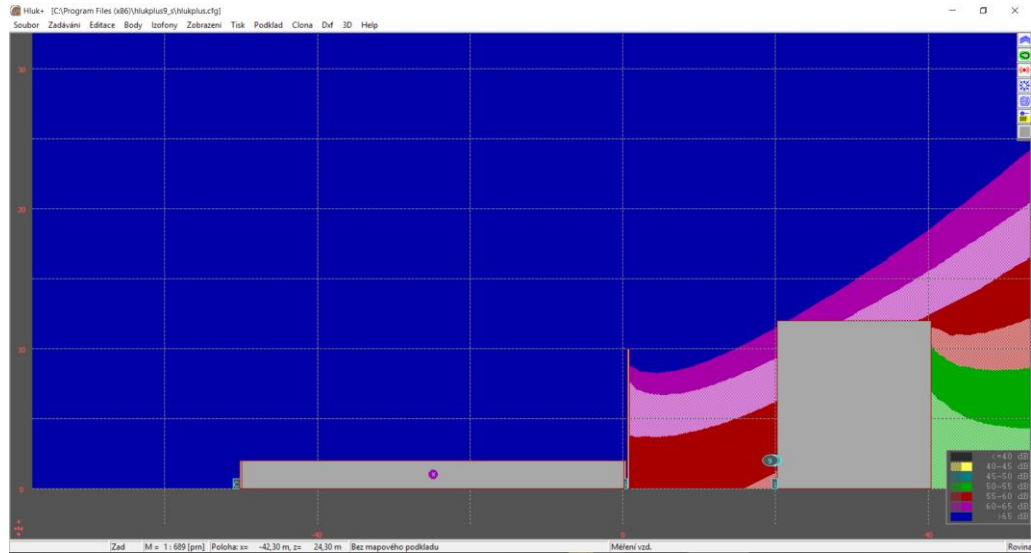


Obr. 6.8.22 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 10 m, zdroj hluku 110 dB, s izofonami

Pro dosažení ideální účinnosti by měly povrchy clony na přilehlé straně ke zdroji mít vrstvu zvukové izolace. Účinnost se tak zvyšuje oproti běžné akustické zábrance (staveništnímu oplocení) až o 5 dB, jak inzerují výrobci. Zájmem je ochrana chráněných fasád přilehlých objektů, snížení hodnot hluku v měřících bodech, ale i snížení hluku v prostoru pracovního prostředí stavby, tedy snaha o snížení odrazu zvukových vln směrem do staveniště.



Obr. 6.8.23 Půdorys akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 10 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami



Obr. 6.8.24 Řez akustické studie pro umístěnou protihlukovou clonu výšky 10 m, zdroj hluku 120 dB, s izofonami

Závěr kap. 6.8:

Pro použití clon lze uvažovat s přímým akustickým stínem dle výšky clony, výhodou je pohltivý materiál, který snižuje výsledný akustický efekt způsobený odrazy jak v okolí, tak v pracovním prostoru staveniště.

Tabulka přesných hodnot pro stanovení míry umístění protihlukové clony a definování vlivu jejich výšek je uveden v **příloze 9**.

6.9 Stanovení míry vlivu odrazivosti fasády posuzované stavby na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

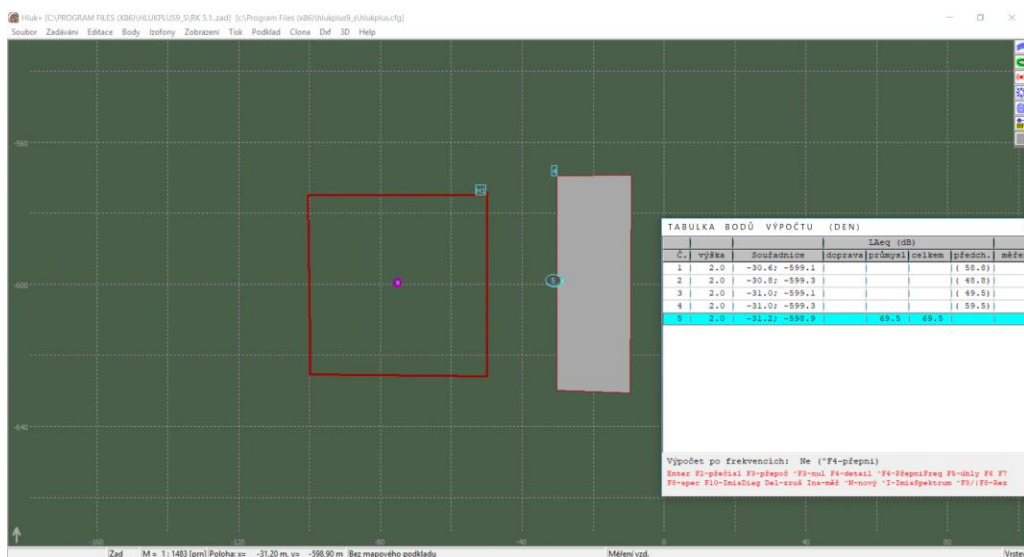
Pro možnou míru vlivu akustické pohltivosti by bylo třeba znát přesněji druh fasády na měřeném objektu. V tabulce 6.9.1 jsou vzájemné vazby označující pohltivost a z toho vyplývající odrazivost, jejíž hodnotu je nutné zadat při vložení či editaci objektu měření.

Tab. 6.9.1 Vztah mezi pohltivostí a odrazivostí materiálu

Pohltivost α	Odrazivost (dB)	Materiál
0	3	Vše odrazí
0,42	2	
0,5	1,8	
0,74	1	
1	0	Vše pohltí

Pro beton $\alpha = 0,02$ až $0,03$, pro cihlovou zeď $\alpha = 0,04 - 0,07$ a pro akustickou desku $\alpha = 0,98$ až $0,66$. Tomu by měla odpovídat hodnota vkládaná do modelu [50].

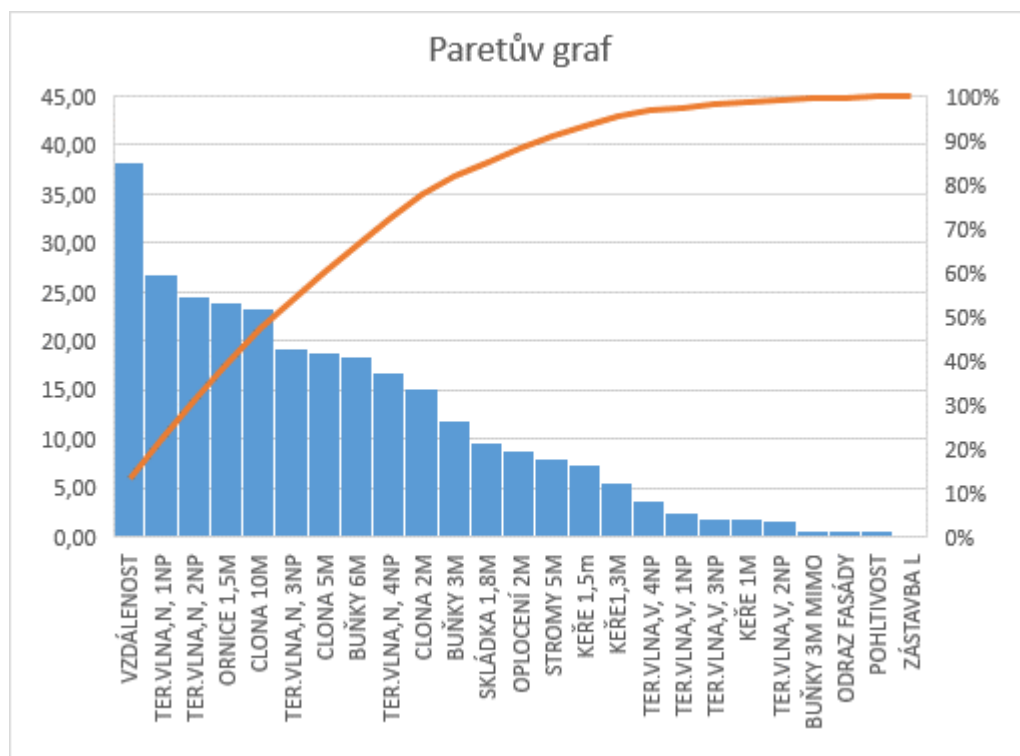
Obecně lze říci, že vliv odrazivosti nebo pohltivosti je max. 3 dB. Pokud zadáme rozličnost potencionálního materiálu do modelu pro etalon, rozdíly jsou v řádu 0,7dB, ve vizualizaci by takřka nebylo vidět.



Obr. 6.9.1 Půdorys akustické studie s tabulkou hodnot při zadávání odlišnosti materiálu fasády

Závěr kapitoly 6:

Vyhodnocení zde vizualizovaných dílčích vlivů s významem pro změnu hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby je v **příloze 9**. Na obrázku č. 6.8.9 jsou výsledky seřazeny do tzv. Paretova grafu, kde jsou získané výsledné hodnoty dat seřazeny v sestupném pořadí s kumulativní čarou vyjadřující procentuální zapojení vlivu na celku.

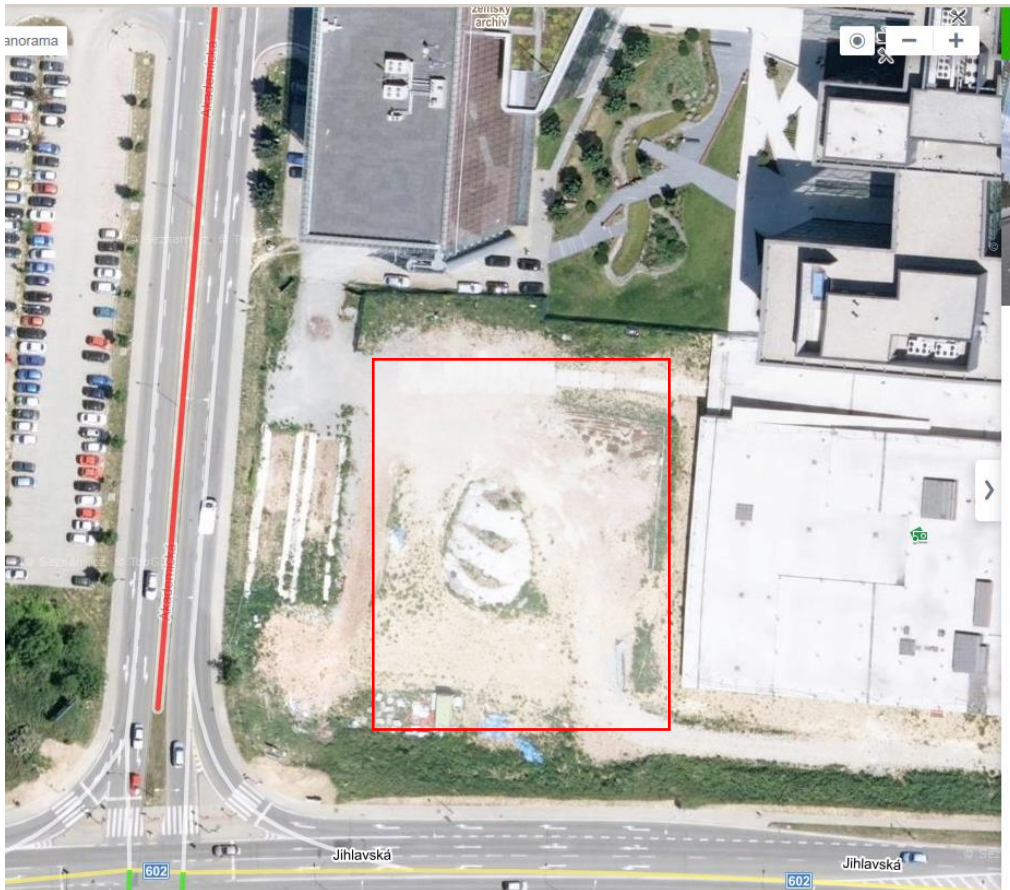


Obr. 6.9.2 Paretův graf vyhodnocení dílčích vlivů podmínek staveniště na přenos hluku (příloha 9)

V uvedené příloze i v grafu na obrázku č. 6.9.2 je nutné vnímat nejvyšší hodnotu VZDÁLENOST jako základní hodnotu pro přenos hluku – útlum, bez dalších vlivů. Veškeré další analyzované vlivy jsou přírůstkem útlumu k této hodnotě, tedy o kolik ještě více bude hodnota v měřicím bodě chráněné fasády snížena.

