



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

TECHNICKÉ POŽADAVKY NA PROSTORY PRŮMYSLOVÉ ZKUŠEBNÍ LABORATOŘE

TECHNICAL REQUIREMENTS FOR AN INDUSTRIAL TESTING LABORATORY ROOM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michaela Prchalová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Matej Harčarík

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	Michaela Prchalová
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	Ing. Matej Harčarik
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Technické požadavky na prostory průmyslové zkušební laboratoře

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede rešerši relevantních požadavků na prostory zkušební laboratoře, určené pro ověřování shody výrobků s geometrickou specifikací a zpracuje checklist s požadavky, které je nutné zohlednit při plánování takové laboratoře.

Cíle bakalářské práce:

Popis současného stavu.

Systémový rozbor požadavků na prostory zkušební laboratoře.

Hodnocení výsledků rozboru.

Doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

BOULAZ, Ivana. Ergonomics and space. Brno: Mendel University in Brno, 2018. ISBN 978-80-75-9-618-0.

NEUGEBAUER, Tomáš. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v kostce, neboli, O čem je současná BOZP. 2., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Wolters Kluwer, 2016. ISBN 978-80-7552-106-4.

VDI/VDE 2627 BLATT 1. Messräume - Klassifizierung und Kenngrößen - Planung und Ausführung. 2. Düsseldorf: VDI Verein Deutscher Ingenieure, 2015.

VDI/VDE 2627 BLATT 2 - ÜBERPRÜFT UND BESTÄTIGT. Messräume - Leitfaden zur Planung, Erstellung und zum Betrieb. Düsseldorf: VDI Verein Deutscher Ingenieure, 2005.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na plánování a návrh průmyslové metrologické laboratoře. Hlavním cílem práce byl systémový rozbor požadavků na prostory zkušební laboratoře. Dalším cílem bylo popsat a vyhodnotit současný stav stávající laboratoře v návaznosti na systémový rozbor a rešerši obecných požadavků, a sestavit doporučení pro praxi. Na základě rešerše a srovnání se současným stavem laboratoře byl vytvořen checklist požadavků, které by měly být zohledněny při plánování takovéto laboratoře.

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the planning and design of an industrial metrology laboratory. The main goal of the work was a system analysis of the requirements for the testing laboratory. Another goal was to describe and evaluate the current state of the existing laboratory in connection with the search for general requirements, and to compile recommendations for practice. Based on the search and comparison with the current state of the laboratory, a checklist of requirements, which should be taken into account when planning such a laboratory, was created.

KLÍČOVÁ SLOVA

Návrh průmyslové laboratoře, Technické parametry laboratoří.

KEYWORDS

Industrial laboratory design, Technical parameters of laboratories.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PRCHALOVÁ, Michaela. *Technické požadavky na prostory průmyslové zkušební laboratoře* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124665>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Matej Harčarik.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat především svému vedoucímu práce Ing. Mateji Harčaríkovi za jeho ochotu a pravidelné konzultace. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu při celém bakalářském studiu.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Mateje Harčaríka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. června 2020

.....

Prchalová Michaela

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 POŽADAVKY NA LABORATOŘE.....	13
1.1 VÝBĚR UMÍSTĚNÍ MÍSTNOSTI	13
1.2 METROLOGICKÉ POŽADAVKY	14
1.3 PERSONÁLNÍ POŽADAVKY.....	15
1.4 POŽADAVKY NA PROSTŘEDÍ.....	15
1.4.1 TEPLOTA	15
1.4.2 VLHKOST VZDUCHU	19
1.4.3 VLHKOST VZDUCHU Z ERGONOMICKÉHO HLEDISKA	19
1.5 VĚTRÁNÍ.....	20
1.5.1 NUCENÉ VĚTRÁNÍ	20
1.5.2 RYCHLOST VZDUCHU Z ERGONOMICKÉHO HLEDISKA.....	20
1.5.3 CIRKULACE VZDUCHU	20
1.6 ČISTOTA VZDUCHU	20
1.7 KLIMATIZACE	21
1.8 OSVĚTLENÍ	22
1.8.1 OBECNÉ POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ.....	22
1.8.2 INDIVIDUÁLNÍ OSVĚTLENÍ PRACOVISTĚ.....	22
1.9 NÁVRH MÍSTNOSTI.....	22
1.9.1 VÝŠKA MÍSTNOSTI, STĚNY A PODLAHY	23
1.9.2 SVĚTLÁ VÝŠKA A OBJEMOVÝ PROSTOR	24
1.9.3 ROZMĚRY PODLAHOVÉ PLOCHY	24
1.9.4 ROZMĚRY PRACOVNÍ ROVINY A PRACOVNÍHO MÍSTA	24
1.9.5 DVEŘE, ÚNIKOVÉ CESTY A NOUZOVÉ VÝCHODY.....	24
1.9.6 VIBRACE.....	25
1.9.7 PROVOZ A ÚDRŽBA.....	28
1.9.8 MÉDIA A NAPÁJENÍ	28
2 POPIS SOUČASNÉHO STAVU ZKUŠEBNÍ LABORATOŘE	31
2.1 MATERIÁLOVÝ TOK A PROCES ZPRACOVÁNÍ ZAKÁZKY.....	31
2.2 PROSTORY LABORATOŘE.....	32
2.3 ÚLOHY A CÍLE LABORATOŘE.....	35
2.4 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE LABORATOŘE	35
2.5 TECHNICKÉ PARAMETRY LABORATOŘE	35
2.5.1 OSVĚTLENÍ	35
2.5.2 NOSNOST PODLAHY.....	35
2.5.3 DODÁVKA ELEKTRICKÉ ENERGIE	36
2.5.4 PŘÍVOD STLAČENÉHO VZDUCHU.....	36
2.5.5 TEPLOTA	37
2.5.6 VLHKOST.....	38
2.5.7 VIBRACE.....	39
2.5.8 SVĚTLÁ VÝŠKA, OBJEMOVÝ PROSTOR A PODLAHOVÁ PLOCHA.....	40
ZÁVĚR.....	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	43
SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ, ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	47

SEZNAM PŘÍLOH.....	49
PŘÍLOHY	51

ÚVOD

Podmínkou dosažení vysokého postavení na trhu ve strojírenství je spokojený zákazník. Aby byl zákazník spokojený, musí mu dodavatel nabídnout spolehlivost a požadovanou kvalitu svých výrobků. Přesné měření je zásadní úlohou kontroly kvality, neboť právě měřením jsme schopni ověřit správnost vyrobených produktů. Aby bylo dosaženo co nejpřesnějších výsledků, je třeba sestavit ideální podmínky pro měření. Uvážení všech podmínek, které by měly být splněny a všech faktorů ovlivňujících měření však není triviální záležitostí.

Tato bakalářská práce se zabývá technickými požadavky na prostory průmyslové zkušební laboratoře. Cílem práce je popis současného stavu vybrané laboratoře, provedení systémového rozboru požadavků na prostory zkušební laboratoře, vyhodnocení tohoto rozboru a formulace doporučení pro praxi.

Pojem technické požadavky zahrnuje mnoho aspektů, které by měly být uvažovány při plánování průmyslové laboratoře. Základním bodem pro návrh laboratoře je výběr a umístění místnosti. V další řadě zde hrají velkou roli požadavky, které blíže určují charakter místnosti.

Při plánování průmyslové laboratoře je nutno brát v úvahu mnoho atributů. Neodmyslitelnou součástí plánování laboratoře jsou metrologické požadavky. Je důležité definovat metrologické úkony, které se v laboratoři budou provádět, a s nimi spojené podmínky pro zajištění ideálního pracovního prostředí. Všechny tyto požadavky jsou spolu úzce svázány a tvoří tak společně funkční systém. Dalším důležitým požadavkem je bezpečnost a ochrana zdraví při práci (dále jen BOZP). Cílem BOZP je minimalizovat riziko ohrožení zdraví člověka při provádění pracovních úkonů. Rovněž je nutné dbát na ergonomické požadavky, které jsou s BOZP velmi úzce spjaty. Ergonomie pracoviště je soubor technik, znalostí a prostředků, které mají za úkol přizpůsobit pracoviště fyzickým a duševním potřebám člověka. Hlavní úlohou ergonomie je optimalizovat pracovní prostředí vzhledem k pracovní zátěži.

Důležitou součástí při plánování zkušební laboratoře je zvolit místo tak, aby měřicí místnost byla co nejlépe začleněna do materiálového toku a do stávajících organizačních rutin. Takto zvolené místo usnadní práci a zvýší její efektivitu. Dobrým nástrojem pro přehled a shrnutí všech potřebných aspektů je vytvoření systémového rozboru požadavků, který je také jedním z témat této bakalářské práce.

Laboratoř, které se věnuje tato práce je určena pro ověřování shody výrobků s geometrickou specifikací. Tato laboratoř je součástí automobilového závodu, který vyrábí komponenty do aut metodou vstřikování plastů. Laboratoř se zabývá zejména vyhodnocováním geometrických tolerancí tvaru a polohy, rozměrů a dále i vyhodnocováním textury povrchu.

Momentální stav stávající laboratoře není ideální. Prostory laboratoře jsou téměř 30 let staré, a tak zřejmě nesplňují nejaktuálnější požadavky. U některých věcí se již zjistilo, že laboratoř nesplňuje stanovené požadavky a v návaznosti na toto zjištění práce vznikla. Je potřeba vyřešit zásadní úpravy prostoru tak, aby laboratoř byla v souladu se všemi požadavky. Tato bakalářská práce má sloužit jako podklad k takovýmto úpravám.

Na základě rešerše obecných technických parametrů, které by měla laboratoř splňovat, je vytvořen checklist s požadavky, které je nutné zohlednit při plánování takovéto zkušební laboratoře. Shrnuté požadavky mohou sloužit jako podklad pro návrh metrologické laboratoře.

Práce sestává ze dvou hlavních kapitol. V první kapitole je proveden systémový rozbor požadavků na laboratoř a rešerše obecných technických požadavků. V druhé kapitole práce je

popsán a vyhodnocen stav stávající vybrané laboratoře v návaznosti na rešerši obecných požadavků. Jsou zde uvedena doporučení pro praxi při případné úpravě prostor laboratoře. K práci je přiložen checklist, jehož obsahem je shrnutí požadavků, které je nutné při plánování laboratoře zohlednit.

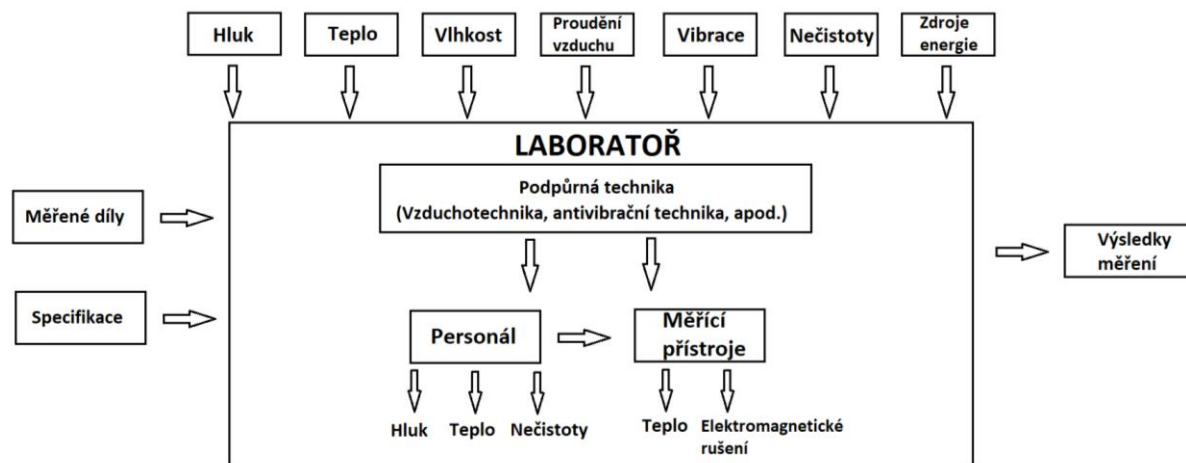
1 POŽADAVKY NA LABORATOŘE

Při plánování průmyslové laboratoře je třeba si předem ujasnit, jaké požadavky by měla daná navrhovaná laboratoř splňovat. Po důsledném uvážení všech faktorů ovlivňujících výsledný charakter laboratoře můžeme dosáhnout požadovaného návrhu [1].

Pro dosažení požadovaných výsledků při jakékoliv práci je důležité provádět úkony systematicky. Abychom k věcem měli systematický přístup a dokázali vytvořit funkční systém, je zapotřebí systémového myšlení neboli schopnosti při řešení problematických situací využít všech typů progresivního myšlení [1]. Systém je množina prvků, které na sebe vzájemně působí a ovlivňují se.

Laboratoř je systém tvořen personálem, měřicí technikou a podpůrnou technikou. Na vstupu do tohoto systému máme díly k měření s jejich specifikacemi. Na výstupu pak dostáváme požadované výsledky měření. Během měření do laboratoře vstupuje spousta vlivů, které působí na komponenty v systému laboratoře a negativně ovlivňují výsledky měření. Všechny prvky systému laboratoře na sebe působí a navzájem se ovlivňují. Například personál může být zdrojem tepla, vibrací a nečistot. Tyto vlivy působí nepříznivě na funkci měřících přístrojů. Na druhou stranu měřící přístroje ze sebe mohou vydávat teplo a elektromagnetické rušení. Při práci personálu s přístroji vzniká potenciální riziko nebezpečí, které je také třeba brát v potaz. Působení vibrací, hluku, tepla, vlhkosti, proudění vzduchu, nečistot a zdrojů energie ovlivňuje stroj i člověka.

Takovýmto systémovým rozбором vzájemně na sebe působících vlivů jsme schopni přehledně uvážit všechny faktory ovlivňující návrh průmyslové laboratoře a přijmout tak případná opatření pro její správnou funkci. Diagram systémového rozboru požadavků znázorňuje obrázek č. 1.



Obr. 1) Laboratoř jako systém

1.1 VÝBĚR UMÍSTĚNÍ MÍSTNOSTI

Místo pro laboratoř by mělo být vybráno tak, aby ho co nejméně ovlivňovaly rušivé elementy, jako jsou vibrace, vnější teplota okolí, nečistoty, hluk apod. Ideálním místem pro postavení měřicí laboratoře je daleko od vedení pozemních komunikací a hal s výrobními zařízeními.

Nová měřicí místnost by měla být postavena na úrovni terénu a neměla by být umístěna v horním patře budovy. V mnoha případech je vhodné oddělit základovou desku. Dodržení těchto podmínek povede k minimalizaci nežádoucích vibračních účinků a tím zabráníme zkreslení naměřených výsledků. Norma uvádí jako příklad pískovou nebo šterkovou půdu o tloušťce nejméně 0.5 m, tepelnou a vlhkostní izolaci s vysokým modulem pružnosti (skelnou vatu) a železobetonovou desku o tloušťce cca 0.5 m [2].

V případě, kdy bychom laboratoř stavěli v již stojící budově, měly by být kontrolovány stávající stavební konstrukce s ohledem na jejich vibrační chování a nosnost. Je třeba také budovy přezkoumat, abychom mohli posoudit vliv stávajících vnitřních zdrojů vibrací, například výrobních zařízení, zkušebních zařízení, ventilátorů, čerpadel na dopravu chladicí kapaliny do přístrojů, kompresorů, výtahů apod. [2]. Přezkoumání budov je blíže vysvětleno v podkapitole 1.9.6 Vibrace.

Měřicí místnost je vhodné umístit do severní části budovy, na kterou bude dopadat méně slunečního záření a nebude tak docházet k výkyvům teplot. Je-li to možné, doporučuje se využít stín ze stávajících budov pro snížení účinku působení denního světla na laboratoř [2]. V rámci minimalizace ovlivnění měření v důsledku působení vibrací je doporučeno laboratoř umístit v přízemí nebo suterénu. V těsné blízkosti laboratoře by neměly být instalovány zdroje vibrací, jako jsou například kompresory nebo výrobní zařízení. Místnost by měla být umístěna tak, aby byla co nejlépe začleněna do materiálového toku a do stávajících organizačních rutin.

