

Metodika testování a certifikace tepelně izolačních vlastností skladovacích zařízení

Romana Vítková

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Romana Vítková**
Osobní číslo: **T11327**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Metodika testování a certifikace tepelně izolačních vlastností skladovacích zařízení**

Zásady pro vypracování:

- 1. Teorie a principy chlazení a chladících zařízení**
- 2. Metody a způsoby testování výrobků**
- 3. Návrh postupu a metodiky testování daného zařízení**
- 4. Vyhodnocení navržené metodiky testování**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Hrdina

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ...Vítková Romana.....

Obor: Procesní inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18.5.2014

VR

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Cílem tohoto bakalářského projektu je navrhnout ucelené měřicí pracoviště, sloužící výrobčům k testování a certifikaci jejich výrobků.

V teoretické části práce se čtenáři seznámí s hrubým přehledem farmaceutických skladovacích a kultivačních výrobků, něco o základních principech chlazení a základními měřicími principy se kterými pracuje velká většina systémů měření a regulace.

Praktická část této práce, pojednává o návrhu parametrů prostředí potřebných pro testování výrobku v měřících místnostech, návrhem koncepce těchto speciálních místností. Následující kapitola praktické části pojednává o navrhovaných testovacích metodách a popisuje jejich aplikaci na pomyslném testovaném zařízení.

Klíčová slova:

Chlazení, chladicí systémy, čidlo, tlak teplota, vlhkost, entalpie, průtok vzduchu, měření a regulace, monitorovací systém, HVAC.

ABSTRACT

The aim of this bachelor project is to design an integrated measurement workplace, which will serve producers for Testing and Certification their products.

In the theoretical part of this projekt, readers learn a broad overview of pharmaceutical products for storage and cultivation, something about the basic working principles of cooling and the common principles of measurement with which a measurement and control systems operate.

The practical part of this projekt deals with the draft required conditions for product testing in the measuring rooms, designing conception of these special rooms. Next chapter of practical part deal about the designing testing methods and draft its application to imaginary testing unit.

Keywords:

Cooling, cooling systems, sensor, temperature, pressure, humidity, air flow, measurement and control systém, monitoring, HVAC (heating, ventilation, and air conditioning).

Děkuji své rodině za podporu a trpělivost během mého studia a také vedoucímu bakalářské práce Ing. Hrdinovi za odborné vedení a konzultace, které mi poskytoval během tvorby bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 MOŽNOSTI VYUŽITÍ	13
1.1 TESTOVÁNÍ DVEŘÍ LEDNIČEK A MRAZNIČEK.....	13
1.2 LEDNICE PRO FARMACII.....	14
1.2.1 Farmaceutické lednice.....	14
1.2.2 Farmaceutické kombinované lednice.....	14
1.2.3 Laboratorní lednice.....	15
1.2.4 Laboratorní mrazicí boxy.....	15
1.2.5 Hlubokomrazicí boxy.....	16
1.2.6 Přenosné mrazicí boxy.....	16
1.3 KULTIVAČNÍ INKUBÁTORY.....	17
1.3.1 Laboratorní inkubátor s přirozenou cirkulací (termostat).....	17
1.3.2 Laboratorní (biologický) inkubátor s nucenou cirkulací.....	17
1.3.3 Inkubátory s nucenou cirkulací, chlazením a řízenou vlhkostí.....	18
1.3.4 Inkubátory s CO ₂ atmosférou.....	18
1.3.5 Inkubátory s CO ₂ atmosférou a vytápěnými dveřmi.....	18
1.4 SUŠÁRNY.....	19
1.4.1 Sušárny s přirozenou (nebo nucenou) cirkulací vzduchu.....	19
1.4.2 Sušárny s vakuem (vakuové pece).....	19
1.5 LABORATORNÍ STERILIZÁTORY.....	20
1.5.1 Parní sterilizátory (Autoklávy).....	20
1.5.2 Horkovzdušné sterilizátory.....	20
1.6 TESTOVÁNÍ CHLADÍRENSKÝCH A MRAZÍRENSKÝCH DVEŘÍ.....	21
1.6.1 Dveře chladírenské/mrazírenské posuvné.....	21
1.6.2 Dveře chladírenské/mrazírenské otočné.....	21
1.6.3 Dveře hlubokomrazírenské otočné.....	21
1.6.4 Dveře kyvné.....	22
1.6.5 Dveře polochladírenské otočné.....	22
1.6.6 Dveře kyvné /PVC/.....	22
1.7 TESTOVÁNÍ VÝVOJOVÝCH ZAŘÍZENÍ.....	23
1.7.1 Modelově testované vývojové zásobovací zařízení.....	23
2 GENERÁLNÍ ČLENĚNÍ TYPŮ CHLADÍCÍCH ZAŘÍZENÍ	24
2.1 MALÁ CHLADÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	24
2.1.1 Kompresorová zařízení (s freonovým chladivem).....	24
2.1.2 Termoelektrické chlazení.....	25
2.1.3 Absorpční chlazení.....	26
2.1.4 Adsorpční chlazení.....	26
2.2 STŘEDNĚ VELKÁ CHLADÍCÍ ZAŘÍZENÍ S ODDĚLENOU VENKOVNÍ JEDNOTKOU.....	27
2.2.1 Kompresorová zařízení (s freonovým chladivem).....	27
2.3 VELKÁ CHLADÍCÍ ZAŘÍZENÍ NAPOJENÁ NA CENTRÁLNÍ ZDROJE CHLADÍCÍ (TOPNĚHO) MEDIA.....	28
2.3.1 Strojní chlazení (kompresorové chlazení).....	28

2.3.2	Uzavřené skrápěné chladicí věže (adiabaticky chlazené věže).....	29
2.3.3	Vzduchem chlazené kondenzátory (adiabatické a suché chladiče).....	30
3	ZPŮSOBY MĚŘENÍ SLEDOVANÝCH VELIČIN A TYPY POUŽITÝCH SNÍMAČŮ (ČIDEL)	31
3.1	MĚŘENÍ TEPLoty	31
3.1.1	Odporové kovové snímače teploty	31
3.1.2	Snímače teploty se stonkem a hlavicí	33
3.1.3	Kabelové (sondy) snímače teploty	33
3.1.4	Průměrovací (kapilárové) odporové čidla teploty	34
3.2	MĚŘENÍ VLHKOSTI	35
3.2.1	Kapacitní senzor vlhkosti (tyto senzory budeme využívat při návrhu systému)	38
3.2.2	Odporový senzor vlhkosti	38
3.2.3	Vlhkoměr s vyhříványými termistory	39
3.2.4	Dilatační hygrometry (sorpční metoda)	39
3.2.5	Kondenzační vlhkoměry	39
3.2.6	Psychrometrické senzory	40
3.3	MĚŘENÍ TLAKU	41
3.3.1	Piezorezistivní odporový snímač	42
3.3.2	Tenzometrické snímače (tlustovrstvé)	42
3.3.3	Kapacitní snímače	42
3.3.4	Indukčnostní snímače	43
3.4	SNÍMAČE PRŮTOKU A RYCHLOSTI PROUDĚNÍ VZDUCHU	44
3.4.1	Mechanické anemometry	44
3.4.2	Zchlazovací anemometry	44
3.4.3	Vyhodnocení průtoku pomocí snímání diferenčního tlaku vzduchu	45
3.4.4	Pitotova trubice	45
3.4.5	Měřicí kříž	46
3.4.6	Wilsonova mříž	46
3.4.7	Měření tlaku na dýze	47
II	PRAKTICKÁ ČÁST	48
4	OBECNÝ NÁVRH METOD A ZPŮSOBŮ PRO TESTOVÁNÍ DODRŽENÍ POŽADOVANÝCH TEPELNĚ IZOLAČNÍCH VLASTNOSTÍ SKLADOVACÍCH ZAŘÍZENÍ	49
4.1	METODIKA MĚŘENÍ OKOLNÍHO VNĚJŠÍHO PROSTŘEDÍ	49
4.1.1	Venkovní	49
4.1.2	Vnitřní	49
4.1.3	Kombinované	49
4.2	TESTOVÁNÍ EKONOMIKY PROVOZU, SPOTŘEB A FUNKCE VENKOVNÍ (KONDEZAČNÍ/EXPAZNÍ) JEDNOTKY, BEZPEČNOSTNÍ TESTY	50
4.3	METODY MĚŘENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ TESTOVANÉHO VÝROBKU	51
4.4	OBECNÉ ČLENĚNÍ NÁVRHOVÝCH/KONSTRUKČNÍCH/CERTIFIKAČNÍCH TESTŮ	52
	Obecně lze rozčlenit testy na testy vně a uvnitř stabilitního boxu	52
4.4.1	Teplotní testy	52
	Tab.3 Změna specifické entalpie se změnou teploty	54
4.4.2	Odmrazovací testy	54
4.4.3	Kondenzační testy	54

4.4.4	Test tepelně izolačních vlastností.....	55
4.4.5	Test úniku tepla	56
5	NÁVRH PROSTŘEDÍ, POSTUPŮ A METODIKY TESTOVÁNÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍCH VLASTNOSTÍ PROKLÁDACÍHO ZÁSOBOVACÍHO ZAŘÍZENÍ.	58
5.1	PŘÍPRAVA OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ PRO TESTOVÁNÍ - NÁVRH KLIMAKOMORY (STABILITNÍHO BOXU)	58
5.1.1	Parametry vnitřního prostředí	58
5.1.2	Stavební řešení stabilitního boxu	59
5.1.3	Vzduchotechnické zařízení pro stabilitní boxy	60
5.1.4	Měření a regulace stabilitních boxů včetně silnoproudu.....	64
5.2	PŘÍPRAVA TESTOVANÉHO ZAŘÍZENÍ (URČENÍ POZICE A PŘÍPADNÁ ZÁSTAVBA).....	67
5.2.1	Návrh vestavby zařízení v prostoru stabilitního boxu.....	67
5.2.2	Návrh monitoringu prostředí.....	68
5.2.3	Popis funkce a základního členění freonového systému v zásobovacím boxu.....	70
5.2.4	Návrh použitých měřidel.....	70
5.2.5	Návrh průběhu teplotních testů	71
5.2.6	Návrh průběhu odmrazovacího testu	72
5.2.7	Návrh průběhu kondenzačního testu	74
5.2.8	Návrh testu tepelně izolačních vlastností	75
5.2.9	Návrh testu úniku tepla	77
5.3	PERIODICKÁ KONTROLA (KALIBRACE) POUŽITÝCH MĚŘIDEL.....	77
5.3.1	Způsoby kalibrace použitých měřidel a měřících prvků dle ČMI.....	78
5.3.2	Praktický příklad kalibračního protokolu.....	79
6	VYHODNOCENÍ NAVRŽENÉ METODIKY TESTOVÁNÍ	80
6.1	VYHODNOCENÍ CENOVÉ NÁROČNOSTI (ODHADU REALIZAČNÍ CENY).....	80
	ZÁVĚR	81
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	83
	SEZNAM OBRÁZKŮ	84
	SEZNAM TABULEK.....	86
	SEZNAM PŘÍLOH.....	87

ÚVOD

V současnosti je stále častěji potřeba vyvíjet a vyrábět specializované výrobky pro použití v laboratořích, elektrotechnické výrobě, chemické průmyslu, oblasti farmaceutické výroby nebo specializované výrobky pro moderní systémy inteligentních budov atd. Takovéto výrobky kladou důraz na parametry, které nelze snadno nebo jednoznačně certifikovat nebo testovat. Při certifikaci daného výrobku pak dochází k průtahům v důsledku nejasné metodiky testování pro dané výrobky nebo naopak v důsledku nutnosti přepracování daného nevhodně testovaného produktu.

Pro prověření parametrů daného výrobku je často potřeba vytvořit speciální zkušební prostor, ve kterém dochází v průběhu vývoje k testování před následnou certifikací. Často je zde výrobce sám přinucen vytvořit pro svůj vývoj certifikační prostor, který je následně akreditovaným příslušnou legislativní složkou. V současné době podle údajů Českého institutu pro akreditaci o.p.s. (ČIA) působí v ČR přes 500 akreditovaných kalibračních a zkušebních laboratoří (527 k 1.5.2004), celkový počet laboratoří ve veřejném a soukromém sektoru se odhaduje na tisíce.

V práci se budu snažit zmapovat a pojmenovat většinu zásadních bodů, jimž je potřeba věnovat pozornost při návrhu takovýchto pracovišť, a pokusím se provést návrh takového testovacího boxu pro vývoj a testování nového výrobku. Navrhnou požadované parametry prostředí pro jednotlivé testovací režimy a popíšu aplikaci jednotlivých testovacích metod na nové vývojové zařízení.

Pro testování se pokusím navrhnout nové vývojové zařízení, na jehož modelu se v závěru práce pokusím demonstrovat finanční zátěž, kterou přináší potřeba takového testování. Kalkulaci této finanční zátěže podložím jednoduchým propočtem nákladů na realizaci takového testovacího stabilního pracoviště (testovacího boxu).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MOŽNOSTI VYUŽITÍ

Tato práce má za účel ukázat potřebu návrhu nových metrologických postupů pro testování a certifikaci a vyvíjení výrobků. Tento postup bude demonstrován na několika modelových případech pro již existující sériově vyráběné produkty a vývoj návrhu pro produkty nové dosud pouze prototypové.

Ze současného vývoje v oblasti testování a certifikace je zřejmé, že hlavními nositeli metrologických aktivit jsou často právě výrobci zboží a také poskytovatelé služeb v soukromém sektoru, kde se metrologie hlavním dílem podílí na integritě a správné funkci technologií výroby.

1.1 Testování dveří ledniček a mrazniček

Stále častěji se setkáváme s potřebou nasazení specializovaných zařízení pro skladování preparátů, výrobků nebo substancí při stabilní nízké teplotě. Některé specializované firmy vyrábí produkty pro skladování např. krevních derivátů a léčiv, ale tyto nemusí zcela vyhovovat potřebám specializovaných laboratorních pracovišť. Takováto zařízení často narážejí na nutnost specifických úprav skladovacích zařízení a jejich následnou nutnost testování při procesu validace daného zařízení.

Mnohdy se jedná o vědecká pracoviště zkoumající oblast genetiky, biologie, materiálového inženýrství, nanotechnologií či farmakologie. Jedná se například o pracoviště v oblasti regenerativní medicíny, která využívá nejnovější know-how a technologie pro vývoj a klinický výzkum léčivých přípravků na bázi lidských buněk.

1.2 Lednice pro farmacii

1.2.1 Farmaceutické lednice

Lednice (Obr.1) s nastavitelnou teplotou +2 až +14 °C vhodné pro skladování léčiv i jiných vzorků náročných na stabilitu teploty, vybavené precizním automatickým odmrazováním s minimálními výkyvy teploty. Lednice bývají vybaveny nucenou cirkulací vzduchu a nerezovým snadno sanitovatelným interiérem. Ve většině případů jsou vybaveny prosklenými dveřmi a vnitřními boxy nebo přihrádkami.

*Obvyklý teplotní rozsah: +2 až +14 °C
zámek prosklených dveří*



Obr.1 Farmaceutická lednice

1.2.2 Farmaceutické kombinované lednice

Kombinované lednice s mrazákem (Obr.2), dole vhodné pro skladování léčiv i jiných vzorků náročných na stabilitu teploty, vybavená precizním automatickým odmrazováním chladničky s minimálními výkyvy teploty. U těchto zařízení jsou často připraveny boční průchodky pro vstup monitorovacích čidel. Lednice musí mít nucenou cirkulaci vzduchu v ledničce. Lednice je vybavena alarmovými relé a signalizací otevření dveří.

*nastavitelný teplotní rozsah v chladničce: +2 až +14 °C
nastavitelný teplotní rozsah v mrazáku: -20 až -30 °C
zámek dveří*

*prosklené dveře chladničky (bývá zde možnost zaslepení),
plné dveře mrazáku*



Obr.2 Farmaceutická kombinovaná lednice

1.2.3 Laboratorní lednice



V podstatě se jedná o obdobu výkonné farmaceutické lednice s mnoha doplňkovými funkcemi, která je určena pro použití v laboratořích. Samozřejmostí je nerezový interiér, ale v tomto případě s velmi variabilní skladbou. Jsou zde většinou nastavitelné výšky polic několik variant prosklení dveří.

Je zde možná jakákoli kombinace polic a zásuvek. Lednice má většinou připraveno několik průchodek pro monitoring parametrů prostředí. Je možné ji objednat vybavenou záznamovým datalogerem monitorujícím chod. Lednice je vždy vybavena alarmovými relé a dveřními kontakty.

Obr.3 Laboratorní lednice *Obvyklý teplotní rozsah: -2 až +16 °C*

1.2.4 Laboratorní mrazicí boxy

Pultový nebo skříňový mrazicí box (Obr.4), má ve všech laboratořích i provozovnách širokou škálu uplatnění díky často velkému teplotnímu rozsahu. Většina mrazících boxů je schopna mrazit od -5° až po -30°C(-45°C – dle druhu chladiva). Mrazák bývá osazen zámkem dveří, signalizací otevření dveří, boxovými přihrádkami, výkonným světlem dle potřeby uživatele.

Teplotní rozsah: -5° až -45°C

Provedení: int. nerez + ext. tvrzený plast

Izolace: 60-100 mm polyuretanu

Obvyklé chladivo: R404A nebo R600A



Obr.4 Mrazicí box

1.2.5 Hlubokomrazící boxy

Zařízení využívá technologii izolace pomocí pěnového polyuretanu. Umožňuje kvalitní zamrazení vzorků až na -86°C při dodržení nízkých provozních. Pro eliminaci nežádoucí tepelné kontaminace po krátkodobém otevření dveří jsou vybaveny speciálními řídicími procesy a speciálním těsněním předních dveří (plus signalizace otevření dveří). I vnitřní dveře a kryty zásuvek jsou z izolačního materiálu, šetří energii a ochrání kvalitu vzorků.



Obr.5 Hlubokomrazící box

Samozřejmostí jsou zamykatelné dveře mrazáku a čtyřmístný PIN kód bránící neautorizovanému ručnímu přenastavení teploty. Bývají vybaveny optickým, akustickým a dálkovým alarmem hlásícím odchylky teplot, výpadek proudu, vybité baterie, ucpaný filtr a chybu v nastavení systému.



Obr.6 Náhradní baterie

Náhradní baterie (Obr.6) umožňuje při výpadku proudu nastavení hodnot systému a spustí alarm. Bývají vybaveny systémem napojení na náhradní zdroj chladu ve formě CO_2 a LN_2 . Tento systém slouží k překlenutí doby výpadku proudu.

Teplotní rozsah: -60° -86°C

Provedení: int. nerez + ext. tvrzený plast

Izolace: 130 mm polyuretanu

Obvyklé chladivo: $\text{R507A} + \text{R508b} + \text{R170}$

1.2.6 Přenosné mrazící boxy

Profesionální transportní box (Obr. 7) musí splňovat mnohem přísnější kritéria, než jaká známe z běžné praxe (např. u autochladniček). Protože jsou v přenosných mrazících boxech přepravovány např. krevní vaky, plasma nebo dokonce orgány, musí být box vybaven přesným nastavením a sledováním teploty. Pro úspěšnou validaci boxů je často součástí boxu i dataloger s grafickým výstupem.



Obr.7 Přenosný box

Teplotní rozsah: $+10^{\circ}$ $-10^{\circ}/20^{\circ}$

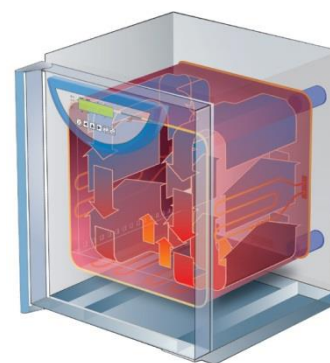
1.3 Kultivační inkubátory

Tato zařízení se používají převážně pro kultivaci mikroorganismů při konkrétních teplotách odpovídajících optimální teplotě růstu, v případě rozborů při teplotách daných příslušnou normou. Tato zařízení jsou vybavena termostaty, u nichž je možné teplotu regulovat. Nejvýhodnější jsou inkubátory vodní, méně pak inkubátory teplovzdušné, které neudrží nastavenou teplotu při krátkodobých výpadcích elektrické energie.

1.3.1 Laboratorní inkubátor s přirozenou cirkulací (termostat)

Princip činnosti je založen na jemném gravitačním proudění vzduchu v elektricky vyhřívané komoře přístroje. Dvouplášťová konstrukce komor (Obr. 8) spolu s řídicí automatikou zajišťují homogenní rozložení teploty v komoře, přesný průběh procesů a krátké časy zotavení (návratu na zvolenou teplotu) po otevření dveří. Vyznačuje se svým ekonomickým provozem. Vhodný je pro jednoduchý proces sušení a ohřevu běžných materiálů. Přístroje pracují bezhlučně.

Teplotní rozsah: od +5 °C nad okolní teplotou do 70 °C/99,9 °C



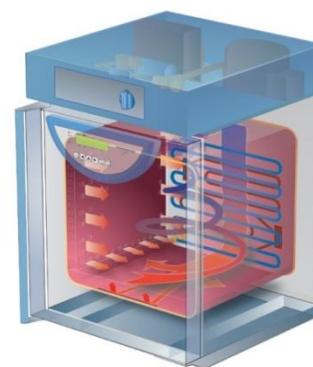
Obr.8 Inkubátor s přirozenou cirkulací

1

1.3.2 Laboratorní (biologický) inkubátor s nucenou cirkulací

Princip činnosti je založen na jemném chráněném proudění vzduchu pomocí ventilátoru (Obr.9) v elektricky vyhřívané komoře přístroje. Termodynamický systém – tepelného šroubu – zajišťuje vytvoření homogenního proudu vzduchu spirálovitě stoupajícího uvnitř pracovní komory. Přirozeným temperováním od spodu nahoru tento proces simuluje přírodní děje a zajišťuje optimální prohřívání materiálů i vysokou prostorovou přesnost teploty v komoře při minimální spotřebě energie.

Teplotní rozsah: od 10 °C nad okolní teplotou do 70 °C / 99,9 °C



Obr.9 Inkubátor s nucenou cirkulací

1.3.3 Inkubátory s nucenou cirkulací, chlazením a řízenou vlhkostí

Princip činnosti je založen na jemné nucené cirkulaci vzduchu ve spojení s výkonným chlazením a zvlhčovačem umístěným v komoře. Řídicí systém zvlhčování a odvlhčování s vysoce výkonným osvětlovacím systémem zaručuje vynikající homogenní podmínky pro přesnou simulaci zvolených klimatických dějů.

*Teplotní rozsah: od 0,0 °C do 99,9 °C bez vlhkosti,
od 10 °C do 90,0 °C s vlhkostí*

Chladicí médium: R 134a bez CFC

Rozsah vlhkosti: 10 % – 90 % RH

*Vstupní médium pro vývoj vlhkosti: pitná voda (max. 50mg Ca/l),
destil. voda*

1.3.4 Inkubátory s CO₂ atmosférou

Princip činnosti je založen na jemném gravitačním nebo nuceném proudění pracovního plynu v elektricky vyhřívané komoře při vysoké relativní vlhkosti a zvolené koncentraci plynu.

U CO₂ inkubátorů (Obr.10) je možná práce nejen v atmosféře CO₂, ale např. O₂ i N₂. Běžný inkubátor obvykle obsahuje těsné vnitřní skleněné dveře.

Teplotní rozsah: od +5 °C nad okolí do 60 °C

Měření CO₂ infračerveným čidlem

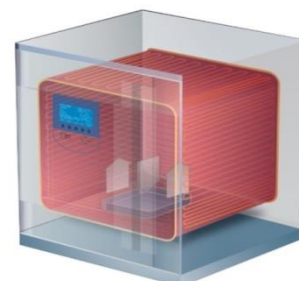
Stabilní vlhkost 95 % nebo 97 % RH

1.3.5 Inkubátory s CO₂ atmosférou a vytápěnými dveřmi

Princip je naprosto totožný jako u ostatních CO₂ inkubátorů a využívá jemného gravitačního proudění plynu. Na rozdíl od běžného inkubátoru je vybaven vytápěnými dveřmi, kde tento speciální systém vyhřívání komory eliminuje potřebu ventilátoru, a tím odstraňuje i s ním spojená rizika kontaminace.



Obr.10 Inkubátor s CO₂ atmosférou



Obr.11 Inkubátor s CO₂ atmosférou

1.4 Sušárny

1.4.1 Sušárny s přirozenou (nebo nucenou) cirkulací vzduchu

Princip činnosti je založen na gravitačním nebo nuceným prouděním vzduchu v elektricky vyhřívané komoře přístroje. Kde dvouplášťová konstrukce komory spolu s řídicí automatikou zajišťují homogenní rozložení teploty v komoře, přesný průběh procesů a krátké časy zotavení (návratu na zvolenou teplotu) po otevření dveří. Vyznačuje se svým ekonomickým provozem. Vhodný pro jednoduchý proces sušení a ohřevu běžných materiálů. Bezventilátorové přístroje mají tichý provoz.

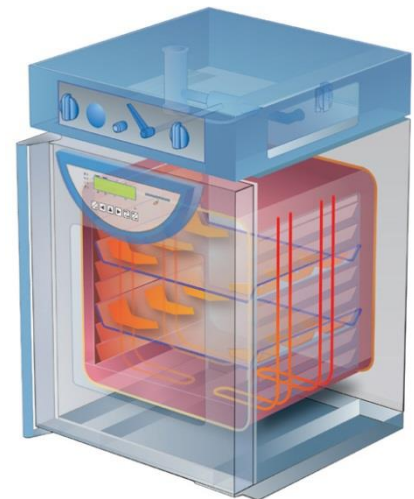


Obr.12 Sušárna s cirkulací vzduchu

V podstatě se jedná konstrukčně o jednodušší sterilizátor s povoleným vyšším teplotním rozsahem obvykle až do $+250^{\circ}\text{C}$ a jednodušší regulací.

1.4.2 Sušárny s vakuem (vakuové pece)

Princip činnosti je založen na principu sušení ve vakuu s možností vytěsnění vzduchu v komoře inertním plynem. Elektricky vyhřívaná nerezová komora (Obr. 13) přístroje umožňuje přesné vyhřívání a sušení vzorků až do konstantní hmotnosti. Komora bývá vybavena průchodkou pro připojení inertního plynu a jehlovým ventilem pro jeho dávkování.



Obr.13 Sušárna s vakuem

Sušení ve vakuu s možností vytěsnění vzduchu inertním plynem nabízí řešení teplotně labilní a na oxidaci citlivé substance (prášky, granuláty, ...), ale i tvarově složité součásti s těžko přístupnými otvory a závity. Ideální pro sušení vzorků do konstantní hmotnosti. Tyto sušárny mají širší využití. Uplatnění nachází především v oblastech zpracování plastů, farmaceutickém, chemickém, elektrotechnickém a jiném průmyslu.

Teplotní rozsah: od 5°C nad okolní teplotou do $300/400^{\circ}\text{C}$

Připojení inertního plynu

1.5 Laboratorní sterilizátory

1.5.1 Parní sterilizátory (Autoklávy)

Jedná se o speciální zařízení, v němž při zahřívání dochází ke vzniku zvýšeného tlaku páry, a tak k přehřátí vnitřního prostoru na vyšší teplotu než 100°C. Většinou se užívá přetlak 0,1 MPa, kterému odpovídá teplota 121°C. Autokláv (Obr.14) musí být vybaven regulačním zařízením pro regulaci teploty i doby sterilace. Běžně slouží pro mikrobiologické účely, k bezpečné sterilaci většiny kultivačních medií a roztoků, některých umělohmotných pomůcek a k likvidaci jakéhokoli infikovaného nebo kontaminovaného materiálu.