7 Experimentální měření hluku Campus Science Park Building

Měření dat bylo pořízeno přístrojem na měření úrovně zvukové hladiny dle EN 61672-1, digitálním hlukoměrem Voltcraft SL – 451 s rozsahem měření 30-130dB přesnosti 1,4 dB (1KHz), SW pro stažení naměřených dat byl použit vlně dostupný PeakTech 8005.



Obr. 7.1 Prostor budoucího staveniště v letecké mapě

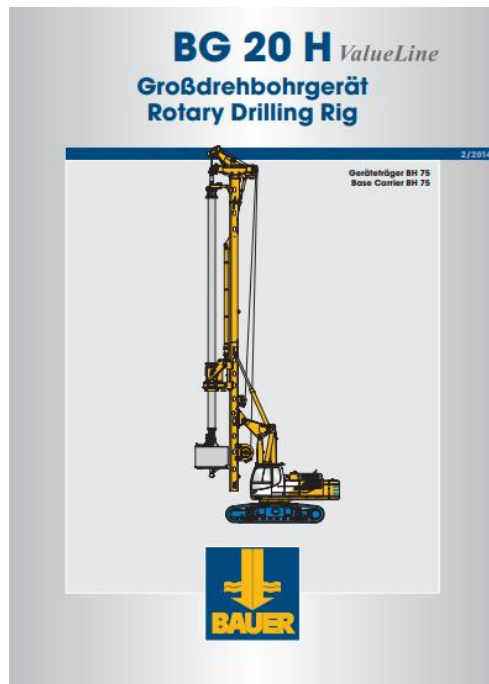
Technické měření okamžitých hodnot na staveništi:

Měření přístrojem bylo zacíleno na analýzu hodnot akustických výkonů rozhodujících technologických postupů spodní stavby a to konkrétně nejhluchnějších pilotážních prací. Je potřeba zdůraznit, že se jedná o měření okamžitých špiček hlukových hodnot. Porovnání s legislativními limitami je pro denní a noční doby a nutné přepočítat ekvivalentní hladiny.

Níže převod aktuálních technických hodnot měřených hlukoměrem do tabulkových hodnot pro možné zpracování grafu, ve kterém lze vidět minimální, maximální a průměrné hodnoty dat.

Měřená stavba Campus Science Park Building objekt D+E, Brno, roh Jihlavská – Akademická.

Byly měřeny hodnoty pilotovací soupravy hlavního dodavatele stavby stavební společnosti HINTON a.s., <http://www.hinton.cz/cz/> a to pilotovací souprava:



Obr. 7.2 Návod k použití pro měřenou pilotovací soupravu BG 20 H

Bylo nutné obstarat produktové listy s technickými parametry uvedenými v podrobné specifikaci stroje, kde z hlediska hluku nás může zajímat akustický tlak v kabině pro limity pracovního prostředí, pro akustickou přestavu prostoru staveniště však odečteme hodnotu hladiny akustického výkonu a to je 112 dB. S tímto údajem L_{WA} pracujeme v případě, že řešíme v plnohodnotné SW podpoře hlukový model staveniště a akustické výpočty dle vzorců.

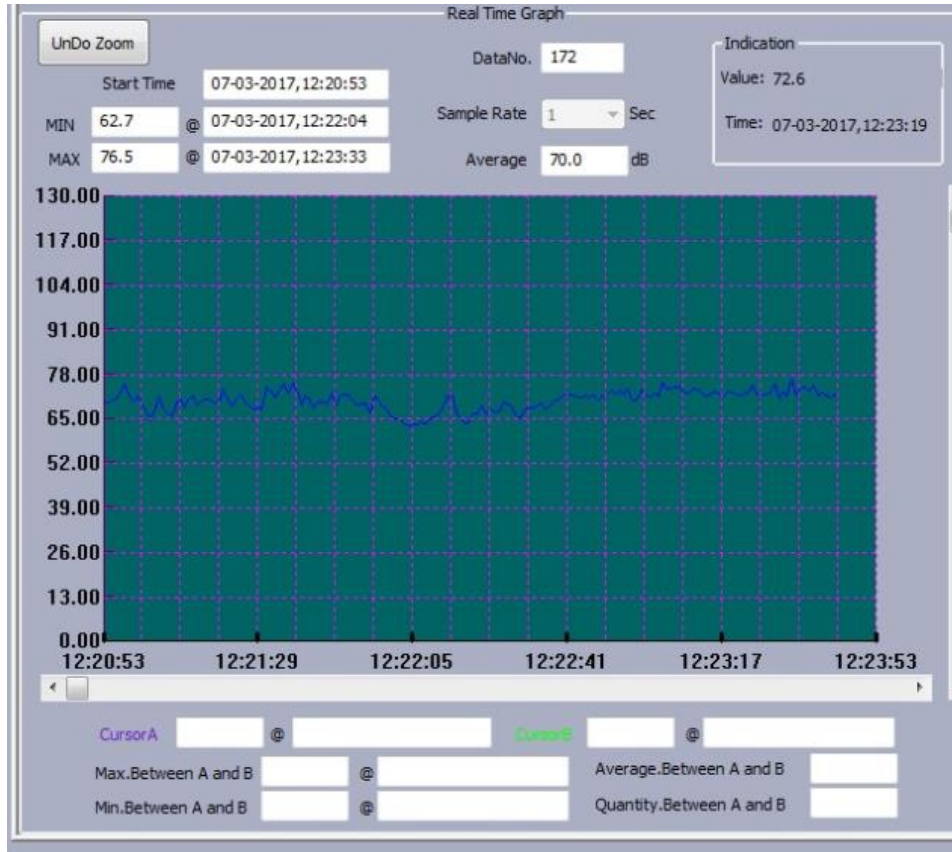
Tento údaj je také uveden v přílohách práce (**příloha 4**, str. 1), v seznamu strojů podskupiny Vrtné soupravy.

Dieseltank	Diesel tank capacity	500 l
Umgebungstemperatur unter Vollast	Ambient air temperature (at full power)	bis (up to) 42° C
Schalldruckpegel in Kabine (EN 791, Anh. A)	Sound pressure level in cabin (EN 791, Annex A)	L_{pK} 80 dB(A)
Schalleistungspegel (2000/14/EG u. EN 791, Anh.A)	Sound power level (2000/14/EG u. EN 791, Annex A)	L_{WA} 112 dB(A)
Hydrauliksystem	Hydraulic system	Zweikreisbohrhydra 2-hydraulic circuit s

Obr. 7.3 Část specifikace produktového listu a návodu k použití u měřeného stroje

Etapa měření č. 1:

Před započítím měření cyklů pilotovacích prací byly pořízeny i hodnoty záznamu staveništního hluku v průběhu denní směny bez příspěvku pilotovací soupravy, hodnoty oscilují kolem 70dB.



Obr. 7.4 Záznam měření hluku pozadí bez zapojené pilotovací soupravy

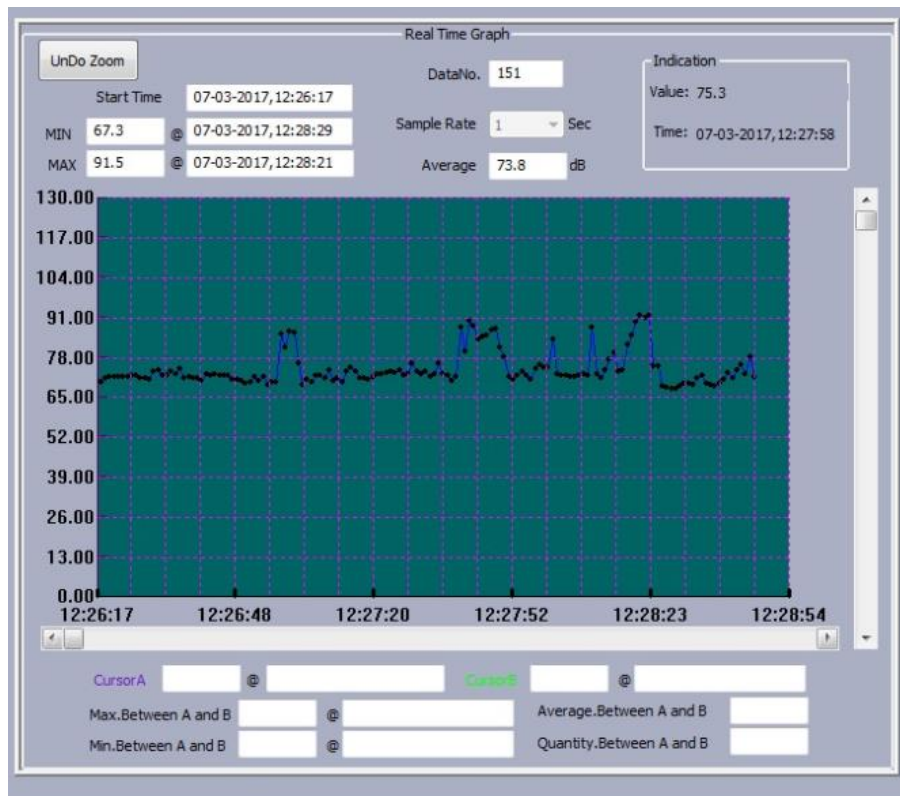
V případě měřených dat se v terénu postupuje tak, že buď je měřeno přímo místo dopadu na chráněnou fasádu objektu nebo chceme-li měřit výkonové charakteristiky stroje, měříme tedy hodnoty v určitém odstupu od stroje pro možnost dalšího přepočtu poklesu hladiny hluku se vzdáleností od stroje.

Vzhledem k možnostem měření bylo využito pro možnost analýzy dat i nestandardní polohování bodů příjmu a to přímo na stroji a na buňkovišti.

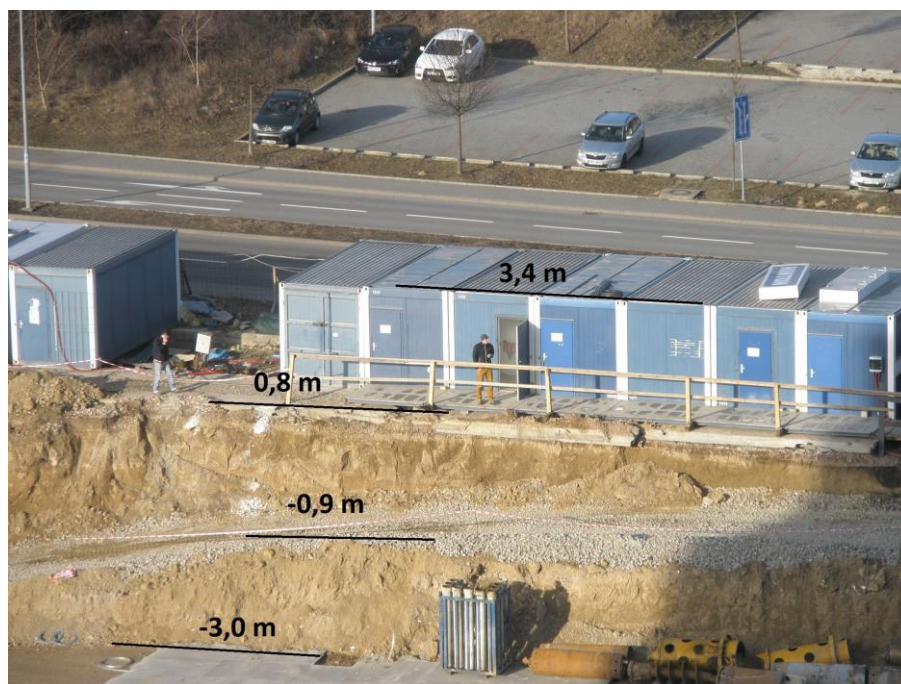
V dalších měřeních budou vizualizovány akustické situace v SW Hluk plus s podporou snímků staveniště pro ověření zadaných dat.

Etapa měření č. 2:

V další etapě měření byly měřeny hodnoty na hraně staveništních buněk – sociálních objektů zařízení staveniště pro vyhodnocení vlivu hluku na prostory s trvalejším sdružováním osob v prostoru staveniště.



