



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران



استاندارد ملی ایران

۲۳۱۳۵

چاپ اول

۱۴۰۱



دارای محتوای رنگی

INSO

23135

1st.Edition

2022

Identical with
ISO/TR 19815:
2018

Iran National Standardization Organization

اطلاعات و مستندات (دبیزه‌ها) - مدیریت
شرایط محیطی برای مجموعه‌های آرشیوی و
کتابخانه‌ای

Information and documentation-
Management of environmental conditions
for archive and library collections

ICS: 01.140.20

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰۸ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.org>

Iran National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که براساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اطلاعات و مستندات (دبیزه‌ها) - مدیریت شرایط محیطی برای مجموعه‌های

آرشیوی و کتابخانه‌ای»

رئیس:

سمت و/یا محل اشتغال:

نیکنام، مهرداد

عضو هیئت علمی - بازنشسته سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران

(دکترای علم اطلاعات و دانش‌شناسی)

دبیر:

عزیزی، غلامرضا

عضو هیئت علمی و رئیس پژوهشکده اسناد - سازمان اسناد و

کتابخانه ملی ایران

(کارشناسی‌ارشد فرهنگ و زبان‌های باستانی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

انگورج تقوی، معصومه

رئیس اداره آسیب‌زدایی و مرمت - سازمان اسناد و کتابخانه ملی

ایران

(کارشناسی‌ارشد کتابداری و اطلاع‌رسانی)

حدادی، محمد

مدیرکل مرمت و حفاظت - سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران

(دکترای مرمت اشیاء تاریخی-فرهنگی)

حسینی‌میرک آبادی، اقدس

کارشناس استاندارد - بازنشسته سازمان ملی استاندارد ایران

(کارشناسی‌ارشد مدیریت دولتی)

درخوش، ملیحه

معاون فنی - کتابخانه و مرکز دانشگاه تهران

(کارشناسی‌ارشد علم اطلاعات و دانش‌شناسی)

روحی‌دهبانه، صدیقه

مشاور معاون اسناد ملی - سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران

(کارشناسی‌ارشد مرمت اشیاء و آثار تاریخی و فرهنگی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس‌نیا، نگار
(دکترای زیست‌شناسی - میکروبیولوژی)
کارشناس اداره کل مرمت و حفاظت - سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران

سخایی، فرزانه
(کارشناسی‌ارشد علم اطلاعات و دانش‌شناسی)
عضو هیئت‌علمی - فرهنگستان زبان و ادب فارسی

سیفی، مهوش
(کارشناسی‌ارشد مدیریت دولتی)
کارشناس استاندارد - بازنشسته سازمان ملی استاندارد ایران

ضرغامی، زهرا
(کارشناسی‌ارشد آموزش زبان انگلیسی)
کارشناس پژوهشکده اسناد - سازمان اسناد ملی ایران

محمودی، رقیه
(کارشناسی‌ارشد بیوشیمی)
کارشناس اداره کل مرمت و حفاظت - سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران

نوغانی بهمینی، سمیه
(دکترای مرمت اشیاء تاریخی - فرهنگی)
عضو هیئت‌علمی - دانشکده حفاظت و مرمت دانشگاه هنر

ویراستار:

ضرغامی، زهرا
(کارشناسی‌ارشد آموزش زبان انگلیسی)
کارشناس پژوهشکده اسناد - سازمان اسناد ملی ایران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش‌گفتار
ی	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۲	۴ کلیات
۱۵	۵ مدیریت محیط برای بهینه‌سازی حفاظت و نگهداری و پایداری
۱۸	۶ دما
۲۰	۷ رطوبت نسبی
۲۳	۸ شرایط اقلیم و پیامدهای آن برای مجموعه‌ها
۲۳	۸-۱ کلیات
۲۵	۸-۲ اقلیم‌های فصلی
۲۶	۹ حشرات و سایر آفات
۲۷	۱۰ آلودگی
۲۹	۱۱ نور
۳۱	۱۲ تنظیم ویژگی‌های دما و رطوبت نسبی
۳۸	۱۳ رطوبت‌سنجی (سایکرومتری)
۴۴	۱۴ روال‌های خوب برای پایداری
۴۴	۱۴-۱ کلیات

- ۴۴ ۲-۱۴ آرشیو مؤسسه آرناماگنین، کپنهاگ، دانمارک
- ۴۵ ۳-۱۴ آرشیو منطقه‌ای، سنت مارتین، هند غربی
- ۴۵ ۴-۱۴ آرشیو امپراتوری ژاپن، توکیو
- ۴۶ ۵-۱۴ آرشیو جرسی، جرسی، جزایر مانش
- ۴۶ ۶-۱۴ کتابخانه ملی نروژ، مویی رانا
- ۴۶ ۷-۱۴ آرشیو مرکزی ایالتی ساکسونی، درسدن، آلمان
- ۴۶ ۸-۱۴ کتابخانه ملی سنگاپور
- ۴۷ ۹-۱۴ آرشیو دیپارتمان شمال، لیل، فرانسه
- ۴۷ ۱۰-۱۴ کتابخانه مدرسه، گاندو، بورکینافاسو
- ۴۷ ۱۵ ابزارهای آموزشی و ارزیابی
- ۴۷ ۱-۱۵ کلیات
- ۴۷ ۱-۱-۱۵ بررسی اجمالی
- ۴۷ ۲-۱-۱۵ ایزوپرم
- ۴۸ ۳-۱-۱۵ شاخص حفاظت و نگهداری (PI) و شاخص حفاظت و نگهداری وزن داده‌شده بر حسب زمان (TWPI)
- ۵۰ ۲-۱۵ ابزارهای مدیریت زیست محیطی و ارزیابی‌ها
- ۵۰ ۱-۲-۱۵ کلیات
- ۵۰ ۲-۲-۱۵ مفاهیم اساسی خرداقلیم
- ۵۰ ۳-۲-۱۵ تبادل هوا بین یک محفظه و محوطه اطراف آن
- ۵۰ ۴-۲-۱۵ محاسبه گر رطوبت جوی
- ۵۰ ۵-۲-۱۵ محاسبه گر مصرف انرژی در موزه‌ها

۵۰	۱۵-۲-۶ محاسبه گر گرمایش حفاظتی
۵۱	۱۵-۲-۷ محاسبه گر برای بار انرژی رطوبت زدایی
۵۲	پیوست الف (آگاهی دهنده) اقتصاد انرژی
۵۹	پیوست ب (آگاهی دهنده) تأثیر دما
۶۱	پیوست پ (آگاهی دهنده) تأثیر رطوبت نسبی
۶۳	پیوست ت (آگاهی دهنده) آسیب مواد در ارتباط با دما و رطوبت نسبی
۶۷	پیوست ث (آگاهی دهنده) منابع آلاینده ها و آثار آن ها بر مواد دارای اهمیت برای مجموعه های آرشیوی و کتابخانه ای
۷۳	پیوست ج (آگاهی دهنده) برهم کنش های میان دما، رطوبت نسبی، نور و آلودگی
۷۴	کتاب نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «اطلاعات و مستندات (دبیزه‌ها) - مدیریت شرایط محیطی برای مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره‌شده در مورد الف بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در سی‌و‌دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد اسناد و تجهیزات اداری مورخ ۱۴۰۱/۰۳/۰۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی‌ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «ترجمه یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO/TR 19815: 2018-07, Information and documentation- Management of environmental conditions for archive and library collections

مقدمه

این استاندارد، اکثر زمینه‌های مشابه در استاندارد [46] BSI/PAS 198 را پوشش می‌دهد. تفاوت عمده بین این دو استاندارد این است که استاندارد BSI/PAS 198 برای به‌کارگیری در شرایط محیطی انگلستان با اقلیم دمایی آن کشور، طراحی شده است. در مناطق اقلیمی مختلف، چالش‌ها متفاوت هستند. اما در هر صورت، اصولی وجود دارند که به‌طور کلی قابل اجرا می‌باشند.