1.2 METROLOGICKÉ POŽADAVKY

Při projektování metrologické laboratoře by měl být sestaven seznam všech měřicích zařízení nacházejících se v místnosti a všech pomocných zařízení potřebných k měření. Ke všem zařízením by měly být vytvořeny instalační podmínky, na základě kterých bude zaručena jejich správná funkce, dále dodatečné obecné podmínky instalace a prohlášení o možných odchylkách instalace. Tyto požadavky by měly být dodrženy pro správné určení provozních podmínek laboratoře a pro bezproblémovou funkci a co nejmenší negativní dopad špatně vyhodnocených podmínek na měřicí přístroje [2].

Měření, která jsou prováděna v laboratoři mají rozhodující vliv na třídu kvality měřicí místnosti. Třída kvality je určena mnoha aspekty. Jedná se o parametry vztahující se k objektu měření, konkrétně o tvar, hmotnost, materiál, povrch, tvrdost a oblast použití objektu, dále o měřené rozměry a jejich nejistoty. Další parametry se vztahují přímo k měření. Jde o jeho rozsah, počet a četnost. V neposlední řadě je třída kvality určována aspekty vztahujícími se k postupu měření neboli zda měříme mechanicky, opticky, pneumaticky nebo elektricky a jaké dodržíme zásady měření [3].

Určení třídy kvality měřicí místnosti ovlivňuje aspekty vztahující se k měřicím zařízením. Jsou to teplotní podmínky, relativní vlhkost vzduchu, vibrace, kvalita vzduchu, elektromagnetická kompatibilita, stlačený vzduch, chladicí kapalina a technologie dat měřicích zařízení [3]. Třídy kvality měřicí místnosti dle klasifikace měřicích úkonů je zobrazena v tabulce č. 1.

Tab 1) Třída kvality měřicí místnosti-klasifikace měřicích úkonů [2]

Třída kvality	Příklady klasifikovaných úkonů
1	Kalibrace referenčních etalonů, měření vah
2	Kalibrace pracovních etalonů, uvolňování přesných dílů, zařízení, nástrojů a vybavení
3	Měření dílů, zařízení, nástrojů a testovacího vybavení, kontrola vzorků pro dokumentaci, měření opotřebitelných dílů a počátečních vzorků, měřicí úkony v monitorování procesu
4	Sledování výroby a seřízení strojů, kontrola pomocných zařízení
S	Měřicí místnost se speciálními požadavky na speciální úkony

1.3 PERSONÁLNÍ POŽADAVKY

Při plánování měřicí místnosti je třeba brát v úvahu také potřeby zaměstnanců pracujících v místnosti a vybavení pracovišť. Zajištění ideálních podmínek v místnosti pro člověka vytvoří příjemné pracovní prostředí.

Pozornost by měla být věnována hlavně požadavkům týkajících se návrhu pracoviště, jako například ergonomickým aspektům, barevným schémátům a osvětlení. Dále také požadavkům na zdraví, například ochraně před hlukem, vibracemi, otřesy, požadavkům na tepelné pohodlí, a především bezpečnostním požadavkům [2].

Požadavky týkající se zaměstnanců pracujících v laboratoři vyžadují jednotné osvětlení a vhodné barevné schéma v místnosti. Pro laboratoř se doporučuje zvolit bledé tóny. V měřicí místnosti musí být dodrženy také příslušné předpisy pro prevenci úrazů, vyhláška o ochraně zdraví a bezpečnosti při práci, hygienické předpisy a směrnice o pracovištích [2].

1.4 POŽADAVKY NA PROSTŘEDÍ

Aby výsledky měření byly co nejpřesnější, musíme v místnosti udržovat stálé prostředí. Stálé prostředí je důležité i z ergonomického hlediska. V místnosti by měla být udržována stálá teplota a vlhkost vzduchu, která bude vyhovovat jak měřicím přístrojům, tak i personálu. Dále by měly být stanoveny požadavky na čistotu vzduchu, rychlost vzduchu a osvětlení.

1.4.1 TEPLOTA

Téměř všechna měření jsou závislá na teplotě. Odchýlení se od stanovené teploty může způsobit deformaci měřeného objektu. Nejistoty měření jsou závislé na změnách teploty v průběhu měření a na prostorových teplotních rozdílech [2].

Interakce mezi teplotou a měřicími přístroji výrazně ovlivňují výsledky měření vzorku. Je tedy nutné analyzovat konstrukce měřicích přístrojů za účelem stanovení teplotní deformace článků, které následně tvoří měřicí řetězec [4]. Při používání ručně ovládaných měřicích přístrojů je nezbytné nástroje opatřit izolačními rozpěrkami tak, aby se snížil účinek zahřívání přístroje rukou a deformace rozměrů přístroje [5].

Teplota je důležitou veličinou projevující se v mnoha fyzikálních jevech a závisí na ní celá škála chemických, mechanických a elektromagnetických vlastností látek. Při změně teploty dochází ke změně dalších fyzikálních vlastností. Jedná se o změny rozměrů látek, změny

tlaku tekutin v uzavřených prostorách (tyto změny korespondují s rozměrovými změnami), změny intenzity a kvality vyzařování z povrchů, změny elektrických odporů, změny magnetických vlastností látek, změny barvy látek apod. [6].

Abychom byli schopni porovnat výsledky měření ve chvíli, kdy není znám vliv teploty na výsledky měření, musí být dodrženy předem stanovené podmínky. Základem pro dodržení stanovených podmínek je referenční teplota použitelná pro danou měřenou veličinu. Například pro délku je podle DIN EN ISO 1 referenční teplota stanovena na 20 °C [2]. Mohou ovšem existovat výjimky, při kterých je požadovaná referenční teplota stanovena jinak, například z důvodu práce s materiály vyžadující odlišnou teplotu. Tímto případem je práce s plasty, která vyžaduje stanovit referenční teplotu na 23°C [7].

Referenční teplota je základem pro srovnatelnost technických rozměrů objektů a jejich vlastností. Požadovaná teplota se často stanovuje odlišná od teploty referenční v závislosti na okolních podmínkách jako jsou fyzikální vlastnosti budovy, umístění klimatizace nebo úroveň osobního pohodlí zaměstnanců. V závislosti na požadavcích jsou také stanoveny mezní hodnoty pro přípustné odchylky teplot [2].

Referenční teplotu volíme v závislosti na to, jakou třídu kvality požadujeme. V případě, kdy zvolíme 1. třídu kvality, referenční teplota musí být stanovena na 20 °C. Označení tříd kvality je v tabulce č. 2.

Tab 2) Označení tříd kvality [2]

Třída kvality	1	2	3	4	S
Označení třídy kvality	A	B	C	D	
Referenční teplota [°C]	20	Referenční teplota dle potřeby			

TEPELNÉ CHOVÁNÍ V MĚŘICÍCH MÍSTNOSTECH

Tepelné chování v měřicích místnostech je ovlivněno fyzikálními vlastnostmi budovy, technickým zařízením a lidmi pracujícími v měřicí místnosti. [2] Je potřeba brát v úvahu, že člověk i stroje jsou zdrojem tepla. Možnou kompenzací generované tepelné energie člověkem je systém žárovek, jako mají například ve firmě BOSCH v Jihlavě. Každý zaměstnanec pracující v laboratoři má svou žárovku, kterou při vstupu do laboratoře musí zhasnout a při odchodu znova rozsvítit z důvodu udržení stabilní teploty v místnosti. Vzhledem k citlivosti měřicích přístrojů je důležité v laboratoři udržet konstantní tepelný tok.[8]

Časové změny teploty popisují, jak rychle se teplota v místě mění. Při posuzování prostoru pro měření je základem maximální přípustná odchylka v konkrétních časových obdobích. Prostorové rozložení teploty je charakterizováno teplotními rozdíly mezi různými místy v měřicí místnosti ve stejném čase. Při rozhodování se používá největší teplotní rozdíl podél hlavních os měřicí místnosti [2]. Rychlost změny teploty z hlediska klasifikace třídy kvality je uvedena v tabulce č. 3. a přípustná změna teploty na metr v tabulce č. 4.

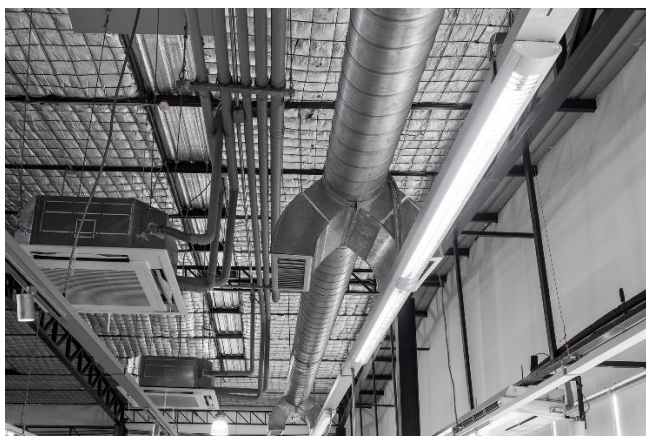
Tab 3) Velikost přípustné změny teploty v průběhu času [2]

Časový interval změny teploty	Třída A [°C]	Třída B [°C]	Třída C [°C]	Třída D [°C]
1 h	0,2	0,4	1	2
24 h	0,4	0,8	2	3

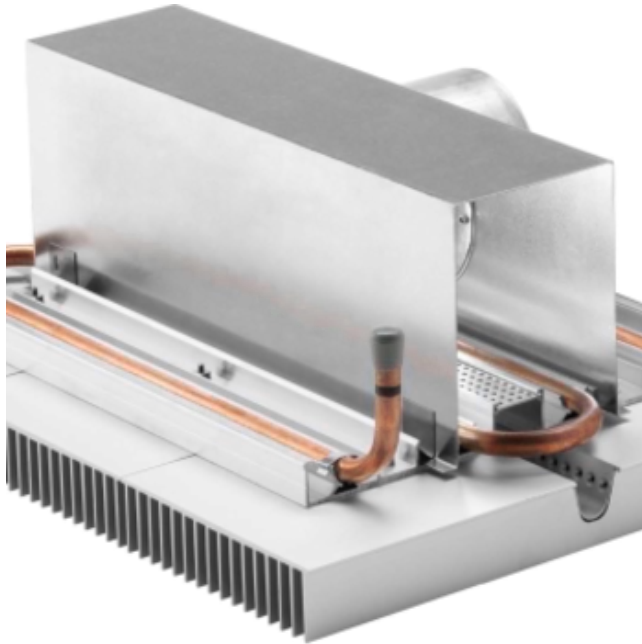
Tab 4) Velikost přípustné změny teploty na délce jednoho metru [2]

Třída závislosti změny teploty na délku	A [°C]	B [°C]	C [°C]	D [°C]
Přípustná změna teploty na metr	0,2	0,3	0,5	1

Teplota v místnosti musí být časově a prostorově rovnoměrná. Udržení stálé teploty v laboratoři je možno dosáhnout pomocí vzduchotechniky, chladících panelů nebo hybridních systémů. Příklady jsou na obrázcích č. 2, 3 a 4.



Obr. 2) Vzduchotechnika [9]



Obr. 3) Chladicí panel [10]



Obr. 4) Hybridní chladič a kondenzátor [11]

TEPLOTA Z ERGONOMICKÉHO HLEDISKA

K největším zdravotním rizikům spojeným s teplotou patří nachlazení. Působením chladu dochází k omezení průtoku krve, stoupá krevní tlak a srdeční frekvence a zvyšuje se spotřeba kyslíku. Zejména v zimním období je potřeba zajistit optimální teplotu na pracovišti. V kancelářských prostorách je nutno dodržovat teplotu minimálně 20 °C. V letním období je největším rizikem přehřátí organismu a zdravotní potíže s tím spojené [12].

Při práci v budově se dá optimální teplota pracovního prostředí zajistit pomocí klimatizace, nebo použitím ventilátorů. Použití ventilátorů je vhodnější v tom, že zde není riziko vzniku nachlazení pracovníků při přechodu z chladnějších, klimatizovaných místností do teplejších místností [12]. Intervaly teplot pro různé třídy kvality v závislosti na stanovené referenční teplotě jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tab 5) Přípustná mezní odchylka teploty [2]

Referenční teplota [°C]	Třída A	Třída B	Třída C	Třída D
20	19.6-20.4	19.2-20.8	18-22	17-23
23	22.6-23.4	22.2-23.8	21-25	20-26

Při stanovené referenční teplotě 20 °C se v každé z tříd můžeme pohybovat pod touto hodnotou. Práce při teplotě nižší než 20 °C není pro člověka riziková, ale z hlediska tepelného komfortu je v tomto případě potřeba zaměstnancům poskytnout pracovní oděv, například fleecovou bundu.

1.4.2 VLHKOST VZDUCHU

Změny vlhkosti vzduchu mohou způsobit změnu objemu a vlastností měřených předmětů. Vzdušná vlhkost ovlivňuje také metrologické vlastnosti měřicích přístrojů. Některé měřicí přístroje na změnu vlhkosti vzduchu reagují změnou tvaru. Abychom zabránili korozi, vlhkost vzduchu by neměla přesáhnout 60 %. Při vlhkosti vzduchu pod 30 % může docházet ke zvýšenému statickému nabití lidí a elektronických zařízení. Mezní hodnoty jsou pro měřicí přístroje definovány jako relativní vlhkost vzduchu. Pro měření plastů se v normě DIN 16742 uvádí hodnota relativní vlhkosti 40-60 % [2].

Vlhkost vzduchu v měřicí místnosti je ovlivněna dalšími faktory [2]:

- Teplotními změnami v místnosti
- Vnějšími klimatickými podmínkami
- Lidmi a zařízeními v měřicí místnosti
- Selektivním odvlhčováním klimatizací
- Selektivním zvlhčováním klimatizací

1.4.3 VLHKOST VZDUCHU Z ERGONOMICKÉHO HLEDISKA

V našich zeměpisných šířkách je optimální relativní vlhkost vzduchu v rozmezí 40 až 60 %. Ve spojení s optimální teplotou a přiměřenou výměnou vzduchu tyto hodnoty zaručují pracovníkům pracovní komfort. Relativní vlhkost vzduchu pod 20 % způsobuje vysychání sliznic dýchacího ústrojí. Relativní vlhkost vzduchu přesahující 80 % vytváří podmínky pro tvorbu plísní [12]. Při zajištění vlhkostních podmínek pro stroje dostaneme ideální vlhkostní podmínky také pro personál, neboť rozmezí ideálních hodnot relativní vlhkosti jsou pro měřidla i pro personál shodné.

1.5 VĚTRÁNÍ

V uzavřených prostorách musí být k ochraně zdraví zaměstnance zajištěna dostatečná výměna vzduchu přirozeným, nuceným nebo kombinovaným větráním. Množství vyměňovaného vzduchu určujeme s ohledem na vykonávanou práci a její fyzickou náročnost. Základní požadavek je, aby byl přiváděný vzduch čistý, tzn. bez nežádoucích nečistot jako jsou aerosoly a plyny [12]. Proudění vzduchu musí zabezpečovat provětrávání pracoviště a nesmí přispívat k šíření škodlivin na ostatní pracoviště [13].

1.5.1 NUCENÉ VĚTRÁNÍ

V případě, že přirozené větrání je nedostatečné, musí být použito nucené nebo kombinované větrání. Vzduch přiváděný na pracoviště vzduchotechnickým zařízením musí obsahovat podíl venkovního vzduchu dostatečný ke snížení koncentrace chemických látek. Větrací zařízení nesmí nepříznivě ovlivňovat čistotu vzduchu a zaměstnanci nesmí být vystaveni průvanu. Přiváděný vzduch musí být filtrován a v zimním období ohříván. V případě používání klimatizace nebo teplovzdušného větrání musí být podíl venkovního vzduchu nejméně 15 % z celkového množství přiváděného vzduchu [13].

