

OBJEDNATEL:

ORIGON SPOL. S R.O.
Baarova 1541/42, 140 00 Praha 4
gsm: +420 734752890
vforman@origon.cz

AKUSTICKÁ STUDIE

AKCE:

REKONSTRUKCE A DOSTAVBA FŽP-III
ul. Sídlištní, Praha 6 - Suchdol
Česká zemědělská univerzita v Praze

OBSAH:

vibrace a návrh uložení zdrojů vibrací

VYPRACOVAL:

Ing. Stanislav Bříza
Stolany 33, 538 03 Heřmanův Městec
IČ 749 28 627

V PRAZE DNE:

4. června 2020

OBSAH STUDIE

I. ÚVOD.....	3
II. POPIS OBJEKTU A JEHO STAVEBNÍ ŘEŠENÍ.....	3
III. PODKLADY.....	5
IV. LEGISLATIVA, NORMY A KRITÉRIA VIBRACÍ.....	5
V. ZDROJE VIBRACÍ.....	8
VI. CHRÁNĚNÉ PROSTORY.....	9
VII. NÁVRH PRUŽNÉHO ULOŽENÍ.....	10
VIII. ZÁVĚR.....	13
IX. PŘÍLOHY.....	14

I. ÚVOD

Úkolem této studie je navrhnout pružné uložení stacionárních zdrojů vibrací v novostavbě budovy Fakulty životního prostředí (dále jako FŽP-III) v rámci areálu České zemědělské univerzity v Praze (dále jako CZU) tak, aby bylo účinně omezeno šíření vibrací do vnitřního chráněného prostoru stavby učeben/kanceláří/laboratorií a zejména místností s technologiemi, které jsou citlivé na vibrace jako mikroskopy.

II. POPIS OBJEKTU A JEHO STAVEBNÍ ŘEŠENÍ

Budova má čtyři nadzemní a tři podzemní podlaží, z nichž 4. NP (nástavba) a 3. PP jsou určena jako technické. Budova tvaru obdélníku je na pozemku umístěna v severojižní orientaci, na jihu je propojena dvěma krčky s budovou FŽP I. Na střeše jsou umístěny technické místnosti, Plochá střecha je navržena jako pochozí.

Nosná konstrukce bude tvořena železobetonovým monolitickým skeletem, spodní stavba s monolitickými obvodovými konstrukcemi. Prostorovou tuhost konstrukce zajistí železobetonové stěny v místě vertikálních komunikací spolu s křížově umístěnými nosnými stěnami uvnitř dispozice. Stropy s bezprůvlakovými stropními deskami, eventuálně doplněné hlavicemi a v místech požadovaných vyšších únosností podlah s průvlaky. Obvodové konstrukce budou provedeny jako vyzdívka do železobetonového skeletu. Vnitřní nenosné příčky budou sádkartonové s dutinou uprostřed pro vedení instalací. Budou použity těžké plovoucí podlahy. Pro podlahy běžného podlaží bude skladba podlahy viz následující tabulka 1, nášlapné vrstvy viz tabulka 2.

Tabulka 1 – skladba typické podlahy pro 2. PP až 3. NP

FL02a	2.PP - 3.NP, podlaha běžného podlaží se základním užitným zatížením	tl. [mm]
1	Nášlapná vrstva A, B, C, D nebo E - přesná specifikace viz legenda místností příslušných stavebních půdorysů	*
2	Samonivelační stěrka	5
3	Litý samonivelační potěr na bázi cementového pojiva v souladu s požadavky ČSN EN 13813, umožňující srovnání podlahových konstrukcí s tolerancí 2 mm na 2 m s pevností v tlaku > 25MPa a v ose desky vyztužen kari sítí 150x150/5. Pevnost v tahu za ohybu > 5MPa. Objemová hmotnost zatvrdlého materiálu 2100-2200 kg/m ³ . Konstrukční dilatační spáry budou potěrem převezmuty. Dále budou dodrženy smršťovací spáry dle předpisů výrobce. Po obvodu potěru osazeny pružné, izolační, okrajové pásy pro oddělení stěn tl. 10 mm s nakaširovanou PE fólií. Po zniřování bude povrch ošetřen ochranným postřikem, zbrúšení šlemů a bude dodržena technologická přestávka. Výška roznašecí vrstvy bude přizpůsobena dle výšky nášlapné vrstvy tak, aby byly všechny nášlapné vrstvy sjednoceny do stejné úrovně. + dilatační okrajový pásek tl. 15 mm z minerální vlny + fólie	65
4	Separační PE fólie slepovaná ve spojích a vytažená na stěny do čisté úrovně nášlapné vrstvy + dilatační okrajový pásek s fólií	-
5	Tepelněizolační desky ze stabilizovaného podlahového polystyrénu s pevností v tlaku při 10-% stlačení 200 kPa (dlouhodobá zatížitelnost 36 kPa), kladené ve dvou vrstvách na vazbu s přesahem a na rovný podklad (případné nerovnosti budou vyrovnány cementovým mlékem), $\lambda_d = 0,034$ W/mK. Instalace TZB budou vedeny v této vrstvě tepelné izolace.	40
6	Kročejová izolace - elastifikované desky z pěnového polystyrénu s nízkou dynamickou tuhostí 15 MN/m ³ pro kročejovou neprůzvučnost těžkých plovoucích podlah s užitným zatížením až 4 kN/m ² při stlačení vrstvy max. 3 mm kladené na rovný podklad, případné nerovnosti budou vyrovnány cementovým mlékem.	30
7	Železobetonová monolitická stropní konstrukce - viz konstrukční část projektu.	300