هیچ شرایط تعریف‌شده جامع و مشخصی را نمی‌توان بیان کرد که برای همه مجموعه‌ها و در تمام شرایط مناسب باشد زیرا ویژگی‌های محیطی با نیازهای هر مجموعه ویژه، منابع مؤسسه و زمینه‌ای که در آن فعالیت می‌کند، و اقلیم محلی، سازگار می‌شود. این استاندارد، چارچوبی برای تصمیم‌گیری‌های مرتبط با شرایط مناسب محیطی برای مجموعه‌های فرهنگی در مناطق اقلیمی ویژه را مشخص می‌کند.

از آنجا که آرشیوها، کتابخانه‌ها و مؤسسات فرهنگی، پشتیبان‌های حافظه جمعی هستند، هدف آن‌ها حفاظت و نگهداری از منابع برای بلندمدت است. همچنین این مؤسسات وظیفه دارند که این کار را به‌شکلی انجام دهند که تأثیر بر روی اقلیم و منابع جهان را کمینه کنند. اگر تأثیر تغییر اقلیمی بر مؤسسات فرهنگی بیشتر از سایر مؤسسات نباشد، به همان اندازه بر آن‌ها تأثیرگذار است؛ بنابراین استفاده از انرژی، به‌خصوص از منابع تجدیدناپذیر، باید کمینه شود. در صورت امکان، راه‌حل‌های غیرفعال^۱ (بدون مصرف انرژی) دارای ارجحیت هستند و ساختمان‌ها باید با در نظر داشتن این هدف، طراحی شوند.

ابتدا، وسعت و ترکیب مجموعه‌ها، اهمیت آن‌ها، شرایط کنونی، روش‌های استفاده از آن‌ها، و طول عمر مطلوب برای مجموعه‌ها را باید در نظر گرفت. برای مثال، مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای، احتمالاً (علاوه بر اوراق صحافی‌شده و صحافی‌نشده و پارشمنت و سایر مواد آلی، مانند کاغذ ژوان و ابریشم، عکس‌های سیاه‌وسفید، رنگی و نگاتیوها) حاوی صفحه‌های گرامافون، نوارها و فیلم‌ها و به‌شکل روزافزون، رسانه‌های الکترونیکی متنوع هستند. علاوه بر این، مجموعه‌ها می‌توانند حاوی انواع شکل‌های مصنوعات ساخته‌شده از مواد مختلف باشند. در حالی که بسیاری از این موارد، دارای حساسیت‌های محیطی مشابهی هستند، برخی از آن‌ها الزامات ویژه‌ای دارند که لازم است در نظر گرفته شود.

محیطی که مجموعه‌ها در آن انبارش می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند، یا به نمایش درمی‌آیند و ریسک‌های حاصل از این موارد باید شناخته شود. براساس اطلاعات گردآوری‌شده درباره مجموعه‌ها از نظر ماهیت و شرایط آن‌ها، امکان ارزیابی میزان آسیب‌پذیری مجموعه‌ها در مقابل عواملی مانند دما، رطوبت نسبی، نور، و آلودگی فراهم می‌آید و بعد از آن می‌توان اقدامات لازم برای کاهش این ریسک‌ها را انجام داد. این کار ممکن است شامل طراحی یا اصلاح ساختمان‌ها، سنج‌های غیرفعال^۲ برای واپایش (کنترل) محیط، یا ارتقای فنون انبارش و نمایش باشد.

1- Passive solution
2- Passive measures

هر مؤسسه‌ای که مجموعه‌ها را گردآوری می‌کند می‌تواند و بهتر است صرف‌نظر از محدودیت‌های منابع و بدون توجه به اقلیم، این اقدامات را انجام دهد. شناخت مجموعه‌ها و ریسک‌ها، بخش جبران‌ناپذیر برای مدیریت مناسب و بقای بلندمدت مجموعه‌ها است.

اجماع‌نظر میان متخصصان حفاظت^۱ دربارهٔ پارامترهای محیطی برای نمایشگاه و امانت‌دهی، به‌سرعت در حال تکامل است. مراجع [29]، [206] و [236] اطلاعات بیشتری دربارهٔ این موضوع را ارائه می‌دهند. هیچ تردیدی وجود ندارد که محیط واپایش‌شده در حفاظت و نگهداری از مجموعه‌ها حائز اهمیت است، درحال حاضر این موضوع به‌طور کلی پذیرفته شده است که مشروط بر اینکه پارامترها متناسب با مواد باشند، تغییرات روزانه و فصلی دما و رطوبت نسبی، به بسیاری از (اکثر) مجموعه‌ها آسیبی وارد نمی‌کند.

این استاندارد، دسترسی به پژوهش‌هایی را نیز فراهم می‌آورد که منجر به تغییر در استاندارد بین‌المللی ISO 11799 شده‌اند.

اطلاعات و مستندات (دبیزه‌ها) - مدیریت شرایط محیطی برای مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه اطلاعاتی درخصوص مباحث و تغییرات اخیر در توصیه‌ها و راهنماهای مربوط به مدیریت (شرایط) محیطی در حوزه میراث فرهنگی است. همچنین این استاندارد پژوهش‌ها درباره روش‌شناسی حفاظت پیشگیرانه و واپایش غیرفعال (کنترل غیرمداخله‌گر)^۱ ارائه‌شده با استفاده از روش‌های ساخت و نوسازی ویژه، توسعه در فناوری‌های واپایش محیط، و همچنین مسائل مربوط به انرژی و تغییرات اقلیمی را شامل می‌شود.

این استاندارد برای آرشیوها و کتابخانه‌ها و سایر مؤسساتی در نظر گرفته شده که دارای حجم بالایی از مجموعه‌های کاغذی هستند. علاوه بر این، آرشیوها و کتابخانه‌ها دارای مجموعه‌هایی شامل فیلم، رسانه‌های مغناطیسی، چرم و سایر مواد آلی، غیرآلی یا ترکیبی هستند. یکی از چالش‌های منحصربه‌فرد این مؤسسات، افزایش عمر مفید مواد برای دسترسی و استفاده کنونی و نسل‌های آینده است. محیط، نقش کلیدی در افزایش عمر مفید تمامی این مواد ایفا می‌کند.

این استاندارد برای استفاده در طرح‌ریزی حفاظت و نگهداری و مدیریت محیطی مستمر شرایط انبارش دائمی مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای و برای تمام مجموعه‌هایی کاربرد دارد که به‌طور دائمی در یک مؤسسه انبارش می‌شوند.