1.5.2 RYCHLOST VZDUCHU Z ERGONOMICKÉHO HLEDISKA

Pro udržení vhodného klimatu je nutné udržovat nepřetržité proudění vzduchu. Požadovaný objem vzduchu závisí na množství tepla, které je z místnosti odváděno a na rozsahu přípustných teplot přiváděného vzduchu [2].

V případě, kdy pracovník vykonává práci kancelářskou, administrativní, práci s PC, laboratorní práci, práci spojenou s lehkou manuální prací rukama, přesouvání a pokládání lehkých břemen, pak minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být podle § 41 NV č. 361/2007 Sb. 25 m³/h [13]. U pracovních činností vykonávaných v uzavřeném prostoru je doporučená hodnota rychlosti proudění vzduchu 0,15 m/s [12].

1.5.3 CIRKULACE VZDUCHU

Neexistují žádná nařízení, která by upravovala způsob cirkulace vzduchu v místnosti. Tento problém se při plánování laboratoře řeší individuálně. Nejdůležitější při řešení cirkulace vzduchu je, aby v místnosti nevznikl průvan a aby byl průtok vzduchu v místnosti rovnoměrný. Je důležité, aby vzduch neproudil přímo na měřicí přístroje [2].

1.6 ČISTOTA VZDUCHU

Požadovaná úroveň čistoty v měřicí místnosti, která zahrnuje také čistotu vzduchu, musí být stanovena s ohledem na použité měřicí úlohy a postupy měření. V závislosti na požadavcích může být nutno použít filtrační zařízení ke snížení množství prachu v místnosti [2].

Vzduch je tvořen zejména 78,8 % dusíku, 20,7 % kyslíku, 0,03 % oxidu uhličitého a 0,47 % vodní páry. Ve stopovém množství se ve vzduchu vyskytuje čpavek, vzácné plyny, ozón apod. Koncentrace oxidu uhličitého vyšší, než 2,5 % způsobuje člověku zdravotní potíže. Při koncentraci vyšší než 14 % dochází k ohrožení života [14].

Nejčastější znečišťující složkou ovzduší je prach, který může způsobovat zdravotní problémy jako jsou dráždění sliznic nebo kůže. Pro snížení množství prachu v místnosti mohou být použita různá filtrační zařízení, odvětrávání nebo prostředky k zachycení prachu [14]. Prach škodí nejen lidem, ale i elektrickým zařízením. Hranice snesitelného množství prachu je u

člověka mnohem vyšší než u měřicích zařízení. Funkci měřicího zařízení může ovlivnit už koncentrace 8 mg/m³.

V uzavřených měřicích místnostech by měl být zajištěn mírný přetlak (například 5 Pa) z toho důvodu, aby se při otevírání dveří do místnosti nedostaly žádné prachové částice ani teplý či studený vzduch [2]. Problém vnášení nečistot do laboratoře může být částečně vyřešen například nošením ochranných pláštíků a čepic, nošením přezůvek nebo umístěním lepicího koberce před dveře místnosti.

1.7 KLIMATIZACE

Kromě specifikací prvořadých významných metrologických proměnných, jako jsou teplota, vlhkost vzduchu, rychlost vzduchu a ostatní, je třeba vzít v úvahu následující proměnné [2]:

- Prostorové požadavky
- Tlumení vibrací způsobených klimatizací, zvukové izolace
- Aspekty preventivní údržby (rozsah, doba trvání, náklady)
- Dostupnost instalačních dílů pro údržbu
- Dodávka médií pro klimatizační jednotku a měřicí místnost (výkon, chlad, stlačený vzduch)
- Bezpečnostní požadavky
- Provozní náklady
- Záruka/zákaznické služby
- Provozní schopnost (doba mezi poruchami)

Jedním z důležitých aspektů při sestavování katalogu požadavků na implementaci systému klimatizace a následné vhodné dimenzování je předběžné naplánování spolupráce mezi vlastníkem laboratoře, architektem, plánovacími inženýry a specialisty na klimatizace [2].

Při navrhování klimatizačního systému by měly být brány v úvahu všechny faktory ovlivňující klima v laboratoři. Hlavním faktorem je způsob a příčina přenosu tepla. Výměna tepla probíhá formou vedení, proudění nebo záření. Všechny z těchto tří typů přenosu tepla jsou důležitými faktory ovlivňujícími vliv tepla na místnost, měřicí přístroje a měřené objekty [2]. Způsoby přenosu tepla jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tab 6) Způsoby přenosu tepla [2]

Tepelné vedení	Proudění		Záření
	Volné	Nucené	
<ul style="list-style-type: none"> • Zdroje tepla uvnitř zařízení • Základy • Podlahy • Stěny • Okna • Strop • Zaměstnanci 	<ul style="list-style-type: none"> • Prostorové teplotní rozdíly 	<ul style="list-style-type: none"> • Cirkulace vzduchu klimatizační jednotkou 	<ul style="list-style-type: none"> • Osvětlení • Zaměstnanci • Vybavení • Podlahy • Stěny • Okna • Strop • Izolace

1.8 OSVĚTLENÍ

Rozlišujeme denní, umělé a smíšené osvětlení. Osvětlení v měřicí místnosti musí být dostatečné, v ideálním případě zajištěno denním světlem.

Minimální hodnota denního osvětlení je na pracovišti, na němž se vykonává trvalá práce, vyjádřena činitelem denní osvětlenosti. Tato hodnota je stanovena $D = 0.5 \%$ a při horním nebo kombinovaném denním osvětlení na $D = 1 \%$. V případě pracoviště, na němž povaha výrobků, zpracovávané materiály či pracovní činnosti vyžadují vyloučení denního světla, udává nařízení vlády výjimku, při které však musí být splněna minimální hodnota celkového umělého osvětlení 200 luxů [13].

Z metrologického hlediska je působení denního světla nežádoucí, neboť způsobuje změnu teploty v místnosti a ovlivňuje tak výsledky měření. V případě, že nejsme schopni poskytnout dostatečný přísun denního světla, musí být měřicí zařízení vybavena umělým individuálním osvětlením.

1.8.1 OBECNÉ POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ

V měřicí místnosti by měla být použita svítidla vyzařující nízkou úroveň tepelného záření (například LED osvětlení). Svítidla by měla být vybírána s ohledem na aspekty spotřeby energie, provozních nákladů, investičních nákladů, dlouhodobé stability, životního prostředí a ekologie. Světla by měla být neustále zapnutá, jelikož vypínání a zapínání světel by měla za následek změnu teploty v místnosti. [2]

Doporučené hodnoty pro denní a umělé osvětlení jsou individuální. Při stanovení hodnot záleží na typu práce, druhu povrchu, zda odráží nebo absorbuje světlo, vlastnostech pracovní plochy, technické konstrukci budovy a na dalších parametrech. Při práci na pracovišti, kde dochází k manipulaci s předměty se středním až nízkým kontrastem je doporučená intenzita mezi 500-1000 luxy. Abychom dosáhli správné intenzity osvětlení, které bude mimo jiné vyhovovat ergonomickým požadavkům pracoviště a BOZP, je třeba vybrat světla, která jsou navržena tak, aby vydávala světlo odrážející se od stěn, stropů a dalších předmětů [15].

Nedostatek nebo i naopak nadměrné množství světla může pracovníky negativně ovlivnit. Nedostatek světla způsobuje únavu, nepohodu, bolesti hlavy, zhoršení soustředěnosti, deprese nebo jiné psychické potíže. Přílišné světlo může způsobit bolesti hlavy a očí a zapříčinit tak snížení soustředěnosti [10].

Kvalitní osvětlení na pracovišti má primárně ochránit zrak a celkové lidské zdraví a zabránit případným úrazům v důsledku nedostatečného osvětlení, nebo přílišné únavy pracovníka.

1.8.2 INDIVIDUÁLNÍ OSVĚTLENÍ PRACOVISTĚ

Osvětlení jednotlivých pracovišť může být kromě obecného osvětlení vhodné v případě, že se na ně vztahují zvláštní požadavky. Při plánování by se mělo brát v úvahu tepelné záření od zdroje. Aby se zabránilo nežádoucímu vyzařování tepla ze světla, mělo by se použít LED osvětlení. Požadovaná intenzita světla by měla být zajištěna obecným osvětlením, nikoliv individuálním osvětlením jednotlivých pracovišť [2].

1.9 NÁVRH MÍSTNOSTI

Účelem plánování musí být zaručení minimálních rušivých vlivů působících na měřicí přístroje používaných v laboratoři. Vybavení zahrnuje měřicí přístroje a jiná zařízení, vybavení pro

logistické procesy, pro bezpečnost práce a pro požární ochranu. Kromě měřicích přístrojů se v místnosti vyskytuje také ostatní technické vybavení. Nedostatky v plánování, které se často projevují až při provozu, lze napravit pouze na vysoké dodatečné náklady. Uváží-li se všechny prostory pro zařízení, pracoviště, skladovací prostory, pomocné oblasti a dopravní trasy, získají se celkové nároky na prostory a zabrání se tak vynaložení dalších nákladů [2].

1.9.1 VÝŠKA MÍSTNOSTI, STĚNY A PODLAHY

Požadovaná výška laboratoře je určena nejvyšším zařízením v místnosti a případnými instalačními vzdálenostmi. Je třeba brát v úvahu a minimalizovat případné splnění zvláštních instalačních podmínek přijetím opatření týkajících se struktury budovy, místa instalace, stínění, a tak dále [2].

Stěny uvnitř místnosti by měly být hladké, odolné proti otěru a snadno omyvatelné. Tyto vlastnosti jsou požadovány převážně z hlediska udržení čistoty v měřicí místnosti. V závislosti na požadavcích měřicí místnosti může být nutná regulace teploty stěn. Vhodné jsou dvojité stěny, kterými proudí odsávaný vzduch. Tímto způsobem jsou stěny místnosti udržovány při pokojové teplotě a vliv tepelného záření je výrazně snížen [2].

Stěny a podlahy by měly být tepelně izolovány, aby v zimním období nezapříčinily větší odvod tepla z místnosti a neovlivnily tak měření. V závislosti na požadavcích mohou být použité různé stavební materiály (například sádkokarton, zdivo). Přirozená frekvence prvků stěn a podlah by měla být zvolena tak, aby nemohla být ovlivněna vibracemi z klimatizačního systému, jelikož nechceme, aby stěny nebo podlahy rezonovaly a vytvářely tak vibrace, které by mohly být přenášeny na měřicí techniku [2].

Potřebná podlahová plocha závisí na metrologických úkonech, které mají být prováděny, na personálu a na požadovaném technickém vybavení. Do plánování prostor by měly být zahrnuty také oblasti vyhrazené pro případné rozšíření laboratoře, nebo změny v provozu laboratoře [8].

Dle VDI/VDE 2627 musí být podlaha v souladu s DIN 18202 vodorovná a rovná, aby zde nenastalo riziko zakopnutí, případně aby nedocházelo k zadrhávání přepravných prostředků, což by způsobilo nadměrné namáhání hran podlahy a následné mechanické opotřebení [2]. Tento parametr je důležitý zejména pro návaznost podlahy na okolní konstrukce, jako jsou třeba dveře [16]. Maximální přípustná nerovnost je 2 mm na metr délky [8].

Podlaha musí být opatřena vhodnou tepelnou izolací, aby nedocházelo k ochlazování místnosti. Dostatečná tepelná izolace zajišťuje splnění požadavků na tepelnou izolaci podlah dle ČSN 643510. Podlahy by měly být odolné vůči opotřebení v důsledku broušení vrchní vrstvy našlapováním, odolné proti nárazu a proti soustřednému zatížení [8]. Podlahy musí být schopny zvládnout dostatečné zatížení, aby bylo možné pohybovat měřicím zařízením obvyklým zdvihacím zařízením a nedošlo při tom k trvalým deformacím podlahy. Dále musí být schopny udržet tíhu měřicích zařízení, pracovníků a veškerého vybavení vyskytujícího se na pracovišti. Podlahy musí být snadno omyvatelné, jelikož v místnosti musí být udržována požadovaná čistota a aby nečistoty neovlivnily průběh měření. Aby nedošlo k narušení vodivosti, která může být při některých úkonech požadována, je třeba dbát na to, aby k čištění nebyly používány čisticí prostředky zanechávající filmovou stopu. [2].

V České republice je ekvivalentem německé normy DIN 18202 norma ČSN 74 4505. Česká norma má přísnější požadavky na rovinnost povrchu průmyslové podlahy než německá.

Ani jedna z norem není obecně závazná, tudíž si investor může požadavky na stavbu určit podle svých potřeb.

1.9.2 SVĚTLÁ VÝŠKA A OBJEMOVÝ PROSTOR

Minimální výška stropu je určena instalační výškou nejvyššího měřicího zařízení [2]. Objemový prostor laboratoře musí být 12 m³ pro jednoho zaměstnance. Žádné stabilní provozní zařízení nesmí zmenšit objemový prostor [13].

1.9.3 ROZMĚRY PODLAHOVÉ PLOCHY

Volná podlahová plocha musí být pro jednoho zaměstnance nejméně 2 m² mimo stabilní provozní zařízení a spojovací cesty. Šířka volné plochy pro pohyb zaměstnanců nesmí být stabilním zařízením v žádném místě zúžena pod 1 m [13].

1.9.4 ROZMĚRY PRACOVNÍ ROVINY A PRACOVNÍHO MÍSTA

Výška pracovní roviny odpovídá tělesným rozměrům zaměstnance, základní pracovní poloha a zrakové náročnosti při práci. Při práci vsedě je optimální výška pracovní roviny nad sedákem u mužů 220 až 310 mm a u žen 210 až 300 mm. Základní výška sedáku nad podlahou je 400 ± 50 mm. Výškou pracovní roviny je místo, na němž jsou pohyby končetin zaměstnance při manipulaci se zařízeními nejčastěji vykonávány [13].

Při práci se zvýšenou náročností na zrak, jako je například manipulace s drobnými předměty nebo schopnost rozlišovat detaily na předmětech s malým kontrastem, se výška pracovní roviny zvětšuje o 100 až 200 mm. Pracovní místo musí být přizpůsobeno tak, aby zaměstnanec nezaujímal nepřijatelné pracovní polohy a aby pohybové prostory, manipulační roviny a síly vynaložené zaměstnancem odpovídaly jeho tělesným rozměrům [13].

Sedadlo musí být stabilní, musí umožňovat snadnou regulaci výšky sedáku a sklon zádové opěrky, a musí odpovídat podmínkám práce. Na pracovním místě musí být dolním končetinám umožněn pohyb vpřed a do stran [13].

Požadavky na rozměry prostoru pro dolní končetiny při práci v sedě [13]:

- Nejmenší výška nad podlahou 600 mm
- Nejmenší šířka 500 mm
- Nejmenší hloubka od přední hrany stolu 500 mm
- Optimální hloubka od přední hrany stolu 700 mm
- Nejmenší vzdálenost roviny sedadla od dolní plochy stolu 200 mm

1.9.5 DVEŘE, ÚNIKOVÉ CESTY A NOUZOVÉ VÝCHODY

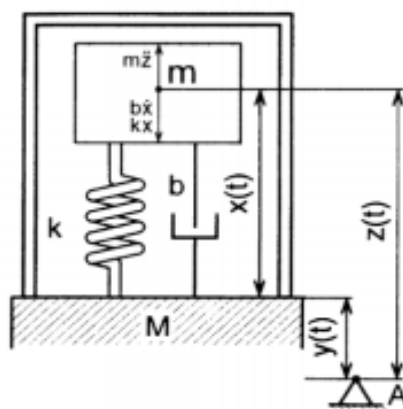
Dveře musí být dostatečně velké pro průchod měřicího zařízení. Pro předání relativně malých předmětů by mohly být dostačující dodávací otvory, aby nedocházelo ke změnám teploty v měřicí místnosti a aby otevíráním dveří nevznikaly tlakové vlny, které měření ovlivňují. Dveře by měly být částečně prosklené kvůli udržování vizuálního kontaktu měřicí místnosti. Všechny dveře a přístupové vstupy musí být dostatečně tepelně izolované, aby se jejich teplota co nejvíce přibližovala teplotě stěn v místnosti a nedocházelo k tepelné výměně mezi laboratoří a okolím [2].