Obr.14 Parní sterilizátor

V dnešní době jsou autoklávy vybaveny tak, že lze nastavit i režim sterilace v proudící páře při teplotě maximálně 100°C.

Tento způsob se používá pro frakcionovanou sterilaci látek choulostivých na teplotu a medií, které tyto látky obsahují. Autoklávy se obvykle nepoužívají ke sterilizaci laboratorního skla.

1.5.2 Horkovzdušné sterilizátory

Existuje mnoho typů horkovzdušných sterilizátorů, které udržují teplotu 160-180°C po dobu 1 až 3 hodin (počínaje dobou, kdy teplota dosáhla 160°C). Kromě teploty lze regulovat většinou i dobu sterilace a registrovat teplotu. Horkovzdušné sterilizátory (Obr.15) se výhradně používají ke sterilizaci laboratorního skla a některých pomůcek.

Princip činnosti je založen na jemném proudění vzduchu pomocí ventilátoru v elektricky vyhřívané komoře. Tento systém proudění vzduchu v komoře zaručuje tichý chod a rovnoměrné prohřívání vzorků.



Obr.15 Horkovzdušný sterilizátor

1.6 Testování chladírenských a mrazírenských dveří

Dodavatelé sortimentu izolačních dveří, často pro své zákazníky na míru konstruují a vyvíjí dveře (Obr.16) vhodné pro jejich aplikaci. Zde se testuje nejen teplotní, ale i mechanická odolnost a odolnost povrchových úprav tak, aby byly splněné náročné hygienické a bezpečnostní normy.



Obr.16 Chladírenské dveře

Izolační jádro dveří je obvykle tvořeno tvrdou polyuretanovou pěnou (PUR) bez obsahu CFC látek. Dveře bývají obvykle vyráběny z lakovaného hliníkového plechu nebo s pláštěm z nerezové oceli.

1.6.1 Dveře chladírenské/mrazírenské posuvné

Dveře lze používat jako chladírenské, nebo je možné je vybavit mrazírenským těsněním s topným kabelem; v takovém případě jsou dveře vhodné až do -20°C . Dveře mohou být osazeny i bezpečnostním zámkem.



1.6.2 Dveře chladírenské/mrazírenské otočné

Dveře (Obr.17) jsou vhodné pro chladírny s nejnižší teplotou -2°C . Z vnitřní strany bývají vybaveny bezpečnostní klikou. Vnější klika je bez zámků nebo se zámkem. Obvykle je maximální rozměr křídla 1000×2000 .

Dveře se obvykle vyrábí i jako dvoukřídlové (protipožární).

Obr.17 Chladírenské dveře otočné

1.6.3 Dveře hlubokomrazírenské otočné

Hlubokomrazírenské dveře s vyhříváním rámu. Dveře mají zdvojené těsnění. Křídlo bývá obvykle silné $110-125 \text{ mm}$, hlubokomrazírenské dveře lze používat až do -35°C . Klika bývá obvykle bez zámků.



1.6.4 Dveře kyvné

Kyvné dveře (Obr.18) se používají k oddělení místností s vysokou frekvencí pohybu osob. Mohou být jednokřídle či dvoukřídle. Křídlo může být vybaveno oknem dle nabídky, dále jej lze vybavit pružnou PVC ochranou proti nárazu nebo okapovým plechem.

Obr.18 Dveře
kyvné

1.6.5 Dveře polochladírenské otočné

Polochladírenské dveře (Obr.19) bývají použity pro výrobní, kancelářské, sklady. Křídlo je silné 40-50 mm, rám v hliníkovém provedení. Kliky je plastová nebo kovová, standardně se zámek. Křídlo lze vybavit oknem.



Obr.19 Polochladírenské
dveře



1.6.6 Dveře kyvné /PVC/

Kyvné dveře (Obr.20) k oddělení výrobních a manipulačních prostor. Křídlo je vyrobeno z nerezového rámu, do kterého je ukotvena průhledná PVC fólie o tloušťce 5-7mm. Dveře lze dodat i dvoukřídle. Speciální PVC fólie je pružná až do teploty -30°C .

Obr.20 PVC kyvné
dveře

1.7 Testování vývojových zařízení

Moje práce se zaměří na problém návrhu testovacích metod a postupů pro nová speciální zařízení, které je v současné době ve vývojovém stadiu nebo ve stádiu testování prototypů. V tomto případě nastává potřeba návrhu postupů pro testování takovýchto inovativních zařízení, proto aby mohla být kontrolována jejich správná funkčnost v jejich pracovním prostředí. Aby bylo následně možno přistoupit k jejich prvovýrobě a certifikaci před uvedením na místní nebo světový trh.

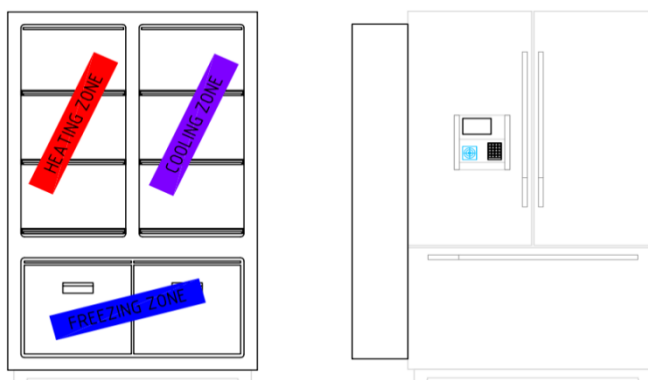
V současné době dochází u potravin k boomu internetových obchodů s expres dodáním. Pro tyto případy lze standartní rodinný dům vybavit takovýmto zásobovacím zařízením, které bude očekávat dodání dané zásilky a po zadání identifikačního kódu zakázky umožní zásilkové službě její bezpečné uložení. Takovýto box by mohl požadovat členění zakázky dle parametrů pro uskladnění a zadání více přístupových kódů pro různé skladovací boxy (chladnička/termostat/mraznička/“vakuový box“). Zařízení mohou být vybavena čtením čárových kódů, QR kódů, nebo bezdrátově propojeny s datalogerem zásilkové služby.

V ukázkových futuristických inteligentních budovách ve Švýcarsku, jsou již instalovány aplikace, kdy takováto (zatím jen) zásobovací lednice je propojena a domácí inteligentní lednici a sleduje dodané zboží a navádí jej do zásob domu.

1.7.1 Modelově testované vývojové zásobovací zařízení

V mém případě se bude jednat o speciální zásobovací box (Obr.21), který bude instalován v dělicí stěně inteligentní budovy.

Funkcí tohoto boxu bude uchování dodávaného zboží v pro něj deklarovaných teplotních podmínkách, aby nedošlo k znehodnocení zásilky.



Obr.21 Zásobovací box

Příkladem využití tohoto boxu by mohl být dům s pečovatelskou službou, kde dojde k doručení zásilek s chlazeným/mraženým zbožím a jídlonosičů pro ubytované klienty.

Zde by bylo zboží bezpečně uskladněno před jeho převzetím klienty nebo pečovatelskou službou.

2 GENERÁLNÍ ČLENĚNÍ TYPŮ CHLADÍCÍCH ZAŘÍZENÍ

2.1 Malá chladicí zařízení

Většinou se jedná o kompresorová zařízení, u úplně malých zařízení se někdy může používat termoelektrické chlazení na principu Pelitiarova jevu. V minulosti byly velmi rozšířeny absorpční chladicí zařízení a na podobném principu pracují nebo pracovaly i adsorbční chladicí zařízení,

2.1.1 Kompresorová zařízení (s freonovým chladivem)

Páry chladiva freony se kompresorem stlačují a přivádí do kondenzátoru, kde zkondenzují. V kondenzátoru vysrážené chladivo přechází do sběrače, odkud jej dle potřeby přepouštíme přes redukční ventil do výparníku. Zde dojde k prudkému snížení teploty a přeměně z kapalně fáze na plynnou, vznik chladu. Z výparníku se vrací plynné chladivo ke kompresoru. Velkou výhodou těchto zařízení je jejich velká účinnost.

Chladicí okruh v základním provedení se skládá z chladivového kompresoru, kondenzátoru, výparníku, regulačních a jisticích prvků (viz automatika). Komponenty jsou propojeny potrubím a naplněny vhodným chladivem. Chladivo je v hermeticky uzavřeném okruhu pod tlakem.

Kompresor – nasává a stlačuje odpařené chladivo z výparníku

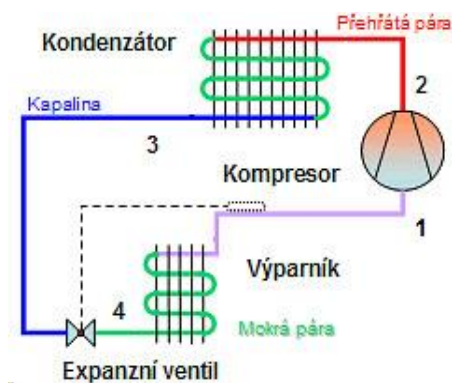
Kondenzátor – ochlazuje a zkapalňuje stlačené páry chladiva

Expanzní ventil – reguluje přehřátí chladiva na výstupu z výparníku

Výparník – odebírá teplo z chlazeného prostoru

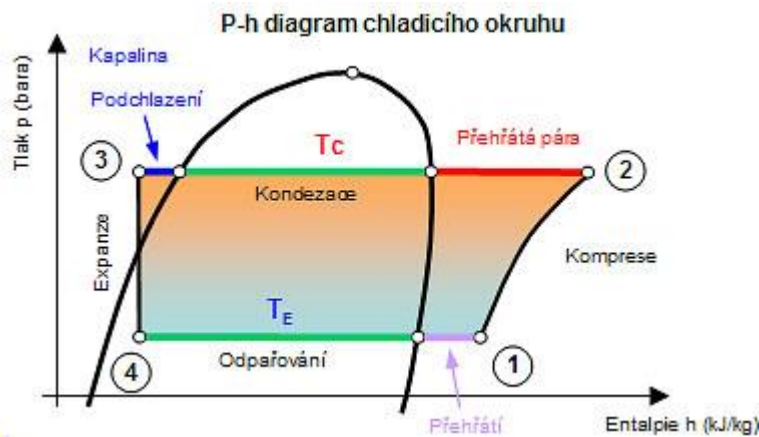
(tzv. přímý odpar = přímé chlazení)

Automatika – zajišťující spolehlivý, hospodárný a bezpečný provoz chladicího zařízení



Obr.22 Chladivo v uzavřeném okruhu

Spodní obrázek představuje p-h diagram chladicího okruhu. Proces začíná nasátím vypařného chladiva v bodě (1). Kompressor stlačuje a kompresním teplem zahřívá páry do bodu (2). Přehřáté páry vstupují do kondenzátoru. Postupující páry se ochlazují a kondenzují na kapalinu při kondenzační teplotě T_c . V závěru kondenzace dochází k podchlazení kapalného chladiva (3). Pro spolehlivou činnost chladicího okruhu je důležité získat dostatečné podchlazení.



Obr.23 P-H diagram chladicího okruhu

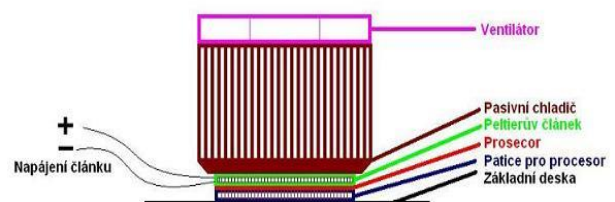
2.1.2 Termoelektrické chlazení

Zde dochází k přímé přeměně elektrické energie na chlad (teplo). Zařízení fungují na principu Pelitiarova jevu. K tomuto jevu dochází mezi určitými dvojicemi kovů, nebo polovodičů při průchodu stejnosměrného proudu. Rozdíl mezi teplou a studenou stranou takového zdroje chladu (tepla) je vždy stejný, k efektivní tepelné výměně se na primární, sekundární nebo obě strany přidávají chladiče s ventilátory. Díky špatnému předávání tepla mají často velmi nízkou účinnost i pod 10%. Tato technologie se díky této malé účinnosti využívá převážně v automobilech (chlazené boxy) nebo ve výpočetní technice.

V současné době je Pelitiarův článek (Obr.24) pro svou vhodnou konstrukci, vysokou spolehlivost, tichý provoz a snadnou regulaci využíván například pro chlazení procesorů.

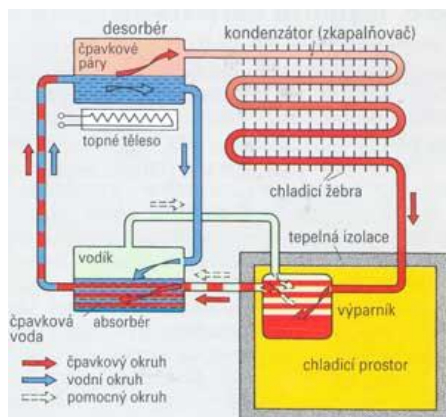


Obr.24 Pelitiarův článek



Obr.25 Pelitiarův článek - schéma

2.1.3 Absorpční chlazení



Obr.26 Absorpční chlazení

Na rozdíl od dnes používaných chladících zařízení se dříve nejčastěji používaly tzv. zařízení absorpční, kde bylo chlazení založeno na principu absorpce – tedy pohlcování jedné látky druhou, doprovázené tepelnými a chemickými změnami. Nejčastěji se zde jednalo o čpavek a vodu (kde voda páry čpavku pohlcuje). Velkou výhodou byl bezhlučný chod.

Chladící zařízení však nedokázaly chladit na tak nízkou teplotu a měly nižší účinnost. U těchto chladících zařízení musí být chladícím médiem buď kapalina s nízkým bodem varu, nebo plyn, který se pod tlakem snadno mění v kapalinu.

Malá zařízení se dnes používá převážně pro mobilní jednotky pro chaty a karavany, kde se pro ohřev využívá plynového hořáku. Dnes se v komerčně vyráběných lednicích používá nejčastěji isobutan R600a, který je víceméně bez škodlivých účinků na životní prostředí.

2.1.4 Adsorpční chlazení

Princip adsorpční ledničky je v podstatě velmi podobný jako u absorpční. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že na rozdíl od absorpčního chlazení se zde neodnímá okolím teplo rozpuštěním chladicího média v absorbéru, ale děje se tak jeho přilnutím na povrchu adsorbentu. Adsorbent je nejčastěji tvořen houbovitě porézní hmotou, čímž se dosáhne velké povrchové plochy při malém objemu; dříve se používal silikagel, v posledních letech se dosahuje podstatně lepších výsledků se zeolitem.

Dnes si můžeme zakoupit adsorbční transportní chladničky, které fungují bez potřeby energetického zdroje na místě chlazení. Na tomto principu fungují například samochladící sudy na pivo.

Pozn: V současnosti se absorpční a adsorpční princip začíná znovu využívat i u malých zařízení. Velmi často pro zužitkování přebytku tepla ze solárních panelů (na výrobu chladu).

2.2 Středně velká chladicí zařízení s oddělenou venkovní jednotkou

U středně velkých (nebo členitých) zařízení se ve většině případů využívají jednotky s kompresorovou jednotkou a odděleným výparníkem.

2.2.1 Kompresorová zařízení (s freonovým chladivem)

Ve výparníku dojde k odparu daného chladiva (např. R134a), takto je odváděno teplo z chlazeného média proudícího výparníkem. Vychlazený plyn odpařeného chladiva je nasáván kompresorem a stlačen. Horký plyn za kompresorem proudí do kondenzátoru, zde dochází k ochlazení a jeho kondenzaci. Poté dochází k expanzi chladiva v kontinuálně řízeném expanzním ventilu a kondenzát chladiva o nízké teplotě se vrací zpět do výparníku.

Systémy s přímým výparem chladiva jsou v těchto možných provedeních:

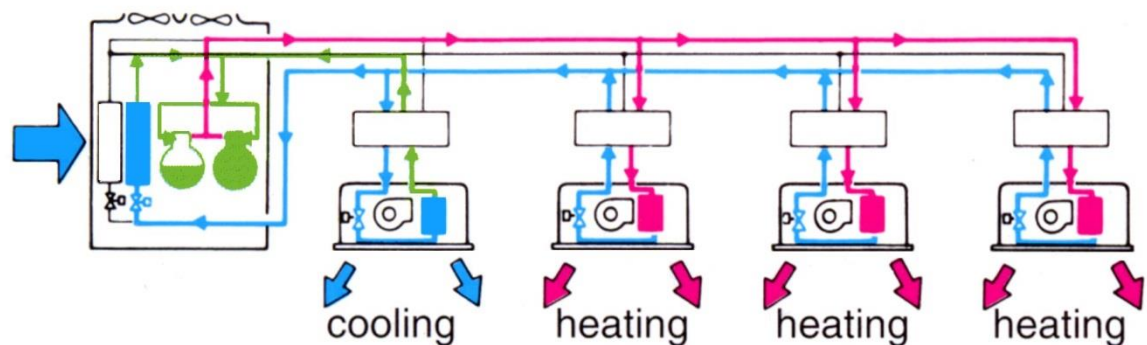
- pouze chlazení
- tepelné čerpadlo (topení, topení+chlazení)
- herec (přečerpávání tepla v rámci budovy) umožňuje současné chlazení a topení na různých místech jednoho stejného systému

Jednotky mohou být v provedení:

s odděleným kondenzátorem (split systém)

Ke kondenzaci chladiva dochází v kondenzátoru, který v tomto případě není součástí kompaktní jednotky, ale je od zbytku jednotky oddělen. To umožňuje ponechat strojní část chladicí jednotky (kompresory, výparník, elektrický rozvaděč, atd.) v tepelně obhospodařeném prostoru a proto můžeme chladit i vodu bez příměsi glykolu (potlačení nebezpečí poškození mrazem).

V současné době jsou čím dál častěji nasazovány tzv. multi-split systémy (Obr.27), u kterých můžeme chladit nebo vytápět několik místností najednou s využitím pouze jedné vnější jednotky.



Obr.27 Multi-split systém

s odděleným výparníkem (dx systém = direct expansion)

U chladicích jednotek tohoto typu je výparník oddělen od strojní části (kompresory, kondenzátor*, elektrický rozvaděč, atd.). *Často se zde jedná o hybridní systém oddělující jak výparník, tak i kondenzátor od zbytku systému za účelem jednodušší vestavby do jiného zařízení např. vzduchotechnické jednotky.

U obou variant je nevýhodou, že freonem napojená část je uvnitř objektu a je zde neustále možnost úniku chladiva do vnitřního prostředí.

2.3 Velká chladicí zařízení napojená na centrální zdroje chladicí (topného) media

Nejčastěji využívané systémy pro chlazení velkých zařízení a velké zdroje chladu jsou principy strojního chlazení, suché chladiče nebo chladicí věže.

2.3.1 Strojní chlazení (kompresorové chlazení)

Ve výparníku dojde k odparu daného chladiva (např. R134a), takto je odváděno teplo z chlazeného média proudícího výparníkem. Vychlazený plyn odpařeného chladiva je nasávan kompresorem a stlačen. Horký plyn za kompresorem proudí do kondenzátoru, zde dochází k ochlazení a jeho kondenzaci. Poté dochází k expanzi chladiva v kontinuálně řízeném expanzním ventilu a kondenzát chladiva o nízké teplotě se vrací zpět do výparníku.

Obecný princip kompresorového chlazení se sestává ze čtyř fází:

Komprese - kdy jsou páry chladicí látky přivedeny do kompresoru, kde jsou stlačovány a dochází ke zvýšení jejich teploty.

kondenzace- jsou páry chladiva o vysoké teplotě a tlaku přivedeny do výměníku - kondenzátoru, kde dochází ke kondenzaci par. Uvolněné odpadní teplo je odvedeno většinou do venkovního prostředí.

vstřík – kdy kapalina prochází přes kapiláru nebo expanzní ventil a dochází ke snížení tlaku expanzí (kapalina je vstříknuta do výparníku).

výpar – vstříknutá kapalina se ve výparníku odpařuje. Tím se odebere teplo z teplotného média.

Chlazené médium i chladicí teplotné médium může být voda nebo voda s příměsí nemrznoucích směsí na bázi etylenglykolů nebo propylenglykolů (glykolový systém používáme při potřebě nižší teploty teplotného média).

Hlavní výhodou je zde možnost chladit na nižší teplotní potenciál, až do -10°C .

2.3.2 Uzavřené skrápěné chladicí věže (adiabaticky chlazené věže)

Chlazená kapalina (obvykle voda, popřípadě s příměsí nemrznoucí směsí) protéká trubkami tepelného výměníku, aniž by přišla do přímého kontaktu s vnějším ovzduším. Systém musí být uzavřen kvůli nutnosti zamezení vnesení nečistot do primárního chladicího okruhu.

Teplo se z chlazené kapaliny přenáší přes stěny chladicího výměníku do skrápěcí vody. Skrápěcí voda je rovnoměrně rozstříkována na povrch výměníku věže. Ventilátor věže přivádí vzduch v protisměru proudění skrápěcí vody. Dochází k odpaření malé části cirkulující (skrápěcí) vody a dochází k lepšímu odvodu nepotřebného tepla z chlazeného média do ovzduší. Skrápěcí voda stéká přes věž do nádrže, odkud je hnána čerpadlem zpět do rozstříkovací trysky.



Obr.28 Skrápěná chladicí věž

2.3.3 Vzduchem chlazené kondenzátory (adiabatické a suché chladiče)

Suché chladiče

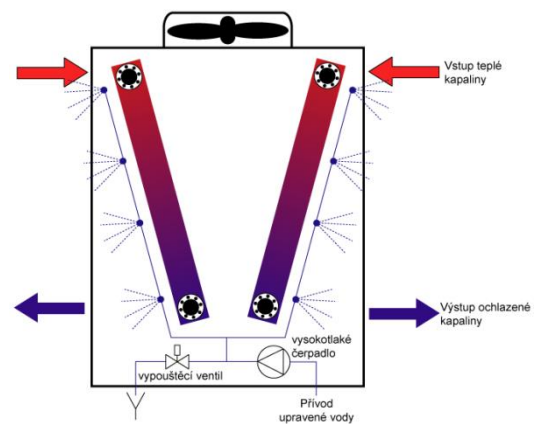
Oddělený vzduchem chlazený kondenzátor umístěný mimo exponované prostory (obvykle venkovním prostředím). Jeho výkon může být snadno řízen změnou množství vzduchu protékajícího chladicím výměníkem. Nasazení suchých chladičů přináší delší periody údržby, velkou účinnost chlazení, dlouhou životnost a nízkou energetickou náročnost (velký výkon při minimálním množství chladicího média a velmi nízké spotřebě energie). Přímé chlazení média (ať už přes nějaký výměník nebo přímo) pomocí suchých chladičů označujeme jako free-cooling.

S ohledem na ochranu životního prostředí je třeba hledat cenově efektivní způsoby výměny tepla, toto přispívá k velkému rozvoji vzduchových výměníků tepla s přímou kondenzací nebo chlazením. Tyto suché chladiče jsou často nasazovány v kombinaci s dalšími druhy chlazení. Nejčastější kombinací je kompresorové chlazení s vodou chlazeným kondenzátorem.

Adiabatické chladiče

Adiabatický chladič kombinuje vlastnosti chladičí věže a suchého chladiče. Jedná se v základu o suchý chladič (často ve tvaru V), který aby byl schopen dosáhnout nižších teplot chlazené kapaliny je opatřen na vstupu vzduchu do výměníku zvlhčovací panel.

Tento panel má za úkol navlhčit vzduch, který následně slouží pro ochlazení chlazené kapaliny proudící ve výměníku. Díky navlhčení vzduchu dochází k poklesu jeho teploty a je možné tedy chlazenou kapalinu chladit na nižší teploty anebo naopak i při vysokých teplotách okolního vzduchu.



Obr.29 Adiabatický chladič

3 ZPŮSOBY MĚŘENÍ SLEDOVANÝCH VELIČIN A TYPY POUŽITÝCH SNÍMAČŮ (ČIDEL)

3.1 Měření teploty

Obecně je lze rozčlenit do dvou skupin

Snímače pro dotykové měření

- Elektrické
 - **odporové kovové (vinutá nebo vrstevná)**
(tyto budeme uvažovat v naší regulaci a našem měření)
 - odporové polovodičové (pozistory, negastory, monokrystalické snímače)
 - termoelektrické
 - polovodičové s PN přechodem (diodové tranzistorové)
- Dilatační (kovové, kapalinové)
- Tlakové (kapalinové, plynové, parotlačné)
- speciální

Snímače pro bezdotykové měření

- Monochromatické pyrometry
- Jasové pyrometry
- Radiační pyrometry

V našem případě budeme pro měření v prostoru zkušebních kabin (zátěžových a stabilitních boxů) a u vzduchotechnických zařízení připravujících požadované parametry prostředí, používat převážně **kovové odporové** snímače.

Ve vnitřním prostředí testovaných zařízení budou umístěny volné **kabelové sondy** nebo kabelové sondy uložené v glycerolové lázni (pro zlepšení stability měření a větší monitorovanou plochu).

Ve vzduchotechnických zařízeních budou používány kapilárové snímače teploty.

3.1.1 Odporové kovové snímače teploty

Odporové snímače teploty patří v současnosti mezi nejrozšířenější prostředky pro měření teploty. Jsou hojně využívány ve všech odvětvích průmyslu např. ve strojírenství, v automobilovém průmyslu, v chemickém průmyslu, v potravinářství atd. Používají se např. i jako etalony pro kalibraci všech dalších druhů snímačů či teploměrů. K jejich hlavním výhodám patří stabilita, přesnost a tvar signálu.

Odporové snímače teploty využívají závislost odporu materiálu na teplotě. Nejčastěji se k jejich výrobě využívá čistých kovových materiálů, jakými jsou platina, nikl, měď a jejich slitin.

Odporová čidla k měření teploty v průmyslových podmínkách lze v zásadě rozdělit na čidla vinutá z platinového, niklového, respektive měděného drátu a čidla vrstevná, kde odporová vrstva je nejčastěji z Pt, nebo Ni. Základní parametry obvykle užívaných materiálů jsou uvedeny v následující tabulce:

Materiál čidla	Základní odpor R_0 [Ω]	Poměr odporů W_{100}	Měřicí rozsah [$^{\circ}\text{C}$]
Pt	100	1,3850	-200 až +850
Ni	100	1,6180	-60 až +180 (+250)
Cu	100	1,4260	-200 až +200

Tab.1 Základní parametry materiálů

Norma IEC 751 zahrnuje pouze čidla se základním odporem $R_0 = 100 \Omega$ a poměrem odporů $\Omega_{100} = 1,3850$ (odpovídá teplotní součinitel odporu $\alpha = 0,00385 \text{ K}^{-1}$). U platinových čidel s $\Omega_{100} = 1,3850$ a většími hodnotami základního odporu, např. Pt 500, Pt 1000 apod., dostaneme jejich základní hodnoty odporu tak, že základní hodnoty z IEC 751 vynásobíme koeficientem $R_0 \cdot 10^{-2}$.