Tabulka 2 – nášlapné vrstvy podlah

	Vybrané nášlapné vrstvy podlah:	tl. [mm]
A1	<p><u>Chodba, kanceláře, vybrané laboratoře</u></p> <p>Strukturovaný homogenní vinyl v barevné škále dle standardizačních listů a výkresů interiéru, dodávka včetně soklu. Tloušťka minimálně 2mm, rozměrová stálost maximálně 0,4%, kluznost za mokra dle DIN 51130 rovna R10 (součinitel smykového tření dle ČSN 74 4507 minimálně 0,6), ořezuvzdornost dle EN660.2 maximálně 2 mm3, bakteriostatická úprava, chemická odolnost dle EN423 vynikající; nesmí být citlivý na běžné kyseliny (chlorovodíková, sírová) a dále na ethanol, formaldehyd a chloroform, zátěžová třída dle EN685 minimálně 34 (komerční - velmi vysoká zátěž) nebo 43. (průmyslová - vysoká zátěž), reakce na oheň dle EN13501-1 nehříje Bfl-s1, finální povrch musí být vhodný pro kolečkové židle.</p> <p>+ lepidlo + penetrace podkladu</p>	4
A2	<p><u>IT místnost, laboratoře s požadavky na antistatický povrch</u></p> <p>Strukturovaný homogenní vinyl antistatický v barevné škále odpovídající obyčejnému PVC, dodávka včetně soklu. Elektrický odpor dle ČSN EN 1081 v rozmezí 5x10e4 až 10e8 Ohm, vznik náboje dle EN 1815 maximálně 2kV, tloušťka minimálně 2mm, rozměrová stálost maximálně 0,4%, kluznost za mokra dle DIN 51130 rovna R10 (součinitel smykového tření dle ČSN 74 4507 minimálně 0,6), chemická odolnost dle EN423 vynikající; nesmí být citlivý na běžné kyseliny (chlorovodíková, sírová) a dále na ethanol, formaldehyd a chloroform, zátěžová třída dle EN685 minimálně 34 (komerční - velmi vysoká zátěž) nebo 43 (průmyslová - vysoká zátěž), reakce na oheň dle EN13501-1 nehříje Bfl-s1, finální povrch musí být vhodný pro kolečkové židle.</p> <p>+ lepidlo a uzemnění + penetrace podkladu</p>	4
B	<p><u>Kanceláře</u></p> <p>Koberce ve čtvercích v barevné škále dle standardizačních listů a výkresů interiéru, dodávka včetně soklu. Výška vlasu minimálně 2,5 mm, počet vpichů minimálně 1500/dm2, útlum kročejového hluku dle ISO 10140 minimálně 22 dB, rozměrová stálost maximálně 0,2%, reakce na oheň dle EN13501-1 nehříje Bfl-s1, zátěžová třída dle EN1307 minimálně 33 (komerční - velmi vysoká zátěž), celoprobarvená vlákna, vnitřní napětí dle ISO 6366 max 2kV.</p> <p>+ lepidlo + penetrace podkladu</p>	8
C1	<p><u>Laboratoře se standardními nároky na protiskluznost</u></p> <p>Keramiká slinutá neglazovaná dlažba o jmenovitém rozměru 300x300 mm s odolností vůči chemikáliím, součinitel tření za mokra min. 0,6 (R10), lomové zatížení min. 1,5 kN, pevnost v ohybu min. 35MPa, odolnost proti opotřebení PEI4 (max. 150 mm³), nasákavost max. 0,5 %. Dodávka včetně keramického soklu výšky 80 mm, styk vodorovných a svislých ploch vyplněn pružným tmelem. Barevnost dlažby je specifikována ve výkresech interiéru, keramická dlažba bude vzorkována a předložena architektovi ke schválení.</p> <p>+ protiplišňová spárovačka + flexibilní lepidlo pro daný typ podkladu + jednosložková cementová hydroizolační stěrka na bázi cementových pojiv s obsahem tříděného jemnozrnného kameniva a speciálních vysoce pružných akrylových polymerů vyztužená síťovinou, vodotěsnost min. 0,06 MPa, pevnost v tahu min. 1,0 MPa, mez protažení min. 250 %, přídržnost k podkladu min. 0,5 MPa. V místě sprchového koutu vytažena na celou výšku stěny, v místě umyvadla a vany vytažena 0,5 m nad zařizovací předmět.</p> <p>+ penetrační nátěr</p>	15
C2	<p><u>Laboratoře se zvýšenými nároky na protiskluznost</u></p> <p>Keramiká slinutá neglazovaná dlažba o jmenovitém rozměru 300x300 mm s odolností vůči chemikáliím, součinitel tření za mokra min. 0,6 (R11), lomové zatížení min. 1,5 kN, pevnost v ohybu min. 35MPa, odolnost proti opotřebení PEI4 (max. 150 mm³), nasákavost max. 0,5 %. Dodávka včetně keramického soklu s požlábkem výšky 80 mm, styk vodorovných a svislých ploch vyplněn pružným tmelem. Barevnost dlažby je specifikována ve výkresech interiéru, keramická dlažba bude vzorkována a předložena architektovi ke schválení.</p> <p>+ protiplišňová spárovačka + flexibilní lepidlo pro daný typ podkladu + jednosložková cementová hydroizolační stěrka na bázi cementových pojiv s obsahem tříděného jemnozrnného kameniva a speciálních vysoce pružných akrylových polymerů vyztužená síťovinou, vodotěsnost min. 0,06 MPa, pevnost v tahu min. 1,0 MPa, mez protažení min. 250 %, přídržnost k podkladu min. 0,5 MPa. V místě sprchového koutu vytažena na celou výšku stěny, v místě umyvadla a vany vytažena 0,5 m nad zařizovací předmět.</p> <p>+ penetrační nátěr</p>	15
C3	<p><u>Laboratoře s vysokými nároky na protiskluznost</u></p> <p>Keramiká slinutá neglazovaná dlažba o jmenovitém rozměru 300x300 mm s odolností vůči chemikáliím, součinitel tření za mokra min. 0,7 (R13), lomové zatížení min. 1,5 kN, pevnost v ohybu min. 35MPa, odolnost proti opotřebení PEI4 (max. 150 mm³), nasákavost max. 0,5 %. Dodávka včetně keramického soklu s požlábkem výšky 80 mm, styk vodorovných a svislých ploch vyplněn pružným tmelem. Barevnost dlažby je specifikována ve výkresech interiéru, keramická dlažba bude vzorkována a předložena architektovi ke schválení.</p> <p>+ protiplišňová spárovačka + flexibilní lepidlo pro daný typ podkladu + jednosložková cementová hydroizolační stěrka na bázi cementových pojiv s obsahem tříděného jemnozrnného kameniva a speciálních vysoce pružných akrylových polymerů vyztužená síťovinou, vodotěsnost min. 0,06 MPa, pevnost v tahu min. 1,0 MPa, mez protažení min. 250 %, přídržnost k podkladu min. 0,5 MPa. V místě sprchového koutu vytažena na celou výšku stěny, v místě umyvadla a vany vytažena 0,5 m nad zařizovací předmět.</p> <p>+ penetrační nátěr</p>	15
C4	<p><u>Sociální zázemí</u></p> <p>Keramiká slinutá glazovaná dlažba o jmenovitém rozměru 200x200 mm, součinitel tření za mokra min. 0,6 (R10), lomové zatížení min. 1,5 kN, pevnost v ohybu min. 35MPa, odolnost proti opotřebení PEI4 (max. 150 mm³), nasákavost max. 0,5 %. Styk vodorovných a svislých ploch vyplněn pružným tmelem. Barevnost dlažby je specifikována ve výkresech interiéru, keramická dlažba bude vzorkována a předložena architektovi ke schválení.</p> <p>+ protiplišňová spárovačka + flexibilní lepidlo pro daný typ podkladu + jednosložková cementová hydroizolační stěrka na bázi cementových pojiv s obsahem tříděného jemnozrnného kameniva a speciálních vysoce pružných akrylových polymerů vyztužená síťovinou, vodotěsnost min. 0,06 MPa, pevnost v tahu min. 1,0 MPa, mez protažení min. 250 %, přídržnost k podkladu min. 0,5 MPa. V místě sprchového koutu vytažena na celou výšku stěny, v místě umyvadla a vany vytažena 0,5 m nad zařizovací předmět.</p> <p>+ penetrační nátěr</p>	15
D	<p>Čtyřvrstvá barevná polyuretanová stěrka elastická s výrazně zvukově izolační schopností a s uzavíracím nátěrem, reakce na oheň Bfl-s1, tahová přídržnost > 2,0 N/mm2, odolnost proti obrusu < 3000 mg, propustnost vodních par třída III, stálost vystavení UV záření - třída 8, odolnost proti sklu min R10. Dodávka včetně soklu výšky 70 mm. Barevnost je specifikována ve výkresech interiéru, barevnost stěrky bude vzorkována a předložena architektovi ke schválení.</p> <p>- dvoukomponentní uzavírací barevný nátěr na bázi polyuretanové pryskyřice - dvoukomponentní houževnatá samonivelační barevná stěrka na bázi polyuretanové pryskyřice - dvoukomponentní nízkoviskózní kotevní nátěr na bázi epoxidové pryskyřice</p> <p>- penetrace stávajícího povrchu - štěrky, technické místnosti</p>	6
E	<p>Barevná epoxidová stěrka s vytažením na stěnu min. 200 mm. Reakce na oheň Bfl-s1, tahová přídržnost > 2,0 N/mm2, odolnost proti obrusu < 3000 mg, propustnost vodních par třída III, stálost vystavení UV záření - třída 8, odolnost proti sklu min R10. Dodávka včetně soklu výšky 70 mm. Barevnost dlažby je specifikována ve výkresech interiéru, keramická dlažba bude vzorkována a předložena architektovi ke schválení.</p> <p>- 2 komponentní barevná stěrka na bázi epoxidové pryskyřice s plnivem ve formě tříděného sušeného křemíčitého písku - 2 komponentní nízkoviskózní penetrační nátěr na bázi epoxidové pryskyřice</p> <p>- penetrace stávajícího povrchu</p>	3