۲ مراجع الزامی

در این استاندارد، هیچ مرجع الزامی وجود ندارد.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات با تعاریف زیر به کار می‌رود.^۲

^۱ - Passive control

^۲ - اصطلاحات و تعاریف به‌کاررفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های <https://www.ISO.org/obp> و <https://www.electropedia.org/> قابل دسترسی است.

۱-۳

شدت (میزان) تعویض هوا

air change rate

شدت جریان هوای ورودی به یک فضا، که با حجم هوا بر واحد زمان تعریف می‌شود، تقسیم بر حجم فضا در واحدهای ثابت را گویند.

یادآوری ۱- شدت تعویض هوا غالباً براساس تعویض هوا در ساعت بیان می‌شود.

[منبع: تعریف ۳-۵، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

یادآوری ۲- این اصطلاح در جایی استفاده می‌شود که تهویه فعال وجود دارد (به میزان تهویه در زیربند ۳-۴۰ مراجعه شود).

۲-۳

لایه‌بندی گرمایی

thermal stratification

به گرایش توده هوای گرم به بالارفتن و قرارگیری در لایه‌هایی با گرمترین هوا در بالاترین سطح گفته می‌شود.

۳-۳

مجموعه

collection

موجودی

holding

انواع مدارک نگهداری‌شده در آرشیوها و کتابخانه‌ها صرف‌نظر از قالب فیزیکی آن‌ها است.

یادآوری ۱- به‌طور عمده شامل کتاب‌ها، نسخه‌های خطی، پرونده‌ها، نقشه‌ها، مجموعه‌های نگاشتاری و سایر مدارک کاغذی، و همچنین پارشمنت، پاپیروس، فیلم، مواد عکاسی، صفحات دیداری-شنیداری^۱، رسانه‌های مغناطیسی و رسانه‌های نوری و همچنین شیرازه‌ها و مواد محافظتی هستند.

یادآوری ۲- موجودی اصطلاحی است که اغلب در مؤسسات آرشیوی استفاده می‌شود.

۴-۳

نقطه شبنم

dew point

^۱ - Audio-vidual recordings

سنگه رطوبت جوی است.

یادآوری - دمای است که در آن بخار آب موجود در هوا، اشباع شده و میعان آغاز می شود.

۵-۳

مدرك

document

اطلاعات ضبط شده، یا شیء مادی است که می تواند به عنوان یک واحد در فرایند مستندسازی تلقی شود.

۶-۳

اثر بخشی

effectiveness

به میزان تحقق فعالیت های طرح ریزی شده و کسب نتایج طرح ریزی شده، اطلاق می شود.

۳-۷

انرژی

energy

نیروی برق، سوخت ها، بخار، گرما، هوای فشرده و سایر حامل های مشابه است.

یادآوری ۱- برای اهداف این استاندارد، انرژی به انواع مختلفی از انرژی شامل انرژی های تجدیدپذیری اطلاق می شود که می تواند خریداری، انبارش یا آماده سازی شده، در یک تجهیز یا یک فرایند استفاده یا وایابی شود.

یادآوری ۲- انرژی را می توان به صورت ظرفیت دستگاه برای تولید فعالیت های بیرونی یا انجام کار تعریف کرد.

[منبع: ISO 50001:2011, 3.5]

۸-۳

اقتصاد انرژی

energy economy

مدیریت دقیق منابع انرژی است.

یادآوری - اقتصاد انرژی بر کمینه ای کردن مصرف مناسب انرژی در یک مؤسسه تمرکز کرده و شامل دانش عملکرد انرژی و بازده/انرژی (۳-۹) خاص در ساختمان و/یا سامانه های مکانیکی است.

۹-۳

بازده انرژی

energy efficiency

سنجه‌هایی برای اطمینان از اینکه ساختمان و سامانه با پارامترهای طراحی با کاربرد مؤثر انرژی، مطابقت دارد.

[منبع: تعریف ۳-۱۷، استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۴۶۷، سال ۱۳۸۸]

۱۰-۳

عملکرد انرژی

energy performance

نتیجه (نتایج) قابل‌سنجش مرتبط با بازده/انرژی (۳-۹)، کاربری انرژی، و مصرف انرژی است. یادآوری - عملکرد انرژی را می‌توان براساس اهداف کلان، اهداف خرد انرژی، سایر الزامات عملکرد انرژی سازمان اندازه‌گیری کرد.

[منبع: تعریف ISO 50001:2011, 3.12]

۱۱-۳

محیط زیست

environment

محوطه‌ای شامل هوا، آب، خاک، منابع طبیعی، گیاهان (فلور)^۱، زیباگان (فونا)^۲، انسان‌ها و روابط متقابل بین آن‌ها که سازمان در آن فعالیت می‌کند.

یادآوری ۱- محوطه می‌تواند از درون یک سازمان تا سامانه محلی، منطقه‌ای و جهانی گسترش یابد.

یادآوری ۲- محوطه اطراف را می‌توان در ارتباط با تنوع زیستی^۳، بوم‌سازگان‌ها (اکوسیستم‌ها)^۴، اقلیم یا دیگر مشخصه‌ها توصیف کرد.

[منبع: تعریف ۳-۲-۱، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

1- Flora
2- Fauna
3- Biodiversity
4- Ecosystem

۱۲-۳

سامانه مدیریت زیست محیطی

environmental management system

بخشی از سامانه مدیریت که برای مدیریت کردن جنبه‌های زیست محیطی، برآورده کردن الزامات تعهدی، و پرداختن به ریسک‌ها و فرصت‌ها استفاده می‌شود.

[منبع: تعریف ۳-۱-۲، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

۱۳-۳

عملکرد زیست محیطی

environmental performance

عملکرد مرتبط با مدیریت جنبه‌های زیست محیطی است.

یادآوری- برای یک سامانه مدیریت زیست محیطی (۳-۱۲)، نتایج می‌تواند در مقایسه با خط‌مشی زیست محیطی (۳-۱۴) سازمان، اهداف زیست محیطی یا سایر سنج‌ها، با استفاده از شاخص‌ها اندازه‌گیری شود.

[منبع: تعریف ۳-۴-۱۱، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

۱۴-۳

خط‌مشی زیست محیطی

environmental policy

مقاصد و جهت‌گیری سازمان در ارتباط با عملکرد زیست محیطی که به‌طور رسمی توسط مدیریت رده بالای آن بیان شده است.

[منبع: تعریف ۳-۱-۳، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

۱۵-۳

گذار شیشه‌ای

glass transition

تغییرات برگشت‌پذیر در بسیار (پلیمر) بی‌شکل^۱ یا در مناطق بی‌شکلی از یک بسیار بلورین از (یا به) یک حالت چسبنده یا لاستیکی به (یا از) یک حالت سخت و نسبتاً شکننده است.

1- Amorphous

[منبع: تعریف ۱-۳، استاندارد بین‌المللی ISO 11357-2:2013]

۱۶-۳

دمای گذار شیشه‌ای

glass transition temperature

تی جی

Tg

مقدار مشخصی از گستره دمایی که گذار شیشه‌ای در آن اتفاق می‌افتد.

یادآوری- دمای تخصیص‌یافته گذار شیشه‌ای (g) می‌تواند به مشخصات خاص و روش و شرایط انتخاب‌شده برای اندازه‌گیری آن، بستگی داشته باشد.