Dovolené odchylky (tolerance) v $^{\circ}\text{C}$, Pt čidel dle IEC 751 pro provozní snímače:

- pro třídu přesnosti A: $\pm(0,15 + 0,002 \cdot |t|)$,

(mají se používat do $+650 \text{ }^{\circ}\text{C}$),

- pro třídu přesnosti B: $\pm(0,30 + 0,005 \cdot |t|)$,

(jsou určeny do $+850 \text{ }^{\circ}\text{C}$),

kde $|t|$ = absolutní hodnota teploty ve stupních Celsia (bez ohledu na znaménko). Hodnoty dovolených odchylek v $^{\circ}\text{C}$ platí i pro další hodnoty základního odporu,

ale dovolené odchylky v Ω jen pro $R_0 = 100 \Omega$.

Dovolené odchylky v $^{\circ}\text{C}$ i v Ω viz tabulka.

Měřená teplota [$^{\circ}\text{C}$]	Dovolené odchylky			
	Třída přesnosti A		Třída přesnosti B	
	[Ω]	[$^{\circ}\text{C}$]	[Ω]	[$^{\circ}\text{C}$]
-200	$\pm 0,24$	$\pm 0,55$	$\pm 0,56$	$\pm 1,3$
-100	$\pm 0,14$	$\pm 0,35$	$\pm 0,32$	$\pm 0,8$
0	$\pm 0,06$	$\pm 0,15$	$\pm 0,12$	$\pm 0,3$
100	$\pm 0,13$	$\pm 0,35$	$\pm 0,30$	$\pm 0,8$
200	$\pm 0,20$	$\pm 0,55$	$\pm 0,48$	$\pm 1,3$
300	$\pm 0,27$	$\pm 0,75$	$\pm 0,64$	$\pm 1,8$
400	$\pm 0,33$	$\pm 0,95$	$\pm 0,79$	$\pm 2,3$
500	$\pm 0,38$	$\pm 1,15$	$\pm 0,93$	$\pm 2,8$
600	$\pm 0,43$	$\pm 1,35$	$\pm 1,06$	$\pm 3,3$
650	$\pm 0,46$	$\pm 1,45$	$\pm 1,13$	$\pm 3,6$
700	---	---	$\pm 1,17$	$\pm 3,8$
800	---	---	$\pm 1,28$	$\pm 4,3$
850	---	---	$\pm 1,34$	$\pm 4,6$

Tab.2 Dovolené odchylky v $^{\circ}\text{C}$

Niklová odporová čidla se používají s $\Omega_{100} = 1,6170$, ale pravděpodobně nejužívanější jsou čidla s $\Omega_{100} = 1,6180$ (Sauther), $\Omega_{100} = 1,5000$ (Siemens) a $R_0 = 100 \Omega$, dle normy DIN 43760.

3.1.2 Snímače teploty se stonkem a hlavicí

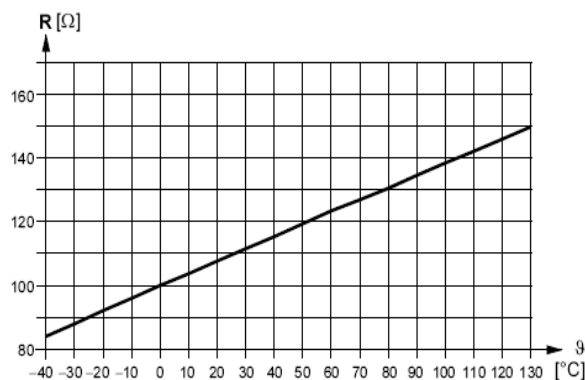
Tyto odporové snímače (Obr.30) jsou určeny pro kontaktní měření teploty kapalných nebo plyných látek. Snímače jsou tvořeny kovovým měřicím stonkem a hlavicí, ve které je umístěna svorkovnice a případný použitý převodník na analogový signál. Stonek snímače je nejčastěji vyroben z nerezové oceli a hlavice ze slitin hliníku (nebo v plastovém provedení). Obvyklé délky měřicích stonků jsou 50 až 500 mm.



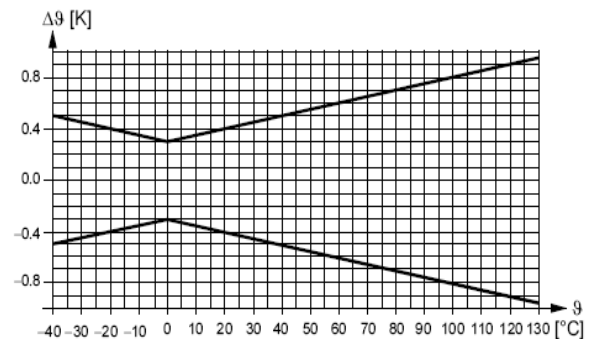
Obr.30 Snímač teploty

Příklad přesnosti měřícího článku PT100 (třída B):

Charakteristika:



Přesnost měření:



Obr.31 Přesnost měření

3.1.3 Kabelové (sondy) snímače teploty

Snímače teploty s kabelem (Obr.34) jsou určeny pro kontaktní měření teploty pevných, kapalných nebo plyných látek v různých odvětvích průmyslu, např. v potravinářství, chemickém průmyslu, chladiřnictví atd.



Obr.32 Kabelové snímače teploty

Snímače se skládají z kovového pouzdra, ve kterém je umístěno odporové čidlo teploty, a přívodního kabelu. Jako odporová čidla je možné použít všechny typy tenkovrstvých odporových čidel např. Ni 1000, Pt 100, Pt 500, Pt 1000, NTC 20k Ω .

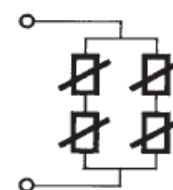
Zapojení snímačů může být podle provedení dvou vodičové, třívodičové i čtyřvodičové. Základními materiály pouzder snímačů je obvykle nerezová ocel nebo mosaz.

I tyto snímače lze dovybavit převodníkem na standardizovaný analogový výstup (4 – 20 mA; 0 – 10V).

3.1.4 Průměrovací (kapilárové) odporové čidla teploty

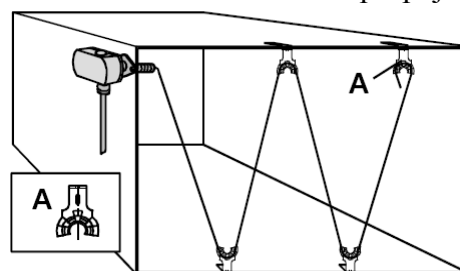
Určeno pro měření v potrubí, kde se mohou vyskytovat nerovnoměrná rozložení teplot. Například ve vstupech venkovního vzduchu, ve směšovacích komorách, ve VZT jednotkách za teplovodními výměníky.

Princip měření spočívá v elektrickém paralelně/sériovém propojení obvykle čtyř stejných odporových čidel teploty. Dříve se toto provádělo fyzickým umístěním více čidel dnes již existují čidla kde je snímací kapilára rozdělena do více segmentů, které jsou takto propojeny a je dosaženo požadovaného průměrovacího efektu. *Příklad propojení viz. obrázek napravo.*



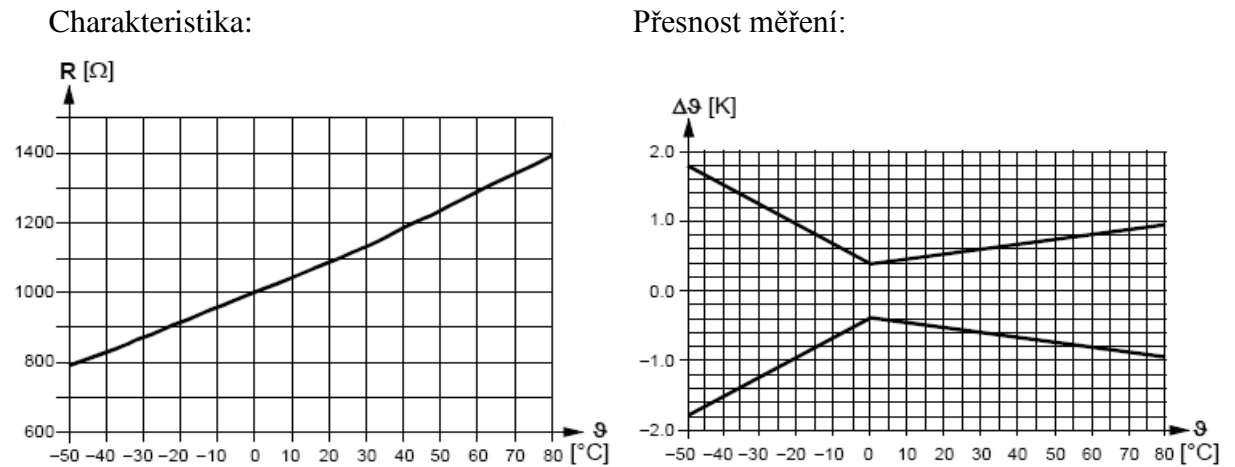
Obr.33 Elektrické propojení

Pro ilustraci přikládám foto takového snímače s příkladem jeho správné montáže. Nevýhodou je větší nepřesnost měření, která vychází ze sečtení chyb všech měřících odporových segmentů.



Obr.34 Správná montáž snímače

Příklad přesnosti měřícího článku Ni1000



Obr.35 Přesnost měření článku Ni 1000

3.2 Měření vlhkosti

Vlhkost vzduchu lze vyjádřit několika způsoby. Hmotnost vodní páry v jednotce objemu vzduchu se označuje jako **absolutní vlhkost** s obvyklou jednotkou gram na krychlový metr.

Oddíl vodních pár ve vzduchu je omezený. Vzduch se vodními parami nasytí a další již nepřijímá. Hodnota možné absolutní vlhkosti (hmotnosti vodních par v jednotce objemu vzduchu) tudíž závisí především na teplotě a s vyšší teplotou roste. Relativní vlhkost udává poměr mezi skutečným a maximálním, nasyceným obsahem vody ve vzduchu. Udává se v procentech (%R.H., %R.V.).

Dále můžeme udávat teploty, při které začne být vzduch vodními parami nasycen a vodní páry začnou kondenzovat. Tuto teplotu označujeme jako **rosný bod**.

Vyhodnocení parametrů vzduchu pro návrh vzduchotechnického zařízení

Pro snadné určování parametrů vzduchu v prostoru při jeho upravování ve vzduchotechnických jednotkách se u nás nejčastěji používá tzv.

Psychrometrický neboli **h-x diagram** = diagram podle Molliera.

h-x diagram je konstruován pro konstantní atmosférický tlak vzduchu. Nejčastěji pro $p_a = 100$ kPa, což odpovídá zhruba průměrnému tlaku ve výšce 111 m n.m. Atmosférický tlak vzduchu v závislosti na nadmořské výšce lze přibližně určit podle rovnice

$$p_a = 101,4 * \frac{16000 - h}{16000 + h} [kPa]$$

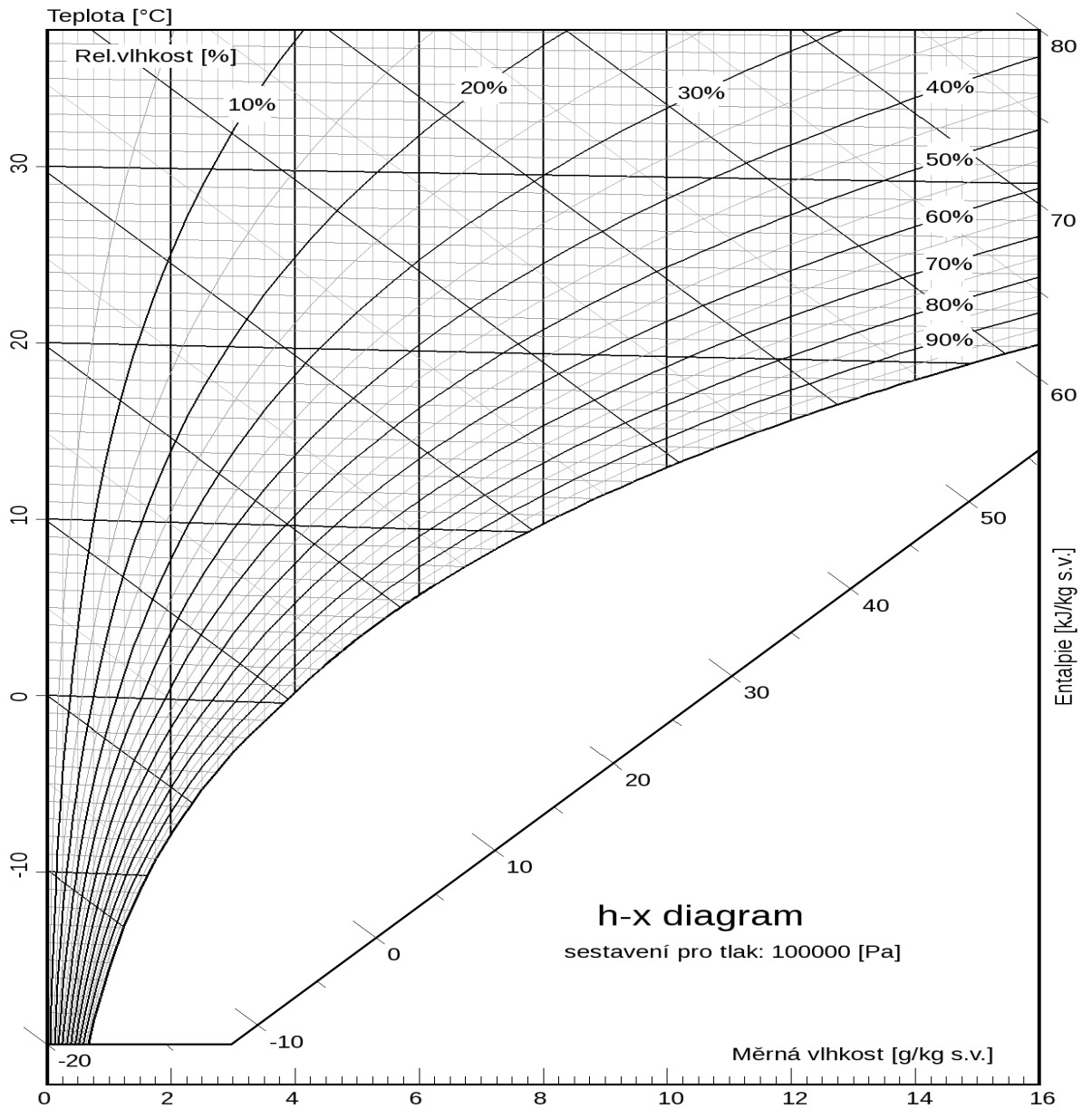
kde h je výška nad hladinou moře v [m]

Vzduch, který nás obklopuje, se nazývá vlhký vzduch a je to směs suchého vzduchu a vodní páry.

Abychom dokázali do h-x diagramu zakreslit konkrétní stav vzduchu, potřebujeme znát min. 2 veličiny. Nejčastěji to jsou teplota a vlhkost. Vlhkost se běžně udává v podobě relativní vlhkosti.

Relativní vlhkost může nabývat hodnot od 0 do 100 % nebo v desetinném čísle od 0 do 1. Běžně požadovaná relativní vlhkost v interiérech se pohybuje v rozmezí 40-60 %. Jestliže je 100 % , říkáme, že je vzduch vodními parami právě nasycen.

Příklad H-X diagram pro 100kPa



Obr.36 H-X diagram

entalpie vlhkého vzduchu **kJ/kg** (tj. množství tepla v J potřebné k ohřátí 1 kg vzduchu z 0°C na danou teplotu)

měrná vlhkost vzduchu kg/kg nebo **g/kg** (tj. hmotnostní množství vodní páry v 1 kg vzduchu)

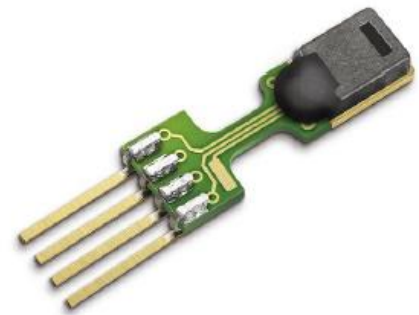
Typy používaných senzorů vlhkosti

- Kapacitní senzor vlhkosti
- Odporový senzor vlhkosti
- Vlhkoměr s vyhřívanými termistory
- Dilatační hygrometry
- Kondenzační vlhkoměr
- Psychrometrické senzory

3.2.1 Kapacitní senzor vlhkosti (tyto senzory budeme využívat při návrhu systému)

Kapacitní vlhkoměry (Obr.37) využívají pohlcování vody některými látkami, především polymery. Tyto polymery v senzoru představují dielektrikum kondenzátoru. Kondenzátor má dvě elektrody, z toho jedna je děrovaná a umožňuje průchod plynu k dielektriku. I když je absorbované množství velmi malé, velká dielektrická konstanta zaručuje, že jsou změny měřitelné. Změna kapacity je pak změnou vlhkosti.

Nejrozšířenější kapacitní senzory využívají oxidu hlinitého. Uprostřed senzoru je destička nebo proužek z čistého hliníku. Jeho povrch se nechá zoxidovat, tím dojde k vytvoření pórovitého oxidu hlinitého, který plní funkci dielektrika. Jako druhá elektroda se používá tenká vrstva zlata, která je díky své minimální tloušťce, schopna propouštět plyn.



Obr.37 Kapacitní vlhkoměr

Kapacitní senzory jsou levné, malé, nepotřebují žádnou složitou údržbu a mají velký teplotní rozsah. Zároveň ale vyžadují kalibraci, nejsou vhodné pro měření vlhkosti některých korozivních plynů a při vysokých teplotách se prodlužuje čas potřebný k měření.

3.2.2 Odporový senzor vlhkosti

Na podobném principu jako kapacitní senzory pracují senzory odporové (Obr.38). Odporový senzor využívá změnu vodivosti, kterou u některých hygroskopických (vodu pohlcujících) materiálů doprovází absorpce vody. Dunmoreovo provedení používá polyvinylalkohol s při-



Obr.38 Odporový senzor vlhkosti

davkem chloridu nebo bromidu lithného. Elektrody jsou vyrobeny z ušlechtilého kovu, uspořádané do šroubovice okolo skelné vaty napuštěné solným roztokem a z vrchu pokryté děrovaným ochranným krytem. Na elektrody je přiveden zdroj napětí, díky průchodu proudu se odpařuje voda a roztok krystalizuje. Tím se sníží jeho vodivost, velikost procházejícího proudu a teplota (*Aby se předešlo polarizaci elektrod, je nutné měřit střídavým napětím.*).

Po snížení začne roztok znovu pohlcovat vodu, dochází ke zvýšení vodivosti a opětovnému odpařování. Rovnovážná teplota, daná obsahem páry v plynu a teplotou čidla, je závislá výhradně na tlaku vodní páry v plynu.

3.2.3 Vlhkoměr s vyhřívanými termistory

Jedná se o metodu využívající závislost tepelné vodivosti vzduchu na jeho vlhkosti. Senzor obsahuje dva stejné termistory, z nichž je jeden hermeticky uzavřen v suchém dusíku a druhý je přístupný okolnímu prostředí.

Termistory jsou zapojeny do série a tvoří jednu větev můstku. Druhá větev obsahuje pevné rezistory a trimr k nulování. Průchodem proudu se termistory zahřívají a dosažená teplota závisí na stupni jejich ochlazování, tj. na tepelné vodivosti okolního plynu. Senzor poskytuje signál úměrný absolutní vlhkosti. Jeho předností je schopnost pracovat při vysokých teplotách a chemická odolnost.

3.2.4 Dilatační hygrometry (sorpční metoda)

U této metody využijeme vhodných tuhých materiálů, které vlivem sorpční vlhkosti mění svůj elektrický odpor, dielektrické vlastnosti, délku, apod. Tato metoda je velice jednoduchá a zároveň citlivá.

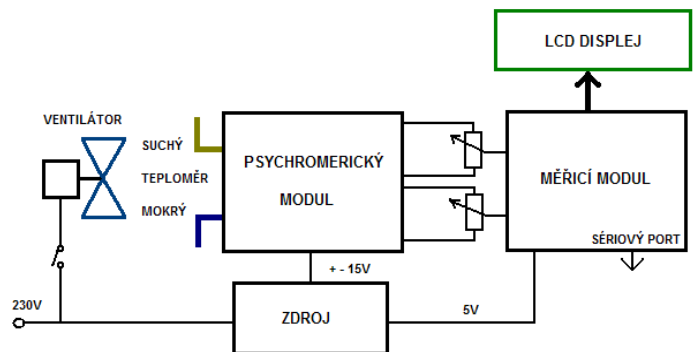
3.2.5 Kondenzační vlhkoměry

Tato metoda využívá malé tělísko (kovové zrcátko), které se ochlazuje tak dlouho, dokud se jeho povrch neorosí. Teplota, u které dojde k orosení, se nazývá rosný bod, který charakterizuje vlhkost plynu. Orosení způsobuje velkou změnu odrazivosti a zpětná vazba zmenšuje nebo zvětšuje intenzitu chlazení, aby se zrcátko udržovalo mírně orosené. Teplota zrcátka se měří platinovým odporovým teploměrem.

3.2.6 Psychrometrické senzory

Psychrometrické senzory (Obr.39) jsou jedny z nejrozšířenějších pro měření vlhkosti vzduchu. Vlhkost se stanovuje pomocí dvou teploměrů. Jednoho, měřícího teplotu plynu a druhého, tzv. mokrého teploměru, který je obalen savým materiálem, zajišťující trvalé vlhčení vodou. Čím menší je relativní vlhkost, tím více se odpařuje voda ze smočeného teploměru a tím větší je rozdíl mezi hodnotami na teploměrech. Podle tohoto rozdílu se určuje tlak vodní páry v plynu a z toho relativní vlhkost plynu.

Tento průmyslový psychrometr je určen pro kontinuální měření vlhkosti do teplot $+1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je navržen pro použití v agresivním prostředí, jako např. olejové páry, plyny rozpustné ve vodě, rozpouštědla, agresivní kyseliny či prach. Obsahuje vyhřívaný filtr měřeného plynu, který je periodicky regenerován pomocí stlačeného vzduchu.



Obr.39 Psychrometrický senzor

3.3 Měření tlaku

V oblasti měření tlaků se používá mimo základní jednotku tlaku SI - Pascal, také mnoho jiných.

Pascal[Pa] = N/ m². Je základní jednotka tlaku v soustavě SI.

Bar[Bar] = 100 000 Pa. Je vedlejší jednotkou tlaku v soustavě SI. Bar je užíván pro svou názornost zejména v průmyslu, neboť přibližně odpovídá starší jednotce tlaku jedné atmosféry.

Atmosféra[Atm] = kg/cm² = 98066 Pa. Je zastaralou jednotkou tlaku, nepatřící do soustavy jednotek SI. Této jednotce se také někdy říká technická atmosféra. Kromě toho se ještě používala jednotka nazvaná fyzikální atmosféra, která se rovná normálnímu barometrickému tlaku při hladině moře, tj. 101 325 Pa.

Milimetr vodního sloupce[mmH₂O] = 9,8066 Pa. Tato jednotka je odvozena z praktické realizace měření velmi malých tlaků pomocí tzv. u-trubic naplněných vodou. Používala se a doposud někdy používá zejména v oblasti vzduchotechniky nebo řízení spalovacích procesů. Vyskytuje se i zápis mm v.s. Můžeme se setkat také se stejně definovanou jednotkou, ale 1000x větší - mH₂O.

Palec vodního sloupce[InH₂O] = 249,1 Pa. Obdoba předešlé jednotky, dodnes hojně používaná v angloamerických teritoriích.

Torr[torr] = mmHg = 133,32 Pa. Zastaralá, nepovolená jednotka tlaku. Odvozena z fyzické realizace dnes již nepoužívaných rtuťových tlakoměrů. Nejčastěji se používala zejména v meteorologii, kde ji nahradila alespoň řádově podobná jednotka hPa (hektopascal).

Milimetr rtuťového sloupce[mmHg] viz Torr. V tomto vyjádření se dodnes používá především v lékařství.

Palec rtuťového sloupce[InHg] = 3386,4 Pa. - inch of Mercury. Obdoba předešlé jednotky, používaná v angloamerických teritoriích

Libra na čtvereční palec[PSI] = 6894,8 Pa - pound per square inch. Nejčastěji používaná jednotka pro měření tlaku v angloamerických teritoriích.

Libra na čtvereční stopu[PSF] = 47,881 Pa - pound per square foot. Jednotka používaná zřídka pro měření malých tlaků.

3.3.1 Piezorezistivní odporový snímač

U těchto snímačů je monokrystalický křemík modifikován příměsí stopových prvků (akceptorů) tak, že jeho měrný odpor je výrazně závislý na mechanickém namáhání. Tato závislost je přibližně 30krát výraznější než u kovových fóliových tenzometrů; v závislosti na volbě akceptoru lze dosáhnout vodivosti typu P nebo N, které se mimo jiné odlišují též znaménkem součinitele závislosti odporu na mechanickém napětí.

Měřicím členem piezorezistivních snímačů je mechanicky namáhaná destička z křemíku s vysokým odporem, na níž jsou difuzí těchto prvků vytvořeny vodivé cestičky, obvykle uspořádané do Wheatsonova můstku. Tato měřicí destička je zpravidla připájena na nosnou destičku ze skla, která je posléze nalepena na kovovou podložku ze speciální slitiny se shodnou teplotní roztažností.



Obr.40
Piezorezistivní
snímač

3.3.2 Tenzometrické snímače (tlustovrstvé)

Tenzometr (Obr.41) je vytvořen na jedné straně membrány, obvykle zhotovené z keramiky Al_2O_3 , ale i z jiných materiálů, včetně plastů. Odporový materiál se ve formě pasty nanese sítotiskem a poté se vytvrdí. Tloušťka vrstvy je řádově 0,01 mm. V některých případech jsou všechny elektronické obvody snímače vytvořeny na jediné keramické destičce. Druhá strana membrány je přístupná měřenému médiumu.

Tenzometrická technologie se s oblibou využívá k navrhování senzorů ponorných tlakových senzorů, pro měření výšky hladiny kapalin, kalů, suspenzí a emulzí.

Tenzometrická technologie je velmi často používána ke konstrukci jednoduchých levných a spolehlivých snímačů zatížení, ohybu, stříhu tahu atd.

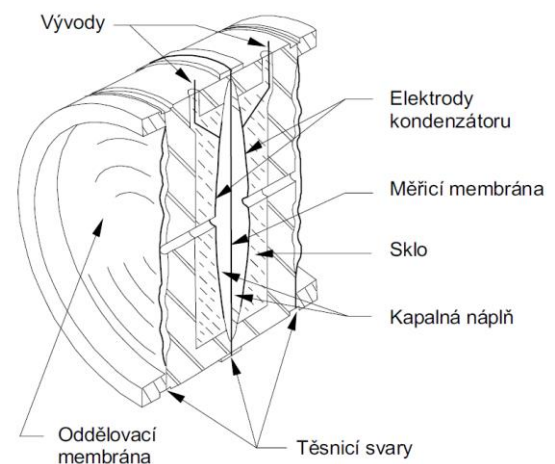


Obr.41 Tenzometrický snímač

3.3.3 Kapacitní snímače

Zatímco piezorezistivní snímače a tlustovrstvé tenzometry zaznamenaly v současnosti bouřlivý rozvoj, kapacitní snímací systém je zdaleka nejpoužívanější. Použití nových materiálů a nových technologií výroby zde přinesl výrazný efekt a došlo k miniaturizaci těchto snímačů.