III. PODKLADY

- Podklady a výkresová dokumentace dodaná objednatelem
- Stavební fyzika 10, J. Čechura, ČVUT 1997
- Hluk a chvění, Doc. Ing. Richard Nový, CSc., 1995, ISBN 80-01-02246-3
- Engineering Noise Control, 5th edition, Bies at al., 2018, CRC Press
- Generic Vibration Criteria for Vibration-Sensitive Equipment, Colin G. Gordon
- ČSN ISO 2631-1, ČSN ISO 2631-2
- ČSN ISO 8528-9, ČSN ISO 10816-6
- NV č. 272/2011 Sb., NV. č. 217/2016 Sb., Zákon č. 258/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů

IV. LEGISLATIVA, NORMY A KRITÉRIA VIBRACÍ

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. definuje nejvyšší časové průměrované hodnoty hladin zrychlení vertikálních i horizontálních vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb součtem základní hladiny zrychlení a korekce podle typu prostoru, denní doby a povaze vibrací viz tabulka 3. Doba hodnocení T se vztahuje pouze k době působení vibrací. Při vyhodnocování spekter vibrací se ve všech směrech používá kmitočtové vážení W_m .

základní limit: $L_{aw,T} = 75 \text{ dB}$ **nebo** $a_{ew,T} = 0,0056 \text{ m/s}^2$

Tabulka 3 – Korekce na využití prostoru, denní dobu a povahu vibrací

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba dne	Povaha vibrací			
		Prerušované a nepřerušované vibrace		Opakující se otřesy	
		Korekce			
		[dB]	[-]	[dB]	[-]
1. Operační sály	Denní doba	0	1	0	1
	Noční doba	0	1	0	1
2. Obytné místnosti	Denní doba	6	2	24	16
	Noční doba	3	1,41	3	1,41
3. Nemocniční pokoje	Denní doba	6	2	24	16
	Noční doba	3	1,41	3	1,41
4. Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti jeslí a staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání	Denní doba	6	2	24	16
	Noční doba	3	1,41	3	1,41
5. Ostatní chráněné vnitřní prostory staveb	Nepřetržitě	12	4	42	128

Maximálně jsou přípustné 3 výskyty otřesů za den.