[منبع: تعریف ۲-۳، استاندارد بین‌المللی ISO 11357-2:2013]

۱۷-۳

سامانه اچ‌وی‌ای‌سی^۱

HVAC system

سامانه‌ای که گرمایش، تهویه یا تهویه مطبوع را برای ساختمان‌ها فراهم می‌کند.

[منبع: تعریف ۱۸-۳، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۱۸-۳

آبکافت (هیدرولیز)

hydrolyse

تجزیه^۲ شیمیایی که در آن یک ترکیب از طریق واکنش با آب، به ترکیبات دیگر تبدیل می‌شود.

۱۹-۳

شاخص

indicator

ارائه قابل‌اندازه‌گیری شرایط یا وضعیت عملیات و مدیریت می‌باشد.

1- Heating, ventilation, and air conditioning

2- Decomposition

[منبع: تعریف ۳-۱۵، استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۷۶۰، سال ۱۳۹۷]

۲۰-۳

هوای نفوذی

infiltration air

معبر^۱ واپایش‌نشده هوا به داخل فضای داخلی از طریق راه‌های نشتی در بدنه ساختمان را گویند.

[منبع: تعریف ۳-۲۰، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۲۱-۳

عایق

insulation

موادی که هدایت گرمایی ضعیفی دارند و در نتیجه، از دست‌رفتن حرارت از یک جسم یا فضا را کندتر می‌کنند.

۲۲-۳

انبارش بلندمدت

long term storage

انبارش مواد حفظ‌شده برای نگهداری دائمی به مدت زمان نامشخص است.

۲۳-۳

نگهداری

maintenance

اقدامات پیشگیرانه یا اصلاحی برای پشتیبانی از کارکرد بلندمدت مخازن و سامانه‌های پشتیبان آن‌ها است.

یادآوری - اقدامات اصلاحی برای جلوگیری از وقوع مجدد صورت می‌پذیرد؛ درحالی‌که اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از وقوع انجام می‌شود.

۲۴-۳

سامانه مدیریت

management system

مجموعه‌ای از اجزای مرتبط به هم یا در تعامل با هم در یک سازمان برای ایجاد خط‌مشی و اهداف و فرایندهایی برای دستیابی به آن اهداف است.

یادآوری ۱- یک سامانه مدیریت می‌تواند به یک یا چند رشته تخصصی بپردازد، برای مثال مدیریت کیفیت، مدیریت امور مالی یا مدیریت زیست‌محیطی.

یادآوری ۲- عناصر سامانه شامل ساختار سازمانی، نقش‌ها و مسئولیت‌ها، طرح‌ریزی و عملیات، ارزشیابی عملکرد، و بهبود است.

یادآوری ۳- دامنه شمول یک سامانه مدیریت می‌تواند برای تمام سازمان، حوزه‌های کاری خاص و معینی از سازمان، بخش‌های خاص و معینی از سازمان، یا یک یا چند حوزه کاری در میان یک گروه از سازمان‌ها را دربرگیرد.

[منبع: تعریف ۱-۱-۳، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

۲۵-۳

تهویه مکانیکی

mechanical ventilation

تهویه‌ای که با تجهیزات مکانیکی صورت می‌گیرد.

[منبع: تعریف ۲-۳، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۲۶-۳

پایش

monitoring

تعیین وضعیت یک سامانه، یک فرایند یا یک فعالیت است.

یادآوری- برای تعیین وضعیت، ممکن است نیاز به بررسی، نظارت یا مشاهده انتقادی باشد.

[منبع: تعریف ۳-۴-۸، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

۲۷-۳

تهویه طبیعی

natural ventilation

تهویه از طریق مسیرهای نشستی (نفوذ هوا) و ورودی‌هایی که به‌منظور تهویه در بدنه ساختمان یا چارچوب اتاق تعبیه شده که بر پایه اختلاف فشار بدون بهره‌گیری از اجزاء متحرک هوایی متکی است را تهویه طبیعی گویند.

[منبع: تعریف ۳-۲۴، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۲۸-۳

منطقه مسکونی

occupied zone

ناحیه مسکونی را گویند که بستگی به هندسه و کاربرد اتاق، موردبهمورد طراحی شده است. یادآوری - غالباً فقط برای فضای طراحی شده برای سکونت انسانی استفاده شده و به‌عنوان حجم هوایی تعریف می‌شود که به‌وسیله سطوح افقی و عمودی محدود شده است. صفحات عمودی اغلب موازی دیوارهای اتاق هستند.

[منبع: تعریف ۳-۲۸، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۲۹-۳

هوای بیرونی

outdoor air

ورود هوا به سامانه یا ورود از بیرون، قبل از پاک‌سازی هوا را گویند.

[منبع: تعریف ۳-۳۱، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۳۰-۳

مدخل هوای بیرونی

outdoor air intake

هرگونه ورودی که از طریق آن هوای بیرونی وارد شود.

[منبع: تعریف ۳-۳۰، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۳۱-۳

عملکرد

performance

نتیجه قابل اندازه گیری است.

یادآوری ۱- عملکرد می تواند مرتبط با یافته های کمی یا کیفی باشد.

یادآوری ۲- عملکرد می تواند مرتبط با فعالیت های مدیریتی، فرایندها، محصولات (شامل خدمات)، سامانه ها یا سازمان ها باشد.

[منبع: تعریف ۳-۴-۱۰، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

۳۲-۳

فرایند

process

مجموعه فعالیت های مرتبط با هم یا متعامل که دروندادها را به برون دادها تبدیل می کند.

یادآوری - یک فرایند ممکن است مستند شده باشد یا نباشد.

[منبع: تعریف ۳-۳-۵، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

۳۳-۳

رطوبت نسبی

relative humidity

آر.اچ.

RH

جرم بخار آب در حجمی از هوا، تقسیم بر جرم بخار آب در حجم اشباع در دمای مشابه است.

[منبع: تعریف ۳-۳۴، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۳۴-۳

مخزن

repository

ساختمان یا اتاقی که به‌طور خاص و منحصرأً برای انبارش بلندمدت منابع آرشیوی یا کتابخانه‌ای طراحی یا تنظیم شده^۱ و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳۵

الزام

requirement

نیاز یا انتظاری که بیان می‌شود و عموماً متداول، یا اجباری است.

یادآوری ۱- «عموماً متداول» است یعنی در عرف یا رویه عمومی، نیاز و انتظار موردنظر، برای سازمان و طرف‌های ذی‌نفع متداول است.

یادآوری ۲- الزام مشخص شده الزامی است که بیان می‌شود، برای مثال در اطلاعات مدون.

یادآوری ۳- هنگامی که سازمان تصمیم می‌گیرد از الزاماتی غیر از الزامات قانونی تبعیت کند، آن موارد، الزامی به حساب می‌آیند.

[منبع: تعریف ۳-۲-۸، استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۰۱، سال ۱۳۹۷]

۳-۳۶

فروسرمایش

sub-cool

فرایند خنک کردن هوا به پایین‌تر از دمای اولیه نقطه شبنم به‌منظور رطوبت‌گیری از طریق میعان آن است.

یادآوری - رطوبت‌زدایی از طریق میعان با مرحله گرمادهی مجدد برای مدیریت دما و رطوبت نسبی دنبال می‌شود.