Měřicí membrána (Obr.42) z tenkého elektricky vodivého materiálu tvoří elektrodu, která se vychyluje mezi dvěma dalšími elektrodami vytvořenými v těle snímače. Prostor mezi membránou a stěnou dutiny je vyplněn dielektrikem, kterým je vzduch nebo jiný inertní plyn, popř. silikonový olej nebo jiná vhodná inertní kapalina.



Obr.42 Měřicí membrána

Tímto uspořádáním vzniká dvojice snímacích kondenzátorů, jejichž kapacita je závislá na tloušť-

ce dielektrika (vzdálenosti elektrod), tzn. na výchylce membrány. Tyto kondenzátory jsou zapojeny do dvou větví polovičního můstku. V praxi je proto tento snímací systém obvykle vybaven oddělovacími membránami a měřený tlak je do prostoru mezi elektrodami přenášen silikonovým olejem.

3.3.4 Indukčnostní snímače

Indukčnostní snímač (Obr.43) tlakové diference je uspořádán podobně jako kapacitní snímač. Místo pevných snímacích elektrod jsou v tělese převodníku zabudovány snímací cívky. Magnetický obvod se uzavírá přes jádro cívky a vzduchovou mezeru (indukčnostní snímač s otevřeným magnetickým obvodem). Měřicí membrána je zhotovena buď z feromagnetického materiálu a tvoří část magnetického obvodu, popř. je ve své aktivní části opatřena kouskem feromagnetického materiálu, anebo jádrem cívky pohybuje pomocí táhla. S výchylkou membrány se mění poměr indukčností obou cívek zapojených ve střídavém mostu, a tím dochází k jeho rozvážení. Používají se i konstrukce s jedinou snímací cívkou.



Obr.43 Indukčnostní snímač

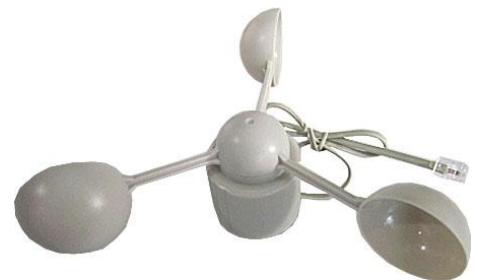
Nejrozšířenější jsou snímače tlaku s membránou, která může mít různé podoby. Zatímco u dříve používaných systémů byl průměr membrány v řádu desítek i stovek milimetrů a pracovní zdvih desetin až jednotky milimetrů, moderní snímače (např. piezorezistivní) mají membránu z tvrdého křehkého materiálu o průměru sotva několik desetin milimetru a průhyb membrány je v podstatě nulový.

3.4 Snímače průtoku a rychlosti proudění vzduchu

3.4.1 Mechanické anemometry

Prouděním vzduchu se roztáčí otočné miskové nebo vrtulové čidlo (Obr.44), jehož počet otáček za jednotku času je ve známé závislosti na rychlosti větru.

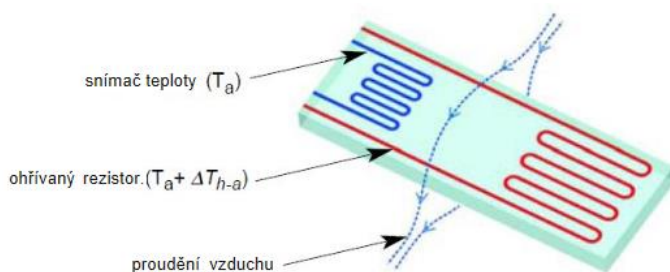
Použití je možné ve všech běžných oblastech měření rychlosti větru, tedy v meteorologii, bioklimatologii, průmyslu nebo ve sportu. Anemometr není určený k měření v agresivním plynném prostředí.



Obr.44 Vrtulové čidlo

3.4.2 Zchlazovací anemometry

U nejjednodušších čidel může být takovýto snímač tvořen drátem vyhřátým na vyšší teplotu než je teplota okolního vzduchu. Čím větší je intenzita proudění vzduchu, tím více se sníží teplota drátu. V praxi se setkáváme s různými měřicími prvky pracujícími na principu zchlazovacího anemometru.



Obr.45 Zchlazovací anemometr

Častým provedením zchlazovacích anemometrů (Obr.45) bývá snímač, skládá se ze dvou odporových drah nanesených tenkovrstvou technologií na tenkém skleněném plátku. Jeden z těchto odporů pracuje jako snímač teploty a měří teplotu proudícího média. Druhým odporem protéká elektrický proud, který jej ohřívá na teplotu s konstantním teplotním offsetem proti teplotě média. Médium proudící kolem senzoru ochlazuje ohřívavý rezistor. Výkon potřebný k udržení teplotního offsetu mezi vyhřívavým a teplotně snímacím odporem odpovídá rychlosti proudění (charakteristika snímače je nelineární).

3.4.3 Vyhodnocení průtoku pomocí snímání diferenčního tlaku vzduchu

Při měření průtoku vzduchu je často senzor diferenčního tlaku obvykle připojený k některé variantě odběrné trubice, mříže, dýzy nebo clony. Dle metody a zvolené odběrné sondy se liší cena spolehlivost a přesnost měření.

K měření průtoku se v průmyslové praxi obvykle používají rychlostní průtokoměry nebo průřezové průtokoměry.

Rychlostní průtokoměry - rychlostní průtokoměry využívají závislosti dynamického tlaku proudícího média na rychlosti proudění.

- pitotovy trubice
- wilsonova mříž
- měřicí kříž

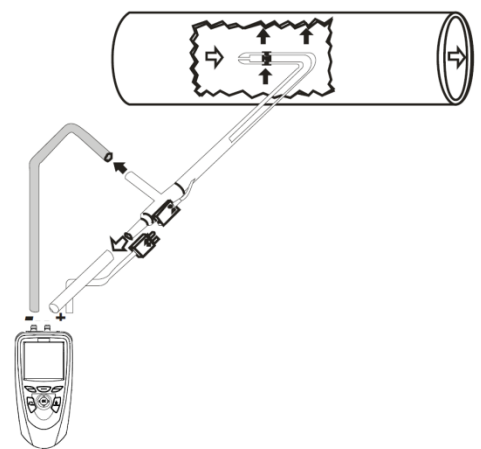
Průřezové průtokoměry - princip měření využívá jevů, ke kterým dochází při zúžení průtočného průřezu. Do potrubí se umístí škrticí orgán zužující průtočnou plochu. Rozdíl statických tlaků, snímáný diferenčním tlakoměrem před a za zúžením, je závislý na velikosti průtoku.

- clony
- dýze
- venturiho trubice

3.4.4 Pitotova trubice

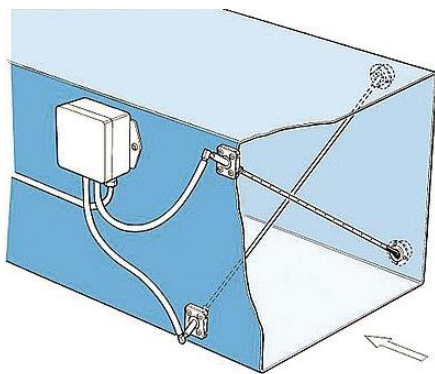
Obvykle se jedná o princip měření pomocí Pitotovy trubice (Obr.46). Jedná se o trubici se systémem dvou typů otvorů trubice, kdy jeden otvor míří proti směru proudění (celkový tlak) a druhý kolmo ke směru proudění (statický tlak). Z rozdílu těchto tlaků lze určit dynamický tlak a přepočtem se zahrnutím teplotní kompenzace rychlost proudění plynu.

Největší význam má používání jako rychloměru u letadel, ale i měření rychlosti průtoku v průmyslových aplikacích například při kontrolních měřeních průtoků.



Obr.46 Pitotova trubice

3.4.5 Měřicí kříž



Obr.47 Měřicí kříž

Jedná se o jednoduchou tlakovou sondu, určenou ke kontinuálnímu měření rychlosti proudění, popř. objemového průtoku ve vzduchovodech.

Vychází ze základního principu měření tlakové difference. Skládá se ze dvou trubek namontovaných do pomyslných úhlopříček potrubí (nebo kolmých na sebe u kruhového potrubí). V obou trubicích jsou umístěny odběry tlaku (v jedné je odběr celkového tlaku a v druhé tlaku statického). Oba měřené tlaky se zprůměrují po

celé délce trubky a jejich rozdíl nám dává diferenční tlak.

Tento diferenční tlak je úměrný rychlosti proudění vzduchu, takže lze připojením vhodných přístrojů přímo odečítat střední rychlost proudění stejně jako u Wilsonovy mříže (viz. níže).

3.4.6 Wilsonova mříž

Wilsonova mříž je speciální tlaková sonda určená k měření a regulaci rychlosti proudění, popř. objemového průtoku ve vzduchovodech. Vychází ze základního principu kontinuálního měření tlakové difference. Wilsonovu mříž (Obr.48) lze aplikovat při měření, monitorování nebo regulaci proudění vzduchu a plynů v potrubí.



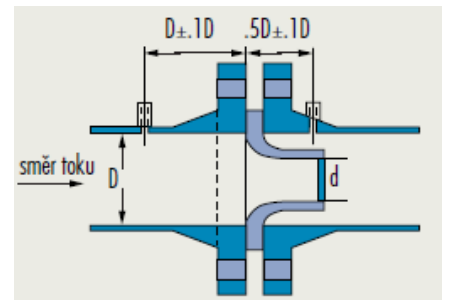
Obr.48 Wilsonova mříž

Často vysoký tlakový odpor, nízká rychlost proudění nebo nebezpečné látky neumožňují použít jinou metodu měření.

Wilsonovu mříž lze použít do čtyřhranných vzduchovodů v rozsahu od 200×200 mm až 2000×2000 mm, popř. do kruhových vzduchovodů od průměru 100 mm do 2000 mm, a to pro rychlosti od 1,5 až do 30 m/s.

3.4.7 Měření tlaku na dýze

Dýzy jsou užívány zejména pro vyšší teploty a vysoké rychlosti proudění. Avšak dosáhne-li plyn rychlosti zvuku v hrdle trysky, rychlost dále nestoupá ani při poklesu tlaku v místech po proudu a proudění se „udusí“. Tohoto jevu se využívá pro přesné měření, kalibraci a cejchování průtokoměru plynu. Nejistota měření dýzou je asi 1% z údaje, kalibrací lze dosáhnout nejistoty pouze 0,25%. Nižších hodnot nejistoty lze dosáhnout pro dýzy specializované na průtok plynů. Dýza se obecně využívá převážně k měření tlaku čistých plynů.



Obr.49 Měření tlaku na dýze

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 OBECNÝ NÁVRH METOD A ZPŮSOBŮ PRO TESTOVÁNÍ DODRŽENÍ POŽADOVANÝCH TEPELNĚ IZOLAČNÍCH VLASTNOSTÍ SKLADOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

4.1 Metodika měření okolního vnějšího prostředí

Skladovací zařízení mohou být určena pro instalaci v různých prostředích. Pro námi posuzovaná zařízení budou připadat v úvahu tři způsoby instalace. Hlavním bodem zájmu bude dosažení stabilního obvyklého a stabilního extrémního prostředí, ve kterém může být zařízení instalováno. Obecně lze prostředí pro instalaci rozdělit na:

4.1.1 Venkovní

V případě simulace instalace ve venkovním prostředí bude systém reprezentovat veškerou škálu možných vlhkostí, teplot a rychlosti větru (proudění vzduchu) ve vnějším prostředí (vše dle předpokládaných instalačních rozsahů uvažovaných výrobcem). Systém může umožňovat instalaci prvků simulujících zátěž přímým slunečním světlem (např. pomocí infrazářičů).

4.1.2 Vnitřní

V případě simulace instalace ve vnitřním prostředí bude systém reprezentovat veškerou škálu možných vlhkostí, teplot a obvyklého proudění vzduchu ve vnitřním prostředí (vše dle předpokládaných instalačních rozsahů uvažovaných výrobcem). Systémy bývají instalovány jak ve vytápěných, tak i v nevytápěných zónách objektů. U systémů pro vnitřní instalaci je kladen velký důraz na úniky tepla a tím možnosti ovlivnění prostředí nebo vzniku nežádoucí kondenzace na povrchu zařízení.

4.1.3 Kombinované

Mnou navrhovaný model metodiky testování bude namířen na v dnešní době již vyvíjený systém kombinovaných zařízení, která jsou buď svými částmi nebo celkovou konstrukcí uzpůsobena k instalaci v kombinovaném prostředí.

Obecně mohou být tato skladovací zařízení koncipována jako zařízení kompaktní kompresorová s integrovanými výměníky nebo jako oddělené systémy s kompresory a vlastní oddálenou kondenzační/expanzní (dle režimu provozu) multi-split jednotkou, a nebo případně

mohou být napojena na centrální jednotku např. od Daikin VRV systému „VRV (*Variable Refrigerant Volume*) - složitější multi-split s proměnným průtokem chladiva“.

Tato práce navrhne systém testů pro testování vývojového skladovacího zařízení, které bude pracovat v **kombinovaném prostředí** a bude využívat systému chlazení/ohřevu/mražení systémem freonových výměníků uvnitř svých skladovacích prostor.

Vnitřní prostředí stabilitního testovacího boxu nebude počítat s tepelnou zátěží vnesenou do prostoru boxu zdrojovou částí skladovacího zařízením (testy budou navrženy pro zařízení s venkovní jednotkou, která zajistí odvod tepelné zátěže).

4.2 Testování ekonomiky provozu, spotřeb a funkce venkovní (kondenzační/expanzní) jednotky, bezpečnostní testy

Testy popisované a navrhované touto prací se budou zabírat výhradně dodržáním parametrů ve skladovací části zařízení a souvisejícího monitoringu dodržení parametrů v prostoru stabilitních boxů. Práce předpokládá návrh zařízení s ohledem na maximální ekonomickou úspornost a maximální bezpečnost při provozu zařízení.

Testy pro kontrolu ekonomiky provozu, spotřeby elektrické energie a testy dostatečnosti navrhovaného technického řešení nebudou součástí tohoto popisu, ale určitě by měly být součástí popisu (normativu), který by následně sloužil ke značení ekonomického provozu před uvedením zařízení na trh. Tento předpis následně popíše pravidla a systém testování ekonomického provozu a zatřídění celého zařízení.

Legislativa pro označování a doklady provázející daný výrobek jsou dány vyhláškou 442/2004 Sb, která stanovuje podrobnosti označování energetických spotřebičů energetickými štítky a zpracování technické dokumentace, jakož i minimální účinnost užití energie pro elektrické spotřebiče uváděné na trh.

Certifikace chladicí a mrazicí části jakož i venkovní jednotky systému a termokomory by měla podléhat standardní certifikační legislativě a jednotlivé části by měly být označeny dle požadavků vyhlášky 442/2004 Sb dle příloh č.4 a č.10:

- Příloha č. 4 k vyhlášce č. 442/2004 Sb. Elektrické chladničky a mrazničky a jejich kombinace
- Příloha č. 10 k vyhlášce č. 442/2004 Sb. Klimatizační jednotky

4.3 Metody měření vnitřního prostředí testovaného výrobku

Aby byla měření jednoznačně zařaditelná a porovnatelná, musí bezpodmínečně probíhat za stejných vnějších podmínek (nastaveného režimu boxu) a celý úkon musí být kdykoli opakovatelný pro dodatečnou kontrolu provedených zkoušek.

Dle jednotlivých kroků lze posoudit vhodnost technického řešení, prověří garantované parametry zařízení a může odhalit možná slabá místa v konstrukci zařízení.

Jednotlivé body testů by měly být jednoznačně popsány a musí být vytvořen předpis pro testování daného zařízení. Pokud již existují na trhu obdobná zařízení, musí být posuzována dle stejných předpisů (nejčastěji se jedná o EN normy). Pokud dané zařízení vybočuje ze současně popsaných zkušebních metod, musí být vytvořen nový popis a tento následně předložen ke schválení ministerstvu průmyslu a obchodu. Ministerstvo průmyslu a obchodu může v případě širšího záběru tohoto předpisu tento vydat jako „Metodický pokyn MPO“ nebo jako „Vyhlášku MPO“.

Pokud výrobce požaduje uznání testů zařízení dle tohoto postupu v širším než jen vnitrostátním měřítku, bude nucen tento předpis předložit ke schválení a pokusit se o uznání předpisu jako EN normativu.

4.4 Obecné členění návrhových/konstrukčních/certifikačních testů

Obecně lze rozčlenit testy na testy vně a uvnitř stabilitního boxu

Tato práce se bude zabývat popisem testovacích metod a způsobů testování tepelně izolačních vlastností výrobků. V tomto případě se jedná výhradně o testy prováděné uvnitř stabilitních boxů.

Obecně lze navržené testy rozdělit do několika základních stupňů, které prověří dodržování požadovaných tepelně izolačních vlastností a technických parametrů. Testování bude probíhat v prostředí simulující extrémní podmínky, jimž může být zařízení vystaveno a při kterých ještě výrobce garantuje zachování správné funkce zařízení.

Obecné rozdělení testů:

- teplotní testy
- odmrazovací testy
- kondenzační testy
- testy tepelně izolačních vlastností
- testy úniku tepla

4.4.1 Teplotní testy

Teplotní testy budou prověřovat konstrukční parametry daného zařízení. Těmito testy bude otestována schopnost zachovat parametry vnitřního prostředí zásobovacího boxu projektovaných parametrů. Systém těchto zkoušek by měl opakovaně prověřit, že zařízení vystavené pracovní a extrémní zátěži je schopno dodržet garantované parametry ve svém pracovním prostoru. (Naměřené hodnoty musí odpovídat hodnotám žádaným hodnotám uvedeným v protokolu testu).

V průběhu teplotních testů bude monitorovací systém snímat informace z M-Package (což jsou standardizované balíčky definovaných rozměrů, v tomto případě 100x100x50mm vyplněné roztokem nebo směsí simulujících fyzikální vlastnosti obvykle skladovaného materiálu) a JM-Package (standardizované balíčky Ø250x80mm, tento balíček simuluje „obvyklé maximální“ rozměr jedné misky jídlonosiče. V M-Package i JM-Package jsou instalovány teplotní snímače pro potřeby monitorovacího systému).

pomocí v nich vestavěných teplotních snímačů. Jedná se o speciální „balíky“, které budou vyplněny potravinářským roztokem určeným pro testování takovýchto skladovacích zařízení.

Složení testovacího roztoku : v 1000g roztoku je

23% oxygenmethzcellulosa

76,42% voda

5% sodium chloride

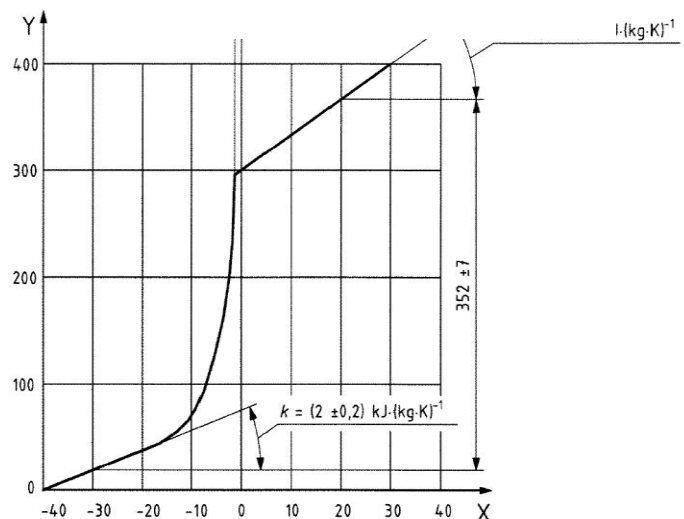
0,8% parachlorometacresol

Bod mrznutí této směsi je -1°C a tento roztok simuluje teplotní charakteristiku libového hovězího masa. Tento roztok je charakterizován hodnotou entalpie 285J/kg která odpovídá stavu při teplotě

$(-1\pm 0,5)^{\circ}\text{C}$

Obal balíčků musí být vyroben z tlakově a teplotně odolného tlakového polyethylenu. Pro M-package je vhodné použít standardizované nádoby pro laboratorní použití.

Použité obaly musí být dostatečně těsné, aby nedocházelo k úniku monitorovacího roztoku. Tloušťka stěn nádobek pro M-package musí být dostatečně malá, aby nedošlo k ovlivnění měření entalpií obalu. Průběh *specifické entalpie* (Obr.50) (je zde dána měrnou entalpií testovací látky. V podstatě se jedná o „specifickou energii“ v jou-
lech na kilogram, která zde vyjadřu-
je energii uloženou v termodynamickém systému)



Key
X temperature, $^{\circ}\text{C}$
Y specific enthalpy, kJ/kg

Obr.50 Průběh specifické entalpie

v monitorovacím balíčku je prezentován v následujícím grafu.

Pro zjednodušení představy uvedu tabulku, ze které je zřejmá změna specifické entalpie se změnou teploty M-package v inkriminované pracovní oblasti našeho zásobovacího boxu. Z grafu je zřejmé že mezi teplotami -40 až -20°C je průběh entalpie tuhého roztoku lineární s inkrementem cca $1,95\text{ kJ/}^{\circ}\text{C}$ a v oblasti -1 až $+40^{\circ}\text{C}$ je to cca $3,7\text{ kJ/}^{\circ}\text{C}$. V oblasti mezi teplotami -20 až -1°C je patrná potřeba dodání tepla pro skupenskou přeměnu roztoku,

kteřá (vzhledem k povaze roztoku) teoreticky odpovídá latentnímu teplu 76%-tní vody (mezi těmito teplotami se vyskytuje roztok v obou skupenstvích).

Teplota [°C]	-40	-30	-25	-20	-18	-16	-14	-12	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	10	20	30	40
Specifická entalpie [kJ/kg]	0	19	28	39	43	49	55	63	73	79	85	93	102	114	129	152	194	285	297	334	371	408	445

Tab.3 Změna specifické entalpie se změnou teploty

4.4.2 Odmražovací testy

Skladovací (zásobovací) chladicí a mrazicí zařízení musí být vybavena funkcí odmrazování chladících a mrazících boxů.

Odmrazování chladicí části probíhá buďto cyklicky mezi jednotlivými chladíci režimy nebo v okamžiku vyprázdnění boxu (ruční aktivace). Cyklické odmrazování je možné u zařízení s chladíci výměníky v bočních stěnách (obvykle se jedná o boxy bez kombinace topení/chlazení). Odmrazování po vyprázdnění boxu je provedeno přepnutím invetru rychlým přehřátím chladících výměníků.

Odmrazování mrazicí části probíhá ve dvou režimech provozním rychloodmrazování a režimu celkového odmražení. Rychloodmrazování probíhá po vysunutí šuplíků mrazícího boxu a je provedeno přepnutím invetru rychlým přehřátím mrazících výměníků. Celkové odmražení je prováděno s instalovanými zásobovacími šuplíky postupným vyhřátím a odmražením systému.

Všechna odmražení jsou prováděna při zadření obou dveří dané části zařízení.

- Testy „rychloodmrazování“ jsou prováděny snímáním povrchové teploty výměníků odporovými kabelovými senzory s úpravou pro kontaktní měření (dosažení teploty po daný čas).
- Testy „celkového odmražení“ jsou prováděny instalací několika M-paketů na polici chladícího boxu, resp. na dno šuplíků mrazícího boxu (měření entalpie).

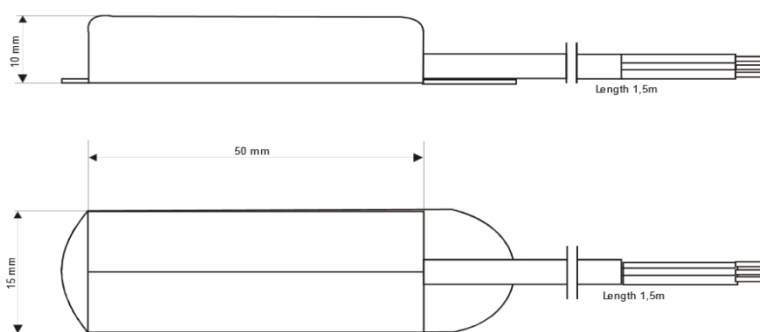
4.4.3 Kondenzační testy

Kondenzační test bude proveden na konstrukčně kritických místech vnějšího pláště zařízení. Těmito testy bude otestována schopnost zachovat vnější/vnitřní plášť na takové úrovni, aby nedocházelo k nežádoucí kondenzaci.

Ve vnějším prostředí by po kondenzaci docházelo k namrznání povrchu nebo případnému zamrznutí dveří.

Ve vnitřním prostředí bude prověřeno, zda nedochází k nežádoucí kondenzaci na povrchu skladovacího zařízení v důsledku kondenzace vnitřní vlhkosti na povrchu zařízení.

Kritická konstrukční místa budou vytipována pomocí termoanalýzy ze snímků z průmyslové termokamery. Měření bude realizováno pomocí několika analogových kondenzačních senzorů přilepených na povrch zařízení. Tyto senzory budou snímat přiblížení se hranici kondenzace. Tento speciální snímač generuje inverzní signál 0-10V v oblasti 90-95% RH.



Obr.51 Kondenzační senzor

4.4.4 Test tepelně izolačních vlastností

Testované zařízení musí být schopno po definovanou dobu dodržet garantované parametry vnitřního prostředí i při výpadku dodávky elektrické energie (u větších zařízení při poruše dodávky tepla, chladu z centrálního zdroje).

Zařízení musí být schopno udržet únik energie pod garantovanou mezí tak, aby nedošlo k ochlazení/ohřátí/rozmrazení uskladněného zboží mimo předepsané rozmezí dané výrobcem v garantovaném čase.

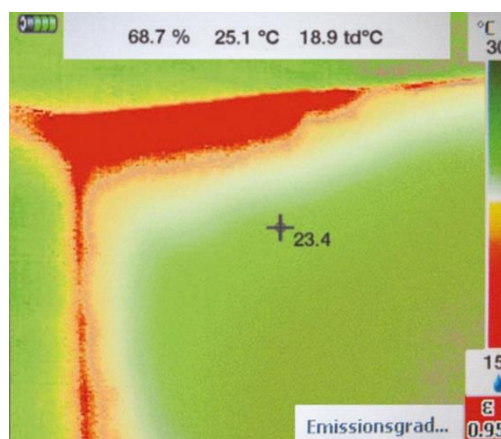
Tento test bude probíhat kombinací teplotního testu s využitím M-packetů, nasazením teplotních čidel monitorujících okamžitou hodnotu teploty v skladovacím prostoru a testem úniku tepla pomocí termokamery.