Hodnocení vibrací podle NV č. 272/2011 Sb. vychází z hygienického hlediska a vlivu na zdraví osob, avšak v řešeném objektu je nutné posoudit vibrace z hlediska vlivu na citlivé přístroje, zejména mikroskopy. Ty vyžadují řádově nižší úroveň vibrací, a proto budou dále upřesněny kritéria na mohutnost vibrací právě s ohledem na uvažované mikroskopy v objektu FŽP-III.

Kritéria pro zařízení citlivá na vibrace vytvořila společnost BBN1 už v roce 1983, Colin G. Gordon je následně rozpracoval v rámci IEST (Institute of Environmental Sciences and Technology, USA) do kategorií VC-A až VC-E viz tabulka 4 a obr. 1. Pro optické mikroskopy se zvětšením do 2000x lze uvažovat kategorii VC-C s maximální rychlostí vibrací do 12,5 $\mu\text{m/s}$ (rms hodnota) a rozlišením nejmenšího detailu 1 μm .

Tabulka 4 – kritéria pro vibrace citlivým přístroji

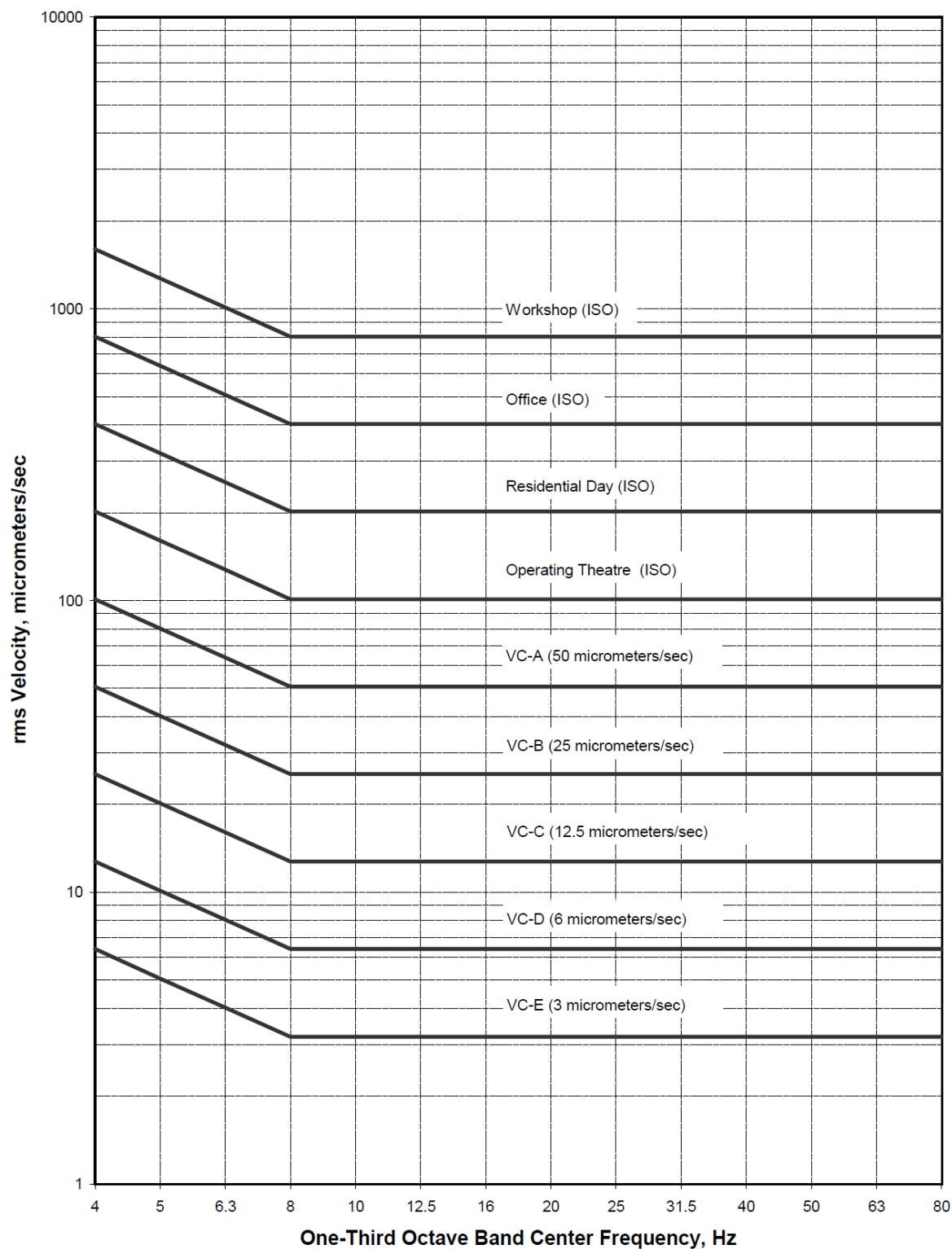
Criterion Curve (see Figure 1)	Max Level (1) micrometers/ sec,rms	Detail Size (2) microns	Description of Use
Workshop (ISO)	800	N/A	Distinctly feelable vibration. Appropriate to workshops and nonsensitive areas.
Office (ISO)	400	N/A	Feelable vibration. Appropriate to offices and nonsensitive areas.
Residential Day (ISO)	200	75	Barely feelable vibration. Appropriate to sleep areas in most instances. Probably adequate for computer equipment, probe test equipment and low-power (to 20X) microscopes.
Op. Theatre (ISO)	100	25	Vibration not feelable. Suitable for sensitive sleep areas. Suitable in most instances for microscopes to 100X and for other equipment of low sensitivity.
VC-A	50	8	Adequate in most instances for optical microscopes to 400X, microbalances, optical balances, proximity and projection aligners, etc.
VC-B	25	3	An appropriate standard for optical microscopes to 1000X, inspection and lithography equipment (including steppers) to 3 micron line widths.
VC-C	12.5	1	A good standard for most lithography and inspection equipment to 1 micron detail size.
VC-D	6	0.3	Suitable in most instances for the most demanding equipment including electron microscopes (TEMs and SEMs) and E-Beam systems, operating to the limits of their capability.
VC-E	3	0.1	A difficult criterion to achieve in most instances. Assumed to be adequate for the most demanding of sensitive systems including long path, laser-based, small target systems and other systems requiring extraordinary dynamic stability.