۳-۳۷

پایداری

sustainability

نگهداری مؤلفه‌ها و توابع بوم‌سازگان (اکوسیستم) برای نسل آینده با هدف بازده اقتصادی، امور اجتماعی و حفاظت زیست‌محیطی.

[منبع: تعریف ۳-۲۷، استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۴۶۷، سال ۱۳۸۸]

۳۸-۳

سامانه‌ها

systems

فرایندهای تحت ارزیابی است.

یادآوری- مثال‌های در این خصوص شامل: گرمایش، سرمایش، آب گرم خانگی، روشنایی، تهویه و خودکارسازی یا واپایش مرتبط است.

[منبع: تعریف ۳-۳، استاندارد بین‌المللی ISO 23045:2008]

۳۹-۳

تهویه

ventilation

فرایند تأمین یا جابه‌جا کردن هوا به وسیله وسایل طبیعی یا مکانیکی به داخل فضای داخلی یا از فضایی است که با هدف واپایش سطح آلودگی‌های هوا، رطوبت، بو یا دمای داخل فضا صورت می‌گیرد.

[منبع: تعریف ۳-۴، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۴۰-۳

شدت (میزان) تهویه

ventilation rate

شدت جریان هوایی که از بیرون وارد یک ساختمان یا فضای بسته می‌شود.

[منبع: تعریف ۳-۴۵، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵، سال ۱۳۸۹]

۴ کلیات

برای مدیریت محیط در آرشیو یا کتابخانه، باید اهداف طرح‌ریزی و تصمیمات، تعیین شود. همچنین باید مشخص شود کدامیک از اهداف مدیریت زیست‌محیطی در راستای برآورده ساختن نیازهای حفاظت و نگهداری مجموعه‌ها هستند. مدیریت زیست‌محیطی غالباً شکل اصلی اقدام حفاظت و نگهداری است که در تمامی مجموعه‌ها برای پیشگیری یا کند کردن روند زوال^۱ معمولی‌ترین مواد موجود در مجموعه‌های آرشیو و

1- Detrioration

کتابخانه می‌توان انجام داد. تعیین طول عمر موردانتظار برای مجموعه‌ها، به تعیین محدودیت‌های^۱ قرارگیری در معرض دمای زیاد و رطوبت نسبی بالا کمک کرده و اولویت‌بندی در میان مجموعه‌ها را برای حفظ بهترین محیط ممکن، فراهم می‌آورد. برای انجام این کار به صورت مناسب، شناخت مجموعه‌ها و آسیب‌پذیری‌های خاص مواد و قالب‌ها، ضروری است.

در این راستا، جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مجموعه‌ها، از جمله موارد زیر، توصیه می‌شود:

- مواد موجود در مجموعه‌ها و مقدار هر کدام از آن‌ها؛
 - اهمیت فقره‌ها و جنبه‌هایی از فقره‌ها که مبنای اهمیت آن‌ها را شکل می‌دهند؛
 - طول عمر مطلوب فقره‌ها؛
 - وضعیت کنونی مجموعه‌ها؛
 - روش‌های استفاده از مجموعه‌ها، شامل: انبارش، جابه‌جایی، نمایش یا امانت‌دهی؛
 - تاریخچه هرگونه حفاظت یا مداخلات دیگری که ممکن است بر ثبات یا آسیب‌پذیری، تأثیرگذار باشد.
- تعیین مقادیر موردنیاز فقط تقریبی است ولی شناسایی تمام مواد موجود دارای اهمیت است.
- اهمیت یک فقره، کلید قرارگیری آن در مجموعه است؛ درک اینکه چه جنبه‌ای از فقره‌ها موجب اهمیت و لزوم حفظ آنها می‌شود تا آن فقره‌ها حفاظت و نگهداری شوند، مهم است.
- همه مواد، حتی در بهترین شرایط، به آرامی روبه زوال می‌روند. بیان اینکه فقره‌ها باید «به‌طور دائم» حفاظت و نگهداری شوند، سودمند نیست، زیرا این به معنی صرف منابع بی‌نهایت برای انجام این کار است. از این رو ممکن است بحث در مورد نقطه‌ای که اهمیت اصلی فقره از بین رفته و یا زمانی که فقره «برای استفاده نامناسب» شده است، مفید باشد. توصیه شده است [29] هر مؤسسه یک افق برنامه‌ریزی واقع‌بینانه (احتمالاً پنجاه، صد، یا پانصد سال یا بیشتر) را انتخاب کرده و براساس ماهیت مجموعه‌ها و محیط انبارش موجود، زمان اتمام مناسب بودن فقره‌ها را برای هدف موردنظر پیش‌بینی کند. اگر رسیدن به نقطه غیرقابل استفاده شدن فقره‌ها پیش از افق طرح‌ریزی اتفاق بیافتد، نشان‌دهنده آن است که گزینه‌ای برای انجام اقدامات مقتضی در خصوص عمر آن فقره‌ها وجود دارد یا اگر ماهیت منابع اجازه انجام اقدام موردنظر را نمی‌دهد، باید پذیرفت که این نقطه، طول عمر آن فقره‌ها است. اگر نقطه غیرقابل استفاده شدن، فراتر از افق طرح‌ریزی باشد، نشان‌دهنده آن است که در حال حاضر، هیچ چیزی نیاز به تغییر ندارد. اگر نقطه غیرقابل استفاده شدن، نزدیک به افق طرح‌ریزی باشد، نشان‌دهنده آن است که در حال حاضر هیچ چیزی نیاز به تغییر ندارد زیرا بازنگری در فواصل زمانی مشخص ممکن است اطلاعات جدید و نقطه شروع جدیدی را شامل شود.

1- Limits

به‌تازگی در مجموعه‌ای از مقالات، افق طرح‌ریزی بلندمدت براساس پژوهش‌های انجام‌شده در «مرکز میراث پایدار، کالج دانشگاه لندن» [241] مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق، بر پایه نظرسنجی از کاربران عمومی منابع آرشیوی و کتابخانه‌ای، «نامناسب بودن برای استفاده» از نظر آستانه آسیب و یا میزان تغییر فیزیکی که به‌عنوان آسیب شناخته می‌شود، مورد مطالعه قرار گرفته است. این پژوهش برای مدیریت محیطی مجموعه‌ها دارای اهمیت است زیرا تغییرات ملاحظه‌شده، رنگ‌رفتگی و زوال مکانیکی از قبیل پارگی و گم‌شدن قطعات بودند که اغلب نشان‌دهنده تردی و شکنندگی منابع هستند. این تغییرات فیزیکی اغلب در آن دسته از منابع آرشیوی و کتابخانه‌ای مشاهده می‌شوند که مدت زمان طولانی در محیط نامناسب نگهداری شده‌اند.

ارزیابی وضعیت کنونی ممکن است نشان‌دهنده ثبات فقره‌ها، قرارگیری در معرض ریسک و یا زوال فعال^۱ بوده و اطلاعات مربوط به مناسب یا نامناسب بودن محیط فعلی را ارائه دهد.