Únikové cesty musí být naplánovány a řádně označeny. Cesty musí vést nejkratší vzdáleností do zabezpečeného prostoru nebo ven z budovy. Při plánování by se mělo dát pozor, aby únikové cesty nevedly pracovním prostorem [2]. Nejmenší šířka únikové cesty je 825 mm a šířka únikových dveří musí být alespoň 800 mm [17].

1.9.6 VIBRACE

Měřicí přístroje používané v laboratořích jsou ovlivňovány mechanickými vibracemi, které mohou postihovat jejich funkce a zkreslovat naměřené hodnoty. Vibrace mohou být způsobeny různými silami, které se na měřicí přístroj přenesou přes zem nebo budovu, nebo mohou být generovány samostatným zařízením. Míra vibrací závisí na mnoha proměnných vstupujících do systému. Výrobce přístroje stanovuje mezní hodnoty vibrací, které musí být dodrženy. Pro kontrolu mohou být měření vibrací prováděny na počátku instalace přístroje. Kontrola vibrací je doporučena pro měřicí místnosti, které se nacházejí v blízkosti výrobního zařízení nebo dopravních komunikací [2].

Jedním ze způsobů přezkoumání vibrací je použití snímačů vibrací. Ideálním snímačem pro měření absolutních vibrací je akcelerometr – snímač zrychlení. Tyto snímače se vyznačují malou hmotností, vysokou citlivostí a vysokou vlastní frekvencí [18]. Akcelerometr se skládá ze základny, která je pevně spjatá s objektem měření (M) a z pružně setrvačné hmoty (k), díky které senzor vyhodnocuje tlumení (b), které je reprezentováno umělými tlumiči nebo prouděním vzduchu apod. [19] Model absolutního akcelerometru je zobrazen na obrázku č. 5.

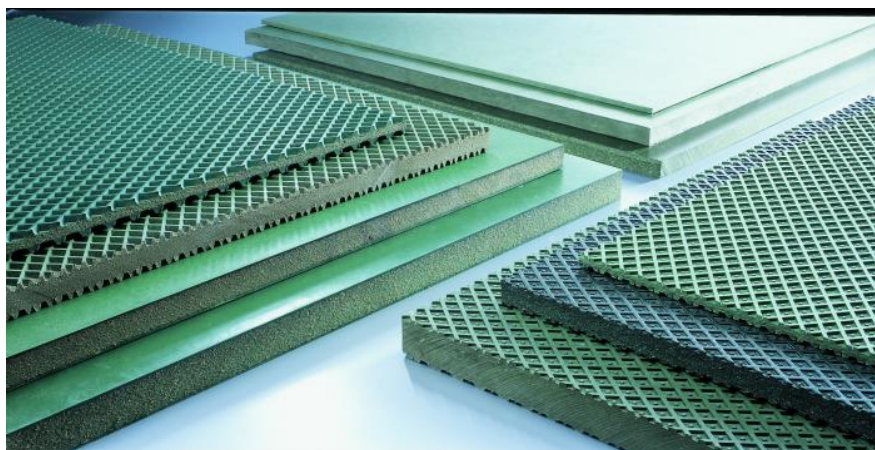


Obr. 5) Model absolutního akcelerometru [19]

AKTIVNÍ A PASIVNÍ IZOLACE VIBRACÍ

Nežádoucí účinky lze do jisté míry omezit mechanickým oddělením zdroje vibrací izolačními prvky. Pasivní izolací lze přenos vibrací na cestě od zdroje ke chráněnému objektu přerušit například budováním podzemních stínících stěn s vloženými dynamickými filtry, které zčásti sníží přenos vibrací. Zatímco při pasivní izolaci je měřicí zařízení citlivé na vibrace chráněno před mechanickým buzením z okolí, v případě aktivní izolace se snažíme generátor vibrací stínit.

Možným řešením tlumení vibrací je použití antivibračních podložek (obrázek č. 6), které lze umístit buď přímo pod zdroj vibrací (strojní zařízení), nebo pod měřicí přístroje. Antivibrační podložky by měly být schopny izolovat frekvenci okolo 1-30 Hz.



Obr. 6) Antivibrační podložka [21]

Pro tlumení vibrací lze použít také antivibrační stoly. Jsou tvořeny tuhým ocelovým rámem, přesnou kamennou broušenou stolovou deskou, tlumícími a nivelačními mechanickými prvky mezi rámem a podlahou a tlumícími izolačními antivibračními pneumatickými membránovými prvky mezi ocelovým rámem a kamennou deskou [22]. Pneumatické stoly (obrázek č. 7) jsou schopny izolovat frekvenci okolo 1-1000 Hz [23].



Obr. 7) Antivibrační pneumatický stůl [22]

Kromě stavebních izolací můžeme použít aktuátory (obrázek č. 8). Aktuátor je část mechatronického zařízení, která ve chvíli, kdy dostane signál od vibračního senzoru, převede informační část procesu (signál) na technickou – utlumí vibrace. Aktuátory mohou být pneumatické, hydraulické a piezoelektrické [24].



Obr. 8) Lineární aktuátor [25]

V případě potřeby může být problém konzultován s odborníkem na strukturální dynamiku. Odborník může měřit a vyhodnocovat vibrace v reprezentativním časovém období. V určitých případech mohou být vibrační senzory namontovány přímo na měřicí přístroje citlivé na vibrace. Tyto senzory upozorňují na překročení mezních hodnot dříve, než by došlo k problému ovlivnění výsledků měření [2].

VIBRACE Z ERGONOMICKÉHO HLEDISKA

Vibrace se vyjadřují pomocí průměrné souhrnné vážené hladiny zrychlení vibrací uváděné v dB, kmitočtu nebo průměrné souhrnné vážené hladiny hodnoty zrychlení [12].

Z ergonomického hlediska se rozlišují na [12]:

- Celkové vibrace přenášející se na osobu z vibrujícího sedadla nebo plošiny tak, že způsobují vibrace celého organismu
- Celkové vibrace budov
- Celkové vertikální vibrace s frekvencí po 1 Hz, které vyvolávají tzv. nemoci z pohybu (nevolnost, bolesti hlavy, zvracení atd.)
- Místní vibrace přenášené na ruce vyskytující se při práci s vibrujícími nástroji. Tento typ vibrací je nejčastější a zdravotně nejzávažnější. Způsobuje poškození šlach, kostí, kloubů, svalů a onemocnění cév nebo postižení nervů

Přípustná hodnota vibrací přenášených například na ruce je pro 8hodinovou směnu 123 dB nebo 1.4 m/s^2 . Při takových hodnotách nedochází dlouhodobě k poškození zdraví, pokud by však vibrace dosahovaly průměrné hodnoty 137 dB nebo 7.1 m/s^2 za osmihodinovou směnu, pak po dvaceti minutách expozice dojde u zdravého člověka k poškození zdraví [12]. Ve srovnání působení vibrací pro stroje jsou u člověka amplitudy zdraví škodící mnohem vyšší. Když zajistíme optimální podmínky působení vibrací pro stroje, zaručeně tak splníme i podmínky pro člověka.

1.9.7 PROVOZ A ÚDRŽBA

Během provozu je nutné pravidelné sledování charakteristických veličin laboratoře, aby bylo zajištěno dodržování stanovených vlastností. Je třeba v pravidelných intervalech kontrolovat klimatizační a napájecí systémy, přepravní a dopravní zařízení a celkovou provozuschopnost laboratoře. Při sledování teploty v místnosti je vyžadováno nejméně osm senzorů po bocích místnosti a jeden uprostřed. Sensory by měly být umístěny dostatečně daleko (cca. 1 m) od stěn a podlah, aby zde nedocházelo ke zkreslování výsledků naměřených hodnot [2].

Existují různé komerčně dostupné systémy umožňující monitorování důležitých vlastností laboratoře. Například firma ZEISS využívá systém ZEISS TEMPOR, který umožňuje sledovat měřicí prostředí. Na obrázku č. 9 můžete vidět doporučené rozmístění teplotních čidel.



Obr. 9) Rozmístění teplotních čidel [26]

1.9.8 MÉDIA A NAPÁJENÍ DODÁVKA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Požadavky na dodávku energie závisí primárně na energii potřebné pro měřicí zařízení a osvětlení. Obvyklá napětí jsou 230 V a 400 V. V některých případech měřicí přístroje a počítače kladou zvláštní požadavky na pomocné napájení. Měl by být zajištěn dostatečný počet připojení a v případě potřeby by měla být použita nouzová napájecí jednotka nebo nepřerušitelný zdroj napájení [2].

PŘÍVOD STLAČENÉHO VZDUCHU

Na měřicí technice, hlavně na souřadnicových strojích se používají vzduchová ložiska, vzduchové pohony a některé upínací přípravky jsou stlačeným vzduchem ovládány. Vzhledem k citlivé povaze těchto mechanismů může jakékoliv znečištění zapříčinit poruchu.

Atmosférický vzduch nasávaný do kompresoru může být znečištěn pevnými částicemi, oleji nebo vodou. Voda může způsobit korozi funkčních ploch nebo vnitřních rozvodů měřidla. Většina pevných částic je menších než 2 μm , a jsou tak příliš malé na to, aby se zachytily ve vstupním filtru kompresoru. Částice, které je vstupní filtr schopný zachytit jsou obvykle velikosti okolo 25 μm . Olej se do stlačeného vzduchu dostává z pístových a šroubových kompresorů, které se mažou oleji. Znečištění stlačeného vzduchu má negativní dopad na měřicí zařízení. Stlačený vzduch musí být suchý a bez olejů. Těsnění strojů se rychleji opotřebovávají a musí se často měnit, ventily v obvodech se zanášejí. Nečistoty pronikají také do tlumičů, postupně uspávají otvory a trysky [27].

Kvalita stlačeného vzduchu je podrobněji řešena v normě ISO 8573-1. Kvalita je v normě popsána třídami 0 až 9 a každá z nich má předepsaný maximální obsah pevných částic, vody a oleje. Pro různé aplikace jsou požadovány různé třídy čistoty [27]. Třídy kvality pro jednotlivé parametry jsou uvedeny v tabulkách č. 7, 8 a 9.

Tab 7) Koncentrace pevných částic [28]

TŘÍDA	Maximální počet částic na m ³		
	0,1-0,5 μm	0,5-1 μm	1-5 μm
0	Podle specifikace uživatele nebo dodavatele zařízení		
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10
2	≤ 400 000	≤ 6 000	≤ 100
3	Nespecifikováno	≤ 90 000	≤ 1 000
4	Nespecifikováno	Nespecifikováno	≤ 10 000
5	Nespecifikováno	Nespecifikováno	≤ 100 000
TŘÍDA	Koncentrace c _p [mg/m ³]		
6	0 < c _p ≤ 5		
7	5 < c _p ≤ 10		
X	c _p > 10		

Tab 8) Koncentrace vody [28]

TŘÍDA	Tlakový rosný bod vodních par [°C]
0	Podle specifikace uživatele nebo dodavatele zařízení
1	≤ -70
2	≤ -40
3	≤ -20
4	≤ +3
5	≤ +7
6	≤ +10
TŘÍDA	Koncentrace vody c _w [g/m ³]
7	c _w ≤ 0,5
8	0,5 < c _w ≤ 5
9	5 < c _w ≤ 10
X	c _w > 10

Tab 9) Koncentrace oleje [28]

TŘÍDA	Celkový obsah oleje (kapalné aerosoly a mlhy) [g/m ³]
0	Podle specifikace uživatele nebo dodavatele zařízení
1	≤ 0,01
2	≤ 0,1
3	≤ 1
4	≤ 5
X	> 5

Pro zachycení nežádoucích nečistot a minimalizaci přítomnosti oleje nebo vody ve stlačeném vzduchu můžeme použít speciální filtry nebo sušičku. Pevné částice zachytí vhodný filtr nebo více filtrů za sebou. Olej se ve vzduchu může vyskytovat ve formě aerosolu nebo páry. Aerosol zachytí kvalitní standardní filtr a olejovou páru filtr s aktivním uhlím. Voda ze stlačeného vzduchu může být odstraněna sušičkou, kterou řadíme za kompresor [27].

2 POPIS SOUČASNÉHO STAVU ZKUŠEBNÍ LABORATOŘE

Vybraná zkušební laboratoř je součástí automobilového závodu. Tato laboratoř je určena k ověřování shody výrobků s geometrickou specifikací. Prostor laboratoře je rozdělen do dvou místností. První místností je hlavní laboratoř, kde se nachází 6 měřicích přístrojů a provádí se zde hlavní měření. Druhou místností je sdílený prostor kanceláře a laboratoře, kde pracují zaměstnanci administrativy laboratoře a probíhají zde měření na dalších dvou měřicích přístrojích a ruční měření posuvnými měřidly a mikrometry.

2.1 MATERIÁLOVÝ TOK A PROCES ZPRACOVÁNÍ ZAKÁZKY

Diagram materiálového toku laboratoře je znázorněn na obrázku č. 10 a proces zpracování zakázky na obrázku č. 11.

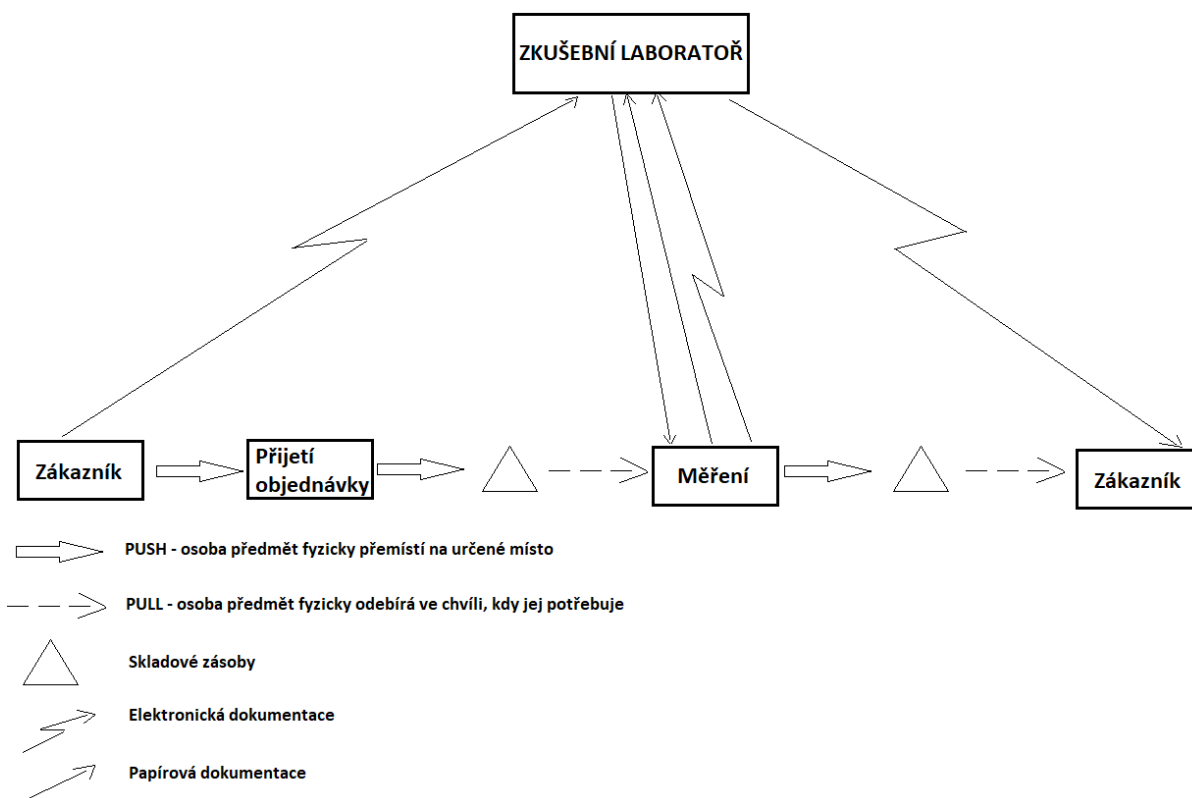
V laboratoři momentálně pracuje 7 zaměstnanců na ranní směně a 4 zaměstnanci na odpolední směně.