(1) měřeno v 1/3 oktávových spektrech od 8 do 100 Hz

Vibrace na nízkých frekvencích mají tendenci se projevovat jako chvění a třes obrazu, zatímco vibrace na vyšších frekvencích jako rozostření obrazu – to nemusí být na první pohled patrné a může být nesprávně připisováno mikroskopu a jeho optice. Vysokofrekvenční vibrace (tj. rozostření obrazu) způsobují vysoko-obrátkové stroje, typicky ventilátor ve VZT či chladících jednotkách a kompresory, jejichž otáčky se typicky pohybují mezi 1300-2000 ot/min. V případě regulovatelných ventilátorů jednotek chlazení i méně, nicméně pomalu běžící ventilátor přenáší do konstrukce výrazně menší síly a lze jej považovat za téměř nevýznamný. Nízkofrekvenční vibrace

(chvění a třes obrazu) jsou typicky způsobeny dopadem chodidla na podlahu – chůzí, která má zpravidla intenzitu 90-110 kroků za minutu.

Obr. 1 – kritéria rychlosti vibrací VC v závislosti na frekvenci



V. ZDROJE VIBRACÍ

Zdrojem vibrací budou obecně technická zařízení budovy jako VZT, chlazení, případně záložní diesel generátor. V okolí řešeného území se nenachází žádné zdroje vibrací, které by se do objektu FŽP-III šířily podložím, jako například vytižené silniční komunikace, tubus metra a jiné železniční stavby. Významným zdrojem vibrací jsou také samotní uživatelé budovy při chůzi.

Vytápění

Zdrojem tepla pro vytápění a ohřev teplé vody bude plynová kotelná III. Kategorie ve formě 3x závěsný kondenzační plynový kotel o výkonu 3x 60 kW. Kotelná bude umístěna na střeše objektu. Kotelná musí být vybavena nuceným větráním, které musí zajišťovat celoročně minimálně 0,5 násobnou výměnu vzduchu v kotelně. Nucené větrání musí zajistit odvod tepelné zátěže, v kotelně musí být zajištěna minimální teplota 7 °C a maximální teplota 35 °C.

Větrání

Nucené větrání je navrženo pro celý objekt. Vzduchotechnické jednotky pro centrální větrání budou umístěny v samostatné strojovně na střeše a ve strojovně v 3. PP v P327. Pro tyto jednotky bude navrženo pružné uložení přes pružinové izolátory podle jejich hmotnosti a provozních otáček viz dále. Podružné jednotky, umístěné v podhledu u jednotlivých speciálních provozů, je nutné připevnit přes pružné pryžové elementy (silentbloky). Požární větrání budou zajišťovat 4 ks axiálních ventilátorů o průtoku 4500 m³/h, tlaku 150 Pa, výkonu 0,65 kW, otáčky max. 1500/min. Hmotnost jednoho ventilátoru 25 kg.

Chlazení

Primární zdroj chladu jsou kondenzační jednotky pro přímé chlazení, které mohou rovněž pracovat jako tepelná čerpadla vzduch/vzduch. Místní chlazení Pro odvod tepelné zátěže, kterou nestačí odvést větrací vzduchu, bude navrženo místní cirkulační chlazení pomocí jednotek VRV/VRF umístěných na střeše objektu. Řada kompaktních jednotek bude umístěna u paty objektu mezi osami H-05 a H-06.

Chlazení – klimaboxy, růstové komory a mrazáky

Tato zařízení budou umístěna v interiéru některých laboratoří, nepředpokládá se, že by byly zdrojem nadměrných vibrací, pokud budou uloženy na pružné podložce.

Výtah

V budově bude instalován jeden výtah, preferován je výtah hydraulický tzv. bezstrojovnový s motorem na výtahové kabině.

Záložní diesel generátor

Diesel generátor bude umístěn v technické místnosti na střeše N424, celková hmotnost stroje se uvažuje ca 2440 kg a pracovní otáčky cca 1500 ot/min. Stroj bude v provozu pouze v případě nouze nebo testování – cca 10 minut dvakrát až čtyřikrát měsíčně.