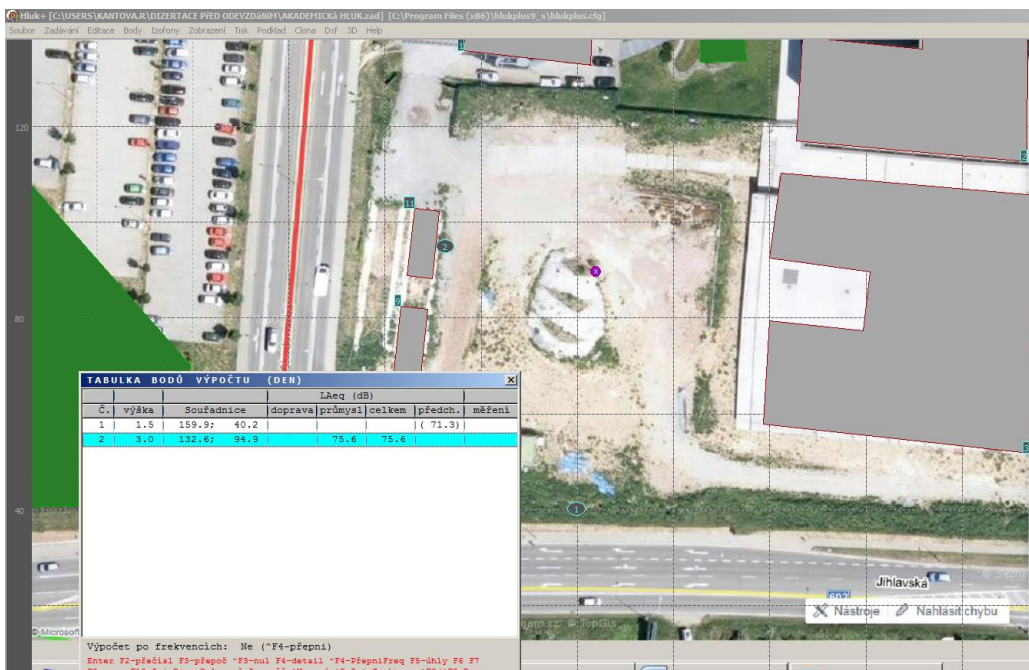
Obr. 7.5 Záznam měření hluku pro sestavu staveništních buněk



Obr. 7.6 Sestava staveništních buněk – místo měření



Obr. 7.7 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus – místo měření označeno jako 2, vzdálenost 33,3 m pro ověření vzdálenosti zdroje a místa měření



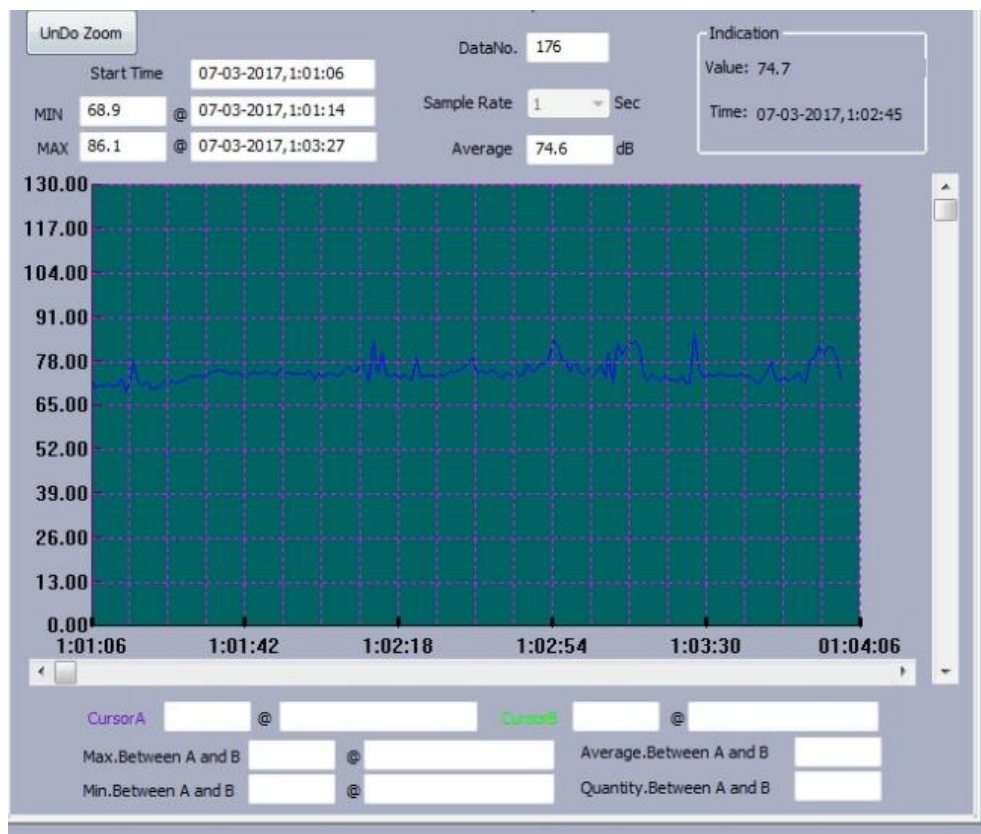
Obr. 7.8 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus – hodnoty měření - buňky

Na skenech SW podpory hluk plus s spřaženým bitmapovým podkladem vidíme zadané měřicí body s čísly vložených objektů a zdrojem hluku.

Poloha měřeného vrtu vychází z podkladu výkresu pilot, záznamu pilotáže a dne měření. Proběhla kontrola jak měřítka podkladu tak vzdáleností měřících míst.

Etapa měření č. 3:

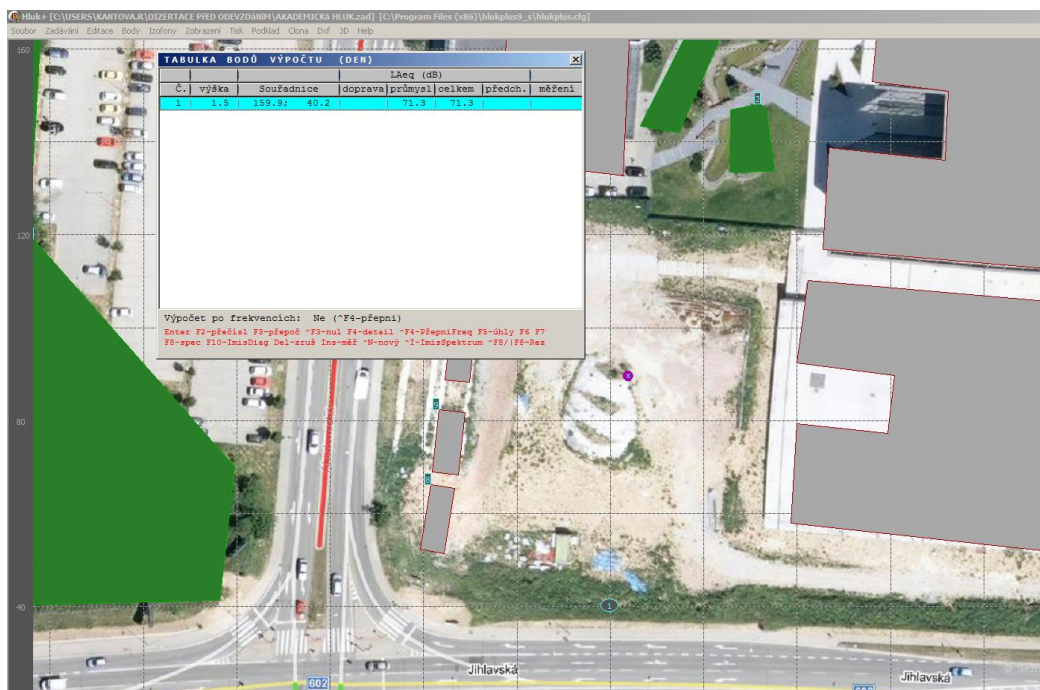
Měření z hranice staveniště od linie ulice Jihlavská se směrovou orientací na střed staveniště, tj. vzdálenost více než 10 metrů, tyto hodnoty se příloží nehodí k dalšímu přepočtu, měření bylo provedeno také za účelem vyhodnocení míry poklesu hladiny hluku stroje se vzdáleností k hraně prostoru staveniště za současného příspěvku automobilové dopravy hlavního tahu čtyřproudové komunikace ulice Jihlavské:



Obr. 7.9 Záznam měření hluku pro měření na ulici Jihlavská



Obr. 7.10 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus – zadání měřícího bodu – ul. Jihlavská



Obr. 7.11 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus – hodnoty měření – ul. Jihlavská

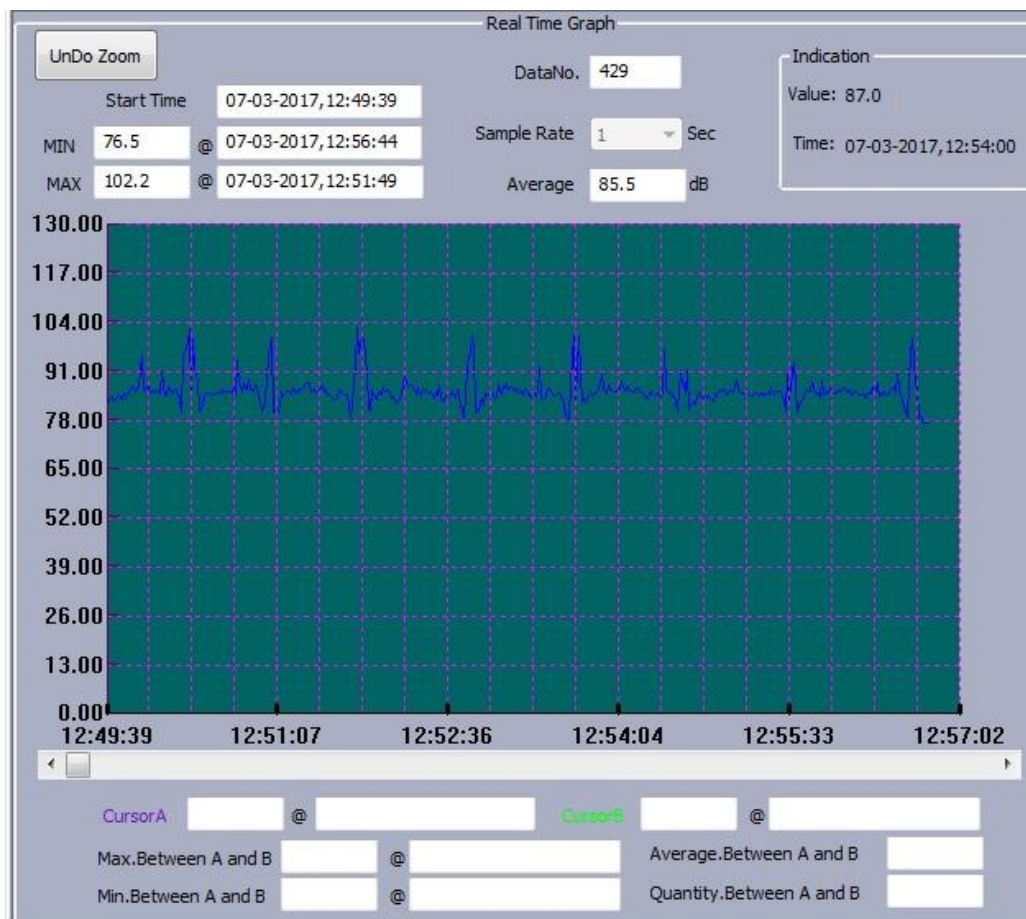
Etapa měření č. 4:

Bylo pro zajímavost provedeno měření hlukoměrem přímo na kostře stroje se směrovou orientací mikrofону na těžební nástroj.