Zákazník fyzicky do kanceláře přinese díl, který potřebuje změřit a v elektronické podobě k tomuto dílu odešle dokumentaci prostřednictvím firemního softwaru. Administrativní pracovníci kanceláře rozhodnou, zda je laboratoř schopna změřit všechny požadované rozměry a správně vyhodnotit výsledky, a tudíž zakázku přijmout. V případě, kdy zaměstnanci zakázku přijmou, musí díly fyzicky odnést do regálu, kde se skladové zásoby dílů připravených k měření uchovávají z důvodu teperace. Teperace je důležitá příprava výlisku, kdy díl uchováváme v místnosti tak, aby dosáhl požadované stabilní teploty. Požadovaná teplota je shodná s teplotou měřicího systému, aby nedocházelo k deformaci dílu během měření.

Pracovníci administrativy dle časového plánu laboratoře naplánují, kdo bude díly měřit a v jakém časovém rozvržení. Pověření měřicí technici si na začátku směny vyzvednou zakázkový list s příloženým výkresem daného dílu a instrukcemi, co je potřeba u dílu naměřit a kolik kusů budou měřit. Následně si díly vyzvednou z regálu, do kterého je pracovníci administrativy uložili.

Pro správnost měření si měřicí technik vytvoří plán, jakým způsobem co nejefektivněji upnout vzorek do měřicího přístroje, aby byl schopen změřit všechny požadované parametry. Správné upnutí obrobku do stroje minimalizuje následnou manipulaci pro další upínání, usnadní tak práci a sníží negativní dopady na měření. V případě, že pracuje s 3D souřadnicovým přístrojem, jej musí nejprve naprogramovat dle výkresu.

Po samotném měření se do systému zadává elektronický protokol, který převezme koordinátor komunikující se zákazníkem. Koordinátor pak zákazníkovi elektronickou formou pošle informaci o ukončení měření spolu s měrovým protokolem. Zaměstnanec změřené díly i s papírovou dokumentací odevzdá do příslušného regálu, kde si je zákazník vyzvedne. Originální žádanku zaměstnanec vrací zákazníkovi spolu s naměřenými díly a nechá si kopii zakázkového listu pro potřeby laboratoře.



Obr. 10) Materiálový tok laboratoře

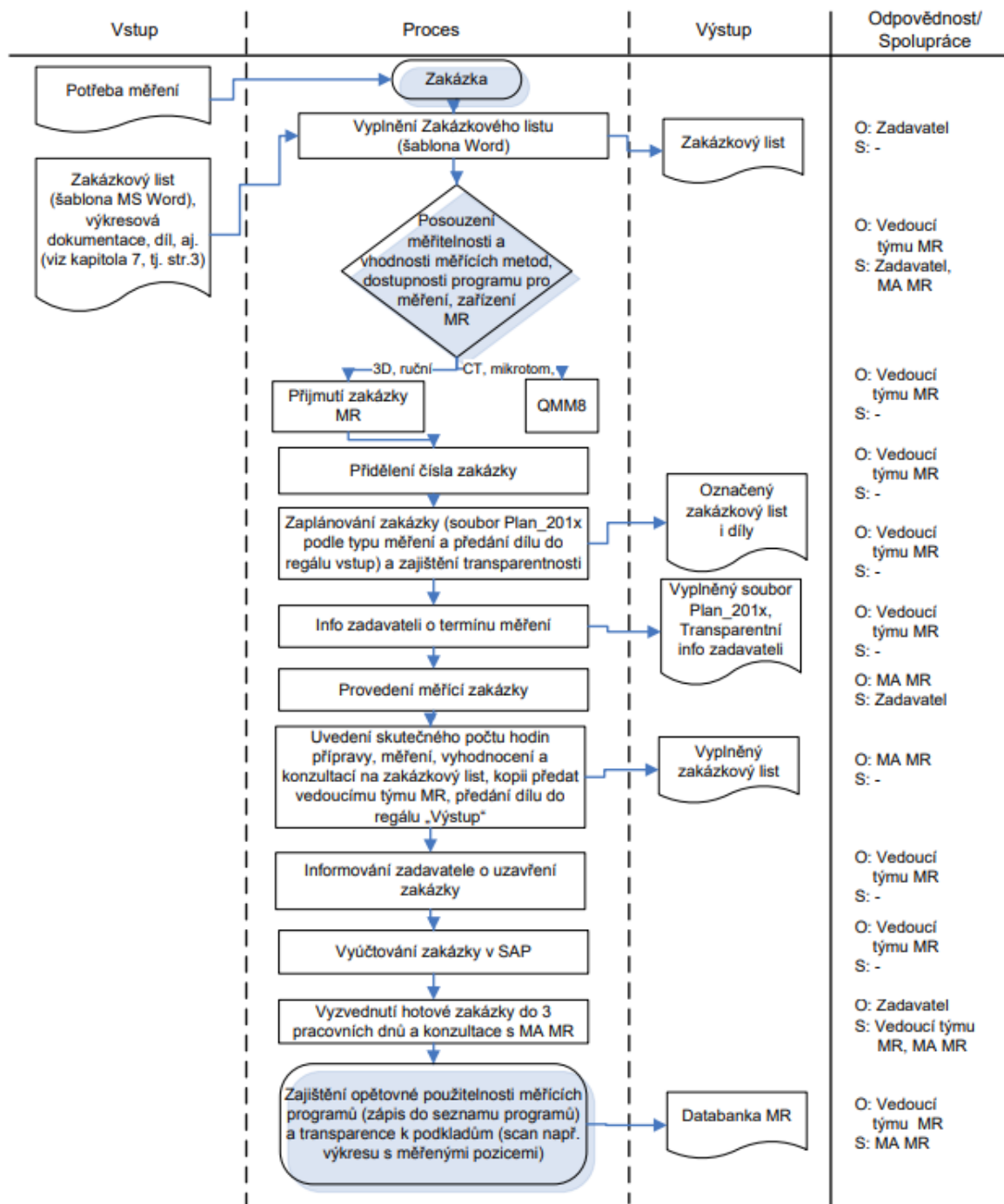
2.2 PROSTORY LABORATOŘE

Hlavní laboratoř se nachází v přízemí dvoupatrové budovy. Jedna strana laboratoře je orientována do závodu a druhá strana je vybavena dvojitou stěnou, která odděluje laboratoř od venkovní stěny budovy. Dvojitá stěna slouží ke snadnějšímu udržování stálé teploty a omezení dopadu přímého slunečního svitu, který by mohl nepříznivě ovlivnit měření. V mezistěně jsou umístěna malá okna s nainstalovanými žaluziemi. Tento prostor pracovníkům také slouží pro odkládání věcí. Schéma půdorysu hlavní laboratoře je znázorněn na obrázku č. 12.

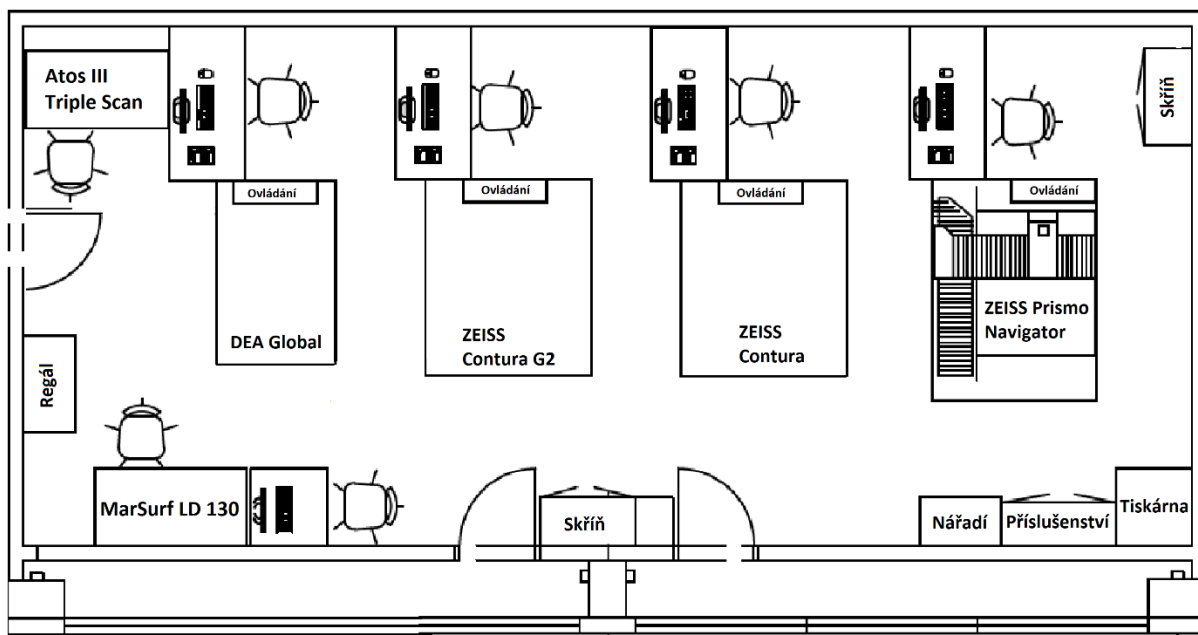
V laboratoři se nachází 6 pracovních pozic a měřicích přístrojů. Každé pracovní místo je také vybaveno vlastním počítačem pro práci. Ve zbytku místnosti jsou uloženy regály pro uskladnění materiálů, skříně s náradím, upínacími přípravky a různým potřebným příslušenstvím. Pro potřeby pracovníků je zde taky síťový počítač a tiskárna. Síťový počítač je jako jediný v místnosti připojený k internetové síti a v případě potřeby je pracovníky využíván. Počítače, které mají zaměstnanci na svém pracovním místě, k internetu z bezpečnostních důvodů firmy připojeny nejsou.

Naproti laboratoře se přes úzkou chodbu nachází sdílený prostor kanceláře a laboratoře, kde jsou umístěny další měřicí přístroje. Sdílený prostor je vybaven sedmi pracovními místy. Čtyři pracovní místa zaujímají pracovníci administrativy a na dalších třech místech probíhají měření. V kanceláři dochází k přebírání a předávání zakázek. Schéma půdorysu sdíleného prostoru kanceláře a laboratoře můžete vidět na obrázku č. 13.

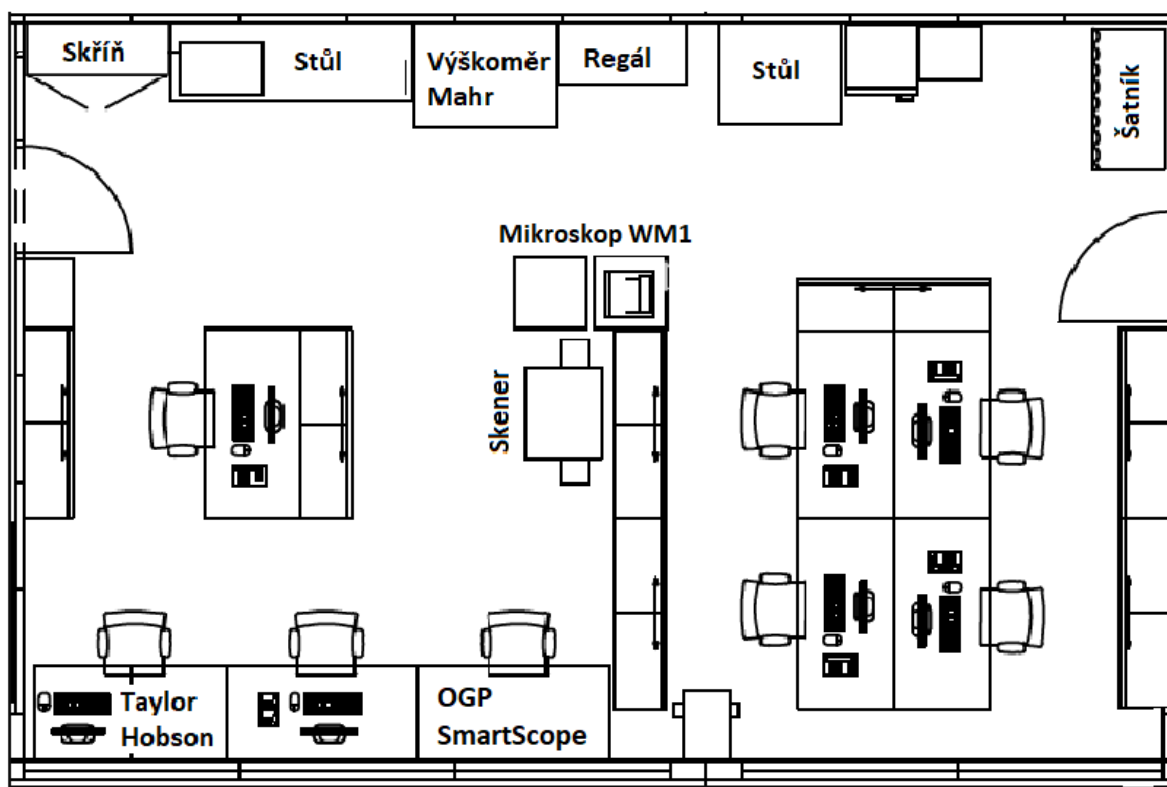
Kancelář má jednu stranu, stejně jako měřicí laboratoř, orientovanou do závodu a z druhé strany je venkovní stěna budovy. Na jedné straně laboratoře jsou dveře, které vedou do kanceláře metrologů.



Obr. 11) Proces zpracování zakázky [34]



Obr. 12) Schéma půdorysu hlavní laboratoře [35]



Obr. 13) Schéma půdorysu sdíleného prostoru kanceláře a laboratoře [35]

2.3 ÚLOHY A CÍLE LABORATOŘE

Hlavním cílem laboratoře je provádět měření geometrické charakteristiky výrobků za účelem kontroly nových nástrojů, korekci nástrojů, vzorkování, reklamace a další měření podle specifických požadavků interních zákazníků. Úlohy laboratoře spočívají ve vyhodnocování tolerancí odchylek polohy, jako jsou rovnoběžnost, symetrie, souosost, soustřednost, poloha, kolmost, úhly, vzdálenosti, odchylky polohy 2D křivky, odchylky polohy obecné plochy a obvodové a čelní házení. Dále se laboratoř zabývá vyhodnocováním tolerance odchylek tvaru, kde se měří přímost, rovinnost, kruhovitost, válcovitost, odchylky tvaru 2D křivky a odchylky tvaru 3D plochy. Mezi další úlohy laboratoře patří vyhodnocování tolerance rozměrů a vzdáleností a vyhodnocování charakteru povrchu neboli měření drsnosti [28].

2.4 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE LABORATOŘE

Přímo v laboratoři se nachází 6 měřicích přístrojů. První z nich, DEA Global 2-7.10.7, funguje v soustavě pravoúhlých souřadnic. Princip činnosti přístroje je založen na portálové architektuře a vertikální snímací hlavě.[29] Další tři souřadnicové měřicí přístroje PRISMO Navigator 5/7 HTG/S-ACC, CONTURA 10/12/6 RDS a CONTURA G2 10/12/6 RDS jsou produkty firmy Zeiss. Vyjmenované stroje slouží k rychlému a přesnému měření a jsou složeny ze čtyř částí: měřicí přístroj, řízení, ovládací panel a počítačová skříň [30][31][32]. Tyto měřicí přístroje jsou tři portálové souřadnicové měřicí přístroje s otočnou skenovací hlavou. V laboratoři se rovněž nachází 3D optický skener Atos III Triple Scan, který je využíván pro celoplošné měření geometrie menších či středně velkých dílů. Princip činnosti je založen na projekci paprsků světla na skenovaný objekt. Posledním měřicím přístrojem v laboratoři je konturograf MarSurf LD 130 od firmy Zeiss [31].