مؤسسه به جمع‌آوری داده‌های مربوط به محیط‌های انبارش، جابه‌جایی، نمایش یا امانت‌دهی مجموعه‌ها از جمله موارد زیر، نیاز خواهند داشت:

- سوابق مربوط به دما و رطوبت نسبی داخلی و بیرونی؛
- سوابق سطوح نور مرئی و نور فرابنفش برای فقره‌هایی که در معرض نور قرار دارند و مدت زمان قرار گرفتن در معرض نور؛
- سوابق آلاینده‌های گازی و ذره‌ای^۲ که فقره‌ها در معرض آن‌ها قرار دارند؛
- در صورتی که روش‌های فعال واپایش محیط از قبیل تهویه مکانیکی، پالایش (فیلتراسیون)، گرمایش، خنک‌سازی، مرطوب‌زایی و رطوبت‌زدایی استفاده می‌شود، سوابق مربوط به تنظیمات واپایش و هر تغییری که در آن‌ها رخ می‌دهد (مانند تغییرات فصلی) و مقدار مصرف انرژی توسط هر یک از این سامانه‌ها.
- در صورت امکان باید سوابق مربوط به شرایط هریک از محیط‌های مختلفی که مجموعه‌ها در آن قرار گرفته‌اند، تهیه شود.
- تمام تجهیزات پایش محیطی باید مطابق با توصیه‌های سازندگان به‌صورت منظم، نگهداری و واسنجی (کالیبره) شوند.
- تمام سوابق بالا باید به‌طور دائم نگهداری شده و باید به‌طور مرتب از نظر شرایط فصلی یا بلندمدت، بررسی شوند.
- براساس اطلاعات گردآوری‌شده بالا، مؤسسه قادر به ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی مجموعه‌ها خواهد بود.

1- Actively deteriorating

2- Particulate pollutants

براساس ارزیابی ریسک محیطی، مؤسسه قادر به تعیین ویژگی‌های محیطی برای انبارش، جابه‌جایی، نمایش و امانت‌دهی فقره‌ها خواهد بود. در صورت مناسب‌بودن، این کار باعث تنظیم محدوده مجاز بالا و پایین، شدت تغییرات و نوسانات دما و رطوبت نسبی، حداکثر مقدار مجاز قرارگیری در معرض اشعه مرئی و فرابنفش و حداکثر غلظت مجاز آلاینده‌های گازی و ذره‌ای، خواهد داشت.

جایی که از روش‌های فعال واپایش محیط استفاده می‌شود، بهتر است مؤسسه تلاش کند تا میزان مصرف انرژی تجدیدناپذیر را کمینه کند.

۵ مدیریت محیط برای بهینه‌سازی حفاظت و نگهداری و پایداری

دستیابی به حفاظت و نگهداری پایدار و بلندمدت منابع آرشیوی و کتابخانه‌ای مستلزم آن است که مؤسسات با رویکرد متفاوتی نسبت به گذشته با فرایند حفاظت و نگهداری برخورد کنند؛ زیرا هیچ‌یک از شرایط محیطی یا عملیات ساختمانی به‌تنهایی برای تمام مجموعه‌ها، در همه شرایط مناسب نیستند و با توجه به اینکه، حفاظت و نگهداری بدون توجه به هزینه‌های انرژی و مصرف منابع تجدیدناپذیر، عملی نیست، بهتر است موضوع حفاظت و نگهداری پایدار با هدف بهینه‌سازی حفاظت، با یک عملیات ساختمانی، بررسی شود. طبق تعریف، یک محیط حفاظت و نگهداری بهینه، محیطی است که مجموعه‌ها در آن به‌بهترین‌شکل و با حداقل هزینه انرژی ممکن، حفاظت و نگهداری شوند و با گذشت زمان پایدار باشند.

بهینه‌سازی مستلزم شناخت جامعی از مجموعه‌ها و ساختمان‌هایی است که مجموعه‌ها در آن قرار دارند. بهینه‌سازی صرفاً مربوط به دما، رطوبت نسبی و سایر عوامل محیطی نیست؛ بلکه مربوط به مدیریت ریسک‌های احتمالی کلی مجموعه‌ها، آگاهی از چالش‌ها یا فواید اقلیم محلی در محیط‌های بیرونی و آگاهی از وضعیت ساختمان و سامانه‌های مکانیکی طراحی‌شده برای تعدیل‌کردن شرایط بیرونی نیز می‌باشد. مستندسازی و شناخت این فاکتورها، سه پرسش اساسی را مطرح می‌کند که باید توسط مدیریت مؤسسات، درخصوص تغییرات برای استاندارد تجویزی محیطی و ایجاد به‌روش‌های محلی برای حفاظت و نگهداری و مصرف انرژی، موردتوجه قرار گیرد.

- محیط حفاظت و نگهداری فعلی که نگهداری شده، کدام است؟

- آیا می‌توان یا باید آن را بهبود بخشید؟

- آیا برای دستیابی به این محیط، انرژی بیش از حد نیاز، مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

مانند بسیاری از جنبه‌های مدیریت مجموعه‌ها، ایجاد و بهینه‌سازی محیط حفاظت و نگهدار پایدار، یک پروژه موقتی نیست، بلکه فرایند پیوسته‌ای است که باید در طول زمان، موردنظارت و نگهداری قرار گیرد.

گروهی از همکاران بین‌رشته‌ای^۱، در قالب یک گروه مدیریت محیطی، متشکل از افرادی از گروه مدیریت و نگهداری مجموعه‌ها، مدیریت تأسیسات یا مهندسی و مدیریت سازمانی، مهارت‌ها و دانش لازم را برای اداره این تغییرات خواهند داشت. این فرایند به یک رهبر نیاز دارد که برای پشتیبانی و نظارت بر کار گروه، اغلب از میان اعضای مجموعه‌ها یا تأسیسات انتخاب می‌شود. هدف، ترغیب و تشویق به تصمیم‌گیری مشترک درخصوص امور مربوط به محیط‌های حفاظت از مجموعه‌ها، با در نظر داشتن نیازهای حفاظت و نگهداری، تأسیسات و مدیریت است. به‌منظور دستیابی به این سطح از ارتباطات، توصیه می‌شود که اعضای گروه برای رسیدن به شناخت کاری درست از مسئولیت‌های همکاران خود تلاش کنند؛ به این معنی که بهتر است کارکنان مجموعه‌ها در مورد فضای ساختمان و سامانه‌های مکانیکی فراهم‌کننده محیط مجموعه‌ها آگاهی یابند، درحالی‌که توصیه می‌شود کارکنان تأسیسات بیشتر در مورد مجموعه‌های مؤسسه و نیازهای حفاظت و نگهداری آن‌ها اطلاعات داشته باشند.

همچنین می‌توان به‌عنوان یک گروه به ابزارهای آموزشی و ارزیابی مراجعه کرده (به بند ۱۵ مراجعه شود) و/یا با همکاران حرفه‌ای در مؤسسات مشابه، مشاوران مدیریت محیطی به‌ویژه در مؤسسات فرهنگی و بین‌المللی (یعنی ICOM^۲، IFLA^۳ و ICA^۴)، ملی و مؤسسات دانشگاهی، مشورت کنند.

هنگامی که گروه تشکیل می‌شود، بهینه‌سازی فرایندی پیوسته بوده و شامل مراحل زیر است:

- مستندسازی؛

- گردآوری داده‌ها؛

- تحلیل؛

- آزمایش و پیاده‌سازی؛

- ارزیابی و نگهداری.