Obr. 7.12 Situace těžení - pilotážní souprava s umístěným hlukoměrem

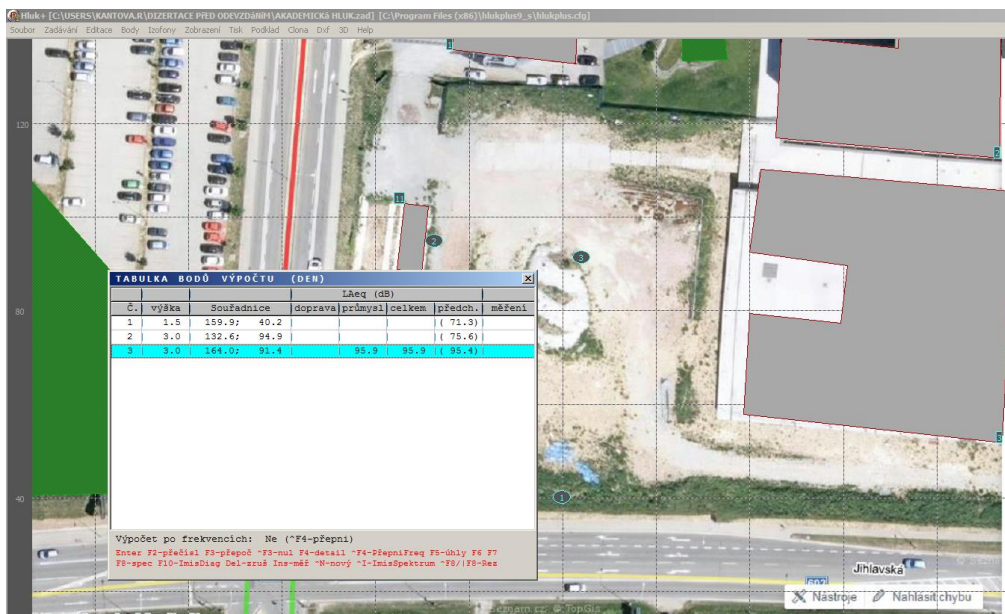
Pro zavěšení takto přímo na těle stroje proběhlo měření v konkrétní poloze a následně monitorování průběhu celé pracovní směny.



Obr. 7.13 Záznam měření hluku pro umístění hlukoměru přímo na pilotovací soupravě



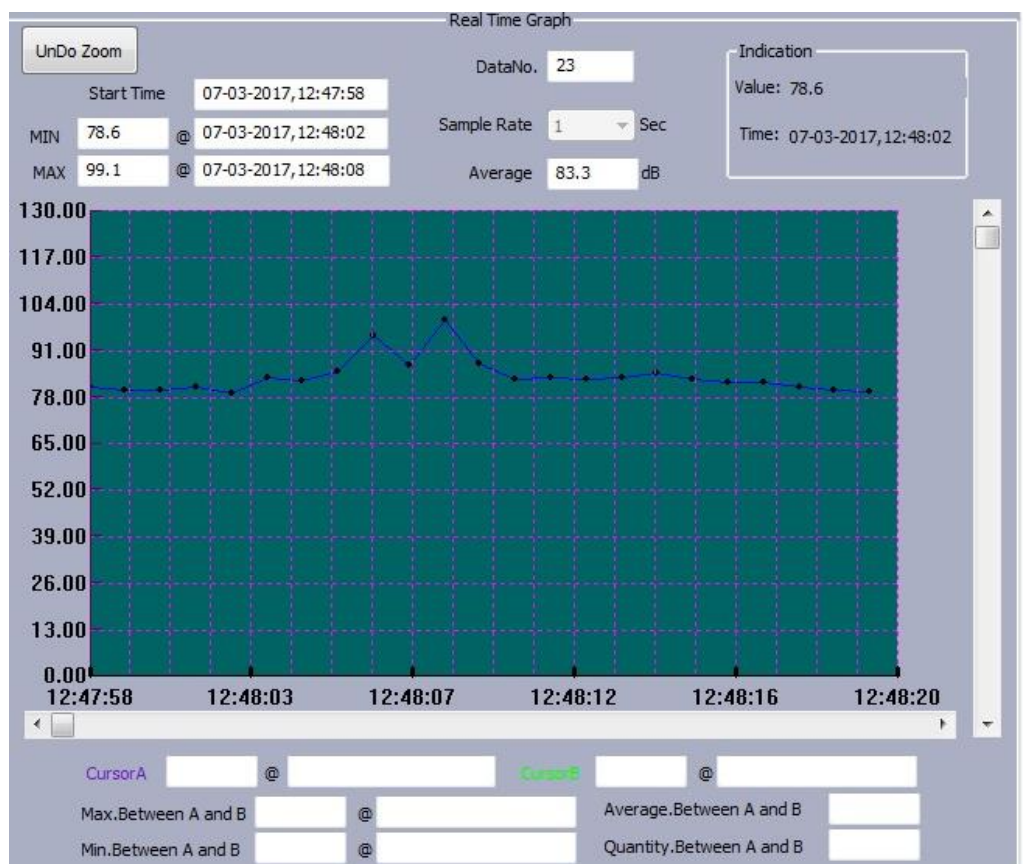
Obr. 7.14 Pilotovací souprava s označením úrovně zdroje a místa měření



Obr. 7.15 Situace měření na těle stroje zadaná v SW podpoře Hluk plus – měřící místo označené přímo u zdroje hluku

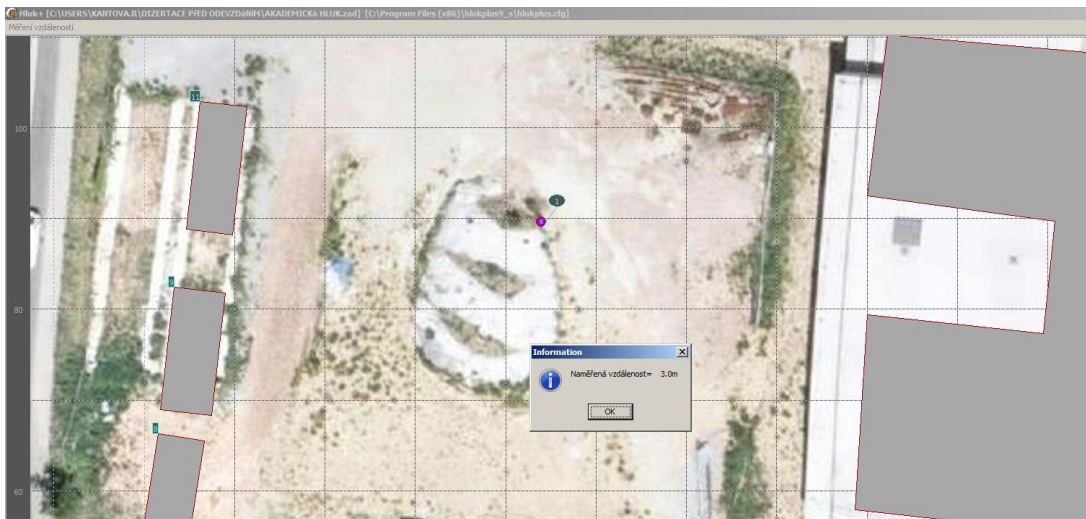
Etapa měření č. 5:

Měření hodnot hluku pilotovací soupravy ve vzdálenosti 3 m od zdroje hluku.

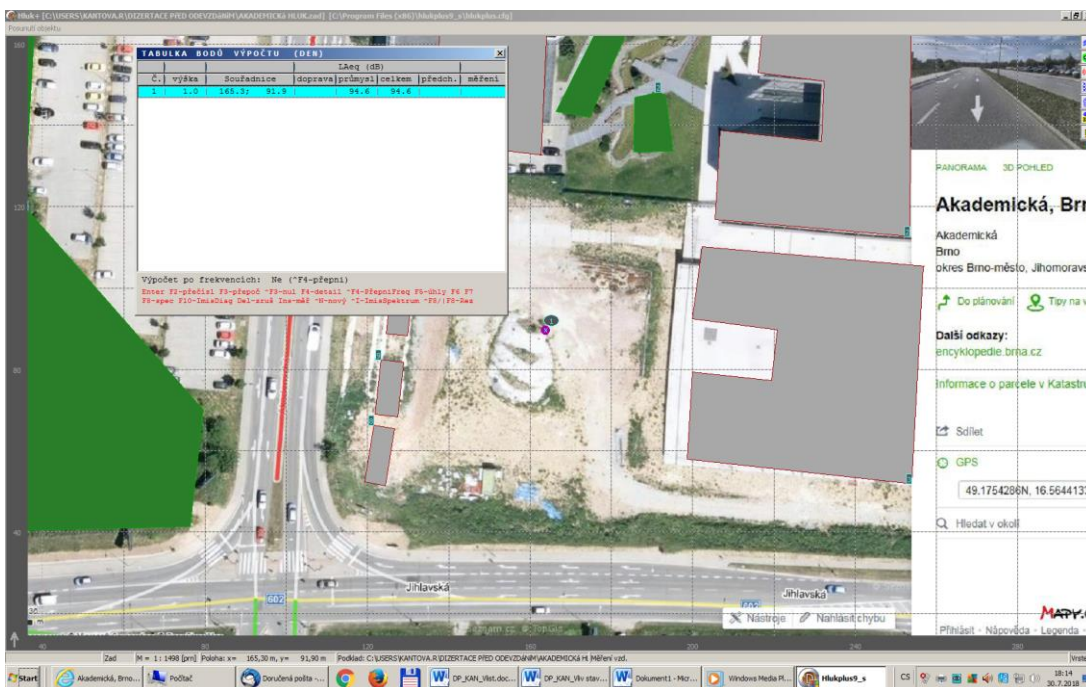


Obr. 7.16 Měření hodnot hluku pilotovací soupravy ve vzdálenosti 3 m

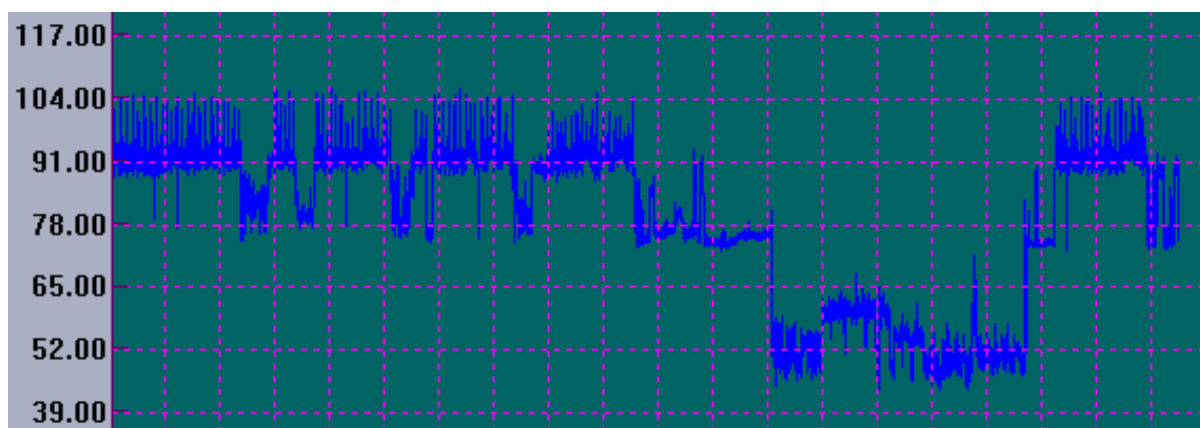
Ověření pro měření ve 3m lze modelovat poměrně přesně i v SW podpoře Hluk plus.



Obr. 7.17 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus – měřící místo označené 3 m od zdroje hluku



Obr. 7.18 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus – měřící místo označené 3 m od zdroje hluku a tabulka hodnot



Obr. 7.19 Měření hodnot hluku pilotovací soupravy pro průběh celé pracovní směny

Pro měření hodnot hluku pilotovací soupravy kde rozložení časového snímku celé pracovní směny vychází hodnoty v rozsahu 43 – 106 dB.

Pro řešení případové studie akustické situace staveniště Campus Science Park Building je třeba při zadávání do SW podpory Hluk plus i jiných podkladů než jen akustického výkonu stroje. (viz **Příloha 1**)

Pro správné zadání okrajových podmínek je nutné správné nastavení úrovní terénu a výšek okolních budov, kde mohou pomoci kromě místního šetření i mapy a fotografie místa.