Součástí laboratoře je také již zmíněný sdílený prostor kanceláře s laboratoří, kde se nacházejí ještě dvě další měřicí zařízení. Jedná se o 3D mikroskop FLASH 200 firmy OGP, který měří opticky, ale má i sondu pro dotykové měření a profilometr PGI SERIES 2 od firmy Taylor Hobbs, který měří všechny formy drsnosti. Tento profilometr je schopen měřit parametry drsnosti jak po přímce, tak po oblouku.

2.5 TECHNICKÉ PARAMETRY LABORATOŘE

V této kapitole si uvedeme, jak je problematika technických parametrů řešena ve stávající laboratoři a jak laboratoř vypadá. Mezi tyto parametry patří osvětlení pracoviště, které je důležité zejména z ergonomického hlediska, klimatické podmínky, které zahrnují vlhkost a referenční teplotu v laboratoři a řešení izolace vibrací.

2.5.1 OSVĚTLENÍ

V laboratoři jsou nainstalována stropní neonová světla, na všech pracovištích se nachází LED osvětlení a dále jsou v místnosti laboratorní zdroje studeného světla. K určení přesné intenzity osvětlení nemáme k dispozici měřicí přístroje. Na venkovní stěně budovy jsou okna chráněna roletami a vnitřní okna mají nainstalované žaluzie. Tato opatření alespoň z části brání přímému pronikání denního světla do místnosti. Sdílený prostor kanceláře a laboratoře je vybaven pouze venkovními roletami.

2.5.2 NOSNOST PODLAHY

Speciální požadavky na nosnost podlahy u souřadnicových přístrojů jsou dány hmotností a uložením strojů v místnosti. Jelikož chceme minimalizovat kontakt stroje s potenciální

nerovností podlahy, jsou styčné plochy měřicích přístrojů s podlahou velmi malé a váha přístroje působící na tyto malé plochy vytváří speciální požadavky na nosnost. Další vybavení laboratoře, jako jsou třeba stolní zařízení zvláštní požadavky nemají. V laboratoři se nachází PVC, není však dostupná dokumentace k nosnosti podlahy. Přehled speciálních požadavků na nosnost podlahy je uveden v tabulce č. 10.

Tab 10) Přehled speciálních požadavků na nosnost podlahy [32][31][30][29]

Přístroj	Zatížení podlahy
ZEISS Prismo Navigator 9/15/7	16 N/cm ²
DEA Global B 7.10.7	800 N/cm ²
Zeiss Contura G2 10/12/6 RDS	65,4 N/cm ²
Zeiss Contura 10/12/6 RDS	95 N/cm ²

2.5.3 DODÁVKA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Přístroje používané v naší laboratoři nevyžadují speciální požadavky a pro funkci vystačí běžný přívod energie 100-240 V. Hodnoty napětí sítě, kolísání napětí a kmitočtu přístrojů jsou uvedeny v tabulce č. 11.

Tab.11) Hodnoty napětí sítě, kolísání napětí a kmitočtu [29][32][31][30]

Měřicí přístroj	Napětí sítě [V]	Kolísání napětí [%]	Kmitočet [Hz]
CONTURA X700/X1000	100-240	±10	50-60
CONTURA G2	100-240	±10	50-60
PRISMO 5/7 Navigator HTG	100-240	±10	47-63
DEA Global	100-230	±10	50-60

2.5.4 PŘÍVOD STLAČENÉHO VZDUCHU

Podle normy ISO 8573-1 Compressed Air-Contaminants and purity classes (Třída kvality stlačeného vzduchu) při koncentraci pevných částic se laboratoř řadí do 7. třídy a při maximálním množství oleje a teplotě rosného bodu do 4. třídy. Aby byly tyto třídy dosaženy, používá se v laboratoři odvlhčovač. Hodnoty maximálních přípustných hodnot pro konkrétní stře můžete vidět v tabulce č. 12.

Tab. 12) Maximální přípustné znečištění stlačeného vzduchu. [29][32][31][30]

Měřicí přístroj	Přívod stlačeného vzduchu [Bar]	Max. koncentrace znečišťujících částic [mg/m ³]	Max. teplota rosného bodu [°C]	Max. koncentrace oleje [mg/m ³]
CONTURA X700/X1000	6-8	8	+ 3	5
CONTURA G2	Min. 5	10	+ 3	5
PRISMO 5/7 Navigator HTG	6-10	8	+ 3	5
DEA Global	6-8	10	+ 10	5

2.5.5 TEPLOTA

Referenční teplota v laboratoři je stanovena na 23 ± 2 °C, což je doporučená teplota při práci s plasty, které jsou hlavními objekty měření v této laboratoři [7]. Teplota se kontroluje devíti teplotními čidly umístěnými na stěnách a uprostřed laboratoře. Před vstupem do laboratoře se zaměstnanec musí prokázat vstupní kartou, která mu vstup do laboratoře umožní. Zabrání se tak častému otevírání a zavírání dveří, které by mohlo mít za následek prudkou změnu teploty v laboratoři. K udržení stálé teploty slouží strojní klimatizace. Toto řešení však není dostatečné. Ve chvíli, kdy se teplota nachází mimo stanovený interval, je nutné ukončit všechna měření, informovat odpovědnou osobu a ta provede opatření. V prostoru kanceláře nejsou nainstalována žádná zařízení snímající či regulující teplotu a změna teploty se může pohybovat mezi 5 až 7 °C.

TEPLOTNÍ PODMÍNKY PRO MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

V navrhované laboratoři se budou používat stejné měřicí přístroje, jako se používají v laboratoři stávající. Při stanovování referenčních teplot je třeba brát zřetel na teplotní podmínky pro jejich použití.

Teplotní podmínky měřicích přístrojů [36][31][30][29]:

- CONTURA X700/X1000: 20 ± 2 °C
- CONTURA G2: 20 ± 2 °C
- PRISMO 5/7 Navigator HTG: 23 ± 7 °C
- DEA Global: 20 ± 2 °C
- MarSurf LD 130: 20 ± 2 °C

Jak lze z teplotních podmínek vidět, teplotní rozsahy přístrojů, s výjimkou Prismo 5/7 Navigator HTG, nejsou shodné se stanovenou referenční teplotou laboratoře. Měřicí přístroj Prismo 5/7 Navigator HTG disponuje teplotní kompenzací, což znamená, že má program pro korekci naměřených hodnot se zadáním teploty výlisku, teploty měřicího stroje a koeficientu teplotní roztažnosti materiálu obrobku.

Možným řešením tohoto problému je při případné obměně měřicích přístrojů pořídit přístroje s teplotní kompenzací. Dalším řešením je změna referenční teploty v laboratoři, což

by ale bylo v rozporu s normou ISO 291, která upravuje teplotní podmínky pro měření výlisků z plastových materiálů.

2.5.6 VLHKOST

V laboratoři se nachází čidlo pro měření vlhkosti, nicméně laboratoř není vybavena prostředky pro její regulaci. Pro částečnou regulaci vlhkosti a udržování stálé teploty je vedle zkušební laboratoře umístěna strojní klimatizace. Klimatizace v laboratoři zajišťuje chlazení stropu a podlahy a odvádí přebytečnou vlhkost. Z laboratoře vedou dva vývody klimatizace vzduchu. Vzduch přiváděný do laboratoře klimatizace čerpá z haly, nikoliv z venku, což znamená, že vlhkost v laboratoři závisí na momentálním mikroklimatu v hale. V prostorách sdílené části laboratoře a kanceláře nejsou žádná vlhkostní čidla, ani regulační prostředky. Při případných úpravách laboratoře je nutné tyto prostředky zajistit.

Vzhledem k požadavkům na ergonomické aspekty, pohodlí a zdraví pracovníků, požadavkům na správnou funkci a správné prostředí pro měřicí přístroje, i požadavkům na práci s plasty by se měla vlhkost v místnosti udržovat na 50 ± 10 % relativní vlhkosti.

VLHKOSTNÍ PODMÍNKY PRO MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Stejně jako je třeba brát zřetel na teplotní podmínky pro použití měřicích přístrojů, je nutné zohlednit také okolní podmínky prostředí jako je právě vlhkost. V laboratoři není vybavení pro regulaci vlhkosti a její hodnota tak závisí na aktuálních klimatických podmínkách.

Přípustná vlhkost vzduchu [36][31][30][29]:

- CONTURA X700/X1000: 40-60 %
- CONTURA G2: 40-60 %
- PRISMO 5/7 Navigator HTG: 40-70 %
- DEA Global: 25-75 %
- MarSurf LD 130: 25-70 %

Měřicí přístroje PRISMO 5/7 Navigator HTG, DEA Gloal a MarSurf LD 130 pokrývají poměrně velký interval přípustné vlhkosti, tudíž pro ně chybějící regulace vlhkosti není zásadní. V případě přístrojů CONTURA je regulace vlhkosti vzduchu vzhledem k jejich intervalu přípustné vlhkosti vzduchu žádoucí.

2.5.7 VIBRACE

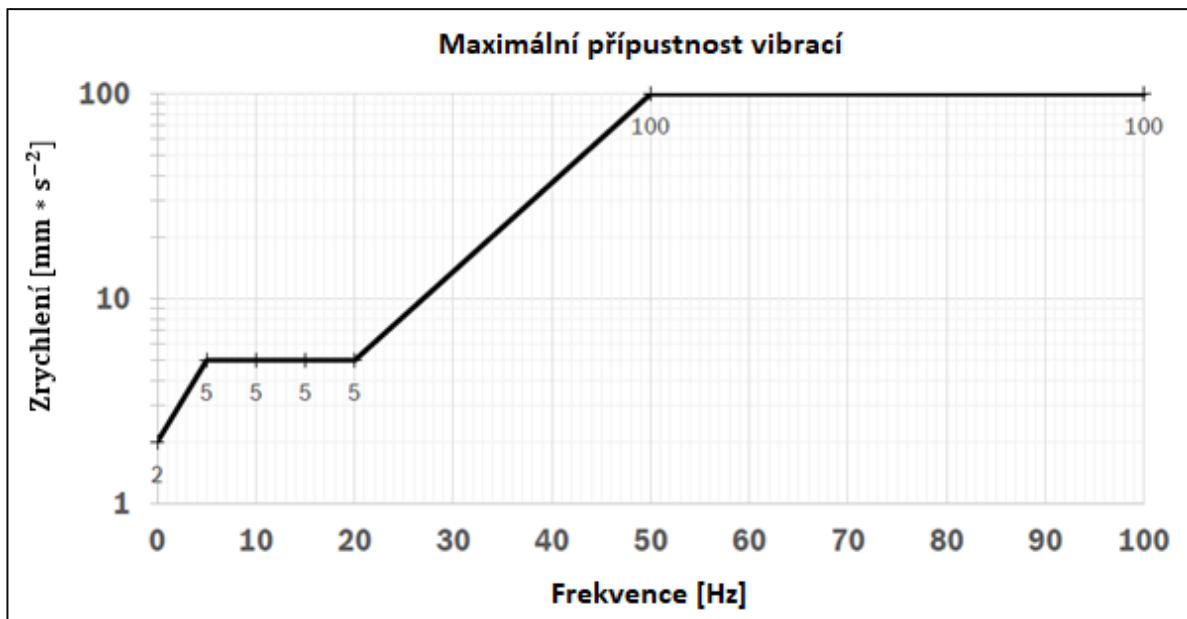
Kvůli umístění laboratoře v hale závodu jsou na přístroje přenášeny vibrace ze strojních zařízení výrobní haly a kolem druhé strany laboratoře vede dopravní komunikace, po níž často kamiony přepravují zásobní materiál. Aby měření bylo co nejméně ovlivněno, laboratoř má část základů oddělených od zbytku budovy.

Z kapacitních důvodů není všechna technika na oddělených základech, některé z měřicích přístrojů, konkrétně konturograf Contrua a 3D optický skener Atos III Triple Scan jsou částečně umístěny na neoddělených základech. Vibrace přenášeny na část těchto měřicích přístrojů mohou být přenášeny na celý měřicí přístroj a ovlivňovat tak výsledky měření. Nejen tyto měřicí přístroje, ale i pracovní stoly, které přísluší jednotlivým pracovním místům u měřicích zařízení nejsou umístěny na oddělených základech. Vibrace působící na pracovní stůl, který je spojen s podstavcem, na němž je umístěno měřicí zařízení mohou být z pracovního stolu přenášeny na podstavec a následně na samotné měřicí zařízení.

Ve společném prostoru kanceláře a laboratoře nejsou antivibrační opatření nijak řešena. V tomto případě by bylo vhodné zajistit další antivibrační opatření.

MAXIMÁLNÍ PŘÍPUSTNOST VIBRACÍ

Maximální přípustnost vibrací působících na stoje je dána nejkritičtější hodnotou maximálního zrychlení při dané frekvenci. Pro interval 0-20 Hz je nejkritičtější hodnota zrychlení dána konturografem MarSurf LD 130 a souřadnicovým přístrojem DEA Global. Maximální přípustnost vibrací, která splňuje požadavky všech strojů je znázorněna na obrázku č. 14. Dílčí grafy přípustných zrychlení jsou v přílohách A-G.



Obr. 14) Maximální přípustnost vibrací na stroje [28]

2.5.8 SVĚTLÁ VÝŠKA, OBJEMOVÝ PROSTOR A PODLAHOVÁ PLOCHA

Minimální světlá výška prostor je určena instalační výškou největšího měřicího přístroje. Ve stávající laboratoři tomu tak není. Aby se nejvyšší měřicí přístroj Prismo Navigator vlezl do místnosti, musel nad ním být strop vyvýšen. Minimální objemový prostor při práci sedmi zaměstnanců v laboratoři by měl být 84 m³ a minimální podlahová plocha 14 m². Tyto hodnoty platí po odečtení plochy/objemu měřicích zařízení a vybavení laboratoře.

Z hlediska rozložení prostoru není rozmístění pracovních míst ideální. Pracovní plochu u přístrojů MahrSurf LD 13 a Atos III TripleScan zabírají cesty a není zde dodržena hodnota minimální volné podlahové plochy na pracovníka. V současném prostoru kvůli nedostatku místa není možné pracoviště uspořádat, nicméně při výstavbě nové laboratoře je třeba se takovému řešení vyhnout.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce přináší souhrnné informace týkající se správného návrhu průmyslové laboratoře. Hlavním úkolem práce bylo vytvoření systémového rozboru požadavků na prostory zkušební laboratoře. Dalším cílem bylo popsat a vyhodnotit současný stav stávající laboratoře. Na základě rešerše obecných technických požadavků měl být vytvořen checklist požadavků, kterým se stanoví doporučení pro praxi. Jsou zde specifikovány podmínky jak z pohledu metrologického, tak i z pohledu ergonomického a bezpečnostního

První cíl práce, systémový rozbor technických požadavků na laboratoř, je předmětem první kapitoly. V úvodu kapitoly jsou uvedeny faktory vstupující do systému laboratoře. Tyto faktory působí na komponenty v systému laboratoře a ovlivňují jejich procesy. Každý dílčí faktor je blíže rozebrán v dalších podkapitolách. Dále jsou v kapitole uvedeny všechny požadavky, které by měly být zohledněny při plánování měřicí místnosti. Základním bodem při plánování je stanovit cíle a úlohy laboratoře. S ohledem na charakter budoucí laboratoře přicházejí různé požadavky, které pak definují laboratoř jako celek. Mimo technické požadavky, pod které spadá regulace teploty, vlhkosti vzduchu, větrání, zajištění požadované čistoty vzduchu, osvětlení, izolace vibrací a další, je třeba brát v úvahu požadavky personální, ergonomické, hygienické a především bezpečnostní.