Uživatelé budovy – chůze po chodbě

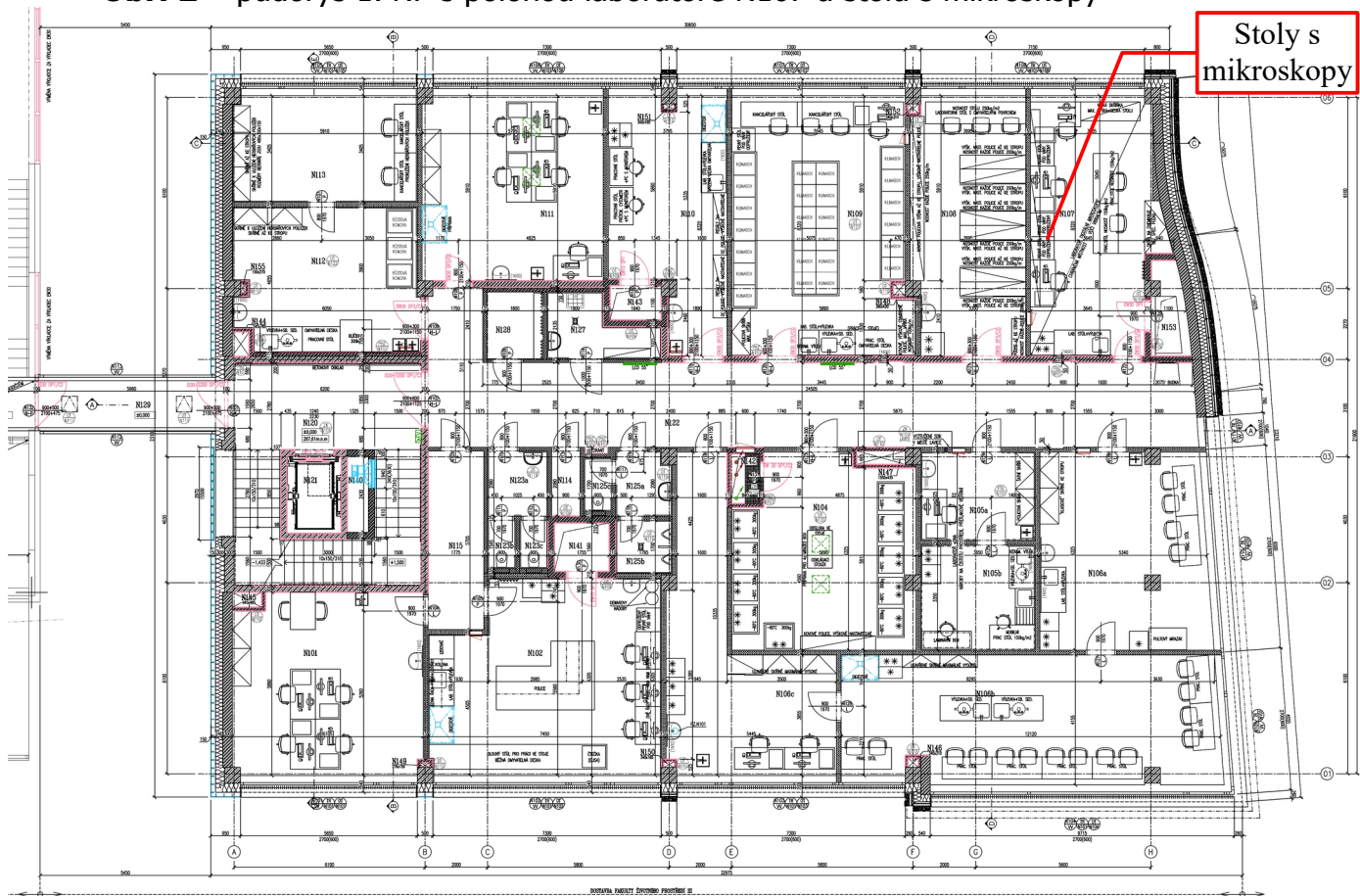
Dle sdělení uživatelů stávající budovy způsobuje nadměrné vibrace i chůze po chodbě, která však nemá plovoucí podlahu.

VI. CHRÁNĚNÉ PROSTORY

V rámci nového objektu FŽP-III byla na vibrace nejvíce citlivým prostorem stanovena laboratoř digitální mikroskopie N107. Na základě informací od objednatele a stávajících uživatelů technologie ve stávající budově budou v laboratoři umístěny optické mikroskopy až do zvětšení 2000x, konkrétně typy Olympus BX 53 a Keyence VHX-6000.

Návrh pružného uložení strojů, návrh plovoucí podlahy a dalších opatření bude proveden s ohledem právě na co nejnížší vibrace přenášené do mikroskopů. Dle kritéria VC-C by neměla rychlost kmitání na stole s mikroskopem přesáhnout 12,5 $\mu\text{m/s}$.

Obr. 2 – půdorys 1. NP s polohou laboratoře N107 a stolů s mikroskopy



VII. NÁVRH PRUŽNÉHO ULOŽENÍ

Tato kapitola navrhuje pružné uložení všech strojů, které mohou být zdrojem nadměrných vibrací.

Větrání a chlazení

Pro hmotné zdroje se upřednostňuje uložení na ocelových izolátorech, které se dodávají v předepjatém stavu a které jsou navrženy podle provozních otáček a celkové hmotnosti strojů a případného nosného rámu. Podružné jednotky, umístěné v podhledu u jednotlivých speciálních provozů, je nutné připevnit přes pružné pryžové elementy (silentbloky). Stejně tak i veškerá VZT potrubí navazující na VZT jednotky musí být připevněny přes pružné potrubní elementy.

Ventilátory určené pro větrání CHUC lze vzhledem k pracovním otáčkám a jejich celkové hmotnosti 25 kg považovat za nevýznamné, pokud budou uloženy přes pružné elementy – např. tlumič vibrací typ KSE.