4.4.5 Test úniku tepla

Pro tento test bude prováděn s využitím snímání unikajícího tepla prostřednictvím vysokocitlivostní průmyslové termo kamery. Testovací program bude probíhat v prostoru boxu nainstalovanými termokamerami a režim zařízení bude nastaven na limitně vysokou/nízkou teplotu vnitřního prostředí. Teplota ve vnitřním prostoru bude monitorována kabelovými teplotními sondami a průběh teploty v zařízení bude zaznamenáván na průmyslovém zapisovači firmy Endress+Hauser. Teplota v boxu bude naopak nastavena na opačný extrém venkovního prostředí. Tímto testem musí být certifikačně testována venkovní strana zásobovacího boxu. Jednotlivé snímky budou archivovány se záznamem parametrů, se kterými byly pořízeny.

Vyhodnocení snímků pro návrh technického řešení bude probíhat opticky posouzením a porovnáním teplotních map (Obr.52) na jednotlivých snímcích různých technických řešení.

Pro účely certifikace a testování bude výstupní digitální RAW soubor zpracován pomocí speciálního výpočetního softwaru. Tento matematický popis snímku bude doložen ke zkoušce.



Obr.52 Teplotní mapa

V jednodušších případech lze využít obvyklé SW prostředky jako je například Microsoft Excel. Vyhodnocovací SW IR soft, umožňuje uložení termogramů v Excelu. V každé buňce tabulky je pak uložena teplota daného pixelu. Díky této možnosti je snadné provádět složitější analýzu termogramů, které neumožňuje vyhodnocovací SW IR soft. Například je pak možné vytvoření rozdílového termogramu. Tato funkce je dostupná například pro všechny termokamery firmy Testo.

Někteří výrobci podporují export termogramu do digitální formy s využitím standartních tabulkových procesorů jako je například (MS Excel, Open Office, a podobné).

Tento termogram je pak zapsán do například *.xls souboru. Takovýto záznam pak umožňuje podle dané hodnoty v buňce přiřadit barvu po-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1	43	43	43	42	42	42	41	41	41	40	39	36	33	31	30	29	29	28	28	28	28	28	28	29	30
2	43	43	42	42	42	41	41	40	39	36	33	31	29	28	27	27	27	27	27	26	27	27	27	27	27
3	43	42	42	42	41	41	40	38	34	31	29	28	27	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	42	42	41	40	39	37	33	30	28	27	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
5	42	42	41	40	39	37	32	29	28	27	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
6	42	41	41	39	37	32	29	28	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
7	41	41	40	38	33	29	28	27	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	26	26	26	27
8	41	40	39	35	30	28	27	27	26	27	27	27	27	27	27	28	28	29	29	29	29	29	28	28	28
9	41	39	37	32	28	27	27	27	27	27	27	27	28	28	29	31	34	36	37	37	37	36	35	33	33
10	40	38	34	29	28	27	27	27	27	27	28	28	29	30	34	37	40	42	43	43	43	42	41	40	40
11	39	37	32	28	27	27	27	27	28	28	29	31	35	40	43	44	44	44	44	44	44	44	43	43	43
12	39	35	30	28	27	27	27	28	28	29	31	35	41	44	44	45	45	45	45	45	45	44	44	44	44
13	38	33	29	28	27	27	27	28	28	29	30	33	40	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
14	37	32	28	27	27	27	27	28	28	29	31	37	43	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
15	36	31	28	27	27	27	28	28	29	30	33	40	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
16	35	30	28	27	27	27	28	28	29	31	35	42	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
17	35	30	28	27	27	27	28	28	29	30	31	36	43	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
18	34	29	28	27	27	27	28	28	29	30	31	37	43	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

Obr.53 Termogram

zadí na základě hodnoty v ní uvedené.

Pokud exportovaným hodnotám přiřadíme dle jejich hodnoty barvy a nastavíme buňky na čtvercové rozměry, pak je možné termogram (Obr.53) improvizovaně zobrazit.

Díky převodu snímku do formátu tabulkového procesoru je možná podrobnější analýza rozložení teplot, nebo zpracování snímků v dalších matematických programech. Jako nejvhodnější se zde jeví využití například SW Matlab nebo Maple.ndress+Hauser

5 NÁVRH PROSTŘEDÍ, POSTUPŮ A METODIKY TESTOVÁNÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍCH VLASTNOSTÍ PROKLÁDACÍHO ZÁSOBOVACÍHO ZAŘÍZENÍ.

5.1 Příprava okolního prostředí pro testování - návrh klimakomory (stabilitního boxu)

5.1.1 Parametry vnitřního prostředí

Vnitřní prostředí ve stabilitním boxu bude navrženo pro několik testovacích režimů, ve kterých bude zařízení testováno, zda je schopno dodržet výrobcem garantované vlastnosti. Parametry prostředí budou navrženy tak, aby bylo možno prověřit, zda zařízení dodrží parametry vnitřního prostředí v projektovaném rozmezí (dle potřeb uskladněného materiálu) a vnější povrchové teploty, aby nedocházelo k úniku tepla resp. chladu nebo nežádoucí kondenzaci na povrchu zařízení.

Požadované parametry vnitřního prostředí stabilitních boxů:

Box č.1 (simulace **vnitřního prostředí**, v tomto případě se myslí standartní INDOOR instalace ve vytápěném prostoru. Jedná se o stranu obsluhy, kde přistupuje zásobovaná obsluha testovaného zařízení k dodávaným zásobám):

teplota	$t_i = (15-35) \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$,
relativní vlhkost	$\varphi_i = (35-85) \pm 5 \%$
rychlost proudění vzduchu	$v_{i1} = 0-0,3 \text{ m/s}$

Box č.2 (simulace **venkovního prostředí**, v tomto případě se myslí standartní OUTDOOR instalace ve venkovním prostředí nebo nevytápěném prostoru. Jedná se o stranu obsluhy, kde přistupuje zásobovací obsluha testovaného zařízení s dodávanými zásobami):

Režim léto:	teplota	$t_{i1} = (25 \text{ až } 35) \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$,
	relativní vlhkost	$\varphi_{i1} = (30 \text{ až } 85) \pm 5 \%$
Režim přechodové období:	teplota	$t_{i2} = (5 \text{ až } 15) \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$,
	relativní vlhkost	$\varphi_{i2} = (60 \text{ až } 95) \pm 5 \%$
Režim zima:	teplota	$t_{i2} = (-12 \text{ až } 0) \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$,
	relativní vlhkost	$\varphi_i = \text{nedefinována}$
	rychlost proudění vzduchu	$v_{i2} = 2-10 \text{ m/s}$

5.1.2 Stavební řešení stabilitního boxu

Svislé nosné konstrukce a příčky

Daná dispozice prostoru bude rozčleněna kovovými příčkami tl. 100 mm z kovových panelů sendvičového typu. Panely jsou tvořeny pláštěm z oboustranně zinkovaného plechu povrchově upraveného lakováním s práškovým polyesterovým lakem a s vnitřní výplní samozhášivého extrudovaného polystyrénu s uzavřenou buněčnou strukturou (Styrofoam). Panely jsou upevněné do podlahy na tenkostěnné ocel. profily a do horního vodícího profilu kotveného do zděné stěny, či panelového podhledu. Spoje panelů budou provedeny tak, aby nebyly vytvořeny tepelné mosty a nedocházelo k rosení konstrukce.

Výplně otvorů

Dveře se zvýšenou tepelnou odolností společně se zárubní jsou včetně příčkových a stropních panelů se zvýšenou tepelnou odolností dalšími komponenty pro tvorbu prostorů chladíren a termokomor.

Dveře jsou sendvičového typu, tvořené pláštěm s výplní Styrofoam IB. Vyrobeny jsou jako falcové v tloušťce 82mm. Dveře i zárubně mají minimální tepelné přestupy a přerušené tepelné mosty. Plášť dveřního křídla je tvořen tvarovanou kazetou vyrobenou metodou přesného tváření. Po obvodu pláště jsou vlepené výztuhy z pozinkovaného plechu pro zvýšení tuhosti dveřního křídla, uchycení závěsu a zámku. Každé dveře jsou vybaveny čidlem, které signalizuje stav dveří „otevřeno – zavřeno“ (*dveře lze dodatečně vybavit elektrozámky*).

Podhledy

Na stropy do chladírenských boxů se používají také panely s výplní Styrofoam IB. Panely mají přerušené všechny tepelné mosty, jsou spojené vzájemným nasunutím a jsou samonosné.

Signalizace stavu dveří

V důsledku neprosklení dveří u prostoru stabilitních boxů bude vstupní zádveří (propust) vybaveno systémem signalizace stavu dveří (Obr.54).

Tento systém bude informovat obsluhu o stavu druhých dveří a zamezovat vstupu v průběhu certifikačních měření, aby nedošlo k ovlivnění prováděných zkoušek. Řídící modul signalizace (blokace) je osazen do prostoru nad podhledem v blízkosti řízených dveří. Do řídicí jednotky je možno pomocí PC nahrát řídicí program k ovládání požadovaných dveří.



Obr.54 Signalizace stavu dveří

5.1.3 Vzduchotechnické zařízení pro stabilitní boxy

Úprava vzduchu je prováděna v sestavách vzduchotechnického zařízení umístěných přímo vedle prostoru boxů (technické zázemí boxů – technické místnosti – je prostor, kde budou umístěny VZT zařízení pro oba stabilitní boxy a jejich zvlhčovače, frekvenční měniče, filtrační jednotky, pro vodu, změkčovací stanice. Bude zde instalován rozvaděč měření regulace včetně silnoproudu i s případným provizorním vizualizačním pracovištěm). Zařízení pracuje pouze s cirkulačním vzduchem a režimy provozu stabilitních boxů jsou navrženy takto:

Testovací režimy pro stabilitní BOX č.1

Tyto testovací režimy budou simulovat normální provozní/normální útlumové/extrémní podmínky ve *vnitřním prostředí* (straně) klimakomory (stabilitního boxu)

Testovací box testovací režim	Teplota vzduchu [°C]	Relativní vlh- kost [%]	Absolutní vlhkost [g/m ³]	Rosný bod [°C]	Maximální rychlost prodění vzduchu [m/s]
B1-R1	23	35	7,2	6,7	0,3
B1-R2	20	50	8,6	9,3	0,3
B1-R3	15	85	10,9	12,5	0,3
B1-R4	25	60	13,8	16,7	0,3
B1-R5	30	55	16,7	19,9	0,3
B1-R6	35	75	29,7	29,9	0,3

Tab.4 Testovací režimy BOX č.1

Teplota vzduchu bude v testovacích režimech regulována s přesností $\pm 2^{\circ}\text{C}$

Vlhkost vzduchu bude v testovacích režimech regulována s přesností $\pm 5\%$

Testovací režimy pro stabilitní BOX č.2

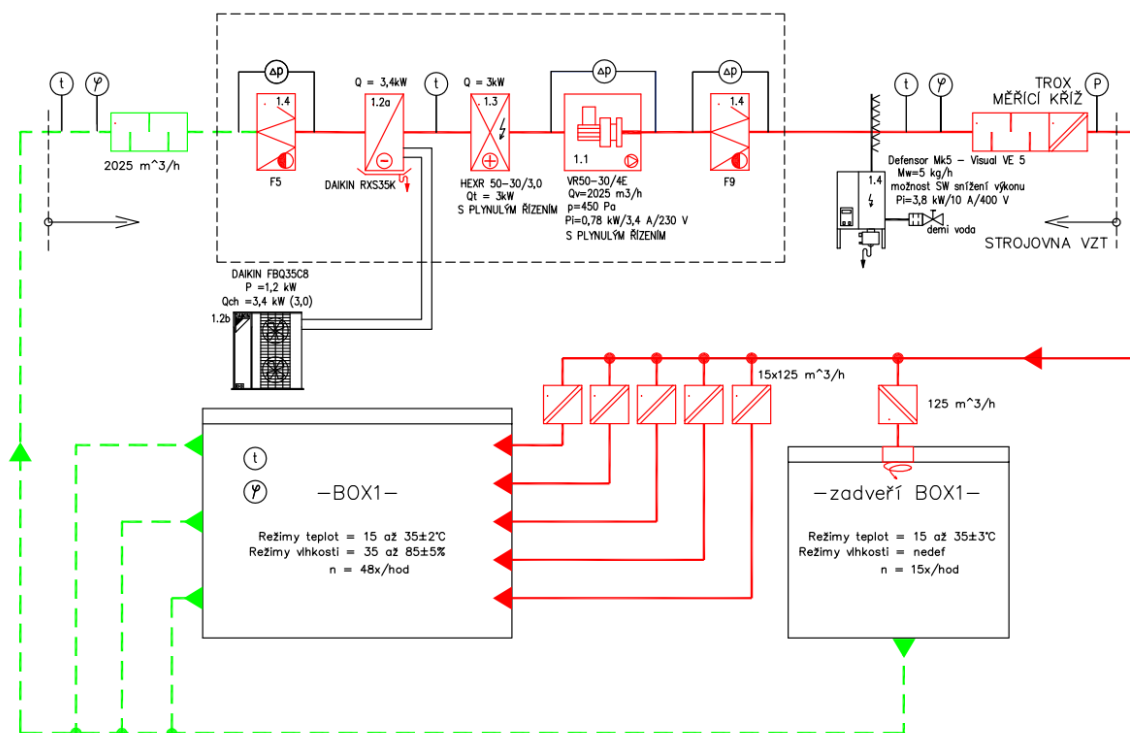
Tyto testovací režimy budou simulovat normální provozní/normální útlumové/extrémní podmínky ve *venkovním prostředí* (straně) klimakomory (stabilitního boxu)

Testovací box testovací režim	Teplota vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Absolutní vlhkost [g/m ³]	Rosný bod [°C]	Minimální rychlost prodění vzduchu [m/s]
B2-RL1	25	30	6,9	6,1	2
B2-RL2	35	85	33	32,1	10
B2-RP1	5	85	5,8	2,7	2
B2-RP2	15	65	8,3	8,4	2
B2-RZ1	0	35	1,7	-12,2	2
B2-RZ2	-12	98	1,7	-12,2	5

Tab.5 Testovací režimy BOX č.2

Návrh sestavy VZT zařízení pro stabilitní Box č.1

Mnou navrhované vzduchotechnické zařízení pro stabilitní BOX č.1 bude tvořeno sestavou cirkulační VZT jednotky Profoklima (*fitr, ventilátor, split chladič, elektrický ohřivač, fitr*), elektrického parního zvlhčovače Flair MK5, venkovní jednotky split chlazení Daikin. *Navrhované vzduchové/chladicí/topné výkony jsou uvedeny na VZT schématu na (obr.7.1).*



Obr.55 VZT Funkční schéma BOX č.1

Ohřev vzduchu - vzduch bude prováděn plynule řízeným elektrickým ohřivačem.

Chlazení vzduchu – chlazení vzduchu bude zajištěno split chladičem s řízením obtoku horkých par, což umožní plynulé řízení chladicího výkonu v rozmezí 40-95%. V oblasti potřebného malého chladicího výkonu a v důsledku nízké přesnosti řízení teploty vzduchu split jednotkou, bude vždy chlazen na nižší než žádanou hodnotu a vzduch bude následně dopraven elektrickým ohřivačem.

Zvlhčování vzduchu - zvlhčování vzduchu bude probíhat parou z elektrického parního zvlhčovače (pro zvlhčovač je nutno připravit přívod změkčené nebo demi-vody). *Pro přívod vody je zde navržena sestava filtrační jednotky se změkčovacím automatem.*

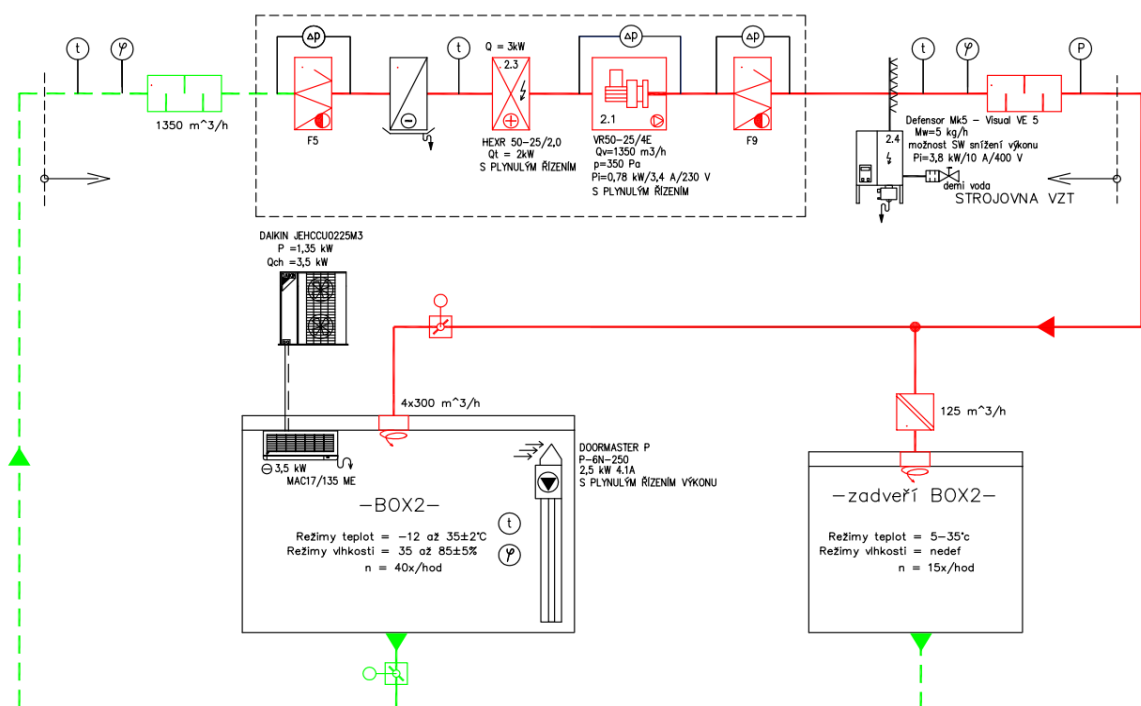
Odvlhčování – Vzhledem k malému chladicímu výkonu navržené split jednotky bude systém odvlhčování řešen přepnutím vzduchového výkonu ventilátoru na cca poloviční výkon a následným odvlhčením celého objemu vzduchu stabilitního boxu.

Řízení výkonu ventilátoru – výkon ventilátoru VZT jednotky bude plynule řízen externím frekvenčním měničem.

Regulace rychlosti proudění vzduchu – bude realizována instalací mechanických regulátorů průtoku TROX. V případě potřeby proměnné rychlosti bude regulátory TROX-Easy.

Návrh sestavy VZT zařízení pro stabilitní Box č.2 (jedná se o minimalizovaný návrh, optimální návrh by zde musel být doplněn o vlastní chladicí systém v cirkulační jednotce pro zrychlení reakčních časů, sálavé infra panely pro simulaci oslunění a ideálně by měl obsahovat i oddělenou komoru pro testování dostatečnosti venkovní jednotky „zdroje“ testovaného zásobovacího systému multisplit jednotky pro topení a chlazení uvnitř zásobovacího boxu).

Mnou navrhované vzduchotechnické zařízení pro stabilitní BOX č.2 bude tvořeno sestavou cirkulační VZT jednotky Profoklima (*filtr, ventilátor, elektrický ohřivač, filtr*), elektrického parního zvlhčovače Flair MK5, chladírenský (mrazírenský) split systém Daikin (*včetně invertu*), a vysokotlaká dveřní clona Doormaster P. Navrhované vzduchové/chladicí/topné výkony jsou uvedeny na VZT schématu na (Obr.56)



Obr.56 VZT Funkční schéma BOX č.2

Ohřev vzduchu - vzduchu bude prováděn plynule řízeným elektrickým ohřivačem.

Chlazení vzduchu – pro chlazení vzduchu bude využívána chladírenská sestava

Zvlhčování vzduchu - zvlhčování vzduchu pomocí elektrického parního zvlhčovače

Odvlhčování vzduchu – pomocí chladírenská sestavy (zde je nutno připravit odvod kondenzátu tak, aby byl vybaven otopem proti zamrznání)

Řízení rychlosti proudění vzduchu – vyšší průtok vzduchu (vítr) bude v boxu simulován šterbinovou dvevní clonou vybavenou plynulým řízením výkonu.

Letní režim – Pro úpravy vzduchu pro „letní“ režimy bude využívána cirkulační jednotka. V tomto režimu je ohřev vzduchu prováděn elektrickým ohřivačem a zvlhčování vzduchu parou z elektrického parního zvlhčovače Defensor Mk5.

Režim přechodového období - Pro režim „přechodové“ období bude v prostoru „boxu č.2“ instalována chladírenská split sestava, která bude zajišťovat chlazení vzduchu na požadovanou hodnotu. V případě potřeby bude vzduch dohříván a dovlhčován cirkulační jednotkou. Cirkulační jednotka bude v režimu „přechodové období“ v trvalém chodu. V případě častého používání režimu přechodové období bude potřeba cirkulační jednotku dovybavit split systémem s výměníkem v komoře cirkulační jednotky (pro tento výměník bude připravena rezervní volná komora).

V případě potřeby odvlhčení bude využita vnitřní chladírenská jednotka. Takovéto odvlhčení před přípravou prostředí, bude nejprve provedeno schlazením vzduchu pod požadovaný parametr (dle požadované absolutní vlhkosti) a následně přesné dohřátí a dovlhčení cirkulační jednotkou. Teplota cirkulačního vzduchu nesmí poklesnout pod 0°C (ochrana distribučních trubic zvlhčovače).

Zimní režim - Pro režim „zimní“ období bude v prostoru „boxu č.2“ instalována chladírenská split sestava, která bude zajišťovat přesné chlazení vzduchu na požadovanou hodnotu. Chladírenská split jednotka bude atypicky vybavena invertrem pro přepínání režimu topení chlazení (systém topení bude využívám při opětovném vyhřívání prostor do režimu B2-RZ1 a po ukončení testování). Cirkulační jednotka bude v režimu „zimní“ provozována na snížený vzduchový výkon (bude zásobovat pouze zádveří Boxu č.2) a budou uzavřeny těsné regulační klapky na přívodu i odvodu z prostoru Boxu č.2 (zamezení kondenzace na VZT potrubí a ochrana distribuce zvlhčovače).

5.1.4 Měření a regulace stabilitních boxů včetně silnoproudu

Regulace vzduchotechniky navrhuji řídicí podcentrálou (ŘP) typu DESIGO PX firmy Siemens. Navrhovaná ŘP je programovatelný automat pro rychlé řízení procesů a výpočetní operace. ŘP se skládá z řídicí jednotky a vstupně/výstupních modulů navzájem propojených integrovanou sběrnicí.

Výhodou řídicích systémů Siemens je připravenost pro další certifikaci a v případě tvorby zařízení pro farmacii ne pro potravinářský průmysl, možnost dodání systému měření a regulace včetně nadřazeného vizualizačního pracoviště dle předpisů platných pro FDA což, je úřad pro kontrolu potravin a léčiv (anglicky: Food and Drug Administration, FDA) je vládní agentura Spojených států amerických, resortu zdraví a služeb (United States Department of Health and Human Services), která je zodpovědná za kontrolu a regulaci potravin, doplňků stravy, léčiv (pro lidi i zvířata), kosmetických přípravků, lékařských přístrojů a biofarmaceutických a krevních produktů v USA. Takováto zařízení musí podlehnout validacím, a tudíž musí být k nim dodána podstatně rozsáhlejší dokumentace (v případě validací SW jde o detailní popisy kódu dané aplikace). Certifikáty dle FDA (Food and Drug Administration) jsou nutné v případě, že dochází následně k výrobě zařízení nebo produktu který je určen pro americký trh.

Popis ovládání řídicího funkčního systému:

Ovládání podstanice probíhá pomocí ovládacího panelu s grafickým displejem umístěným na dveřích rozvaděče. ŘP je připraven na připojení k nadřazenému monitorovacímu pracovišti a monitoring prostředí boxu a monitoring prostředí ve skladovacím zařízení bude realizován pomocí čidel SENSIT, SIEMENS, JOHNSONCONTROLS, ROTHRONICS, E+E a zapisovačem od firmy Endress+Hauser (zapisovače RSG40 jsou validovatelné dle FDA).

poř. č.	rozvaděč	Řídicí/montor. podcentrála	regulované zařízení
1.	MRSB	Siemens DESIGO PXC100.E.D + PXM20E	VZT zař. BOX č. 1, 2 a vratová clona
2.	MMG1	Endress Hauser - RSG40	Chladicí část zařízení
3.	MMG2	Endress Hauser - RSG40	Termostatická část zařízení
4.	MMG3	Endress Hauser - RSG40	Termostatická část zařízení
5.	MMG4	Endress Hauser - RSG40	Vnější plášť zařízení
6.	MMG5	Endress Hauser - RSG40	Vnější prostředí BOX č.1 a 2
7.	MMG6	Endress Hauser - RSG40	Vnější prostředí BOX č.1 a 2

Tab.6 Popis funkcí MaR - zařízení Boxu č. 1

Regulace teploty vzduchu

Teplota přívodního vzduchu je regulována na hodnotu dle zvoleného režimu (možnost přestavení hodnoty z ovládacího panelu podcentrály), dle čidla teploty umístěného na odtahu stabilitního boxu č.1 (v prostoru boxu je umístěno kontrolní čidlo a bude namontováno společně s monitorovacími čidly ve výšce 1700mm nad podlahou na rastr před zařízením).

VZT zařízení pracuje s cirkulačním vzduchem. Ohřev vzduchu je prováděn elektroohříváčem vzduchu, výkon elektroohříváče je plynule řízen signálem (řízení je realizováno proudovým ventilem umístěným přímo v sestavě elektrického ohříváče). Chlazení vzduchu je prováděno freonovou chladicí jednotkou s plynulým řízením výkonu signálem 0-10V (výkon je omezován systémem obtoku horkých plynů). Vzhledem k tomu, že systém obtoku horkých par není schopen řídit s výkonem pod 30%, bude vzduch podchlazován a následně dohříván tak, aby bylo dosaženo požadované přesnosti.

Teplota přiváděného vzduchu do prostoru je omezována dle zvoleného režimu, dle čidla teploty umístěného na přívodu vzduchu do boxu. Regulace je provedena standardními procedurami řídicí podstanice PXC s možností změny regulovaných hodnot z ovládacího panelu PXM20 na rozvaděči MaR.

Regulace vlhkosti vzduchu

Vlhkost vzduchu ve stabilitním boxu č.1 je regulována dle čidla vlhkosti umístěného na požadovanou hodnotu dle zvoleného režimu VZT.

Zvlhčování vzduchu zajišťuje autonomní zvlhčovač s plynulou regulací výkonu signálem 0-10V umístěného na výstupu z VZT jednotky.

Odvlhčování vzduchu je prováděno vychlazením vzduchu pod požadovanou kondenzační hodnotu (viz parametry dle tabulky testovacích režimů) a následným dohřátím vzduchu elektroohříváčem. Vzhledem k nízkému výkonu chladiče probíhá režim odvlhčování při sníženém průtoku vzduchu.

Vlhkost přiváděného vzduchu do prostorů je omezována dle čidla vlhkosti umístěného v přívodním VZT potrubí tak, aby nedocházelo ke skokovým změnám parametrů prostředí.

Spínání chodu, regulace výkonu a čidla vlhkosti jsou připojeny na vstup/výstupní moduly ŘP umístěné v rozvaděči MaR.

Regulace rychlosti proudění vzduchu

Regulace rychlosti proudění vzduchu v boxu je zde prováděna autonomně nebo automaticky dle typu dodaných regulátorů průtoku mechanických Trox *nebo s pohonem Trox-Easy*.