مستندسازی، فرایند ایجاد مخزن مشترکی از اطلاعات اقلیم بیرونی، مشخصه‌های ساختمان، مجموعه‌ها و نیازهای حفاظت و نگهداری آن‌ها و هر سامانه مکانیکی است که ممکن است بر روی محیط مجموعه‌ها تأثیر داشته باشد. برخی از اطلاعات از طریق مدارک موجود در دسترس هستند، درحالی‌که سایر اطلاعات، مانند چیدمان سامانه مکانیکی یا موقعیت مجموعه‌های مختلف، ممکن است به‌عنوان بخشی از فرایند، نیاز به شناسایی داشته باشند.

گردآوری داده‌ها به‌معنی استفاده از داده‌بردارها^۵، سامانه‌های مدیریت ساختمان یا اندازه‌گیری سایر منابع دما، دما، رطوبت نسبی، جریان هوا، نور و آلودگی، برای ارائه اطلاعات در مورد شرایط محیطی بلندمدت در

1- Interdisciplinary colleagues

2 - International Council of Meuseum

3 - International Federation of Library Assoications and Institutions

4 - International Council on Archives

5- Data loggers

مجموعه‌ها و دیگر محوطه‌های ساختمان است. هدف این کار، کسب اطلاعات نمایانگر برای تصمیم‌گیری داده‌محور در مورد شرایط محیطی برای حفاظت و نگهداری از منابع مجموعه‌ها است. داده‌ها باید از هر فضایی گردآوری شوند که مجموعه‌ها در آنجا انبارش شده، نمایش داده شده، برروی آن‌ها کاری انجام شده، یا برای هر مدت زمانی ارائه می‌شوند. طول مدت‌زمان گردآوری داده‌ها ممکن است متفاوت باشد، اما برای شناخت رفتار محیط‌ها در پاسخ به شرایط بیرونی در حال تغییر، حداقل سالی یک‌بار، توصیه می‌شود. در هر موقعیتی، هرچه طول مدت گردآوری داده‌ها بیشتر باشد، اطلاعات مفیدتری برای ارزیابی و تصمیم‌گیری راهبردی حاصل شود زیرا گذشت زمان به پیگیری شرایط محیطی و عملکرد ساختمان و سامانه مکانیکی کمک می‌کند.

در هر مکانی که سامانه‌های پایش خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید توانایی نمایش بدون تأخیر هرگونه شرایط غیرعادی به وسیله آژیر یا سامانه مشابه، وجود داشته باشد. سامانه‌های پیشرفته و رایانه‌ای نظارت بر داده‌ها را می‌توان نصب کرد که می‌توانند با برنامه‌ریزی نگهداری پیشگیرانه و امکان ثبت شرایط، به این کار کمک کنند. به محل قرارگیری حسگرها هم باید توجه داشت و از اینکه داده‌ها نشان‌دهنده شرایط کل اتاق هستند، اطمینان حاصل شود. برای مثال، اکتفا به اطلاعات یک حسگر در مجرای هوای برگشتی، کار عاقلانه‌ای نیست.

مرحله تحلیل، به معنی فرایند بررسی داده‌های موجود برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های حفاظت و نگهداری براساس شرایط دما، رطوبت نسبی، نور، آلودگی یا سایر عوامل مرتبط است. این تحلیل ممکن است به سادگی مقایسه داده‌های ثبت‌شده با محدوده‌های شرایط موردنظر باشد، یا ممکن است شامل تحلیل دقیق‌تر از طریق استفاده از ابزارها/معیارهای مختلف باشد (به بند ۱۵ مراجعه شود). یکی دیگر از جنبه‌های مهم مرحله تحلیل که فراتر از شناسایی است، مقایسه و اولویت‌بندی سطوح ریسک ناشی از تهدیدهای مختلف برای کاهش ریسک (کاهش رطوبت نسبی برای کاهش ریسک ناشی از کپک، کاهش دما برای کاهش سرعت پوسیدگی شیمیایی) است. علاوه بر این، وقتی تحلیل داده‌ها توسط گروه مدیریت محیطی انجام می‌شود، ممکن است به شناسایی فرصت‌هایی برای بهره‌برداری پایدارتر از محیط‌های عملیات حفاظت و نگهداری مانند مواردی از گرمای بیش از حد یا رطوبت فضاها، کمک کند. وقتی گروه، کار تحلیل را انجام می‌دهد، ریسک‌ها و فرصت‌های شناسایی‌شده، خواه برای حفاظت و نگهداری مجموعه‌ها و خواه برای صرفه‌جویی در انرژی، باید مستند شوند. پس از مستندسازی، بهتر است گروه، اولویت رسیدگی به ریسک‌ها یا فرصت‌ها را تعیین کند.

آزمایش و پیاده‌سازی شرایط محیطی جدید و یا تنظیمات عملیاتی ساختمان یا سامانه مکانیکی به گروه اجازه می‌دهد تا راهبردهای جدیدی را آزمایش و شناسایی کند که هم برای حفاظت و نگهداری و هم برای صرفه‌جویی در انرژی، بدون تأثیر منفی بر روی کیفیت حفاظت و نگهداری، یا هر دو، مفید باشند. تغییرات پیشنهادی در مدیریت و رویکرد، باید به‌طور معمول برای مدت دو تا چهار هفته مورد آزمایش قرار گیرند و در صورت لزوم در چندین فصل اجرا شوند. گروه باید در طول مدت آزمایش به گردآوری داده‌های مربوط به فضای تحت تأثیر ادامه داده و سپس داده‌ها را تحلیل کند تا ارزیابی شود آیا این تعدیل به‌طور موفقیت‌آمیز،

ریسک یا فرصت مستندشده را در نظر داشته، تأثیر نهایی بر محیط حفاظت و نگهداری چه بوده است، و آیا راهبرد آزمایش شده به عنوان بخشی از عملیات عادی ساختمان/سامانه/محیط، باقی خواهد ماند.

هنگامی که گروه، راهبردهای بهینه‌سازی عملکرد محیط حفاظت و نگهداری را آزمایش و تأیید کرد، این فرایند وارد مرحله ارزیابی و نگهداری می‌شود. همان‌طور که گردآوری داده‌ها در فضا ادامه می‌یابد، گروه می‌تواند از داده‌های محیطی، همراه با هر ابزار یا معیار دیگری، برای ارزیابی و اندازه‌گیری تأثیر تغییرات بر روی کیفیت کلی نگهداری فضا، یا برای اندازه‌گیری تأثیر هرگونه سنج بهینه‌سازی انرژی بر اهداف پایداری یا مصرف انرژی، استفاده کند. این کمیت‌سنجی، برای بررسی عملکرد راهبردها در مقایسه با وضعیت موردانتظار بوده، و همچنین به عنوان یک ابزار ارتباطی ارزشمند برای مدیریت سازمانی با سایر همکاران عمل می‌کند. توصیه می‌شود، ارزیابی پیوسته و مداوم شامل بررسی‌های دوره‌ای داده‌ها، راهبردها و رهنمون‌های عملیاتی باشد تا اطمینان حاصل شود که محیط مجموعه‌ها، ساختمان و سامانه‌های مکانیکی هنوز به همان شکلی عمل می‌کند که توسط گروه تعریف شده بود. وقتی تغییر یا ناهنجاری‌هایی شناسایی می‌شوند، گروه می‌تواند مراحل فرایند بهینه‌سازی را در صورت نیاز برای پیشنهاد و شناسایی اصلاحات مناسب در محیط مجموعه‌ها تکرار کند. وقتی گروه به مرحله حفظ فرایند نزدیک می‌شود، می‌تواند با هدف ادغام فرایند بهینه‌سازی با روش‌ها و گردش کار معمول سازمانی، به توسعه روش‌های خاص و مناسب آن مؤسسه برای فرایند در حال انجام پردازد.