V případě VZT a venkovních kondenzačních jednotek se izolátory montují na ocelový rám, na který se fixují VZT nebo chladicí jednotky. Nabochní profily ocelového rámu je vhodné použít „U“ profily, které umožňují jednoduchou montáž pružinových izolátorů do osy profilu. Před finálním návrhem ocelového rámu je nutné přesně určit a ověřit hmotnosti všech strojů i samotného rámu a umístit izolátory tak, aby byly rovnoměrně zatíženy. V opačném případě může být nutné dodatečně přitížit některou z částí nosného rámu tak, aby stlačení jednotlivých izolátorů dosáhlo předepsaných hodnot a nelišilo se o více než 10 mm vůči ostatním izolátorům stejného rámu. Všechny navržené izolátory musí být podloženy rýhovanou gumou, by se zabránilo přenosu vyšších harmonických vibrací přes kovové těleso izolátoru!

Hmotnosti některých rámuů v tabulce 5 byly stanoveny odborným odhadem a je nutné jejich hmotnost dodržet v rámci intervalu $\pm 5\%$, jinak je nutné ověřit zvolený typ a tuhost izolátoru. Stejně tak je nutné nově posoudit tuhost a zatížení izolátory v případě, že dojde ke změně technologie, výkonu, otáček nebo přeskupení jednotek a distribuce hmotnosti.

Samostatně stojící venkovní chladicí jednotku č. 20.1.1 lze umístit na čtyři pružinové izolátory i bez rámu. Chladicí jednotky umístěné u paty objektu mezi osami H-05 a H-06 je vhodné uložit na pryžové pražce viz obr. 4.

Veškerá potrubí od kondenzačních jednotek je nutné uložit pružně do pryžových elementů a mezi jednotkou a potrubím vložit pružný mezikus, nebo jinak zajistit přerušení mechanické vazby.

Klimaboxy, růstové komory a mrazáky by neměla být zdrojem nadměrných vibrací, pokud budou uložena na pružnou podložku. Pak lze konstatovat, že přenos vibrací do konstrukce bude nevýznamný. Jako pružná podložka je vhodný elastický pryžový kompozit na bázi druhotných surovin (drcená guma), typ FS700 o objemové hmotnosti 700 kg/m³ a tloušťce nejméně 2 cm, ukázka je na obr. 4.

Obr. 3 – pryžové pražce pro uložení kondenzačních jednotek u paty objektu mezi osami H-05 a H-06, pro jednotky do 100 kg



Obr. 4 – ukázka pryžové elastické podložky vhodné pod mrazáky, klimaboxy apod.



Záložní diesel generátor

Diesel generátor bude umístěn v technické místnosti na střeše N424, celková hmotnost stroje se uvažuje ca 2440 kg a pracovní otáčky cca 1500 ot/min. Stroj už je uložen na kovovém rámu, a proto pružinové izolátory budou připevněny přímo k němu viz tabulka 1. Stroj bude v provozu pouze v případě nouze nebo testování – cca 10 minut dvakrát až čtyřikrát měsíčně.

Uživatelé budovy – chůze po chodbě

V nové budově budou těžké plovoucí podlahy jak v místnostech, tak na chodbách. Nášlapnou vrstvu bude tvořit elastický a pružný polyuretanový podlahový systém. Jako kročejová izolace bude na chodbách a v laboratoři N107 použit elastifikovaný EPS o tl. nejméně 40 mm, který vykazuje dynamickou tuhost nejvýše 10 MN/m³. Po obvodu plovoucí podlahy musí být použity podlahové pásky o minimální tl. 15 mm. Mirelon a podobné materiály s tloušťkou méně než 10 mm jsou nevhodné a mohou zcela kompromitovat celou kročejovou izolaci podlahy!