Levnější varianta řešení boxu počítá s dodáním mechanických regulátorů průtoku. Vždy ale bude regulace výkonu ventilátoru probíhat na pevnou hodnotu statického tlaku na přívodním potrubí. V případě dodání automatických regulátorů budou tyto propojeny ovládacím signálem 0-10V a dle požadavku rychlosti proudění bude zvyšován požadovaný průtok těmito Troxy (a systém MaR zajistí žádaný statický tlak před regulátory průtoku).

Chod VZT zařízení

VZT zařízení je spouštěno z ovládacího panelu podcentrály na rozvaděči a pracuje v trvalém chodu.

Při spuštění VZT zařízení řídicí systém zajistí spuštění přívodního ventilátoru, následně dle potřeby opravuje vzduch pomocí ohříváče, chladiče a zvlhčovače.

Porucha VZT zařízení je signalizována na rozvaděči MAR. Odstavení akustické poruchy je možné na rozvaděči MAR.

Po odstranění poruchy se vrátí VZT zařízení do původního stavu.

Popis funkcí MaR - zařízení Boxu č. 2

Regulace teploty vzduchu

Regulace teploty vzduchu bude ve stabilitním boxu č.2 probíhat obdobně jako u boxu č.1.

Hlavním rozdílem bude regulace teploty vzduchu pro zimní režimy B2-RZ1 a B2-RZ2. Zde bude teplota regulována dle prostorového (kontrolního) čidla teploty umístěného stejně jako u boxu č.1.

VZT v zimních režimech, kdy zařízení v boxu č.2 nepracuje s cirkulačním vzduchem, bude pohyb vzduchu trvale zajištěn chodem vratové clony. Chlazení a ohřev vzduchu zde zajišťuje upravená sestava výkonné chladírenské jednotky. Regulace teploty vzduchu pro zá dveří bude v případě požadavku chodu zimního režimu prováděna na uvedenou minimální hodnotu dle schématu VZT. V případě chodu zimního režimu budou uzavřeny klapky Boxu č.2 a bude snížen statický tlak na přívodu.

Regulace vlhkosti vzduchu

Vlhkost vzduchu ve stabilitním boxu č.2 je regulována v letních a přechodových režimech stejně jako u boxu č.1.

Zvlhčování vzduchu zajišťuje autonomní zvlhčovač s plynulou regulací výkonu signálem 0-10V umístěného na výstupu z VZT jednotky.

Odvlhčování vzduchu je zde prováděno pomocí chladírenské jednotky, průběh testovacích režimů je sestaven tak, aby nedocházelo k potřebě odvlhčování v průběhu testů.

Odvlhčení při zimních režimech bude provedeno schlazením prostoru na kondenzační teplotu dle režimu B2-RZ2 a následným dohřátím na úroveň teploty B2-RZ2 a B2-RZ1 (pro zimní režim dva je zvolena stejná absolutní vlhkost, proto nedojde k potřebě dovlhčení ani zde).

Regulace rychlosti proudění vzduchu

Regulace rychlosti proudění vzduchu v boxu je zde prováděna pomocí řízení výkonu vysokotlaké vratové clony Doormarter morot. Z vratové clony bude napojen přes frekvenční měnič (který bude umístěn v technickém zázemí) a bude možno plynule řídit výkon clony.

Chod VZT zařízení

Poruchové stavy a režimy chodu jsou ovládány stejně jako u Boxu č.1

5.2 Příprava testovaného zařízení (určení pozice a případná zástavba)

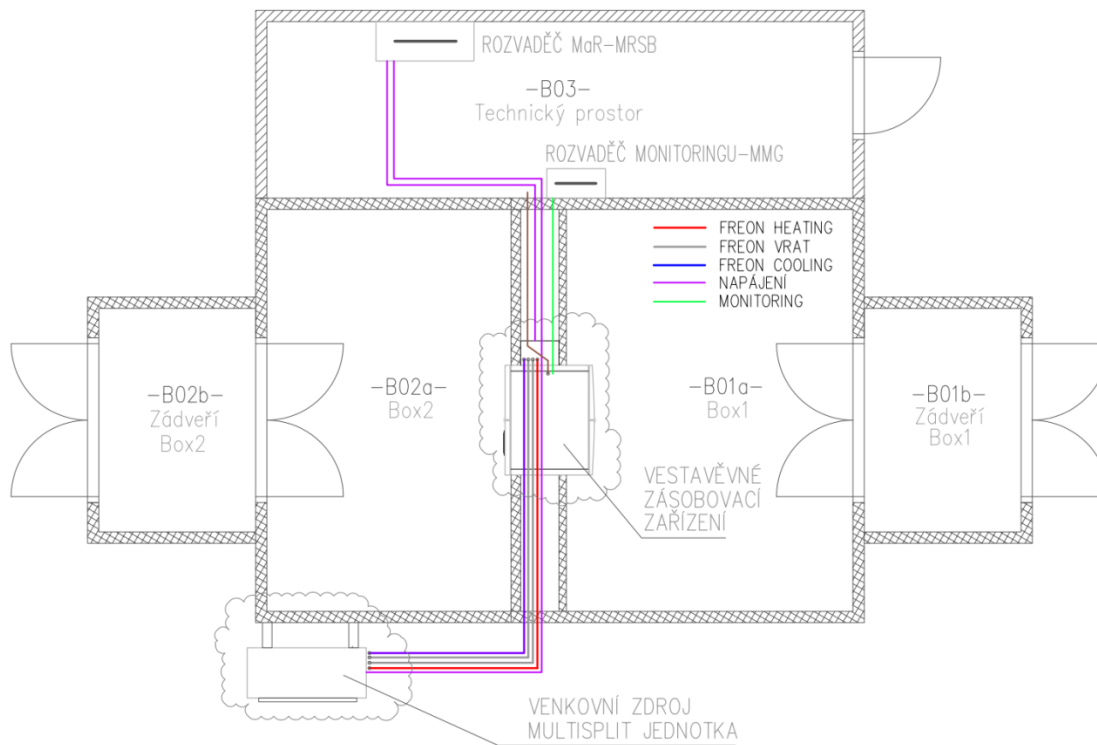
5.2.1 Návrh vestavby zařízení v prostoru stabilitního boxu

Pro tvorbu modelu zkoušek jsem si vybrala zásobovací zařízení, které disponuje třemi typy úložných prostor. Tyto úložné prostory jsou pro testovací režimy uvažovány jako pevně dané. Toto zařízení však bude moci zaměňovat vytápěnou zónu za chladící a naopak. Pouze část pro mražení je pevně dána.

Zařízení bude vestavěno do dělicí příčky o konstrukční šíři 600mm. Tato příčka bude simulovat dělicí stěnu mezi venkovním a vnitřním prostorem. Dělicí příčka je tvořena dvěma panely tloušťky 100mm a 82mm a vnitřní prostor je využit jako instalační šachta.

„Chladírenská“ část (příčka ze strany Boxu č.2) je tvořena klasickými svisle stavěnými panely tl.100mm a bude tvořit nosnou konstrukci pro uložení stropních panelů.

Dělicí příčka pro „Vytápěnou“ část (příčka ze strany Boxu č.1) bude tvořena speciálními v rastru kotvenými vodorovně montovanými panely tl.82mm, kde střední panely jsou kotveny do zámků a jsou odnímatelné. Umožňují tak snadný přístup do instalační šachty.

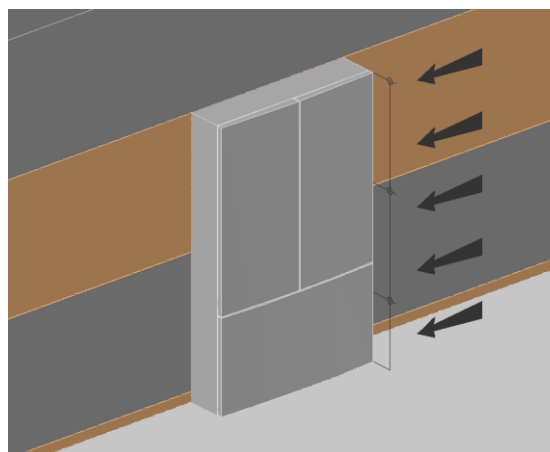


Obr.57 Návrh vestavby zařízení

5.2.2 Návrh monitoringu prostředí

Monitoring prostředí v prostoru boxů č.1 a 2 bude proveden soustavou čidel umístěných ve směru proudění vzduchu před zásobovacím zařízením.

Z obou stran budou namontovány dvojice čidel, a to vždy ve stejné výšce (s rozstupem 650mm), první čidla budou namontována ve výšce 400mm, druhá 1050mm a třetí 1700mm nad podlahou (čidla budou přesazena o 150mm před čelo zařízení).



Obr. 58 Umístění snímačů monitoringu prostředí

Dvojice čidel bude vždy:

- Kombinované čidla (Obr.59) vlhkosti a teploty Rothronics řady HygroFlex5 s měřicím převodníkem, s konektorem pro výměnné sondy typ: F532-WB1XD1XX + sonda HC2-IC302

- nástěnné provedení s LCD displejem
- rozsahy -50 až 50°C, 0 až 100 % RH
- výstupy 4...20mA
- oddálenou kabelovou průmyslovou sondou, kabel 2 m
- vysoká přesnost: $\pm 0,8\%$ rh, $\pm 0,1$ K



Obr.59 HygroFlex5 se sondou HC2

- Přesný průmyslový snímač proudění vzduchu od firmy E+E s konektorem pro oddálenou sondu

typ: box č.1 EE75-VTC615-K200-D06-C12-NO-V02-T04

typ: box č.2 EE75-VTC625-K200-D06-C12-NO-V06-T02

- nástěnné provedení s LCD displejem
- rozsah 0.06... 2m/s (0.15... 10m/s)
- výstup 4...20mA
- s oddálenou kabelovou průmyslovou sondou, kabel 2 m
- vysoká přesnost: ± 0.03 m/s (0.1m/s)



Obr.60 Snímač EE75

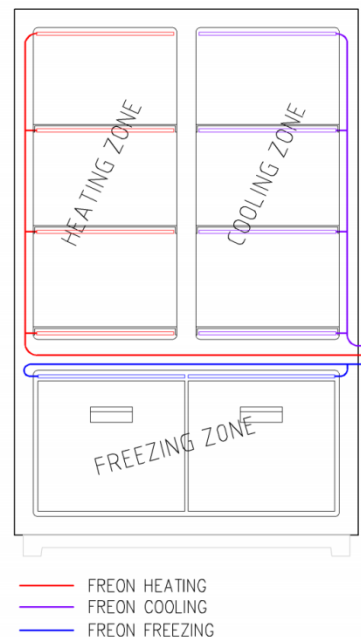
Pomocí těchto snímačů bude monitorováno dodržení parametrů prostředí v prostoru stabilních Boxů č.1 a 2. Snímače musí být dodány s kalibračním protokolem z akreditované zkušebny (*je důležité, aby etalon používaný zkušebnou měl alespoň stejnou přesnost*).

Hodnoty z těchto snímačů budou zaznamenávány zapisovačem Endress+Hauser RSG40 pozice MMG6. Tento zapisovač bude navíc monitorovat otevření dveří boxu a otevření dveří skladovacího zařízení (jedná se tedy o monitoring 18ti analogových a deseti binárních signálů)

5.2.3 Popis funkce a základního členění freonového systému v zásobovacím boxu

Zásobovací box, pro který jsou navrženy tyto testy, bude vybaven třemi různými prostory, ve kterých budou skladovány materiály (potraviny) s různými požadavky na skladovací teplotu. Jedná se o box, který není vybaven aktivním systémem cirkulace vzduchu, veškeré skladovací prostory jsou vybaveny pouze freonovými výměníky. Ani pro systém topení zde nejsou navrženy elektrické topné rošty, zařízení je navrženo s maximálním ohledem na ekonomičnost svého provozu.

Zdrojem chladicí a topné energie je multisplit systém fungující jako širokorozsahové tepelné čerpadlo, zásobující skladovací zařízení potřebným chladicím médiem.



Pro mrazicí box, je zde využít další kompresor, je uvažováno že systém bude primárně využívat přepouštění horkých plynů primárně do topných výměníků termostatické části systém Heatrecovery. Tyto moderní systémy se snaží využít odpadního tepla pro co nejsnadnější předání do jiných topných okruhů. Obvykle nelze využít (kvůli velké vzdálenosti) přímý přenos tepla freonem, a proto jsou v zařízeních umístěny speciální výměníky. Hlavní nevýhodou je zde poměrně nízká teplota horkých plynů a tudíž špatná schopnost předání tepla tímto výměníkem např. do systému topné vody budovy (freonové systémy obvykle v tomto případě pracují s teplotu horkých plynů kolem 50°C, což je pro nás dostatečné).

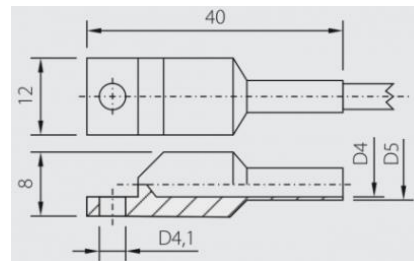
Obr.61 Zásobovací zařízení

5.2.4 Návrh použitých měřidel

Pro hlavní měření budou používány M-Packages a JM-Packages, uvnitř kterých bude osazeno kabelové šidlo tepoty Pt100 (3850 ppm, což označuje obsah platiny ve snímači, dle tohoto parametru se liší výstupní teplotní křivky snímačů. Zkratka ppm je převzata z angličtiny a znamená parts per million - výraz pro jednu miliontinu celku) s rychlou odezvou dodané v třídě přesnosti A. Každé toto čidlo bude vybaveno oddáleným IPAQ převodníkem (digitální izolovaný programovatelný univerzální programovatelný převodník od firmy INOR) s výstupem 4..20mA. Každá takováto dvojice bude samostatně kalibrována a dle kalibračního protokolu budou nastaveny korekce pro snímanou hodnotu v monitorovacím systému.

Pro měření okamžité teploty ve skladovacím prostoru a teplot na freonových výměnících budou využity taktéž stejné kalibrované sety snímačů Pt100 s převodníkem IPAQ (tyto snímače budou t_{bi}).

Pro kontaktní měření teploty na freonových výměnících bude použito kabelové čidlo s přípravou pro kontaktní povrchové měření, toto čidlo bude taktéž kalibrováno s převodníkem IPAQ, v tomto případě bude zvolen Pt100 v přídě přesnosti B.



Obr.62 Kabelový snímač pro kontaktní montáž

Veškeré jednotlivé snímače z dané zóny skladovacího zařízení budou napojeny na svou monitorovací ústřednu. Pro chladicí část je to ústředna Endress+Hauser RSG40 pozice MMG1, pro termostatickou část je to pozice MMG2-3 pro mrazničku pozice MMG4.

Pro měření kondenzace budou použity snímače rosného bodu od firmy Johnson Controls typ HX-9100. Signály z těchto čidel budou přivedeny přímo na monitorovací ústřednu E+H pozice MMG5.

5.2.5 Návrh průběhu teplotních testů

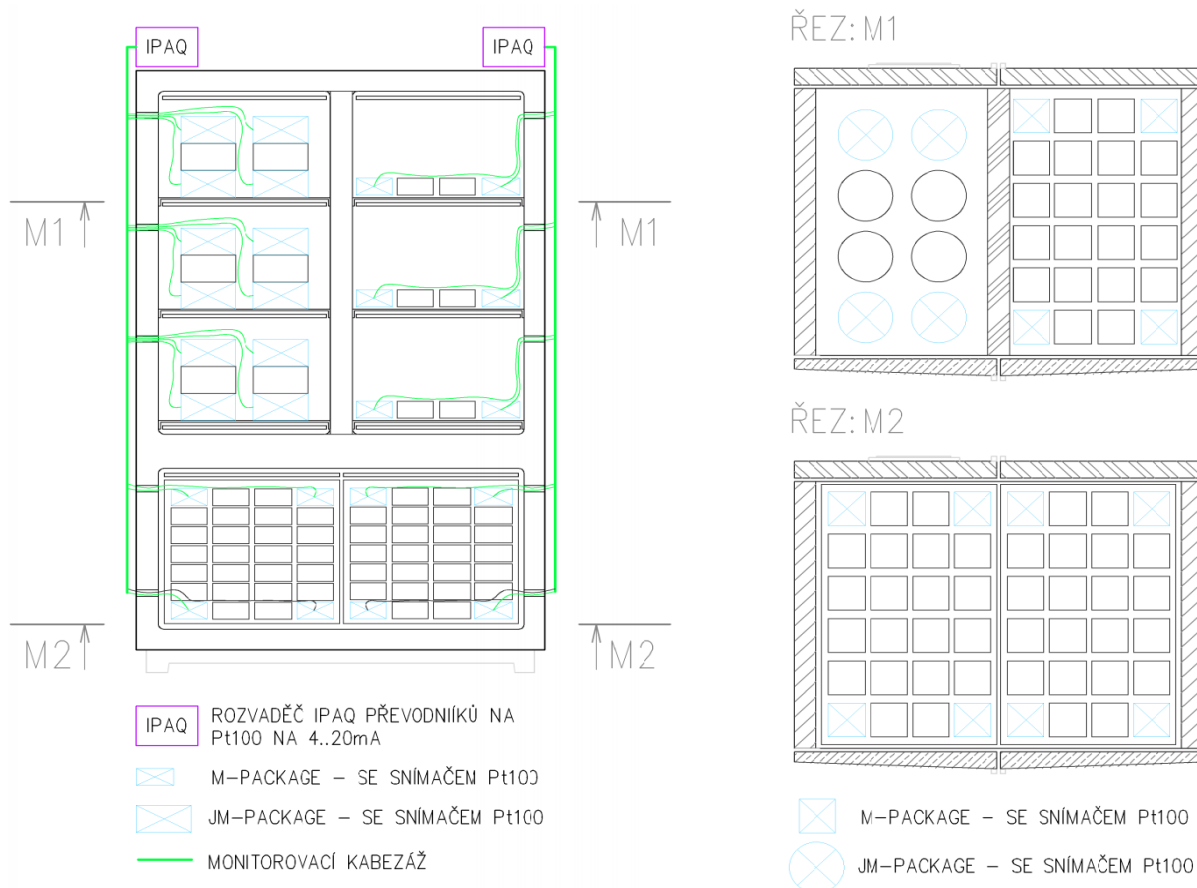
Budou prováděny dva testy „Standartní test“ za obvyklých pracovních podmínek a „Extrémní test“ test při extrémních parametrech vnitřního a venkovního prostředí.

Testovací cyklus	Testovací box č.1 vnitřní box (testovací režim)	Testovací box č.2 venkovní box (testovací režim)
provozní zátěž léto	B1-R1	B2-RL2
provozní zátěž zima	B1-R1	B2-RZ2
extrémní zátěž léto	B1-R6	B2-RL2
extrémní zátěž zima	B1-R3	B2-RZ2

Tab.7 Návrh průběhu teplotních testů

V obou případech dojde ve vnitřním prostředí skladovacího zařízení k rozmístění JM a M-Packages. Pomocí těchto měřících bodů bude v prostoru zásobovacího box hlídáno dodržení požadovaných skladovacích parametrů. Pro jednotlivé testy bude definována povolená bodová a povolená celková odchylka teplot balíčků (vyhodnocení poklesu specifické entalpie ve skladovaném materiálu).

Pro teplotní testy, budou v zařízení instalovány snímače dle následujícího schématického nákresu. Rozmístění je schématické, znázorňuje uložení monitorovacích JM a M-Packages uvnitř jednotlivých úložných prostorů.



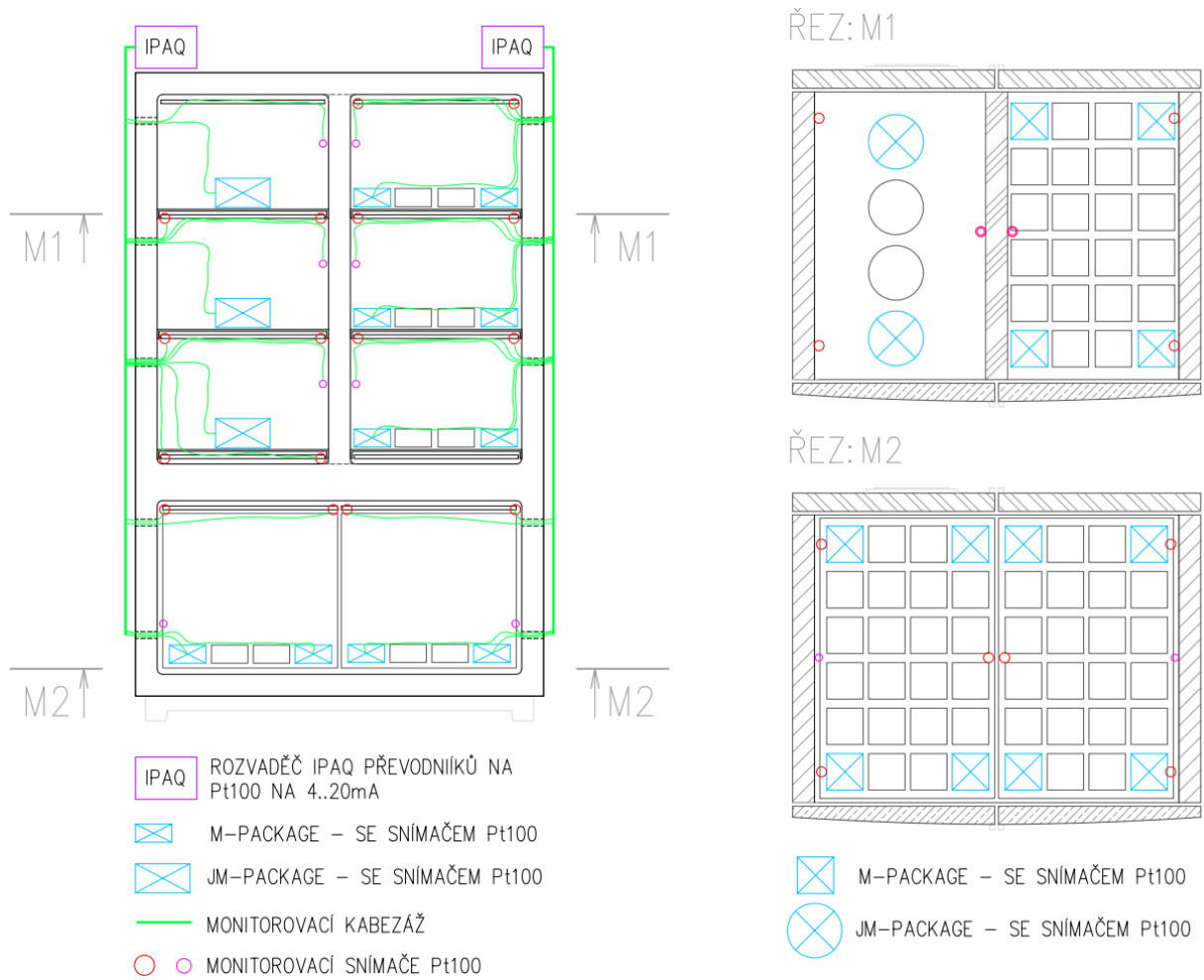
Obr.63 Schéma rozmístění snímačů pro teplotní testy

Kvůli optimalizaci testu a potřebné menší setrvačnosti systému jsou ostatní balíčky prázdné, jejich instalací dojde k zamezení snadnějšímu šíření tepla/chladu v úložném prostoru a zároveň nedojde ke klamnému předávání tepla od okolního uskladněného materiálu.

5.2.6 Návrh průběhu odmrazovacího testu

U našeho zařízení bude probíhat odmrazování přepnutím invertru a zahřátím výměníků v odmrazované části na definovanou teplotu po definovanou dobu. Při rychloodmrazování dojde ke zkapalnění freonu ve výměníku, protože kompresorem stlačované přehřáté páry vstoupí do výměníku (v tomto momentu kondenzátoru) kde předají teplo a dojde k jejich kondenzaci na kapalinu. Následně je kapalně chladivo přepuštěno přes expanzní ventil a je odvedeno na venkovní jednotku. Zde dochází k varu a prudkému vypařování chladiva při výparné teplotě.

Při režimu odmrazování bude sledována povrchová teplota ve třech bodech (na začátku/ve středu/ na konci) chladícího/mrazícího výměníku. V prostoru chladničky bude sledováno zvýšení prostorové teploty nad požadovanou hodnotu dle dokumentace chladicí části a monitorována předaná energie do uskladněného materiálu (zvýšení teploty M a JM Packages). Rozmístění snímačů je naznačeno na následujícím schématu:



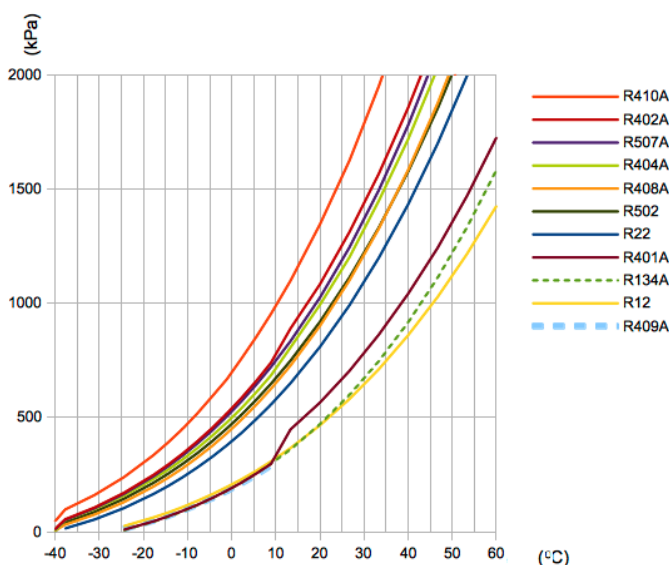
Obr.64 Schéma rozmístění snímačů pro odmrazovací testy

Pro tento test budou stanoveny minimální potřebné časy překročení vnitřní teploty ve skladovacím prostoru / maximální dovolená teplota výměníku / maximální nárůst teploty M a JM Packages (monitoring entalpie - pro monitoring odmrazování nevyprázdněného chladicího prostoru). Start odmrazování bude probíhat cyklicky nebo ručně.

Vnější teplota nemá pro režim odmrazu zásadní vliv a proto bude standardně testování prováděno při kombinaci režimů prostředí B1-R1 a B2-RL2.

Monitoring tlaku a teploty freonu kompresoru mrazničky

V důsledku možnosti kombinace skladovacího zařízení s cizí venkovní split jednotkou můžou být sledovány i další veličiny. Jako vedlejší monitorované veličiny bývají sledovány teplota a tlak chladiva na vstupu do kompresoru. Monitoruje se tak správný návrh systému a potřeba systém pracovat v bezpečné oblasti, kdy nehrozí přivedení částečně zkapalněného media na kompresor. (to by mohlo způsobit poškození kompresoru). Vztah mezi teplotu a saturačním tlakem (Obr.65) pro různé obvykle používané chladiva je naznačen na následujícím grafu.