Druhá kapitola popisuje současný stav stávající průmyslové laboratoře, která je určena k ověřování shody výrobků s geometrickou specifikací. Jsou v ní popsány prostory laboratoře, její činnosti, popis zpracování zakázek a zařazení do materiálového toku. Laboratoř je součástí automobilového závodu vyrábějícího komponenty do aut metodou vstřikování plastů. Tímto je splněn první cíl práce-popis současného stavu laboratoře.

V návaznosti na předchozí rešerši obecných technických požadavků je v druhé kapitole rovněž provedeno zhodnocení současného stavu laboratoře a případná doporučení pro úpravu těchto prostor. Tím jsou splněny cíle 3 a 4 - hodnocení výsledků rozboru a doporučení pro praxi.

V některých ohledech laboratoř splňuje stanovené požadavky. Referenční teplota v laboratoři je dodržována a je kontrolována devíti teplotními čidly, splňuje tak požadavek na udržení stálé teploty v místnosti a minimální množství čidel přítomných pro monitorování stálého prostředí laboratoře. Na druhou stranu současná laboratoř ve více ohledech nevyhovuje obecným technickým požadavkům. Vlhkost vzduchu laboratoře není nijak regulována, je pouze měřena. Řešením izolace vibrací jsou pouze částečně oddělené základy některých měřicích přístrojů. Toto řešení je nedostatečné. Vyhodnocení splnění některých požadavků nebylo možné. V době, kdy bylo možné laboratoř navštívit, nebyl k dispozici přístroj pro měření intenzity světla. Zhodnocení dalších požadavků je blíže provedeno v textu práce.

Prostory laboratoře by měly projít zásadní rekonstrukcí. Bylo by vhodné laboratoř vybavit vhodnou vzduchotechnikou, zařízením pro regulaci vlhkosti, aktivními izolacemi vibrací a prostředky pro měření intenzity světla, aby v laboratoři vznikly lepší podmínky pro měření a mohla tak dosahovat vyšší kvality. Při úpravách prostor laboratoře nebo návrhu nové měřicí místnosti může firma vycházet z této bakalářské práce a využít vytvořený checklist požadavků na prostory laboratoře.

K detailnějšímu řešení některých požadavků vzhledem k charakteru bakalářské práce nebyl dostatečný prostor. Například problematika izolace vibrací nebo čistoty v laboratoři by si zasloužila více pozornosti a mohla by být podrobněji zpracována jako samostatné téma. Na toto téma by v budoucnosti mohly navázat další bakalářské nebo diplomové práce.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MAREK, Jiří a Přemysl JANÍČEK. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. 1. Praha: © Grada Publishing, a.s., 2013, 2013. ISBN 978-80-247-4127-7.
- [2] “VDI/VDE 2627 BLATT 1. Messräume - Klassifizierung und Kenngrößen - Planung und Ausführung. 2. Düsseldorf: VDI Verein Deutscher Ingenieure, 2015.”
- [3] “VDI/VDE 2627 BLATT 2 - ÜBERPRÜFT UND BESTÄTIGT. Messräume - Leitfaden zur Planung, Erstellung und zum Betrieb. Düsseldorf: VDI Verein Deutscher Ingenieure, 2005.”
- [4] H. A. Khoiri, W. Isnaini, and T. A. Edison, “The effect of temperature on measurement accuracy,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1381, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1381/1/012061.
- [5] MARKOV, N.N., G.B. KAINER a P.A. SATSERDOTOV. *Effect of temperature on errors of instruments in the course of measurements* [online]. [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1088/1742-6596/1381/1/012061.
- [6] HAVLÍČEK, Vojtěch. *Parametry pracovního prostředí a jejich měření*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Jana Košíková.
- [7] “ISO 291: Plastics- Standard atmospheres for conditioning and testing. 4. Geneva, Switzerland: ISO copyright office, 2008/05/01.”
- [8] Podlahy: Základní funkce a požadavky. *Docplayer.cz* [online]. 2020 © DocPlayer.cz, 2013 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/68114705-Podlahy-podlahy-zakladni-funkce-a-pozadavky.html>.
- [9] Vzduchotechnika, klimatizace, závěsy. In: *THERMO-KOV* [online]. Kdyně: © 2020 Provozováno službou Internet123.cz – MEDIATEL.CZ, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://thermokov.cz/sluzby>.
- [10] Inducool. *Inexo.cz* [online]. Praha: (c) 2010 - 2020 Copyright Inexo Argosy, 2010 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.inexo.cz/chladici-stropni-panel-inducool/>.
- [11] Hybridní chladiče a hybridní kondenzátory. In: *Sultrade.cz* [online]. Praha: Webové stránky ze šablony© 2020 Sultrade | Competence in technology, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.sultrade.cz/hybridni-chladice-a-hybridni-kondenzatory/>.
- [12] MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie: Bezpečný podnik*. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [13] G. Hamel *et al.*, “361/2007 Sb. NAŘÍZENÍ VLÁDY kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci,” *Art War*, vol. 6, no. 3, p. 32 , 2007, 117 ص, doi: 10.23943/9781400889877.
- [14] MICHALÍK, PhDr. David. *Co je potřeba pro optimální pracovní prostředí?* [online]. In: . 2009, s. 51 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: file:///C:/Users/dell/Desktop/Optimalni_pracovni_prostredi.pdf.
- [15] Osvětlení pracoviště ve vztahu k BOZP. Hygienické normy, doporučená intenzita, projektování. *BOZP Dokumentace.cz* [online]. Praha: Copyright © 2020 CRDR spol. s r.o., 2018, 20.11.2018 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/osvetleni-pracoviste/>.

- [16] TŮMA, Petr. Měření rovinnosti průmyslových podlah u nás a ve světě. *Stavba.tzb-info.cz* [online]. Praha: © Copyright Topinfo, 2011 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy/8070-mereni-rovinnosti-prumyslovych-podlah-u-nas-a-ve-svete>.
- [17] Co byste měli vědět o únikových východech? *Firebrno.cz* [online]. Brno: © 2002 - 2018 Hasičský záchranný sbor Jihomoravského kraje, 2018 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <http://www.firebrno.cz/vase-cesty-k-bezpeci/co-byste-meli-vedet-o-unikovych-vychodech>.
- [18] ZUTH, Daniel a František VDOLEČEK. Měření vibrací ve vibradiagnostice. *Snímače a měřicí technika* [online]. 2010, 2010, 32-36 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40375.pdf>.
- [19] RICHTER, Jakub. *Monitorování pohybu akcelerometrem*. Praha, 2014. Bakalářská práce. České vysoké učení v Praze. Vedoucí práce Miroslav Husák.
- [21] Tlumící a antivibrační desky. In: *Servistek.cz* [online]. Brno: © 2020 SERVISTEK, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné: <https://www.servistek.cz/bilz-desky-podlozky?itemsPerPage=11> [22] "LTH laboratorní stoly, antivibrační, odtlumený a izolovaný laboratorní stůl. In: *Servistek.cz* [online]. Brno: © 2020 SERVISTEK, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.servistek.cz/bilz-lth-laboratorni-izolacni-stoly?itemsPerPage=11>.
- [23] Vibra Zero antivibrační stoly pro měřicí přístroje. *Diametral.cz* [online]. Praha: © Všechna práva vyhrazena Diametral a.s. - VarioLab+ VarioClick Vertigo [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.diametral.cz/pracoviste/vibra-zero-antivibracni-stoly.htm>.
- [24] SHANAHAN, Gabriel. *Generování a potlačování jednoosých vibrací*. Plzeň, 2014. Bakalářská práce. Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd.
- [25] Lineární aktuátor. In: *Cz.rs-online.com* [online]. Poland: © RS Components Sp. z o.o. [cit. 2020-06-26]. Dostupné: <https://cz.rs-online.com/web/p/linearni-aktuatory/7643471/>.
- [26] Vybavení měřicí místnosti. *World.probes.zeiss.com* [online]. Praha: ZEISS TEMPOR® [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: https://world.probes.zeiss.com/cz/Vybaveni-merici-mistnosti/ZEISS-TEMPOR%C2%AE/category-14769.html?force_sid=61eholnp9qsept1ott567tng86.
- [27] Jak filtrovat stlačený vzduch. *Kompresory-vzduchotechnika.cz* [online]. Žebrák: Copyright 2020 Kompresory-Vzduchotechnika.cz., 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/poradna/jak-filtrovat-stlaceny-vzduch/>.
- [28] Laborscope: *Interní dokument vybrané zkušební laboratoře*. Spolupracující zkušební laboratoř, 2020.
- [29] Instalační podmínky DEA global: *Interní dokument vybrané zkušební laboratoře*. Spolupracující zkušební laboratoř, 2020.
- [30] Měřicí centrum PRISMO Navigator 5/7 HTG/S-ACC : *Interní dokument vybrané zkušební laboratoře*. Spolupracující zkušební laboratoř, 2020.
- [31] Contura G2: *Interní dokument vybrané zkušební laboratoře*. Spolupracující zkušební laboratoř, 2020.
- [32] CONTURA X700 / X1000: *Interní dokument vybrané zkušební laboratoře*. Spolupracující zkušební laboratoř, 2020.

- [33] TŮMA, Petr, Ph.D. Které požadavky na rovinnost podlah jsou přísnější? ČSN 74 4505, nebo DIN 18202? *Tzb-info.cz* [online]. Brno: Copyright, 2014, 10.11.2014 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy/11958-ktere-pozadavky-na-rovinnost-podlah-jsou-prisnejsi-csn-74-4505-nebo-din-18202>.
- [34] Proces schvalování zakázek: *Interní dokument vybrané zkušební laboratoře*. Spolupracující zkušební laboratoř, 2020.
- [35] Schéma laboratoře: *Interní dokument vybrané zkušební laboratoře*. Spolupracující zkušební laboratoř, 2020.
- [36] MarSurf LD 130: *Interní dokument vybrané zkušební laboratoře*. Spolupracující zkušební laboratoř, 2020.

SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ, ZKRATEK A SYMBOLŮ.

Seznam tabulek

Tabulka 1 Třída kvality měřicí místnosti-klasifikace měřicích úkonů [2].....	15
Tabulka 2 Označení tříd kvality [2]	16
Tabulka 3 Velikost přípustné změny teploty v průběhu času [2].....	17
Tabulka 4 Velikost přípustné změny teploty na délce jednoho metru [2]	17
Tabulka 5 Přípustná mezní odchylka teploty [2]	19
Tabulka 6 Způsoby přenosu tepla [2].....	21
Tabulka 7 Koncentrace pevných částic [28]	29
Tabulka 8 Koncentrace vody [28].....	29
Tabulka 9 Koncentrace oleje [28]	30
Tabulka 10 Přehled speciálních požadavků na nosnost podlahy [32][31][30][29].....	36
Tabulka 11 Hodnoty napětí sítě, kolísání napětí a kmitočtu [33][32][31][30]	36
Tabulka 12 Maximální přípustné znečištění stlačeného vzduchu. [33][32][31][30] ...	37

Seznam obrázků

Obr. 1 Laboratoř jako systém.....	13
Obr. 2 Vzduchotechnika [9]	17
Obr. 3 Chladicí panel [10].....	18
Obr. 4 Hybridní chladič a kondenzátor [11]	18
Obr. 5 Model absolutního akcelerometru [19].....	25
Obr. 6 Antivibrační podložka [21]	26
Obr. 7 Antivibrační pneumatický stůl [22]	26
Obr. 8 Lineární aktuátor [25]	27
Obr. 9 Rozmístění teplotních čidel [26].....	28
Obr. 10 Materiálový tok laboratoře.....	32
Obr. 11 Proces zpracování zakázky [34].....	33
Obr. 12 Schéma půdorysu hlavní laboratoře [35]	34
Obr. 13 Schéma půdorysu sdíleného prostoru kanceláře a laboratoře [35]	34
Obr. 14 Maximální přípustnost vibrací na stroje	40

Seznam zkratk a symbolů

DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
D	Činitel denní osvětlenosti
C_w	Koncentrace vody
C_p	Koncentrace částic

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Graf přípustného zrychlení základu pro elastomerové/viskózní tlumení přístroje Zeiss Prismo Navigator 5/7 HTG/S-ACC
Příloha B	Graf přípustného zrychlení základu pro měřicí přístroj DEA Global
Příloha C	Graf přípustného zrychlení základu pro stroj Contura G2 (skenovací hlava) se standardním tlumením
Příloha D	Graf přípustného zrychlení základu pro stroj Contura G2 (spínací hlava) se standardním tlumením
Příloha E	Graf přípustného zrychlení základu pro stroj CONTURA X700/X1000 (měřicí hlava)
Příloha F	Graf přípustného zrychlení základu pro stroj CONTURA X700/X1000 (spínací hlava)
Příloha G	Graf přípustného zrychlení základu pro měřicí přístroj MarSurf LD 130
Příloha H	Porovnání norem ČSN 74 4505 a DIN 18202