Tabulka 5 – návrh pružného uložení, rámu a izolátorů

číslo zařízení	název zařízení	popis spotřebice	umístění	hmotnost stroje [kg]	hmotnost rámu [kg]	hmotnost celkem [kg]	typ izolátoru	tuhlost pružiny izolátoru [kN/m]	počet izolátorů [mm]	Stláčení 1 izolátoru [mm]	zatížení 1 izolátoru [N]	Účinnost tlumení vibrací [%]
01	Větrání kancelář	Atrea DUPLEX 9000 Multi Eco	strojovna VZT N423	1335	190	1525	ISTA KO P822B	45	4	83.1	3740	99.7
02	Větrání laboratoří	Atrea DUPLEX 9000 Multi Eco	strojovna VZT N423	1335	190	1525	ISTA KO P822B	45	4	83.1	3740	99.4
03	Laboratoř eDNA (m.č.N105)	Apricoo, svěšená pod strop	strojovna VZT P329	391	105	496	Vibrostop Mopla 1 HangerB 180	57	4	21.3	1216	99.4
04	Entomologické špičky (m.č.N108)	Apricoo, svěšená pod strop	strojovna VZT P329	536	105	641	Vibrostop Mopla 1 HangerB 180	57	4	27.6	1572	99.5
05	Větrání chladicího a mrazicího boxu a přípravny (m.č.P203a)	Apricoo, svěšená pod strop	strojovna VZT P329	429	105	534	Vibrostop Mopla 1 HangerB 180	57	4	23	1310	99.2
06	Laboratoř manipulativních experimentů (m.č.P208)	Apricoo, svěšená pod strop	strojovna VZT P329	326	95	421	Vibrostop Mopla 1 HangerB 105	37	4	27.9	1033	99.3
07	Klimatizace budoucích laboratoří (N102 a N111)	větrací jednotka	strojovna VZT P329	329	95	424	Vibrostop Mopla 1 HangerB 105	37	4	28.1	1040	99.4
09	Ovětrání sociálního zázemí	větrací jednotka pozice 9.1.1	strojovna VZT N423	420	91	511	ISTA KO P820B	12	4	104.4	1253	99.9
01	Větrání laboratoří	jednotka	střecha N426	94								
02	Laboratoř eDNA (m.č.N105)	jednotku	střecha N426	94								
03	Entomologické špičky (m.č.N108)	jednotku	střecha N426	94	200	718	ISTA KO P820B	7	6	167.7	1174	99.3
04	Chlazení pobytových místností 2.pp	jednotka V R V V R F	střecha N426	142								
12	Chlazení pobytových místností 1.pp	jednotka V R V V R F	střecha N426	400								
13	Chlazení pobytových místností 1.pp	jednotka V R V V R F	střecha N426	195								
14	Chlazení pobytových místností 1.pp	jednotka V R V V R F	střecha N426	305	257	1557	ISTA KO P822B	45	4	84.9	3819	98.7
15	Chlazení pobytových místností 2.pp	jednotka V R V V R F	střecha N426	400								
16	Chlazení pobytových místností 3.pp	jednotka V R V V R F	střecha N426	400								
17	Chlazení UPS (m.č.P323)	jednotka	střecha N426	52								
18	Chlazení Chladicí místnosti (m.č.P204)	jednotka	střecha N426	52								
19	Chlazení Ekologické experimenty (m.č.P207)	jednotka	střecha N426	92								
21	Chlazení (m.č.N104)	jednotka	střecha N426	92	250	844	ISTA KO P821C	25	4	82.8	2070	98.6
22	Chlazení eDNA (m.č.N105b)	jednotka	střecha N426	52								
23	Chlazení (m.č.N109)	jednotka	střecha N426	70								
26	Chlazení místnosti IT (m.č.N229)	jednotka	střecha N426	92								
26	Chlazení místnosti IT (m.č.N229)	jednotka	střecha N426	92								
07	Klimatizace budoucích laboratoří (N102 a N111)	jednotku	střecha N426	104								
24	Chlazení (m.č.N112)	jednotka	střecha N426	70	150	468	ISTA KO P820B	12	4	95.6	1148	98.8
25	Chlazení počítačové učebny (m.č.N201a)	jednotka	střecha N426	92								
27	Chlazení dřevy (m.č.N311)	jednotka	střecha N426	52								
20	Chlazení (m.č.N102)	jednotka	střecha N426	92	0	92	ISTA KO P61	7	4	32.2	226	96.4
29	Zařízení zdroj	Diesel agregát	střecha N424	2440	0	2440	ISTA KO P822B	45	6	88.7	3989	99.5
29	Větrání CHUC	přívodní axiální ventilátor	P320									
29	Větrání CHUC	přívodní axiální ventilátor	P220									
29	Větrání CHUC	přívodní axiální ventilátor	P120									
29	Větrání CHUC	přívodní axiální ventilátor	N120									

Výtah

V nové budově je preferován výtah hydraulický tzv. bezstrojovnový s motorem na výtahové kabině, který obecně není zdrojem nadměrných vibrací ani hluku, přesto je nutné výtahovou technologii a jako vodící lišty upevňovat přes pružné elementy, např. elastické desky na bázi PUR, a to zejména při montáži k nosné konstrukci budovy.

Uložení mikroskopů v laboratoři N107

I navzdory opatřením vůči šíření vibrací z technického zařízení budovy, může docházet k příležitostnému překročení kritéria vibrací VC-C na pracovním stole s mikroskopy, a proto je vhodné tyto mikroskopy umístit na vibračně izolované stoly. Nabízí se řada možností:

1. základová deska (v 3. PP) je obecně odolnější vůči strukturálním vibracím, než vyšší podlaží – přemístění mikroskopů do 3. PP by výrazně snížilo přenos vibrací z konstrukce i chůze do podlahy laboratoře
2. hmotný stůl s pružnými elementy na bázi pryže nebo PUR, cenově nejpriznivější, ale mají nejmenší účinnost tlumení vibrací
3. hmotný stůl s ocelovými pružinovými izolátory, stále cenově příznivé, ale vyžadují hmotnější stůl/rám, o hmotnosti minimálně 50 kg
4. Vzduchové pružiny, které nabízejí nejlepší účinnost tlumení vibrací, ale nákladnější řešení
5. Piezoelektrická aktivní kontrola vibrací vhodná pro kritéria až do VC-E (elektronové mikroskopy), velmi nákladné
6. systém mechanismu negativní tuhosti, který nabízí nejvyšší míra účinnosti tlumení vibrací o frekvencích až k 1 Hz při zachování schopnosti přenášet významné zatížení, velmi nákladné řešení (chráněno patentem)

VIII. ZÁVĚR

Na základě výše uvedených výpočtů a závěrů lze konstatovat, že vnitřní chráněný prostor učeben a laboratoří bude se značnou rezervou splňovat platné hygienické limity na vibrace stanovené podle NV č. 272 ze dne 24. srpna 2011 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Dále lze očekávat, že při dodržení všech výše uvedených postupů a stavební kázně, bude celková úroveň vibrací v laboratoři N107 pod úrovní kritéria VC-C s výjimkou vibrací způsobených lidskou chůzí, které ze své podstaty lze určit pouze v určitých mezích. Proto je vhodné všechny mikroskopy a další na vibrace citlivé přístroje uložit na hmotné stoly, které budou samostatně pružně oddilátovány od podlahy. Konkrétní řešení doporučujeme zvolit ex-post v závislosti na úrovni skutečných vibrací v řešené laboratoři N107.

V každém případě je nutné každou změnu technologie konzultovat s odborníkem na vibrace a posoudit, je-li nutné přehodnotit návrh pružného uložení. V prováděcí fázi je nutné finální tvar rámu, polohy i typ izolátorů průběžně konzultovat. Je také vhodné kontrolovat realizaci plovoucích podlah přímo na stavbě, neboť jakákoliv chyba v této fázi je později jen obtížně opravitelná.

IX. PŘÍLOHY

Obr. 5 – půdorys střechy s umístěnými jednotkami a uvažované hmotnosti, červeně značeny vhodné tvary rámu pod jednotky chlazení