Obr. 7.20 Vyhodnocení výškových poměrů okolních budov



Obr. 7.21 Místní šetření a vyhodnocení tvaru terénu



Obr. 7.22 Místní šetření a vyhodnocení tvaru terénu a výšek budovy MZA

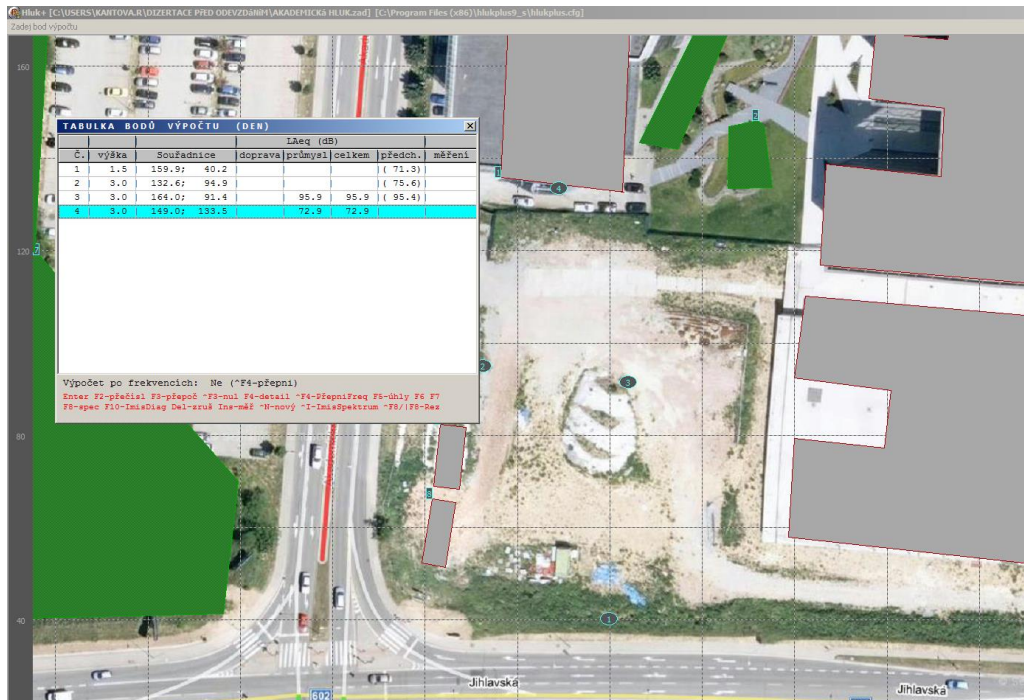
Pro přesné nastavení tvaru terénu a zohlednění snížené roviny základové spáry k okolnímu terénu nutno doměřit svahy pro zadání náspů a zářezů.



Obr. 7.23 Místní šetření a vyhodnocení tvaru terénu snížené základové spáry



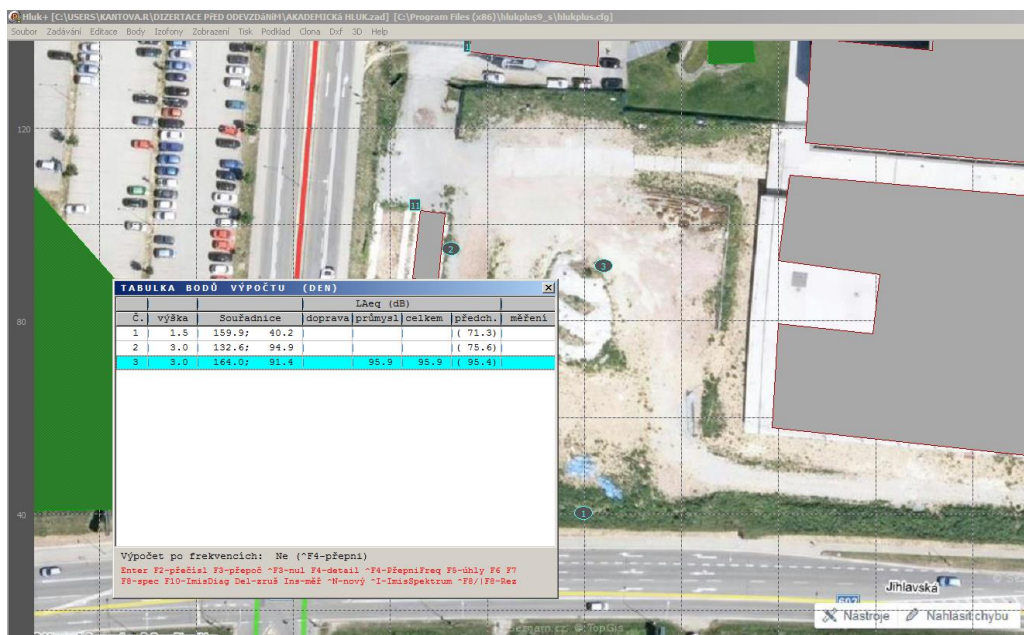
Obr. 7.24 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus – měřící místo označené jak 4 je fasáda budovy Moravského zemského archivu, kde nebylo možné měření hlukoměrem



Obr. 7.25 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus – měřící místo označené jak 4 je fasáda budovy Moravského zemského archivu, kde nebylo možné měření hlukoměrem, tabulka hodnot

Vyhodnocení pro situaci staveniště:

Hodnocená situace zadaná v SW podpoře Hluk plus se všemi zadanými měřícími body je na obr. č. 7.26.



Obr. 7.26 Situace zadaná v SW podpoře Hluk plus se všemi měřícími body a s tabulkou hodnot

Tab. 7.1 Tabulka vyhodnocení pilotovací soupravy BG 20H s L_{WA} : 112 dB

		L_{PA} (dB)			
Pozice měření	Vzdálenost (m)	PŘÍL. 2 pro Q1	PŘÍL. 3 pro Q2	Hodnoty z měření min / max / střed	Modelování Hluk plus
Bez zapojení BG 20H	-	-	-	62,7 / 76,5 / 70,0	-
Kostra stroje BG 20H	0,5	107,03	110,04	76,5 / 102,2 / 85,5	95,9
Vzdálenost od stroje v prostoru pilotáže	3,0	91,47	94,48	78,6 / 99,1 / 83,3	94,6
Buňkoviště	33,3	70,41	73,51	67,3 / 91,5 / 73,8	75,6
Ulice Jihlavská	50,5	67,04	70,04	68,9 / 86,1 / 74,6	71,3

V tabulce jsou označeny vzdálenosti, které byly při měření dodrženy, v modelu zadány a pro výpočet použity. Výsledky se vzájemně liší, u měření blízko zdroje odpovídají spíše hodnoty maxima, u vzdálenějších spíše hodnoty středu.

Je potřeba připomenout, že se jedná o technické měření bez frekvenční analýzy a využitelnosti pro orgány veřejného zdraví.

Dle Obecného rámce pro výpočtové akustické studie, hodnocení pro účely ochrany čely veřejného zdraví před hlukem při hodnocení změny hodnot hlukového ukazatele toutéž výpočtovou metodou nelze považovat za hodnotitelnou změnu rozdíl pohybující se v intervalu 0,1 – 0,9dB .[60]

Zde byly rozdíly hodnot vyšší.

Závěr kap. 7:

Z hodnot v tabulkách vyplývá, že chceme-li na základě předchozího modelování, vyhodnocení vlivů a doložení výstupů zobecnit výsledek tohoto posouzení, lze říci, že lze modelovat staveništní hluk v přesnosti jednoho izofonního pásma, tedy **cca kolem 5 dB**, abychom mohli předvídat v kontextu s měřením i výpočty.

8 Podklady pro návrh specializované SW podpory pro predikci hluku při realizaci staveb

Existence softwarových produktů uvedených v části 3.7 neřeší zohlednění hlukové náročnosti výstavby pro běžnou přípravu a realizaci staveb. Dodavatelé staveb tyto SW nemají k dispozici, používají je jen sofistikované akustické laboratoře a jejich využívání je velmi nákladné a složité na obsluhu. Jedním z cílů této práce je navrhnout jednoduchý SW, který by byl dosažitelný pro běžné uživatele – účastníky výstavby, byl jednoduše ovladatelný a výstupy z něj by co nejpřesněji predikovaly hlukovou zátěž v okolí stavby. Včasným využitím tohoto produktu by se stavební firmy mohly vyhnout prodávám v dodávkách staveb z důvodu překračování hygienických limitů a lépe navrhovat druhy strojů pro konkrétní investice.

Využití programovaných tabulek Excel pro získání příloh 2-9 této práce jak jednotlivě, tak v propojení s přehledem strojů s akustickými výkony vede pro další pokračování na daném tématu k tvorbě specializované SW podpory využitelné ve stavebních firmách.

Pro využití nabízeného nástroje je třeba znovu zdůraznit, že stroje se považují za jeden zdroj hluku, pokud vzdálenost mezi stroji je menší než 1/10 vzdálenosti od vyšetřovaného místa.

Interaktivní výpočtové pole pro přepočítání hodnot hlukové kapacity strojní sestavy
 výpočet dle uvedeného vzorce pro zadání L_{WA} více souběžně pracujících strojů na hodnotu celkové L_{WA} strojní sestavy

Pro dva stroje ve strojní sestavě

L_{WA} stroje 1	L_{WA} stroje 2	
Hodnota L	100	108
vzorec	$10^*(112/10)$	$10^*(108/10)$
L/10	10000000000	63095734448
suma	73095734448	
log	10,86382603	
Celkem	108,6382603	L_{WA} stroj. sestavy

Model výpočtového pole:

Hodnota L	112	108	101
vzorec	$10^*(112/10)$	$10^*(108/10)$	$10^*(101/10)$
L/10	158489319246	63095734448	12589254118
suma	234174307812		
log	11,36953925		
Celkem	113,6953925		

Pro tři stroje ve strojní sestavě

L_{WA} stroje 1	L_{WA} stroje 2	L_{WA} stroje 3	
Hodnota L	100	80	110
vzorec	$10^*(112/10)$	$10^*(108/10)$	$10^*(101/10)$
L/10	10000000000	100000000	1E+11
suma	1,101E+11		
log	11,04178732		
Celkem	116,4178732	L_{WA} stroj. sestavy	

Pro čtyři stroje ve strojní sestavě

L_{WA} stroje 1	L_{WA} stroje 2	L_{WA} stroje 3	L_{WA} stroje 4	
Hodnota L	100	75	98	119
vzorec	$10^*(112/10)$	$10^*(108/10)$	$10^*(101/10)$	$10^*(101/10)$
L/10	10000000000	31622776,6	3981071708	7,94328E+11
suma	8,08341E+11			
log	11,90759457			
Celkem	119,0759457	L_{WA} stroj. sestavy		

Pro pět strojů ve strojní sestavě

L_{WA} stroje 1	L_{WA} stroje 2	L_{WA} stroje 3	L_{WA} stroje 4	L_{WA} stroje 5	
Hodnota L	180	108,75	108,75	93,25	94,25
vzorec	$10^*(112/10)$	$10^*(108/10)$	$10^*(101/10)$	$10^*(101/10)$	$10^*(101/10)$
L/10	1E+16	74989420320	74989420320	2113469040	2880725080
suma	1,00002E+16				
log	16,00000681				
Celkem	160,0000681	L_{WA} stroj. sestavy			