Obr.65 Vztah mezi teplotou a saturačním tlakem

5.2.7 Návrh průběhu kondenzačního testu

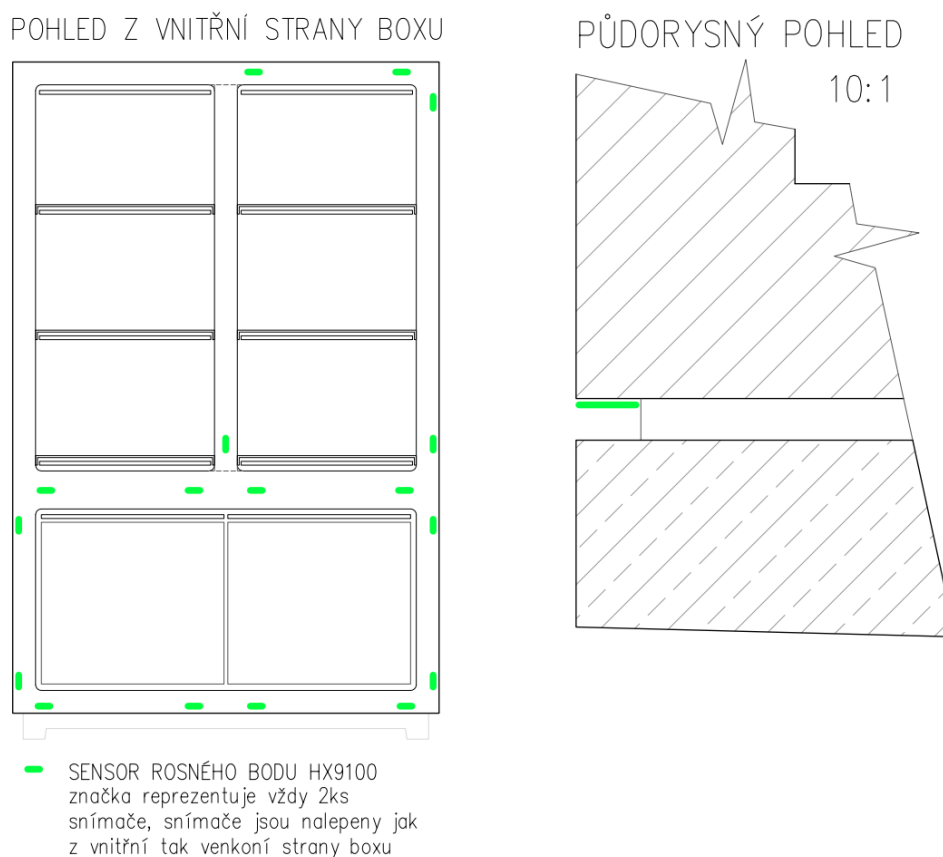
Reální kritická konstrukční místa budou vytipována pomocí analýzy snímků z termokamery. V mém případě jsem navrhla místa, dle znalosti předpokládaného konstrukčního řešení a s ohledem na potřebu prověření kvality těsnění dveří boxu.

Testovací cyklus	Testovací box č.1 vnitřní box (testovací režim) ΔT od kondezační teploty	Testovací box č.2 venkovní box (testovací režim) ΔT od kondezační teploty
provozní zátěž	B1-R4 $\Delta T=8.3^{\circ}\text{C}$	B2-RP1 $\Delta T=2.3^{\circ}\text{C}$
extrémní zátěž	B1-R3 $\Delta T=2.5^{\circ}\text{C}$	B2-RL2 $\Delta T=2.9^{\circ}\text{C}$

Tab.8 Režimy při kondenzačním testu

V kondenzačním testu „standartního“ provozního režimu bude zařízení vystaveno vnitřnímu vzduchu s relativně vysokým množstvím vodních par. V tomto režimu bude jejich koncentrace ve vzduchu téměř 14g/m^3 . Z venkovní strany bude vystaven režimu s malou absolutní vlhkostí, ale velmi vysokou vlhkostí relativní a velmi blízko rosnému bodu.

V kondenzačním testu „extrémního“ provozního režimu bude zařízení vystaveno velmi vysokou vlhkostí relativní. Z venkovní strany bude vystaven režimu extrémně vysokou absolutní vlhkostí, ale velmi vysokou vlhkostí relativní. V obou případech bude systém testován velmi blízko teplotě rosného bodu.



Obr.66 Rozmístění senzorů rosného bodu

5.2.8 Návrh testu tepelně izolačních vlastností

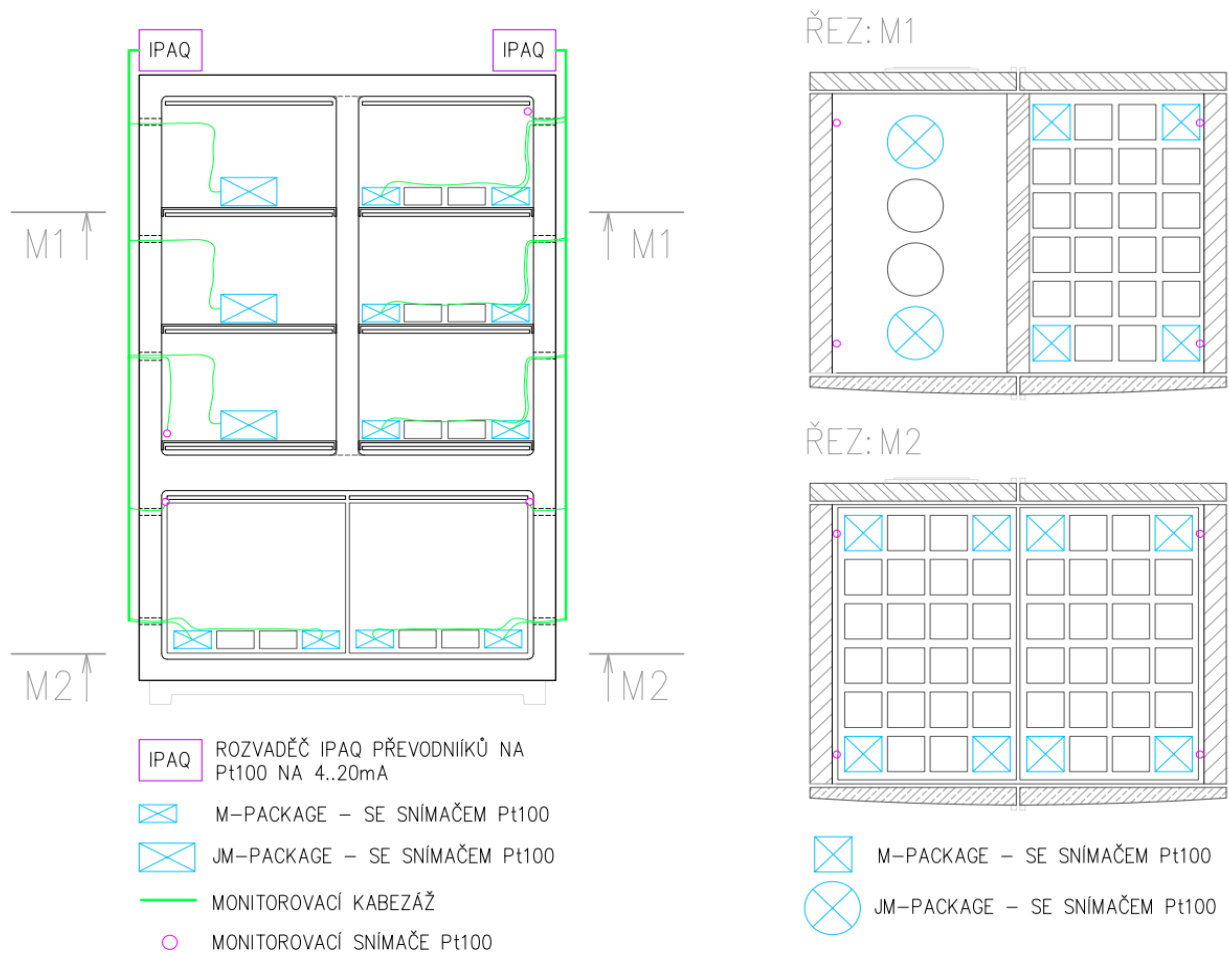
Test tepelně izolačních vlastností bude probíhat se stejným rozestavením JM a M balíčků ve vnitřním prostředí boxu jako je tomu u odmrazovacích testů. Záměrně je pro tento test instalováno menší množství uskladněného materiálu, než je tomu u testu teplotního.

Při tomto testu dojde k monitoringu vnitřní teploty při vystavení systému běžným a extrémním teplotám. Systém bude prověřen ve čtyřech režimech extrémně nízké teploty, nízké obvyklé teploty, vysoké obvyklé teploty a extrémně vysoké teploty.

Testovací cyklus	Testovací box č.1 vnitřní box (testovací režim)	Testovací box č.2 venkovní box (testovací režim)
extrémně nízké teploty	B1-R3 Ti=15°C	B2-RZ2 Ti= -12°C
nízké obvyklé teploty	B1-R2 Ti=20°C	B2-RZ1 Ti=0°C
vysoké obvyklé teploty	B1-R5 Ti=30°C	B2-RL1 Ti=25°C
extrémně vysoké teploty	B1-R6 Ti=35°C	B2-RL2 Ti=35°C

Tab.9 Režimy při testu tepelně izolačních vlastností

V těchto testovacích režimech budou vyhodnocovány maximální odchylky teploty dosažené v průběhu testovacího času na čidle ve vzduchu testované skladovací části zařízení. Druhým hodnotícím parametrem bude maximální absolutní odchylka entalpie uskladněného materiálu. Třetím hodnotícím parametrem bude suma všech odchylek entalpií jednotlivých měřících bodů v dané skladovací části.

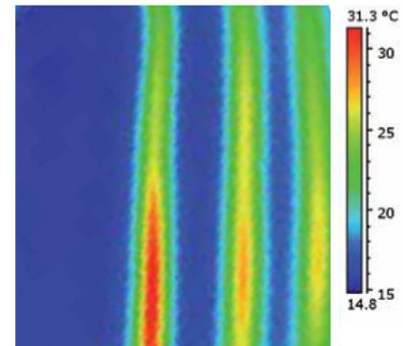


Obr.67 Schéma rozmístění snímačů pro tepelně izolační testy

5.2.9 Návrh testu úniku tepla

Testy úniku tepla budou prováděny výhradně metodou snímání povrchu skladovacího zařízení pomocí termokamery. Následně dojde k matematické analýze digitálních snímků, a také k posouzení výsledných snímků ustanoveným odborným komisí odborníků. Jednotlivé výsledky budou použity pro optimalizaci technického řešení konstrukce zařízení.

Na následujícím snímku vidíme oteplení (v důsledku nevhodného konstrukčního řešení) v místě prostupu kabelů přes boční stěnu parního sterilizátoru.



Obr.68 Konstrukční chyba odhalená termokamerou

Termovizní snímky mohou být radiometrické a nebo neradiometrické (pouze snímek bez možnosti dodatečných změn). Radiometrické termovizní systémy umožní vypočítat teplotu na povrchu tělesa. Základem pro výpočet je množství snímaného infračerveného záření.

V plně radiometrickém termogramu lze provádět měření teplot, které lze adaptovat dle zadání parametrů při pořízení snímku i následně po jeho pořízení. Jedná se v podstatě o RAW radiometrický termogram. Parametry, které chceme zadávat, jsou např. emisivita a zdánlivá odražená teplota, vzdálenost od měřeného objektu a parametry okolního prostředí. Všechny tyto parametry mají vliv na výslednou vyhodnocenou teplotu.

V průběhu testů se často využívá pořizování video záznamy, které lze pomocí speciálních SW analyzovat. Z takovéto SW analýzy mohou být vyhodnoceny průměrné povrchové odchylky, tak i extrémní body daného monitorovacího časového úseku. Tyto místa s extrémní odchylkou lze z videozáznamu exportovat a následně analyzovat jako samostatné radiometrické snímky. Rozlišení a přesnost údajů je zde sice nižší, celkový proces je jednoznačně opakovatelný a analyzovatelný v celém časovém úseku testů.

5.3 Periodická kontrola (kalibrace) použitých měřidel

Pro podložení správnosti naměřených údajů, je nutné doložit, ke každému výslednému protokolu z provedených testovacích, kontrolních nebo certifikačních zkoušek; platné kalibrační protokoly od jednotlivých čidel a měřících prvků. Bez doložení platných kalibračních protokolů by byly veškeré provedené testy bezcenné.

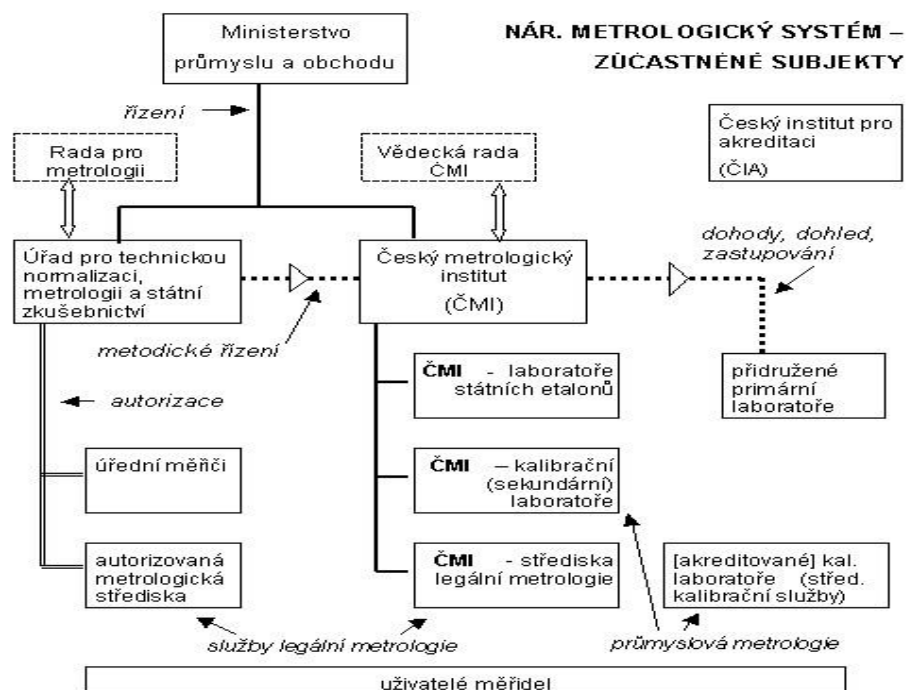
5.3.1 Způsoby kalibrace použitých měřidel a měřících prvků dle ČMI

Národní metrologický systém (NMS) je tvořen soustavou právních a technických předpisů, vymezujících postavení orgánů státní správy a dalších subjektů a subjekty vyrábějícími, opravujícími a monitorujícími měřidla a uživatele měřidel. Systém je vytvořen nad komplexem technických prostředků a zařízení.

Základními oblastmi působnosti systému jsou:

- fundamentální metrologie, která se zabývá soustavou měřících jednotek a etalony
- legální metrologie, která zabezpečuje jednotnost a správnost měření v regulované sféře podle platné právní úpravy.
- průmyslová metrologie, zaměřená na obsluhu měřidel v průmyslu, zajišťující předpoklady pro dosažení vysoké jakosti výrobků a služeb v širokém oboru měření a zkoušení.

Národní metrologický systém je velmi důležitým subjektem, jehož služby výrobci a vývojové skupiny často využívají a je jejich velkou oporou podnikání. Umožňuje jim předložit regulérní výsledky jejich práce a tak prokázat věrohodné parametry usnadňující prosazení jejich výrobků na našem či zahraničním trhu.



Obr.69 Metrologický systém

5.3.2 Praktický příklad kalibračního protokolu

V následujícím příkladu kalibračního protokolu uvedu příklad tlakového snímače pro měření kapalin a nekorozyvních plynů s rozsahem do 150Psi což je 1,034Mpa. Jedná se o snímač s vyšší přesností s garantovanou chybou měření $\pm 0.25\%$ celkového rozsahu.

Měřidlo:

Druh:	Převodník tlaku s elektrickým výstupním signálem
Výrobce:	DWYER INSTRUMENTS
Typ:	626-11-GH-P3-E4-S1
Výrobní číslo:	neuveďeno, i.č. 5C23.6.9.
Měřicí rozsah:	(0 ÷ 150) psi
Výstupní signál:	(4 ÷ 20) mA
Přesnost:	neuveďena

Použitý etalon:

Název: Kalibrátor MC 5; typ snímače: INT 20C; v. č. 25513398; rozsah: (-0,1 ÷ 2) MPa.	Platnost do: 23.5.2014
Číslo kalibračního listu etalonu: 1083/12.	
Název: Kalibrátor MC 5; v. č. 25513398;	Platnost do: 15.2.2015
Číslo kalibračního listu etalonu:0452E-13	

Podmínky prostředí:

- teplota:	(20 ± 2) °C
- relativní vlhkost:	max. 80%

Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:

Nejistoty měření uváděné v tabulkách naměřených hodnot platí po zaokrouhlení nahoru na dvě platné číslice.

Symboly:	P_e	-	konvenčně pravá hodnota tlaku
	I	-	je střední hodnota výstupního signálu zkoušeného měřidla
	δ	-	chyba kalibrovaného měřidla v procentech
	U	-	rozšířená nejistota kalibrace v procentech
	I_{id}	-	ideální výstupní signál zkoušeného měřidla

P _e	zatěžování			odlehčování			I _{id}
	I	δ	U	I	δ	U	
psi	mA	%	%	mA	%	%	mA
0,00	4,008	0,052	0,103	4,008	0,05	0,10	4,000
30,00	7,213	0,083	0,106	7,212	0,07	0,11	7,200
60,00	10,428	0,175	0,110	10,427	0,17	0,11	10,400
90,00	13,607	0,046	0,114	13,606	0,04	0,11	13,600
120,00	16,819	0,119	0,118	16,818	0,11	0,12	16,800
150,00	20,013	0,083	0,122	20,013	0,08	0,12	20,000

1 psi = 6,894757 kPa

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA4/02.

Chyby jsou vztaženy ke standardní charakteristice přenosu:

$$I = a_0 + a_1 \cdot P$$

kde je

I výstupní proud převodníku v mA

P tlak v psi

$a_0 = 4,0000$ mA

$a_1 = 0,10667$ mA / psi

6 VYHODNOCENÍ NAVRŽENÉ METODIKY TESTOVÁNÍ

Navržená metodika testování tepelně izolačních vlastností zásobovacího (skladovacího) prokládacího zařízení prokázala, vysokou náročnost daného problému. Pro konečný návrh daného normativu (následně uznatelného jako EN ISO Normy), který by následně sloužil k budoucí koncové certifikaci takového inovativního zařízení; by bylo potřeba sestavit tým erudovaných odborníků a společně jednoznačně definovat hodnotící kritéria a vztahy pro zpracování výsledků testů.

6.1 Vyhodnocení cenové náročnosti (odhadu realizační ceny)

Jako hlavní hodnotící bod, který ukáže rozsah problematiky a nemalých cenových certifikačních testů na celkovou cenu vývoje a konstrukce výrobku, jsem zpracovala cenovou kalkulaci na takovýto certifikační box.

I když se jedná pouze o „adolescentní“ zjednodušený návrh stabilitních boxů, zajištění parametrů prostředí, nejnужnějších obvyklých zkoušek, jejich dokladování monitorovacím systémem, přesto kalkulovaná cena převýšila 5 000 000,- Kč.

REKAPITULACE NÁKLADŮ NA STAVBU VYBAVENÉHO STABILITNÍHO BOXU	
CENA CELKEM ZA VZT	750225
CENA CELKEM ZA MĚŘENÍ A REGULACI	950575
CENA CELKEM ZA MONITORING	1904460
CENA CELKEM ZA SILNOPROUD	500070
CENA CELKEM ZA VESTAVBU BOXŮ	650850
CENA CELKEM ZA ZDRAVOTECHNICKÉ INSTALACE	95060
CENA CELKEM ZA DOKUMENTACI	150000
ODHAD CENY ZA KOMPLETNĚ VYBAVENÝ STABILITNÍ BOX	5001240

Tab.10 Rekapitulace nákladů

Návrh reálného „dospělého“ certifikačního boxu, který bude vybaven veškerým potřebným zařízením a pro jehož využití bude vytvořena kompletní certifikační dokumentace, by znamenala investici minimálně 10 000 000 až 12 500 000,- Kč.

Takováto suma značně ovlivní již tak vysokou cenu vývoje zařízení a značně zdraží cenu prvních výrobků uvedených na trh. V případě pomyslných nákladů na vývoj tohoto zařízení na stejné úrovni jako je cena certifikačního procesu se při výrobě 100 ks, se výrobní cena zařízení navýší o částku kolem 200 až 250 000,- Kč. Tato částka mnohdy značně převyšuje předpokládané výrobní náklady a zcela eliminuje pomyslný zisk v blízkém časovém horizontu po uvedení na trh.

ZÁVĚR

Účelem práce bylo popsat šíři potřebných kritérií, které je potřeba testovat při vývoji a certifikaci nových skladovacích zařízení, která jsou určena pro průmysl, farmacii nebo případně pro běžnou občanskou zástavbu. Bakalářská práce se zaměřila na popis obvyklých testovacích metod převážně tepelně izolačních vlastností u takovýchto skladovacích zařízení. Pro modelový příklad jsem použila a popsala zatím neexistující typové skladovací zařízení. Koncept tohoto vývojového zásobovacího termostaticko/chladírensko/mrazírenského prokládacího zařízení mi posloužil jako model pro návrh boxu a popis obvyklých potřebných testovacích metod.

Bakalářská práce se zaměřila na návrh technického řešení testovacího stabilitního boxu pro realizaci takovýchto vývojových nebo certifikačních testů. Z bakalářské práce je zřejmé o jak rozsáhlý se zde jedná problém a z práce je patrné, že je bezvýznamné realizovat jen dílčí část technického řešení. Výrobci jsou často překvapeni, jak vysoké náklady je nutno na takovéto zařízení vynaložit. Z práce jasně vyplývá, že i v případě realizace sebemenšího testovacího boxu jsou náklady obrovské.

První část práce se zaměřuje na popis obvyklé oblasti využití testovacích (stabilitních) boxů. Je zde popsána široká škála skladovacích, kultivačních nebo sterilizačních zařízení určených pro farmacii, při jejichž vývoji jsou takovéto testovací boxy nutné a výrobci si vytváří obdobná certifikační pracoviště.

Protože pro převážnou část pomyslně posuzovaných skladovacích zařízení „chladicího“ typu, bylo požadováno, aby práce popsala obecné nejrozšířenější principy chlazení, uvedla jsem rozčlenění zdrojů chladu a chladících zařízení. Tímto problémem se zabývá druhá kapitola teoretické části práce.

Ve třetí části bylo nutno popsat základní členění způsobu měření sledovaných fyzikálních veličin, aby nebylo nutno se při popisu technického zařízení zabývat popisem použitých měřících snímačů a principů.

Praktická část práce se zabývá návrhem celé koncepce testování mnou zvoleného případu zásobovacího boxu a s tím souvisejících technických částí. Jedná se o obecnou koncepci, která se zabývá hlavními investičními body a je členěna v obvyklých investičních celcích.

V začátku praktické části jsem rozčlenila jednotlivé testy do skupin dle jejich zaměření a popsala pro naši práci podstatné testovací metody.

Následně byla praktickou částí popsána technická řešení testování našeho zásobovacího prokládacího zařízení. V této části jsou popsány funkce systému měření a regulace, pomocí nichž dojde k zajištění stabilního okolního prostředí a způsob jakým budou monitorovány a kontrolovány tepelně izolační vlastnosti testovaného zařízení.

Závěrečná část popisuje zásadní body aplikace jednotlivých měřících metod na dané testované zařízení, specifikuje rozsah nutných měřících bodů a rozložení testovacích „balíčků“ v zařízení.

V mé práci jsem se snažila zmapovat a pojmenovat většinu zásadních bodů, kterým je potřeba věnovat pozornost při návrhu pracovišť pro testování a certifikaci speciálních skladovacích zařízení. K tomuto účelu mi posloužil model mnou navrženého vývojového skladovacího zařízení. Na tomto modelu jsem demonstrovala fakt, že vysoké investiční nároky jsou spojeny nejen se samotným vývojem, ale velkou měrou i s investicí do samotného testování či nutné následné certifikace.