Příloha I

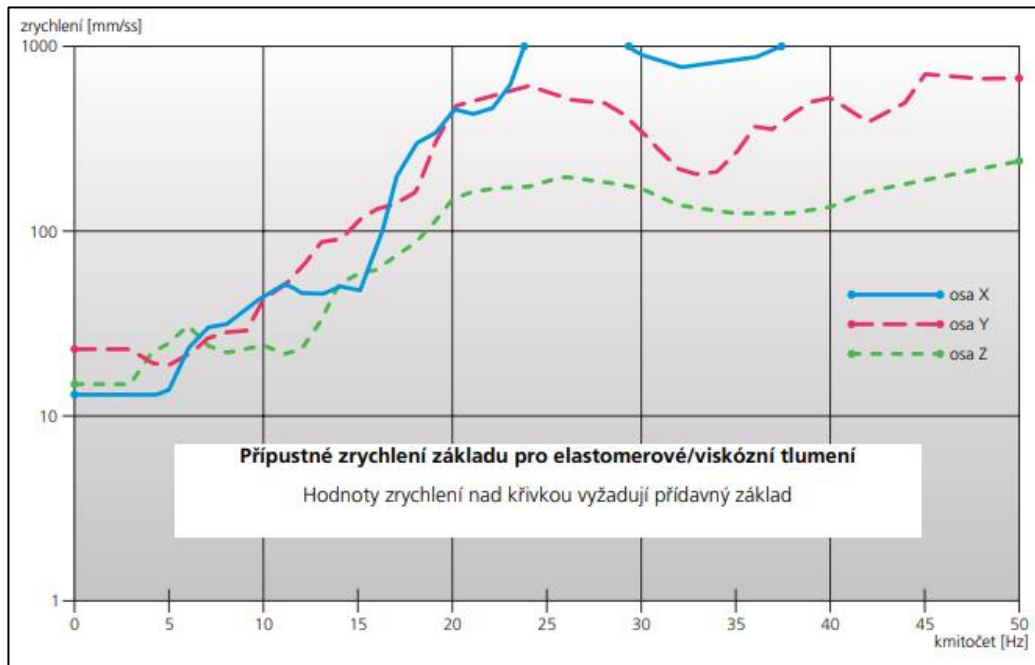
Instalační podmínky měřicích zařízení

Příloha J

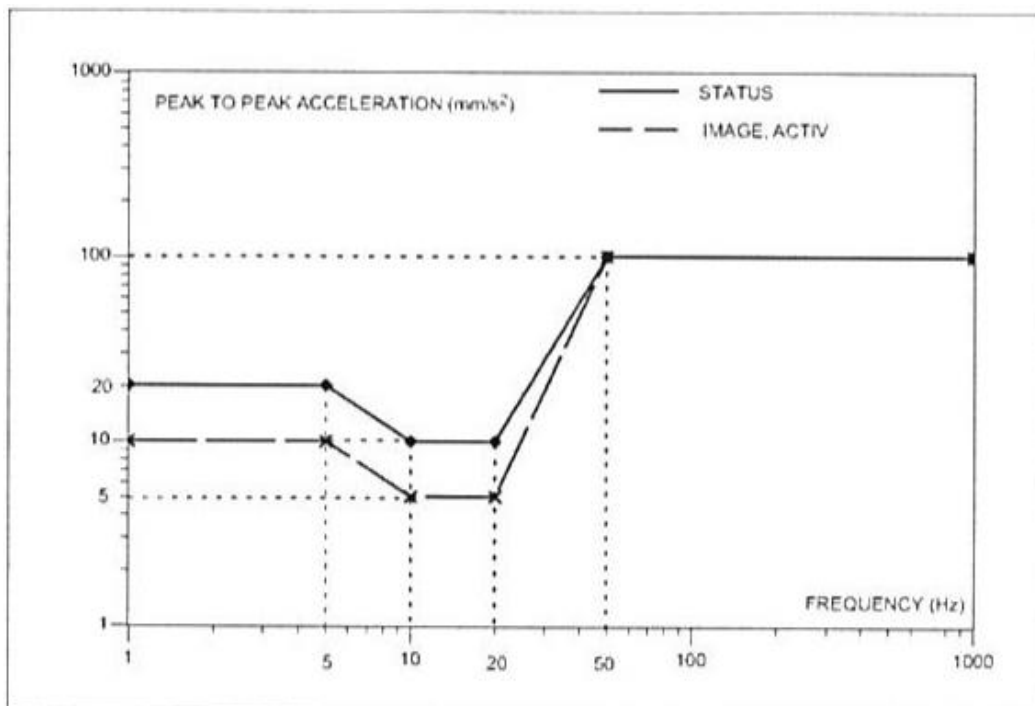
Checklist

PŘÍLOHY

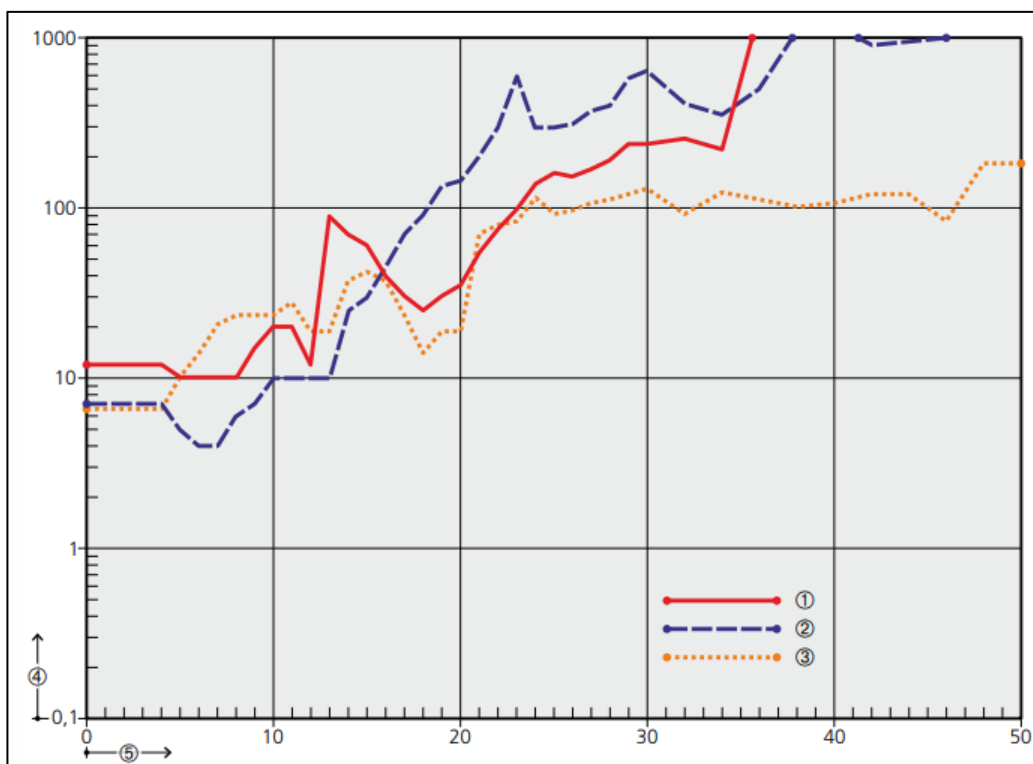
Příloha A – Graf přípustného zrychlení základu pro elastomerové/viskózní tlumení přístroje Zeiss Prismo Navigator 5/7 HTG/S-ACC [30]



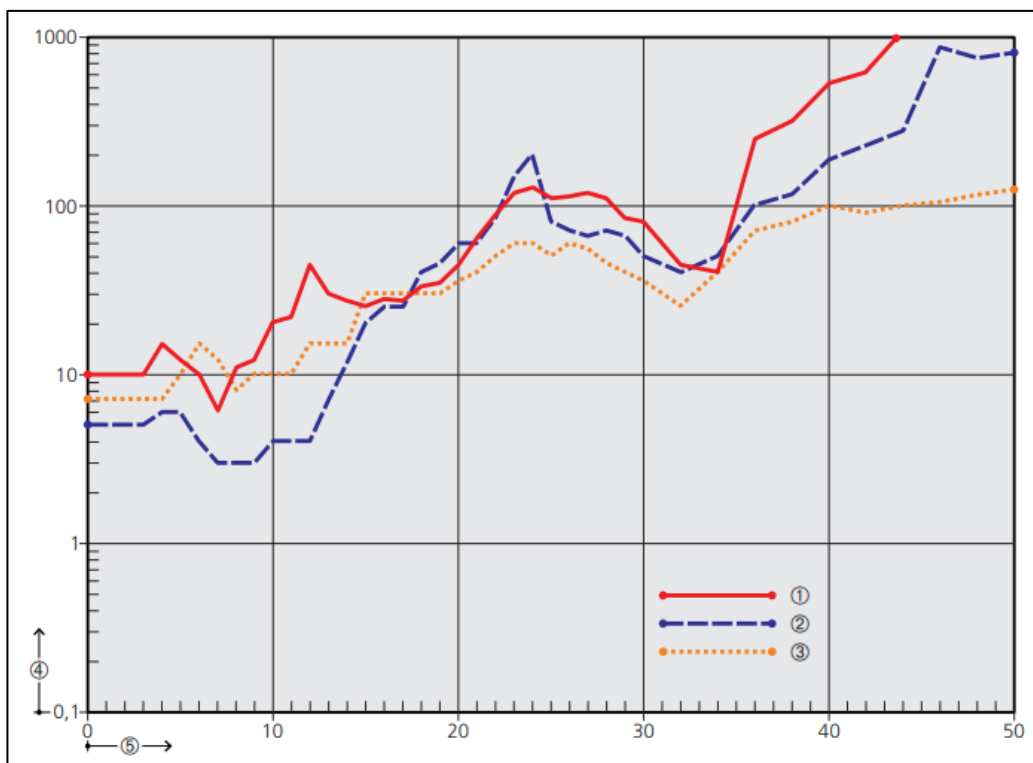
Příloha B – Graf přípustného zrychlení základu pro měřicí přístroj DEA Global [29]



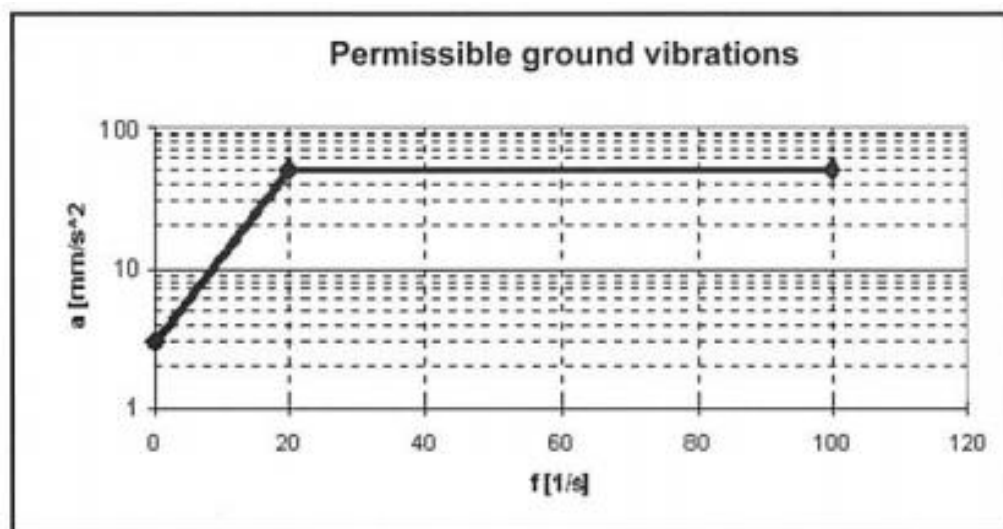
Příloha E – Graf přípustného zrychlení základu pro stroj CONTURA X700/X1000 (měřicí hlava) [32]



Příloha F – Graf přípustného zrychlení základu pro stroj CONTURA X700/X1000 (spínací hlava) [32]



Příloha G – Graf přípustného zrychlení základu pro měřicí přístroj MarSurf LD 130 [36]



Příloha H- Porovnání norem ČSN 74 4505 a DIN 18202 [33]

Hodnocení rovinnosti průmyslových podlah je popisováno v ČSN 74 4505 Podlahy, společná ustanovení. Na některé podlahy jsou však i u nás kladeny požadavky německých norem, zejména pokud jsou investory německé společnosti. Tyto požadavky jsou uvedeny v normě DIN 18202 Toleranzen im Hochbau-Bauwerke.

Systém požadavků české i německé normy je rozdílný nejen v požadavcích, ale i v metodice měření. Česká norma při měření sleduje odchylku povrchu i mezní rozdíl nášlapné vrstvy v dilatační nebo smršťovací spáře, zatímco v německé normě stojí, že dodržení tolerancí je třeba kontrolovat jen pokud je to potřebné. Norma uvádí, že z důvodu deformací závislých na čase a zatížení je třeba kontrolu provést co možná nejdříve, ale nejpozději však bezprostředně po dokončení stavby.

Postup měření rovinnosti dle ČSN 74 4505: Odchylky rovinnosti určují pomocí dva metry dlouhé latě, na jejíž koncích jsou podložky o ploše půdorysu. Výška podložek je zvolena individuálně dle potřeby. Pomocí klínu se změří minimální a maximální vzdálenost mezi spodní stranou latě a mezi povrchem vrstvy. Odchylky se stanoví odečtením výšky podložek od naměřených hodnot. Maximální mezní odchylky jsou uvedeny v tabulce G1.

Tabulka G1 – Maximální mezní odchylka

Typ podlahy	Mezní odchylka [mm]
Podlahy v místnostech pro trvalý pobyt osob (byty včetně WC, koupelny, kanceláře, obchody, nemocniční pokoje)	2
Ostatní místnosti	3
Výrobní a skladovací haly, garáže	5

Postup měření rovinnosti dle DIN 18202: Volba postupu měření je ponechána na kontrolorovi, avšak použitý postup měření a nejistota měření s tím spojenou je třeba zohlednit při posuzování. Měření se provádí geodeticky v síti bodů nebo pomocí latí. Při měření latí se lať pokládá přímo na měřený povrch a hledá se maximální vzdálenost mezi povrchem podlahy a latí (tabulka G2). Lať by pro obtížnou manipulaci neměla být delší než 4 metry. U geodetického měření se vyznačí síť bodů s poloviční vzájemnou vzdáleností, než je požadovaná odměrná vzdálenost a nerovností v příslušném bodě je pak rozdíl mezi měřeními v tomto bodě a průměrem z měření v bodech sousedních.

Tabulka G2 – Maximální mezní hodnota při vzdálenosti měřicích bodů

Vztah	Mezní hodnota při vzdálenosti měřicích bodů [mm]				
	0,1	1	4	10	15
Povrchově nedokončené vrchní strany stropů, spodních a podkladních betonů	10	15	20	25	30
Povrchově nedokončené vrchní strany stropů, spodních a podkladních betonů se zvýšenými požadavky, např. pro položení průmyslové podlahy a dlažeb. Hotové povrchy v prostorách sklepů a skladů	5	8	12	15	20
Povrchově dokončené podlahy, např. potěry pro uložení podlahových obkladů, dlažby, zatmelené a nalepené obklady.	2	4	10	12	15
Povrchově dokončené podlahy, např. potěry pro uložení podlahových obkladů, dlažby, zatmelené a nalepené obklady se zvýšenými požadavky.	1	3	9	12	15

Příloha I- Instalační podmínky měřicích zařízení [29][30][31][32]

Měřicí přístroj	Potřebná výška místnosti	Přípustná vlhkost vzduchu	Zvuková hladina v místě instalace	Přístupný rozsah teplot
CONTURA X700/X1000	2997 mm	40-60 %	<90 dB	20±2 °C
CONTURA G2	3000 mm	40-60 %	<90 dB	20±2 °C
PRISMO 5/7 Navigator HTG	3230 mm	40-70 %	<90 dB	23±7 °C
DEA Global	2896 mm	25-75 %	<70 dB	20±2 °C

Příloha J – Checklist

1. Část

POŽADAVKY	SPECIFIKACE	HODNOTA	SPLNĚNO
1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY			
1.1. Určení úkonů laboratoře			
1.2 Stanovení třídy kvality			
1.3 Sestavení seznamu měřících zařízení			
1.4 Určení počtu zaměstnanců na směnu			
1.5 Výběr umístění místnosti			
2 TEPLOTNÍ POŽADAVKY			
2.1 Stanovení referenční teploty	kovy	20 °C	
	plasty	23 °C	
2.2 Stanovení přípustné změny teploty za 1h	A	0.2°C	
	B	0.4°C	
	C	1°C	
	D	2°C	
2.3 Stanovení přípustné změny teploty za 24h	A	0.4°C	
	B	0.8°C	
	C	2°C	
	D	3°C	
2.4 Stanovení přípustné změny teploty na délce jednoho metru	A	0.2°C	
	B	0.3°C	
	C	0.5°C	
	D	1°C	
2.5 Zajištění izolace stěn a podlah			
3 VLHKOST VZDUCHU			
3.1 Stanovení relativní vlhkosti vzduchu		40-60 %	
4 VĚTRÁNÍ			
4.1 Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště	Hodnota na 1 zaměstnance	25 m ³ /h	
4.2 Doporučená hodnota rychlosti prodění vzduchu		0.15 m/s	
4.3 Zajištění přetlaku v laboratoři		5 Pa	
4.4 Návrh klimatizačního systému			
4.5. Zajištění požadované čistoty vzduchu			

2. Část

POŽADAVKY	SPECIFIKACE	HODNOTA	SPLNĚNO
5 OSVĚTLENÍ			
5.1 Schopnost umožnit přísun denního světla			
5.2 Dodržení minimální hodnoty denního osvětlení na pracovišti		0.5%	
5.3 Dodržení minimální hodnoty denního osvětlení na pracovišti při horním nebo kombinovaném denním osvětlení		1%	
5.4 Dodržení minimální hodnoty umělého osvětlení		200 lx	
5.5 Dodržení doporučené intenzity osvětlení při práci s díly	Vysoký kontrast	500 lx	
5.6 Dodržení doporučené intenzity osvětlení při práci s díly	Střední kontrast	750 lx	
5.7 Dodržení doporučené intenzity osvětlení při práci s díly	Nízký kontrast	1000 lx	
6 NÁVRH MÍSTNOSTI			
6.1 Stanovení požadované výšky místnosti	Dána instalační výškou		
6.2 Stanovení objemového prostoru místnosti	Hodnota na 1 zaměstnance	12 m ³	
6.3 Stanovení rozměru volné podlahové plochy	Hodnota na 1 zaměstnance	2 m ²	
6.4 Stanovení optimální výšky pracovní roviny	U mužů	220-310 mm	
	U žen	210-300 mm	
6.5 Zajištění nejmenší šířky únikové cesty		825 mm	
6.6 Stanovení speciálních požadavků na nosnost podlahy	Dle zařízení		
6.7 Zajištění dostatečné dodávky energie	Dle zařízení		
7 VIBRACE			
7.1 Dodržení mezních hodnot vibrací	V závislosti na vybavení		
8 MONITORING			
8.1 Zajištění minimálního počtu senzorů pro snímání klimatických podmínek		9	
8.2 Zajištění rovnoměrného rozmístění senzorů v místnosti			