$$L_v = 10 \lg \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right)$$

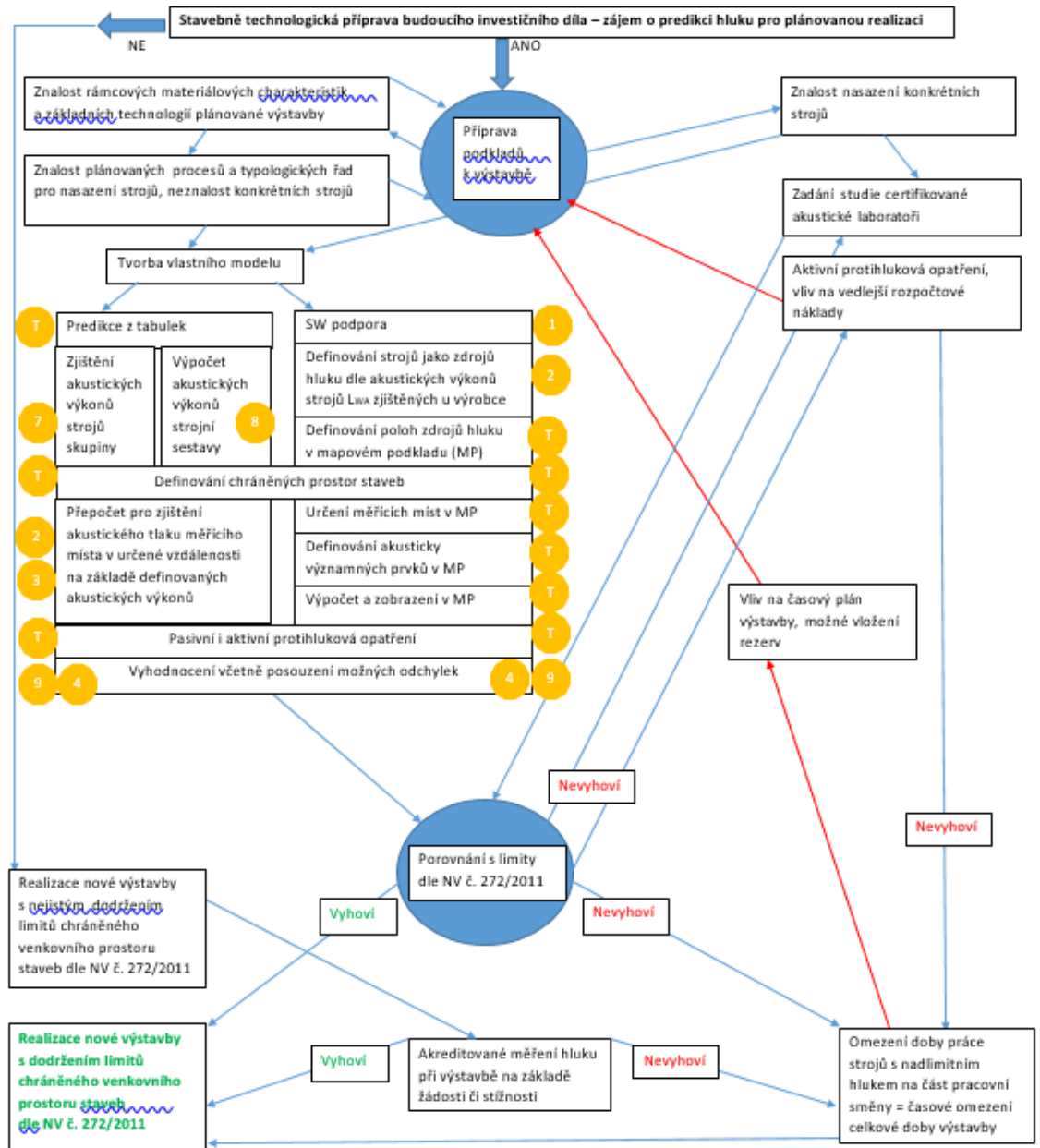
HLADINA AKUSTICKÉHO VÝKONU STAVEBNÍCH STROJŮ
 SE STANOVENÍM STŘEDNÍ HODNOTY SOUBORŮ A CHARAKTERISTIK VARIABILITY

STROJ - Typ, výrobce, druh, kapacita	ZDROJ	Hladina akust. výkonu
zařízení, stroje, vozidla, nástavby		L_{WA} (dB) re 10 \downarrow N \downarrow
STROJE PRO VRTÁNÍ A PILOTOVÁNÍ		Podskupiny Skupiny

Obr. 8.1 Interaktivní výpočtové pole [©kantova.r@fce.vutbr.cz]

9 Metodické pokyny pro modelování a prognózu hluku ze stavební činnosti

Metodika postupu pro predikci hluku ze stavební činnosti ve fázi předvýrobní a výrobní přípravy stavby je uvedena v příloze 10 a níže s označením využití příloh dizertační práce jako opor řešení při tvorbě vlastního modelu a výpočtech hladin akustického tlaku dopadajícího na fasádu chráněného venkovního prostoru staveb.



Obr. 9.1 Metodika pro modelování a prognózu hluku ze stavební činnosti

[©kantova.r@fce.vutbr.cz]

9.1 Pomůcky pro uplatnění navržené metodiky

- 1 viz. PŘÍLOHA 1 - Návod pro obsluhu SW Hluk plus pro specifika modelování hluku ze stavební činnosti
- 2 viz. PŘÍLOHA 2 - Výpočet hladin akustického tlaku stavebních strojů: přepočet L_{WA} na L_{PA} pro činitel směrovosti $Q = 1$
- 3 viz. PŘÍLOHA 3 - Výpočet hladin akustického tlaku stavebních strojů: přepočet L_{WA} na L_{PA} pro činitel směrovosti $Q = 2$
- 4 viz. PŘÍLOHA 4 - Hladina akustického výkonu stavebních strojů se stanovením střední hodnoty souborů a charakteristik variability statistického souboru
- 5 viz. PŘÍLOHA 5 - Hladina akustického výkonu stavebních strojů se stanovením střední hodnoty souborů a charakteristik variability, přehled skupin a podskupin
- 6 viz. PŘÍLOHA 6 - Hladina akustického výkonu stavebních strojů se stanovením střední hodnoty souborů a charakteristik variability skupin, graf
- 7 viz. PŘÍLOHA 7 - Hladina akustického výkonu stavebních strojů se stanovením střední hodnoty souborů a charakteristik variability podskupin, graf
- 8 viz. PŘÍLOHA 8 - Hladina akustického výkonu strojních sestav, grafy
- 9 viz. PŘÍLOHA 9 - Stanovení míry dílčích vlivů na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby
- T viz. TEXTOVÁ ČÁST

Obr. 9.1.1 Seznam pomůcek pro modelování a prognózu hluku ze stavební činnosti s odkazy na čísla příloh dizertační práce

9.2 Pomůcka pro určení poklesu hladiny hluku po naměření hodnoty hlučnosti stroje pro jinou definovanou vzdálenost

Velmi často naměříme hodnotu akustického tlaku používaného stavebního stroje v jisté vzdálenosti, abychom následně predikovali hodnotu akustického tlaku v jiné než měřené vzdálenosti od zdroje.

Níže uvedená pomůcka byla vytvořena na základě akustického faktu, že hlučnosti ve venkovním volném prostoru výrazně ubývá se vzdáleností od zdroje hluku dle kap. 4.2.

Pokud je vztah vyjádřen grafem, jedná se o logaritmickou křivku, pokud pro možnost přehlednějšího čtení zadáme křivku jako lineární s přepočtem hodnot na osách, dostaneme níže uvedené pomůcky.

Tato pomůcka nám výrazně ulehčí výpočet v případě, že posuzujeme jeden stavební stroj.

Je třeba si uvědomit, že v případě hodnot blížících se limitním je třeba pokles hladiny hluku určit přesněji a s ohledem na okolní situaci.

Jako orientační hodnota nám však odečet plně poslouží.

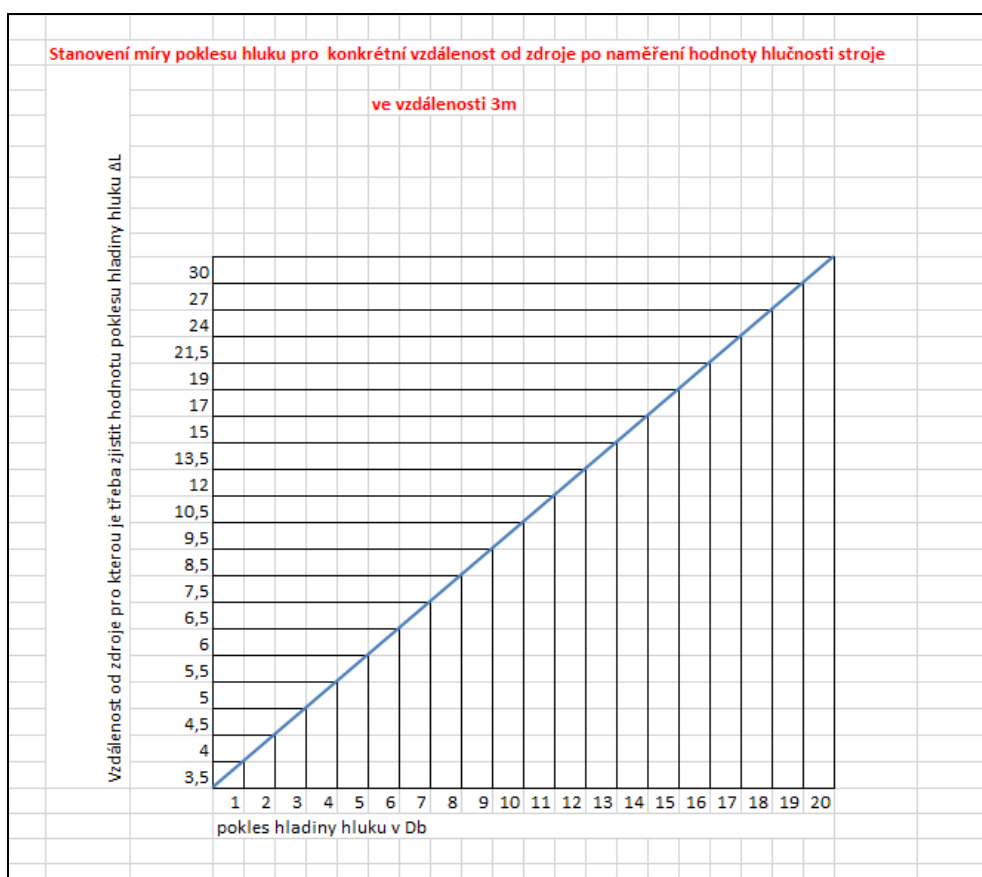
Nejobvyklejší měření akustického tlaku ve vzdálenosti od zdroje bývá ve vzdálenosti 3, 7 a 10 metrů. Tuto hodnotu můžeme získat vlastním měřením nebo převzít z ověřeného zdroje.

Hladina akustického tlaku na definovaném místě se v těchto grafech určí následujícím způsobem. Na svislých osách grafů jsou uvedeny hodnoty ve vzdálenosti od zdroje hluku (stavebního stroje), na vodorovné ose pokles v dB.

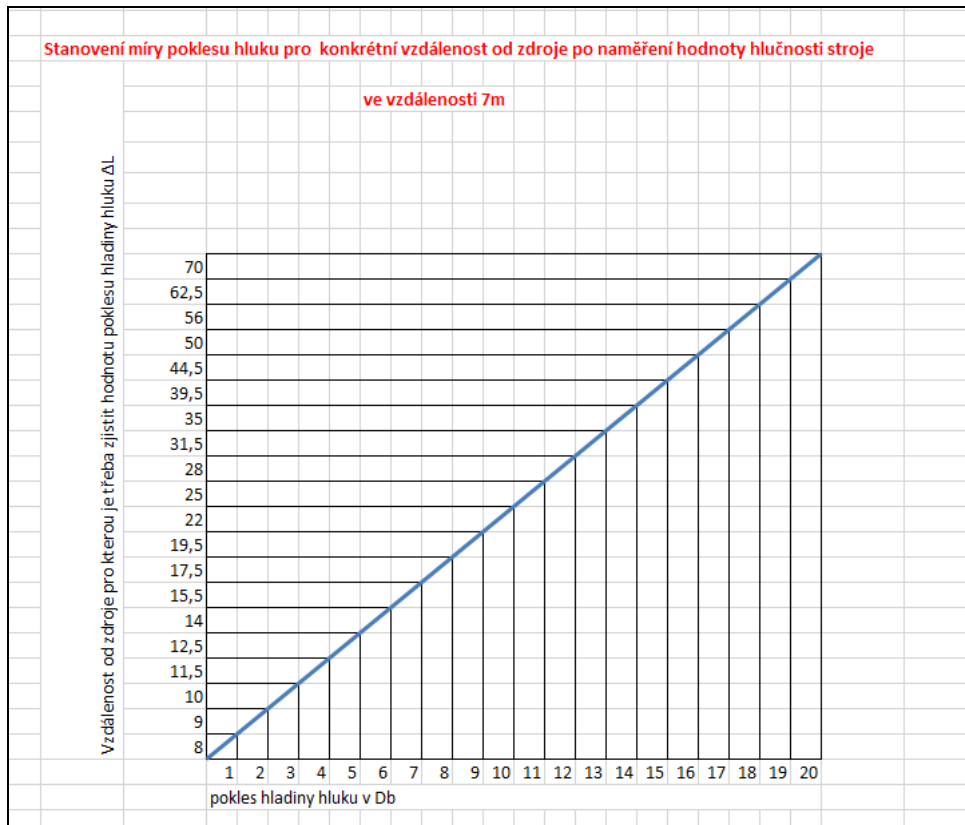
Vybereme graf, který odpovídá vzdálenosti měření pro známé hodnoty. Známe-li například hodnotu hluchnosti v 7 metrech, při vzdálenosti 10 metrů činí pokles 3 dB, při vzdálenosti 35 metrů činí pokles 14 dB a pro vzdálenost od zdroje 70 metrů je pokles 20 dB.