Z práce jasně vyplývá, že investice do takovýchto testovacích boxů bývají sice nutné, ale nemalé a jejich návratnost bývá problematická. Naštěstí pro většinu menších výrobců a vývojových pracovišť, jsou tyto vývojové úkony a i samotná testovací (certifikační) pracoviště, často dotována z mezinárodních vědeckých grantů a nebo financována jako vývojové úkoly z mezinárodních prostředků (například z grantů Evropské unie).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HLAVÁČ, Petr. Chladicí zařízení. Zlín, 1998. Bakalařska práce. VUT v Brně.
- [2] HALLIDAY, David. Fyzika: Vysokoškolska učebnice obecné fyziky. 1. vyd. Brno: Vutium, 2000. ISBN 8021418699.
- [3] MIKYŠKA, Ladislav. Termoelektrické články. 1. vyd. Praha: Statní nakladatelství technické literatury, 1964. ISBN 301-05-35
- [4] Radovan Hájovský. Zpracování obrazu v měřicí a řídicí technice, Učební text VŠB-TU Ostrava, Vydavatelství VŠB-TU Ostrava 2012, ISBN 978-80-248-2596-0
- [5] Sojka, E.: Digitální zpracování a analýza obrazu, skriptá VŠB-TU Ostrava, Vydavatelství VŠB-TU Ostrava 2000, ISBN 80-7078-746-5
- [6] MACHALA, Jiří. Používané principy chlazení v průmyslu. Brno, 2010. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29971. Bakalařska práce. VUT v Brně.
- [7] Absorpční chladicí systémy. GB CONSULTING. GB consulting [online]. Praha, 2010 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.gbconsulting.cz/chlazení.html>
- [8] Čpavková chladicí zařízení v potravinářském průmyslu. 1. vyd. SNTL 1956. 260 s. Číslo publikace 2012. Typové číslo L18-B2-3-I.
- [9] DVORÁK, Zdeněk. Základy chladicí techniky. Praha: ČVUT 1982. 218 s. Fakulta strojní. Číslo publikace 4206.
- [10] ČSN EN 378-1. Chladicí zařízení a tepelná čerpadla
- [11] ČSN EN 378-1. Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky –
Část 1. Základní požadavky, definice, klasifikace a kritéria volby.
- [12] ČSN EN 14175-3 Digestoře - Část 3: Typové metody zkoušení
- [13] ČSN EN ISO 23952-2 Distribuční chlazený nábytek - Část 2: Klasifikace, požadavky a zkušební podmínky

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Farmaceutická lednice	14
Obr. 2 Farmaceutická kombinovaná lednice	14
Obr. 3 Laboratorní lednice	15
Obr. 4 Mrazící box	15
Obr. 5 Hlubokomrazící box	16
Obr. 6 Náhradní baterie	16
Obr. 7 Přenosný box	16
Obr. 8 Inkubátor s přirozenou cirkulací	17
Obr. 9 Inkubátor s nucenou cirkulací	17
Obr.10 Inkubátor s CO2 atmosférou	18
Obr.11 Inkubátor s CO2 atmosférou	18
Obr.12 Sušárna s cirkulací vzduchu	19
Obr.13 Sušárna s vakuem	19
Obr.14 Parní sterilizátor	20
Obr.15 Horkovzdušný sterilizátor	20
Obr.16 Chladírenské dveře	21
Obr.17 Chladírenské dveře otočné	21
Obr.18 Dveře kyvné	22
Obr.19 Polochladírenské dveře	22
Obr.20 PVC kyvné dveře	22
Obr.21 Zásobovací box	23
Obr.22 Chladivo v uzavřeném okruhu	24
Obr.23 P-M diagram chladícího okruhu	25
Obr.24 Peletiarův článek	25
Obr.25 Peletiarův článek-schéma	25
Obr.26 Absorpční chlazení	26
Obr.27 Multi-split systém	28
Obr.28 Skrápěná chladící věž	29
Obr.29 Adiabatický chladič	30
Obr.30 Snímač teploty	33
Obr. 31 Přesnost měření	33
Obr.32 Kabelové snímače teploty	34
Obr.33 Elektrické propojení	34
Obr.34 Správná montáž snímače	34

Obr.35 Přesnost měření článku Ni 1000	35
Obr.36 H-X diagram	37
Obr.37 Kapacitní vlhkoměr	38
Obr.38 Odporový senzor vlhkosti	38
Obr.39 Psychrometrický senzor	40
Obr.40 Piezorezistivní snímač	42
Obr.41 Tenzometrický snímač	42
Obr.42 Měřicí membrána	43
Obr.43 Indukčnostní snímač	43
Obr.44 Vrtulové čidlo	44
Obr.45 Schlazovací anemometr	44
Obr.46 Pitotova trubice	45
Obr.47 Měřicí mříž	46
Obr.48 Wilsonova mříž	46
Obr.49 Měření tlaku na dýze	46
Obr.50 Průběh specifické entalpie	53
Obr.51 Kondenzační senzor	55
Obr.52 Teplotní mapa	56
Obr.53 Termogram	56
Obr.54 Signalizace stavu dveří	59
Obr.55 VZT funkční schéma Box č.1	61
Obr.56 VZT funkční schéma Box č.2	62
Obr.57 Návrh vestavby zařízení	68
Obr.58 Umístění snímačů monitoringu prostředí	68
Obr.59 HygroFlex5 se sondou HC2	69
Obr.60 Snímač EE75	69
Obr.61 Zásobovací zařízení	69
Obr.62 Kabelový snímač pro kontaktní montáž	71
Obr.63 Schéma rozmístění snímačů pro teplotní testy	72
Obr.64 Schéma rozmístění snímačů pro odmrazovací testy	73
Obr.65 Vztah mezi teplotou a saturačním tlakem	74
Obr.66 Rozmístění senzorů rosného bodu	75
Obr.67 Schéma rozmístění snímačů pro tepelně izolační testy	76
Obr.68 Konstrukční chyba odhalená termokamerou	77
Obr.69 Metrologický systém	78

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Základní parametry materiálů	32
Tab. 2 Dovolené odchylky v °C	32
Tab. 3 Změna specifické entalpie se změnou teploty	53
Tab. 4 Testovací režimy Box č.1	59
Tab. 5 Testovací režimy Box č.2	59
Tab. 6 Popis funkcí MaR – zařízení Boxu č.1	63
Tab. 7 Návrh průběhu teplotních testů	70
Tab. 8 Režimy při kondenzačním testu	73
Tab. 9 Režimy při testu tepelně izolačních vlastností	75
Tab.10 Rekapitulace nákladů	80

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Propočet nákladů na stavbu stabilitního boxu

Příloha P II: CD

PŘÍLOHA P I: PROPOČET NÁKLADŮ NA STAVBU STABILITNÍHO BOXU

Název, zkrácený popis	Výrobce	MJ	Počet	Jednotková cena (materiál +montáž)	CENA CELKEM
VZDUCHOTECHNIKA BOX č.1					
Fitrační komora s kapsovým filtrem FB typ: FB 50-30/5	PROFIKLIMA	ks	1	4380	4380
Invertrová párové kombinace FBQ-C8 pro vestavbu do VZT potrubí Venkovní v nitřní jednotka - s úpravou pro regulaci výkonu EQRQ typ: FBQ35C8 + RXS35L	DAIKIN	kpl	1	56500	56500
Eliminátor kapek EDL typ: EDL 60-30	PROFIKLIMA	ks	1	4630	4630
Elektrické ohřivače s vestavěnou regulací HEXR typ: HEXR 50-30/3,0	PROFIKLIMA	ks	1	18500	18500
Potrubní ventilátory VR PI=0,78kW/3,4A/230V typ: VR50-30/4E	PROFIKLIMA	ks	1	13950	13950
Fitrační komora s kapsovým filtrem FB typ: FB 50-30/9	PROFIKLIMA	ks	1	5150	5150
Tlumiče hluku SD typ: SD 60-30/100	PROFIKLIMA	ks	2	3370	6740
měřicí kříž TROX typ: TMK 5030	TROX	ks	1	4550	4550
rám pod VZT jednotku		kpl	1	5850	5850
Regulační klapky ruční RK typ: RK 50-30	PROFIKLIMA	ks	2	1380	2760
Elektrický parní zvlhčovač Defensor MK5 Pro- cess VE 5 - jednotka na Demi vodu bez sběrné nádrže - M=5kg/h, P= 3,8kW/400V - přesnost regulace +/-1% Příslušenství: - distribuční trubice 81-1000 (šířka potrubí 500mm) 3 ks - filtr Z261 3/8" - parní hadice Z10 5/4" - 4m	FLAIR	ks	1	95300	95300
Flexo potrubí prům. 125		m	25	295	7375
Vzt. potrubí - třída těsnosti B		m2	28	650	18200
Tepelná izolace	Amaflex	m2	18	430	7740
Regulátor průtoku mechanický kruhový typ: RN125	TROX	ks	16	2890	46240
Přívoní komfortní výústka s nadstavcem typ: VK-2.0 525x325 R3 UR	SYSTEMAIR	ks	15	1425	21375

Odvodní vyústka s nástavcem	SYSTEMAIR	ks	6	1390	8340
rám pod venkovní jednotku		kpl	1	3250	3250
Potrubí chladiva (plyn) včetně tepelné izolace, komunikačního a silového vedení, tvarovek		kpl	1	8500	8500
Kompletní zaregulování VZT Box č.1		hod	24	550	13200
VZDUCHOTECHNIKA BOX č.2					
Fitrační komora s kapsovým filtrem FB typ: FB 50-30/5	PROFIKLIMA	ks	1	4380	4380
volná komora pro chladič	PROFIKLIMA	ks	1	2085	2085
volná komora eliminátor kapek	PROFIKLIMA	ks	1	1620	1620
Elektrické ohřivače s vestavěnou regulací HEXR typ: HEXR 50-30/3,0	PROFIKLIMA	ks	1	18500	18500
Potrubní ventilátory VR PI=0,78kW/3,4A/230V typ: VR50-30/4E	PROFIKLIMA	ks	1	13500	13500
Fitrační komora s kapsovým filtrem FB typ: FB 50-30/9	PROFIKLIMA	ks	1	5150	5150
Tlumiče hluku SD typ: SD 60-30/100	PROFIKLIMA	ks	2	3370	6740
měřicí kříž TROX typ: TMK 5030	TROX	ks	1	4550	4550
rám pod VZT jednotku		kpl	1	5500	5500
Regulační klapky ruční RK typ: RK 50-30	PROFIKLIMA	ks	2	1380	2760
Elektrický parní zvlhčovač Defensor MK5 Process VE 5 - jednotka na Demi vodu bez sběrné nádrže - M=5kg/h, P= 3,8kW/400V - přesnost regulace +/-1% Příslušenství: - distribuční trubice 81-1000 (šířka potrubí 500mm) 3 ks - filtr Z261 3/8" - parní hadice Z10 5/4" - 4m	FLAIR	ks	1	95300	95300
Flexo potrubí prům. 125		m	12	295	3540
Vzt. potrubí - třída těsnosti B		m2	25	650	16250
Tepelná izolace	Armaflex	m2	20	590	11800
Regulátor průtoku mechanický kruhový typ: RN125	TROX	ks	1	2890	2890
Přívodní vyústka s nástavcem	SYSTEMAIR	ks	6	1390	8340
Odvodní vyústka s nástavcem	SYSTEMAIR	ks	6	1390	8340

Průmyslové vzduchová cloná DoorMaster s přípravou pro plynulé řízení výkonu příkon 2,5kW 4.1A typ: P-6N-250	REMAK	kpl	1	35450	35450
Mrazírenská technologie pro negativní i pozitivní teploty teploty složená z: - kondenzační jednotka DAIKIN JEHCCU0225M3, nominální výkon 3,5kW -40/43°C (R507) - výparník MAC17/1350ME - automatika pro invertrové řízení a elektrorozvaděč DAIKIN, expanzní ventil, průhledítko, filtrdehydrá	DAIKIN	kpl	1	142500	142500
Potrubi chladiva (plyn) včetně tepelné izolace, komunikačního a silového vedení, tvarovek		kpl	1	8500	8500
Kompletní zaregulování VZT Box č.2		hod	32	550	17600
CENA CELKEM ZA VZT				750225	
MĚŘENÍ A REGULACE - ČIDLA A AKČNÍ ČLENY					
ČIDLA A AKČNÍ ČLENY - VZT BOX č.1					
Kanálové teplotní čidlo Pt1000 do klimatizace, délka kapiláry 2 m Měřicí rozsah: -50...+80°C typ: QAM2112.200	SIEMENS	ks	1	2900	2900
Kanálové teplotní čidlo Pt1000 do klimatizace, délka kapiláry 0,4 m Měřicí rozsah: -50...+80°C typ: QAM2112.040	SIEMENS	ks	1	1750	1750
Čidlo měření relativní vlhkosti a teploty, v kanálovém provedení provozní napětí 24 V AC, výstup 4..20mA Měřicí rozsah vlhkosti: 0...100 % rH Měřicí rozsah teploty: 0...50°C typ: HF432-DB1XX1XX včetně kalibračního protokolu	ROTRONIC	ks	2	8950	17900
měřicí převodník s konektorem výměnné sondy, s displayem, provozní napětí 24 V AC, výstup 4..20mA Měřicí rozsah vlhkosti: 0...100 % rH Měřicí rozsah teploty: 0...50°C typ: HF532-WB1XD1XX	ROTRONIC	ks	1	7900	7900
kabelová průmyslová sonda, měřicí část 15 x 250 mm, kabel 2 m rozsahy 0A100 % rh, -100A.200°C přesnost: ± 0,8% rh, ± 0,1 K typ sondy: HC2-IC302 včetně kalibračního protokolu	ROTRONIC	ks	1	11650	11650
Diferenční tlakový spínač, beznapěťový kontakt Rozsah nastavení: 50...500 Pa typ: QBM 81-5	SIEMENS	ks	3	1985	5955

Snímač diferenčního tlaku pro vzduch, rozsah 0-500/1500/3000Pa s lineární charakteristikou, DC 0-10V typ: QBM2030-30 - včetně kalibračního protokolu	SIEMENS	ks	1	5250	5250
Otočný servopohon 16 Nm s hav.funkcí, ovládání 0-10V, napájení 24V AC typ: GCA161.1E	SIEMENS	ks	2	6500	13000
ČIDLA A AKČNÍ ČLENY - VZT BOX č.2					
Kanálové teplotní čidlo Pt1000 do klimatizce, délka kapiláry 2 m Měřicí rozsah: -50...+80°C typ: QAM2112.200	SIEMENS	ks	1	2900	2900
Kanálové teplotní čidlo Pt1000 do klimatizce, délka kapiláry 0,4 m Měřicí rozsah: -50...+80°C typ: QAM2112.040	SIEMENS	ks	1	1750	1750
Čidlo měření relativní vlhkosti a teploty, v kanálovém provedení provozní napětí 24 V AC, výstup 4..20mA Měřicí rozsah vlhkosti: 0...100 % rH Měřicí rozsah teploty: 0...50°C typ: HF432-DB1XX1XX včetně kalibračního protokolu	ROTRONIC	ks	2	8950	17900
měřicí převodník s konektorem výměnné sondy, s displayem, provozní napětí 24 V AC, výstup 4..20mA Měřicí rozsah vlhkosti: 0...100 % rH Měřicí rozsah teploty: -40...50°C typ: HF532-WB1XD1XX	ROTRONIC	ks	1	7900	7900
kabelová průmyslová sonda, měřicí část 15 x 250 mm, kabel 2 m rozsahy 0A100 % rh, -100A...200°C přesnost: ± 0,8% rh, ± 0,1 K typ sondy: HC2-IC302 - včetně kalibračního protokolu	ROTRONIC	ks	1	11650	11650
Diferenční tlakový spínač, beznapěťový kontakt Rozsah nastavení: 50...500 Pa typ: QBM 81-5	SIEMENS	ks	3	1985	5955
Snímač diferenčního tlaku pro vzduch, rozsah 0-500/1500/3000Pa s lineární charakteristikou, DC 0-10V typ: QBM2030-30 - včetně kalibračního protokolu	SIEMENS	ks	1	5250	5250
Otočný servopohon 16 Nm s hav.funkcí, ovládání 0-10V, napájení 24V AC typ: GCA161.1E	SIEMENS	ks	2	6500	13000
Kalibrace smyček		ks	7	1350	9450

MĚŘENÍ A REGULACE - ROZVADĚČ MRSB						
rozdávěčová skříň oceloplechová se zadním zákrytem, STA-N 2001004, IP55, rozměry VxŠxH 2000x1000x400mm, včetně výzbroje jističe, stkače, trafa, relé, svorky atd.	Spálovský	ks	1	48500	48500	
Montáž rozvaděče a montážní materiál		ks	1	12500	12500	
Řídící podstanice DESIGO PX, s komunikací ethernet, pro 1000 Bacnet obj. typ: PXC100.E.D	SIEMENS	ks	1	53500	53500	
Ovládací ethernet panel typ: PXM20-E	SIEMENS	ks	1	25500	25500	
Adresovací kuličky pro adresování modulů, adr. čísla 1..24 typ: TXA1.K24	SIEMENS	ks	1	650	650	
DIN lišta pro uchycení TX modulů (do rozv. šířky 800 mm)		ks	3	150	450	
Napájecí modul typ: TXS1.12F10	SIEMENS	ks	2	4035	8070	
Sběrníkový modul typ: TXS1.EF10	SIEMENS	ks	1	1250	1250	
Univerzální modul 8-mi vstupů/výstupů typ: TXM1.8U	SIEMENS	ks	3	13250	39750	
Univerzální modul 8-mi vstupů/výstupů 4..20mA typ: TXM1.8X	SIEMENS	ks	2	13950	27900	
Modul digitálních vstupů se 16-ti vstupy typ: TXM1.16D	SIEMENS	ks	3	9950	29850	
Modul digitálních vstupů se 16-ti vstupy typ: TXM1.8D	SIEMENS	ks	2	5350	10700	
Modul digitálních výstupů s 6-ti beznapětovými výstupy typ: TXM1.6R	SIEMENS	ks	5	9500	47500	
Switch Edimax 8x 100Mbps, 4x PoE porty typ: TL-SF1008P	TP-Link	ks	1	1350	1350	
CENTRÁLNÍ OPERÁTORSKÉ PRACOVISTĚ - VELÍN						
procesor Intel Core2Duo 2,66GHz paměť RAM 2GB harddisk 500GB ethernet 10/100 Mbps DVDRW mechanika porty USB, PS2 myš, klávesnice monitor LCD 24" 1680x1080 Tiskárna LaserColor A4 OS Windows XP PRO 32bit vč. instalace	LENOVO minimální konfigurace	ks	1	15550	15550	
Záložní zdroj 1500VA typ: APC BACK-UPS RS 1500VA 230V	APC	ks	1	7500	7500	
Vizualizační SW Alfa pro 1 podcentrálu typ: ALFA2 + integrace MMG ústředn	SIEMENS (ALFA)	ks	1	94500	94500	

STRUKTUROVANÁ KABELÁŽ					
strukturovaná kabelá pro MaR a monitoring	Solarix	kpl	1	30000	30000
ELEKTROINSTALAČNÍ MATERIÁL					
Stíněný kabel JYTY 2x1	PRAKAB	m	1180	33	38940
Stíněný kabel JYTY 4x1	PRAKAB	m	650	38	24700
Stíněný kabel JYTY 7x1	PRAKAB	m	60	49	2940
Stíněný kabel JYTY 14x1	PRAKAB	m	30	38	1140
Stíněný kabel TY 7x1	PRAKAB	m	150	49	7350
Stíněný kabel JYTY 14x1	PRAKAB	m	50	65	3250
Kabelové popisky	OBO Bettermann	ks	150	65	9750
Datový kabel BELDEN Cat 5e	PRAKAB	m	480	65	31200
Oceleplechvý žlab včetně víka MKS620	OBO Bettermann	m	15	255	3825
Oceleplechvý žlab včetně víka MKS610	OBO Bettermann	m	15	185	2775
Oceleplechvý žlab včetně víka RKS305	OBO Bettermann	m	5	165	825
Systém elektroinstalačních trubek	Univolt	m	95	40	3800
Konstrukční materiál	OBO Bettermann	kg	5	2800	14000
PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ A ZEREGULOVÁNÍ					
Programové vybavení DDC podcentrály (80 db)	SIEMENS	dB	80	800	64000
Programové vybavení VELÍN (185 SWb)	SIEMENS	SwB	185	650	120250
Kompletní zaregulování systému MaR	SIEMENS	hod	45	550	24750
CENA CELKEM ZA MĚŘENÍ A REGULACI					950575
ČIDLA - MONITORING PROSTŘEDÍ					
měřicí převodník s konektorem výměnné sondy, s displayem, provozní napětí 24 V AC, výstup 4..20mA Měřicí rozsah vlhkosti: 0...100 % rH Měřicí rozsah teploty: 0...50°C typ: HF532-WB1XD1XX	ROTRONIC	ks	6	7900	47400
kabelová průmyslová sonda, měřicí část 15 x 250 mm, kabel 2 m rozsahy 0A100 % rh, -100A.200°C přesnost: ± 0,8% rh, ± 0,1 K typ sondy: HC2-IC302 - včetně kalibračního protokolu	ROTRONIC	ks	6	11650	69900
teflonový výměnný filtr 10µm, pro přesná měření stabilních hodnot typ: SP-T15	ROTRONIC	ks	12	850	10200
měřicí a konfigurační software pro všechny produkty typ: HW4-E-V3	ROTRONIC	ks	1	8950	8950
aktivní servisní kabel pro připojení HF k PC pomocí USB rozhraní typ: AC3006	ROTRONIC	ks	1	3560	3560

Vysoce přesný snímač proudění vzduchu s displayem výstup 4..20mA, měřicí rozsah 0.06 až 2m/s (+/-0.03m/s) nastavení v-výstupu 0...0.5m/s nastavení t-výstupu 0...50°C typ: EE75-VTC616-K200-D06-V01-T04 - včetně kalibračního protokolu	E+E	ks	6	38500	231000
Kalibrace smyček		ks	30	1350	40500
ČIDLA - MONITORING TESTOVANÉHO ZAŘÍZENÍ					
Kabelové čidlo Pt100 v předě přesnosti B, pro kontaktní měření -50... 200°C Typ: TR141B - včetně kalibračního protokolu	SENSIT	ks	24	1250	30000
M-Package Kabelové čidlo Pt100 v předě přesnosti A, - 50... 200°C vestavené do obaly 100x100x50mm typ: MERCI 100X100X50+TG2-70+ROZTOK - včetně kalibračního protokolu	SENSIT	ks	28	2950	82600
JM-Package Kabelové čidlo Pt100 v předě přesnosti A, vestavené do obaly průměr 550x80mm typ: MERCI pr150X80+TG2-70+ROZTOK - včetně kalibračního protokolu	SENSIT	ks	24	3550	85200
Kabelové čidlo Pt100 v předě přesnosti B, - 50... 200°C pro měření teploty v prostoru s rychlou odezvou Typ: TG2-20 - včetně kalibračního protokolu	SENSIT	ks	8	1180	9440
Kalibrace smyček		ks	84	1350	113400
MONITOROVACÍ ROZVADĚČ - MMG					
rozdávěčová skříň oceloplechová se zadním zákrytem, IP55, rozměry VxŠxH 1600x600x300mm včetně výzbroje jističe, stkače, trafo, relé, svorky atd.	Spálovský	ks	1	24500	24500
Memograph M RSG40 F Vstupní signál: 20x univerzální vstupy U.I, pulzy/frekvence vstup 10 kHz Binární vstup; výstup 6x binární vstup, 25Hz; 6x relé (1x SPDT + 5x SPST) Power Supply: 100-230VAC (+/-10%) Communication: Modbus RTU, max. 40x analog, 14x digital B Interface: Ethernet, RS232/485, 1x USB function Additional option: Works calibration certificate + IQ/OQ C Memory Medium: SD card, 512 MB Housing: Panel 149x195mm + terminal cover, Operation Language: East Europe (de,en,pl,ru,cz) Version: Standard Approval: Non-hazardous area typ: RSG40-F113B3C6B1A1	Endress + Hauser	ks	6	129950	779700

Senzor rosného bodu, měřicí rozsah 90-95%(100%) vlhkosti výstupní signál 10 ... 0V napájecí napětí Max 15V DC, 10 mA Typ: HX-9100	JOHNSON CONTROLS	ks	20	1750	35000
nastavitelné dvou vodičové převodníky pro Pt100 4 až 20 mA lineární s teplotou Rozsah měření nastavitelný rozsah, přesnost ±0,15 % Provedení na lištu DIN, krytí IP 20 Pracovní teplota -40 až 85 °C Typ: APAQ-LR	INOR	ks	84	2285	191940
ELEKTROINSTALAČNÍ MATERIÁL - MONITORING					
Stíněný kabel JYTY 2x1	PRAKAB	m	2100	33	69300
Stíněný kabel JYTY 4x1	PRAKAB	m	460	38	17480
Stíněný kabel JYTY 7x1	PRAKAB	m	35	49	1715
Stíněný kabel JYTY 14x1	PRAKAB	m	35	65	2275
Kabelové popisky	OBO Bet- termann	ks	150	65	9750
Datový kabel BELDEN Cat 5e	PRAKAB	m	320	65	20800
Oceleplechový žlab včetně víka MKS620	OBO Bet- termann	m	5	255	1275
Oceleplechový žlab včetně víka MKS610	OBO Bet- termann	m	5	185	925
Oceleplechový žlab včetně víka RKS305	OBO Bet- termann	m	10	165	1650
Systém elektroinstalačních trubek	Univolt	m	50	40	2000
Konstrukční materiál	OBO Bet- termann	kg	5	2800	14000
CENA CELKEM ZA MONITORING				1904460	
SILNOPROUD - ROZVADĚČ RVV					
Kmopletně vybavený hlavní rozváděč vestav- by, napojuje VZT, technologie i osvětlení (umístěn ve strojovně vestavby) instalovaný výkon Pi = 45kW orientace kabelů přívod a vývody shora oceloplechový rozváděč skříňový, rozměry VxŠxH 2100x1200x400mm	ABB	kpl	1	239500	239500
Frekvenční měnič a příslušenství 1.5kW/400V typ: ABBACS355-03E-04A1-4	ABB	ks	2	15300	30600
kabel silový, CYKY-O 2x1,5mm ²	PRAKAB	m	220	38	8360
kabel silový, CYKY-O 3x1,5mm ²	PRAKAB	m	80	49	3920
kabel silový, CYKY-J 3x1,5mm ²	PRAKAB	m	460	48	22080
kabel silový, CYKY-J 5x1,5mm ²	PRAKAB	m	90	59	5310
kabel silový, CYKY-J 3x2,5mm ²	PRAKAB	m	300	75	22500
kabel silový, CYKY-J 4x2,5mm ²	PRAKAB	m	120	95	11400

kabel silový, CYKY-J 5x4mm ²	PRAKAB	m	650	145	94250
kabel silový, CYKY-J 4x10mm ²	PRAKAB	m	80	240	19200
Oceleplechvý žlab včetně víka MKS620	OBO Bettermann	m	20	255	5100
Oceleplechvý žlab včetně víka MKS610	OBO Bettermann	m	15	190	2850
Ostatní elektroinstalační materiál	OBO Bettermann	kpl	1	35000	35000
CENA CELKEM ZA SILNOPROUD					500070
STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ					
Chladírenský atypický boxy včetně stropu, přípravy světlení a izolované podlahy	THERMO	m3	42	3850	161700
Mrazírenský atypický boxy včetně stropu, přípravy světlení a izolované podlahy	THERMO	m3	35	4450	155750
Technická místnost - VZT strojovna	THERMO	m3	38	1750	66500
Zádveří chladírenského boxu	THERMO	m3	10	2550	25500
Zádveří mrazírenského boxu	THERMO	m3	10	2550	25500
Signalizace stavu dveří		ks	4	10850	43400
Mrazírenské dveře dvoukřídlé 80 mm do - 5 °C rozměr 1700x2350	KINGSPAN	ks	1	45000	45000
Mrazírenské dveře dvoukřídlé 100 mm do - 25 °C rozměr: 1700x2350	KINGSPAN	ks	1	65000	65000
Tepelněizolační dveře dvoukřídlé 80 mm rozměr: 1700x2350	KINGSPAN	ks	2	24500	49000
Dveře jednokřídlé 80 mm rozměr: 1000x2350	KINGSPAN	ks	1	13500	13500
CENA CELKEM ZA VESTAVBU BOXŮ					650850
ZDRAVOTECHNICKÉ INSTALACE					
změkčovací stavice včetně předfiltů	DEMOS	kpl	1	7800	7800
zařízení zdroje Demineralizované vody pro zvlhčovače výrobní kapacita 1-7 kg/hod typ: DEMOS 402	DEMOS	ks	2	10530	21060
rozvod DEMI vody	PIPELIFE	kpl	1	5800	5800
Uzavírací havarijní ventil	BELIMO	ks	1	5800	5800
Systém detekce zaplavení strojovny	MAVE	kpl	1	4650	4650
Přípojka pitné vody	PIPELIFE	kpl	1	1750	1750
Odvod kondenzátu od chladících jednotek	PIPELIFE	kpl	10	2550	25500
Odvod kondenzátu od zvlhčovačů	PIPELIFE	kpl	10	2550	25500
Ostatní nutné dodávky a vybavení		kpl	1	5000	5000
CENA CELKEM ZA ZTI					95060

DOKUMENTACE					
Dokumentace pro stavební povolení		kpl	1	10250	10250
Dokumentace projektová		ks	1	25000	25000
Dokumentace dodavatelská		kpl	1	34500	34500
Dokumentace skutečného provedení stavby		kpl	1	15500	15500
Autorský dozor		kpl	1	25000	25000
Manažerská činnost		kpl	1	25000	25000
Koordinační práce		kpl	1	25000	25000
CENA CELKEM ZA DOKUMENTACI					150000

REKAPITULACE NÁKLADŮ NA STAVBU VYBAVENÉHO STABILITNÍHO BOXU	
CENA CELKEM ZA VZT	750225
CENA CELKEM ZA MĚŘENÍ A REGULACI	950575
CENA CELKEM ZA MONITORING	1904460
CENA CELKEM ZA SILNOPROUD	500070
CENA CELKEM ZA VESTAVBU BOXŮ	650850
CENA CELKEM ZA ZDRAVOTECHNICKÉ INSTALACE	95060
CENA CELKEM ZA DOKUMENTACI	150000
ODHAD CENY ZA KOMPL. VYBAVENÝ STABILITNÍ BOX	5001240