Známe-li hodnotu měření stavebního stroje 85dB v 7 metrech, pak bude mít tento stroj v 10 metrech 82 dB (85-3), v 35 metrech 71 dB (85-14), a v 70 metrech 65 dB (85-20).

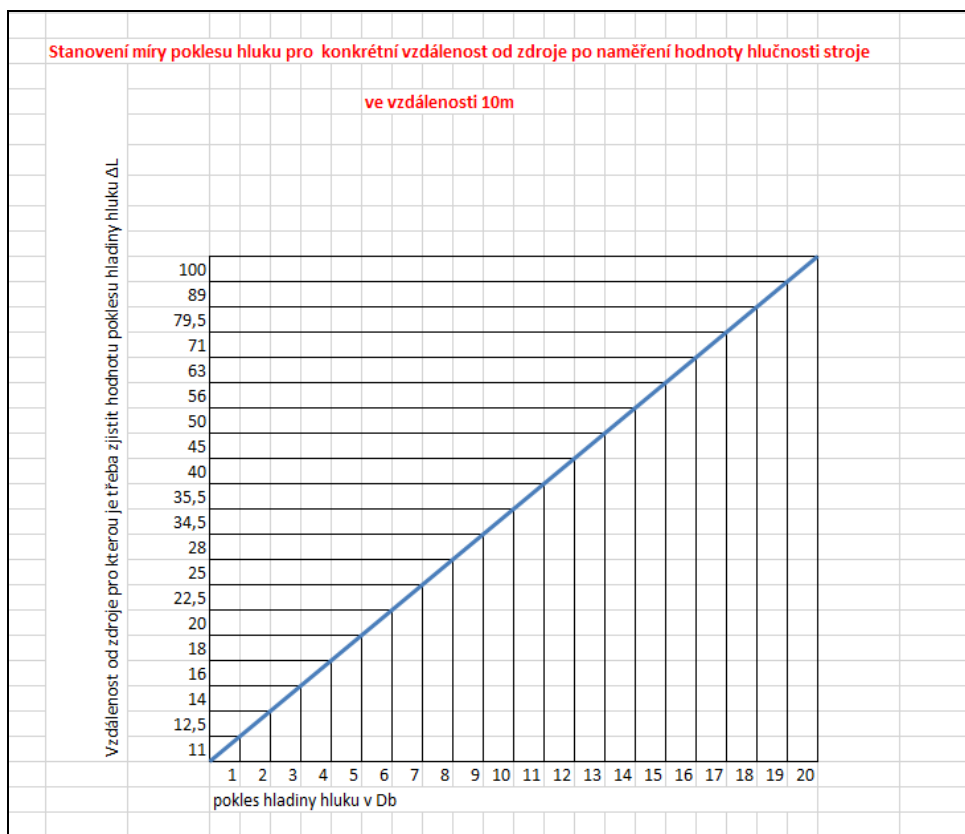
(skutečnost lze ověřit i v grafu pro měření v 10 metrech, víme-li že, v 10 metrech je hodnota 82, pro 35 metrů na grafu č. 2 se jedná o pokles o 11 dB a dostáváme se ke stejnému výsledku 71 dB. (82-11).



Obr. 9.2.1 Stanovení míry poklesu hluku pro konkrétní vzdálenost od zdroje po naměření hodnoty hluchnosti stroje ve vzdálenosti 3 m



Obr. 9.2.2. Stanovení míry poklesu hluku pro konkrétní vzdálenost od zdroje po naměření hodnoty hlučnosti stroje ve vzdálenosti 7 m



Obr. 9.2.3. Stanovení míry poklesu hluku pro konkrétní vzdálenost od zdroje po naměření hodnoty hlučnosti stroje ve vzdálenosti 10 m

9.3 Pomůcka pro zkušební posouzení staveništního hluku ve studentské licenci

Zadání pro zájemce VUT FAST o model hlukové studie ve studentské licenci:

Pro mechanizaci určenou k realizaci hrubé stavby vybraného objektu definujte v souladu s NV 272/2011 Sb. místa příjmu neboli měřicí body pro chráněný venkovní prostor staveb.

Vycházejte z koordinační situace stavby, definujte chráněný prostor staveb – hledejte nejbližší okno fasády budovy s pobytovými místnostmi určenými pro bydlení, výuku, zdravotní péči.

Zvolte stavební stroje potřebné pro technologické etapy (výkopových a základových prací, etapu hrubé vrchní stavby) s ohledem na používané technologické postupy vhodné k realizaci konstrukcí dle projektové dokumentace.

Definujte souběžnost činnosti zvolených mechanismů dle předpokládaných strojních sestav s ohledem na jejich společné akustické zapojení, nejen přítomnost na stavbě.

Pro zvolené strojní sestavy doložte technické listy s doložením hlučnosti stroje, není-li hlučnost uvedena, využijte hodnoty dle skupiny stroje.

Definujte zdroje hluku bodové. Nakreslete jejich možné polohy po staveništi. Stanovte jejich reálnou nejkritičtější polohu vůči měřicím bodům jednotlivě. Stanovte reálnou nejkritičtější polohu celé strojní sestavy jako společného zdroje hluku vůči měřicím bodům.

S pomocí SW podpory Hluk plus predikujte hodnotící hladinu akustického tlaku v místě příjmu a porovnejte s hodnotou hygienického limitu.

Vyhodnoťte, zda splňuje vaše strojní sestava hygienické limity dané NV 272/2011 Sb. Pokud nesplňuje, navrhněte opatření, pomocí kterých je možno docílit snížení hluku v měřicích bodech.

S pomocí SW podpory predikujte hodnotící hladinu akustického tlaku v místě příjmu se zohledněním opatření a porovnejte s hodnotou hygienického limitu.

Vyhodnoťte, zda splňuje vaše strojní sestava s využitím opatření pro snížení hluku hygienické limity dané NV 272/2011 Sb.

Není-li možné splnit limitní hodnoty ani s užitím aktivních či pasivních opatření, vložte časovou rezervu do časového plánu výstavby.

Pro modelování využijte **přílohu 1** a zohledněte následující informace:

Pro každé modelování hluku je nutné určit správné vstupní údaje spočívající nejen v definování zdrojů hluku, ale také v definování útlumových ploch.

V případě venkovního prostředí se jedná o definování terénu jako pohltivého nebo odrazivého. Jako smíšený terén je označována taková kombinace, kdy je jedná o poměr obou variant terénu v poměru od 50% / 50% do 40% / 60%.

Modifikovat v situaci vznikajícího hluku lze:

- zdroje hluku
- výkony zdrojů
- přípustné vzdálenosti od fasád chráněných staveb

-čas (dobu trvání činnosti v rámci pracovní směny)

Smyslem je odhad důsledků realizace stavby v daném území s případným návrhem protihlukových opatření s cílem dodržení hygienického limitů území.

Pro kvalifikovaný odhad hlukové zátěže staveniště doporučuji zvolit tento postup:

- Stanovení druhu venkovního chráněného prostoru, případně měření hlukového pozadí před započítáním stavby, je-li realizovatelné
- Zajištění produktových listů strojů s uvedenými hodnotami hlučnosti
- Definování rizikových zdrojů hluku bodových – lokace stroje nebo kombinace strojů
- Definování exponovaných míst venkovního chráněného prostoru (body dopadu hluku)
- Určení pohltivosti nebo odrazivosti terénu, náspů, zářezů, zeleně, okolních budov, komunikací
- Výpočet výhledové akustické situace (určení míry přenosu zvuku zdroje k bodu dopadu u měřené fasády chráněného objektu)
- Posouzení s hygienickými limity
- Návrh opatření, přepočítání výhledové akustické situace, nové posouzení s hygienickými limity

Tam kde se vyskytnou materiály s pohltivými povrchy lze také ověřit útlum pomocí hlukoměru.

Je potřebné připomenout, že posuzování strojních sestav je potřeba vnímat strojní sestavy u pohledu technologie a strojní sestavy z pohledu akustiky (tedy stroje, které souběžně pracují), nemusí to být v mnoha případech tentýž výčet strojů.

Lze říci, že znalost platné legislativy, technických dat stavebních strojů a možných protihlukových opatření jednoznačně přispěje ke zdárnému průběhu výstavby a zejména dodržení termínu předání díla.

10 Závěr

Cílem práce bylo v souladu s potřebami ochrany veřejného zdraví před hlukem pro budoucí investiční díla umožnit lépe modelovat očekávané hodnoty hlukových ukazatelů a dalších skutečností, které rozhodují o hlukové zátěži exponovaných osob v chráněném prostoru.

Dle požadovaného zadání dizertační práce byly vypracovány výstupy jak pro teoretickou část, tak pro praktické použití.

V teoretické části proběhla rešerše stávajícího stavu problematiky hluku, ujasněna platná legislativa a pro hluk vznikající při výstavbě definovány limity i názvosloví.

Největší časový podíl na řešení byl investován do shromáždění cca 600 hodnot akustického výkonů stavebních strojů L_{WA} od dodavatelů a výrobců strojů.

Pro zdrojovou tabulku dat byly zpracovány přehledy pro přenos zvuku, tedy převod L_{WA} na L_{PA} v definovaných vzdálenostech od zdroje až do 70 metrů odstupu a to pro požítí koeficientů směrovosti Q_1 i Q_2 .

Pro rozdělení strojů do vhodných skupin a kategorií dle typů strojů, technologií a hlukových dominancí bylo provedeno statistické vyhodnocení, určení středních hodnot a charakteristik variability pro rozdělení skupin a podskupin.

Byly definovány kombinace pro hlukově dominantní strojní sestavy a přepočten jejich akustického výkonu jako společného zdroje s následným vyhodnocením spolehlivosti předpovědi budoucího hluku s vyhodnocením odlišnosti hlukové náročnosti základních technologií výstavby.

Pro možnosti úprav staveniště a práci s objekty zařízení staveniště jako s akustickými překážkami byla zpracována oblast definování vlivů a nastavování okrajových podmínek pro výpočet akustického tlaku L_{PA}

Pro srovnatelnost vlivů byla provedena specifická případová studie etalonu staveniště, která vyjadřuje, jaký je podíl definovaných vlivů na jedné investici.

Byl vypracován návod pro práci s programem HLUK plus při specifickém zadávání hluku ze stavební činnosti s doporučeními a zobrazením vizualizací pásem izofon pro dílčí zadání. Pro nejhlučnější proces pilotáž byly posouzeny jak výpočtové, modelované ale i měřené hodnoty.

Byly definovány spolehlivosti předpovědí, se kterými lze využívat přílohy a vypracované pomůcky této práce jako dílčí části, zejména přehled zdrojových dat. Doloženo grafické znázornění pro návrh metodiky přístupu s vazbou na vypracované podklady.

Využití zadaných vzorců v tabulkách Excel pro získání příloh 2-9 této práce jak jednotlivě, tak v propojení s přehledem strojů s akustickými výkony vede pro další pokračování na daném tématu k tvorbě specializované SW podpory využitelné ve stavebních firmách.

Co se týká odpovědi na hlavní otázku, zda a s jakou přesností lze predikovat staveništní hluk, z hodnot v tabulkách vyplývá, že lze modelovat staveništní hluk v přesnosti jednoho izofonního pásma, tedy cca kolem **5 dB**, abychom mohli předvídat v kontextu s měřením i výpočty.

Se podobnou přesností lze pracovat i s podklady strojních skupin, kdy není ještě znám konkrétní stavební stroj, ale je známa technologie, tedy lze vzít střední hodnotu L_{WA} pro v této práci označené **podskupiny**.

V prognostických modelech lze pracovat i s přesnějšími čísly, abychom se co nejvíce přiblížili budoucím hodnotám hluku. To však nezaručuje, že taková bude i skutečnost. Jedná se často o přesný výpočet nepřesných čísel, je třeba dbát na vstupní hodnoty.

Pro veškerou stavební činnost se traduje pravidlo 5P, které platí i pro problematiku hluku ze stavební činnosti:

POCTIVOU PŘÍPRAVOU PŘEDEJDEŠ PŘÍPADNÝM PROBLÉMŮM ☺☺☺

11 Praktický a teoretický přínos pro praxi

Zmapování legislativního pozadí vybrané množiny stavebního hluku, centralizace hodnot akustických výkonů strojů dle skupin, návod k využití SW podpory Hluk plus k možnému modelování stavebního hluku, možnost využití dílčích informací o přenosu hluku z tabulek této DP, využití případových studií jako vzorů pro další řešení, zohlednění zdokumentovaných dílčích vlivů prostředí na míru přesnosti jiných modelů stavebního hluku

Vytvořen podklad pro SW produkt pro přípravu staveb může být včleněn do databáze strojů - zdrojů hluku pro využití dodavatele SW Hluk plus, partnerů z oblasti podnikatelského sektoru, oborovým sdružením, fakultám.

Možnost následné vědecké činnosti v dané oblasti, zadávání dalších témat dizertačních prací, které zpřesní a prohloubí dosažené informace.

Využití ve výuce předmětů zajišťovaných ústavem TST:

CW016 Ekologie a bezpečnost práce

CW017 Specializovaný projekt (R)

CW021 Diplomový seminář (R)

CW022 Stavebně technologické projektování

CW014 Počítačová podpora v přípravě a realizaci staveb 1

V těchto předmětech se studenti zabývají stavebně-technologickou přípravou stavby, v případě, že se dostatečně seznámí s problematikou hluku na stavebních a možnosti opatření při návrhu zařízení staveniště, mohou tyto skutečnosti promítnout do přesněji zpracovaných dokumentů nasazení strojních sestav, rozpočtů, časových plánů a výkresů zařízení staveniště, zpracovávaných pro odevzdání ročníkových, bakalářských a diplomových projektů.

12 Studijní prameny

12.1 Související normy

- [1] ČSN EN ISO 14001: 2004 Systémy environmentálního managementu – Požadavky s návodem pro použití
- [2] ČSN EN ISO 14042 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – hodnocení dopadů
- [3] ZÁKON Č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů
- [4] NV 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- [5] Zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu.
- [6] Zákon 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí

-
- [7] Zákon 93/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí
- [8] Technické podmínky (TP) Ministerstva dopravy ČR 189 II. vydání „Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích“
- [9] TP 219 „Dopravně inženýrská data pro kvantifikaci vlivů automobilové dopravy na životní prostředí“
- [10] Position paper on guidelines for the application of the European Parliament and Council Directive 2000/14/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to the noise emission in the environment by equipment for use outdoors A report produced for the European Commission Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2002 ISBN- 92-828-6706-4, překlad dostupný z adresy: <http://www.unmz.cz/urad/pozicni-dokument>
- [11] ČSN ISO 1996 (01 1621): Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 2: Určování hladin hluku prostředí. ČNI, srpen 2009
- [12] ČSN ISO 1996-2, která - mj. - specifikuje postup při zjišťování hladiny akustického tlaku vytvářeného polem akustických vln, dopadajících na fasády stavebních objektů
- [13] ČSN ISO 10847 určení vložného útlumu in situ venkovních protihlukových clon všech typů
- [14] ČSN ISO 11819-1 Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk
- [15] ČSN EN ISO 3095 Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly
- [16] ČSN ISO 6395 Měření vnějšího hluku vyzařovaného stroji pro zemní práce
- [17] HH ČR č.j. 62545/2010-OVZ-32.3-1.11.2010 METODICKÝ NÁVOD ke sjednocení postupu orgánů ochrany veřejného zdraví a zdravotních ústavů při výkonu státního zdravotního dozoru při hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb, Ministerstvo zdravotnictví – hlavní hygienik České republiky
- [18] Nařízení vlády č.178/2001 Sb. Kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci
- [19] Zákon č. 185/2001 o odpadech o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [20] Zákon č. 100/2001Sb. O posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [21] Nařízení vlády č.163/2002, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky
- [22] Nařízení vlády č. 194/2000 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku
- [23] Nařízení vlády č. 101/2005 Sb., o podrobnějších požadavcích na pracoviště
- [24] Vyhláška č. 268/2009 o technických požadavcích na stavby, která zrušila 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu
-

-
- [25] Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí
 - [26] Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovně právních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek a ochrany zdraví při práci)
 - [27] Nařízení vlády č. 9/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku
 - [28] Směrnice Rady 89/391/EHS ze dne 12. června 1989 o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci
 - [29] Směrnici 2003/10/ES Evropského Parlamentu a Rady ze dne 6. února 2003 o minimálních požadavcích na ochranu zdraví a bezpečnost s ohledem na vystavení pracovníků rizikům fyzikálního charakteru
 - [30] Směrnici Rady 89/656/ES ze dne 30. listopadu 1989 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání osobních ochranných pracovních prostředků

12.2 Seznam použité literatury

- [31] Kováčik O., Tarábková L. Experimentálne snímanie expozície hluku na vybraných stavebných strojích. Brno, 2013
- [32] HRAZDIL, V: Ekologie a bezpečnost práce, Fakulta stavební VUT v Brně, 2008, MODUL 1, Ekologické aspekty výstavby
- [33] HRAZDIL, V: Ekologie a bezpečnost práce, Fakulta stavební VUT v Brně, 2008, MODUL 2, Bezpečnost práce a řízení stavebního podniku
- [34] HRAZDIL, V: Ekologie stavební výroby, Fakulta stavební VUT v Brně, 2009, MODUL 1, Enviromentální požadavky na výstavbu
- [35] PUŠKÁR J: Znižovanie hluku v pozemných stavbách, Bratislava 1988
- [36] ROSINA, J: Hluk a audiometrie, Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů Grada Publishing a.s., 2006

12.3 Odkazy na další studijní zdroje a prameny

- [37] www.ekolagroup.cz
- [38] www.orgatex-nachod.cz
- [39] www.osha.europa.eu
- [40] <http://ew2004.osha.eu.int>
- [41] www.hlukplus.cz
- [42] <http://www.vzbb.sk/sk/aktuality/spravy/2011/hluk.php.www.khsstc.cz>

- [43] <https://mapy.cz>
- [44] <http://mereni-a-analyza-signalu-hluku-a-vibraci.spectris.cz/produkty/zvukomery/zvukomer-2250>
- [45] <http://www.mzcr.cz/HlukoveMapy/>
- [46] <http://www.orgatex-nachod.cz/clanky-vystavba-protihlukove-bariery.html>
- [47] CALDA, Emil, DUPAČ, Václav. Matematika pro gymnázia. Kombinatorika, pravděpodobnost, statistika. Praha: Prometheus, 2006
- [48] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Medián>
- [49] http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_04.pdf
- [50] http://relax.lidovky.cz/hluk-je-nebezpecny-svou-vsudypritomnosti-fjt-veda.aspx?c=A101101_181922_ln_veda_jmt
- [51] http://www.staveza.cz/mobilni-oploceni-a-prislusenstvi/257-plotovy-dilec-flexpanel-2350-x-2000-mm.html?gclid=EA1aIQobChMImImgneri2QIVSGcZCh0DRwTxEAYYBCABEgJgivD_BwE
- [52] <http://www.stavoklima.cz/protihlukove-steny-mobilni.html>

12.4 Seznam doplňkové studijní literatury

- [53] Václav Cílek Tsunami je stále s námi ISBN 80-86851-22-2
- [54] normě ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky
- [55] RNDr. Miloš Liberko, VÝPOČET HLUKU Z AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY. MANUÁL 2011, ENVICONSULT PRAHA, EKOLA group, s.r.o., PRAHA, Účelová publikace pro Ředitelství silnic a dálnic České republiky
- [56] William J. Murphy, PhD, Hearing Loss Prevention Section, NIOSH, 4676 Columbia Parkway, MS C-27, Cincinnati, Ohio 45226-1998, ISSN 1074-5734
- [57] <http://www.auris-audio.cz>
- [58] http://relax.lidovky.cz/hluk-je-nebezpecny-svou-vsudypritomnosti-fjt-veda.aspx?c=A101101_181922_ln_veda_jmt
- [59] <http://avmania.e15.cz>
- [60] Výpočtové akustické studie, hodnocení pro účely ochrany veřejného zdraví před hlukem, obecný rámec, NRL, 2008
- [61] KANTOVÁ, R.: Construction machines as a source of construction noise, SPACE 2016, Elsevier v Procedia Engineering e-Journal, TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE

- [62] KANTOVÁ, R.: Ekologie a bezpečnost práce, modul 02: Hluk ze stavební činnosti, Fakulta stavební VUT v Brně, 2015, Studijní opora CW016 pro obor Realizace staveb
- [63] KANTOVÁ, R.; MOTYČKA, V. Construction Site Noise and its Influence on Protected Area of the Existing Buildings. In Elektronický sborník konference enviBuild 2014. Advanced Materials Research. Switzerland: Trans Tech Publications Ltd, 2014. p. 419-423. ISBN: 978-80-214-5003-5. ISSN: 1022-6680.
- [64] <http://www.bauerpileco.com>
- [65] <http://avmania.e15.cz/myslite-ze-slysite-dobre-nehrozi-vam-poskozeni-sluchu>
- [66] <https://www.manek.cz/>
- [67] <https://www.husqvarna.com/cz/>
- [68] <https://www.atlascopco.com/>
- [69] <https://cz.milwaukeeetool.eu/>
- [70] <https://www.liebherr.com/int/cs/cze/%C4%8Desk%C3%A1-republika/kontakt/contact.html>
- [71] <https://zeppelin.cz/cs/site/zeppelin/o-spolecnosti/o-nas.htm>
- [72] <https://www.catfinancial.com/>
- [73] <https://dynapac.com/en/>

13 Symboly veličin

p [Pa] Akustický tlak

P [W] Akustický výkon

I [W/m^2] Intenzita zvuku

L [Db] Hladina akustického tlaku

$A - L_A$ [Db (A)] Hladina hluku

$A - L_{A \max}$ [Db (A)] Maximální hladina hluku

L_{Aeq} [Db (A)] Ekvivalentní hladina hluku

$L_{Aeq MP}$ [Db (A)] Ekvivalentní hladina hluku místa příjmu měření

dB jednotka nejznámější svým použitím pro měření hladiny intenzity zvuku

DBA hladina akustického tlaku měřená s pomocí váhového (korekčního) filtru

$L_{Aeq \text{ hodnoticí}}$ je orgány ochrany veřejného zdraví používaná pro hodnocení akceptovatelnosti/neakceptovatelnosti akustické situace

A Akustická energie

L_{pA} [Db] Hladina akustického tlaku

L_{WA} [Db] Hladina akustického výkonu

14 Seznam příloh

PŘÍLOHA 1 - Návod pro obsluhu SW Hluk plus pro specifika modelování hluku ze stavební činnosti

PŘÍLOHA 2 - Výpočet hladin akustického tlaku stavebních strojů: přepočítání L_{WA} na L_{PA} pro činitel směrovosti $Q = 1$

PŘÍLOHA 3 - Výpočet hladin akustického tlaku stavebních strojů: přepočítání L_{WA} na L_{PA} pro činitel směrovosti $Q = 2$

PŘÍLOHA 4 - Hladina akustického výkonu stavebních strojů se stanovením střední hodnoty souborů a charakteristik variability statistického souboru

PŘÍLOHA 5 - Hladina akustického výkonu stavebních strojů se stanovením střední hodnoty souborů a charakteristik variability, přehled skupin a podskupin

PŘÍLOHA 6 - Hladina akustického výkonu stavebních strojů se stanovením střední hodnoty souborů a charakteristik variability skupin, graf

PŘÍLOHA 7 - Hladina akustického výkonu stavebních strojů se stanovením střední hodnoty souborů a charakteristik variability podskupin, graf

PŘÍLOHA 8 - Hladina akustického výkonu strojních sestav, grafy

PŘÍLOHA 9 - Stanovení míry dílčích vlivů na hodnotu hladiny akustického tlaku zvuku dopadajícího na fasádu posuzované stavby

PŘÍLOHA 10 - Metodika postupu pro predikci hluku ze stavební činnosti