بخش عمده این فرایند به طور خاص در مرجع [91] مشخص شده است.

۶ دما

ویژگی‌های محیطی باید شامل پارامترهایی برای دما باشد تا با توجه به مواد و ساختار فقره‌های موجود در مجموعه و حساسیت آن‌ها به دما و تغییرات دما، طول عمر موردانتظار آن‌ها تحقق یابد. این پارامترها باید شامل موارد زیر باشند:

الف- بالاترین حد مجاز برای دما؛

ب- پایین‌ترین حد مجاز برای دما؛

پ- میزان تغییرات مجاز دما؛

ت- نوسانات مجاز دما، شامل مقیاس زمانی (روزانه، هفتگی و فصلی)؛

ث- ویژگی‌های هدف یا گستره هدف.

یادآوری ۱- نقاط تنظیم دما بستگی به پارامترهای مشخص‌شده واپایش نقطه شبنم در فضا و رطوبت نسبی دارد. به بند ۱۳ مراجعه شود.

یادآوری ۲- موارد پ و ت موضوع پژوهش بوده و یافته‌ها نشان می‌دهند که میزان تغییرات و نوسانات برای مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای از آنچه که در استانداردهای قبلی ذکر شده است، اهمیت کمتری دارد [130].

شدت بسیاری از سازوکارهای زوال (شیمیایی، زیستی و فیزیکی) به دلیل افزایش دما شدت می‌یابد. تغییرات دما در فضای نگهداری مجموعه هم می‌تواند باعث زوال شود. با توجه به وابستگی‌های مختلف این سازوکارها به دما و تأثیرات متفاوتی که بر روی مجموعه‌ها می‌گذارد، گستره جهانی دما و نوسان‌های مجاز آن (برای همه شرایط و اقلیم‌ها) نمی‌توان مشخص کرد.

تلاش‌ها برای ایجاد منطقه ایمن جهانی برای همه مجموعه‌ها، مطابق با همان شرایطی که برای مجموعه‌های حساس مورد نیاز است، می‌تواند منجر به بروز شرایط زیان‌آوری برای مجموعه‌های دیگر و همچنین موجب افزایش استفاده از انرژی شود. در مواردی که تعداد کمی از فقره‌های حساس در کنار فقره‌های نسبتاً حساس نگهداری می‌شود، قرارگیری آن‌ها در یخچال، فریزر و یا مکان‌های سرد، مناسب‌تر و مقرون به صرفه‌تر است.

با افزایش دما، سرعت واکنش‌های شیمیایی به شدت افزایش می‌یابد. مواد مختلف به تغییرات دمایی حساسیت متفاوتی دارند (به پیوست الف مراجعه شود)، اما یک تقریب عملی برای مواد آلی این است که با افزایش هر 5°C ، سرعت واکنش آن‌ها دو برابر می‌شود. دقت شود، هر چند کاهش دما یا رطوبت نسبی به صورت جداگانه میزان زوال مواد را کاهش می‌دهد، کاهش هر دو با هم، تأثیر چشمگیرتری خواهد داشت.

یکی از رویکردهای ساده محیطی برای بسیاری از مجموعه‌ها، خنک نگه داشتن دما به میزان ممکن به همراه رطوبت نسبی متوسط ۳۰٪ تا ۵۵٪ است. با این حال، میزان ریسک برای مواد خاص می‌تواند به طور قابل توجهی متفاوت باشد.

طول عمر مورد انتظار برای بسیاری از مواد موجود در مجموعه‌هایی که در دمای اتاق (25°C) نگهداری می‌شوند قرن‌ها می‌باشد، اما طول عمر مورد انتظار برخی از پلاستیک‌ها مانند استات سلولز و کاغذ اسیدی، در دمای 25°C فقط چند دهه است. برخی از مواد آلی در دمای 20°C می‌توانند طول عمر مورد انتظار و قابل قبولی داشته باشند ولی اگر آن‌ها در دمای 25°C نگهداری شوند، طول عمر مفید آن‌ها به نصف و در دمای 30°C به یک چهارم کاهش می‌یابد.

جدا از این سازوکارهای آهسته و مداوم، برخی از مواد به طور مستقیم تحت تأثیر دمای بالا یا پایین قرار می‌گیرند. برای مثال، در صورتی که دمای سطح برخی از مواد به بیش از 30°C برسد، می‌تواند موجب اعوجاج شکلی دائمی، تغییر براقیت و یا ذوب شود.

یادآوری ۳- موادی مانند پلی اتیلن و موم زنبور با دمای انتقال شیشه ای (T_g) نزدیک یا کمتر از دمای اتاق، می‌توانند در دمای اتاق نرم شوند. اگر دما برای مدت زمان طولانی بیش از 30°C باشد، ممکن است وادادگی و جریان آرام اتفاق افتاده و منجر به تغییر دائمی این مواد شود. همچنین میزان جذب چرکی و آلودگی این مواد در حضور آلاینده‌های هوا بر د^۱ افزایش می‌یابد.

به‌همین ترتیب، دماهای بسیار پایین در کاهش تخریب^۱ شیمیایی بسیار مؤثر است و باید در مورد بعضی از انواع مواد بسیار حساس، رعایت شود.

یادآوری ۴- بعضی از مواد در صورتی که در دمای پایین تر از Tg خود قرار گیرند، شکننده می‌شوند و در نتیجه ریسک آسیب‌های فیزیکی دیگر ناشی از حرکت یا شوک نیز افزایش می‌یابد (برای مثال: فیلم‌های عکاسی، چرم زوال‌یافته).

البته بسیاری از مواد به دمای بالا یا پایین نسبتاً مقاوم هستند؛ تغییرات دما با تغییرات رطوبت نسبی پیوند دارد مگر اینکه محیط به‌طور فعال واپایش شود. تغییرات رطوبت نسبی در مقایسه با تغییرات دما، به مواد آسیب بیشتری می‌زند (به بند ۷ مراجعه شود). یک تخمین مفید این است که رطوبت نسبی با هر درجه سلسیوس (°C) کاهش دما، ۳٪ افزایش یابد و برعکس.

علاوه بر اثرات دمای بالا یا پایین، بعضی از مواد ممکن است با تغییرات ناگهانی دما آسیب ببینند. برای مثال، اگر دمای سطح یک فقره در یک بازه کوتاه‌تر از زمان پاسخ دمایی^۲ آن تغییر یابد، یک گرادیان دمای داخلی ایجاد شده و موجب تنش داخلی می‌شود. زمان پاسخ دمایی فقره‌ها با توجه به ضخامت و نوع مواد تشکیل‌دهنده آن، از چند دقیقه تا چند ساعت متغیر است. برای مثال، اگر نور مستقیم خورشید بر روی یک شیء یا یک نمایشگر تابیده شود، یا وقتی صفحه نمایش روشن یا خاموش می‌شود، تغییرات ناگهانی دما می‌تواند رخ دهد. در عوض، دوره تنظیم باید در طول یک دوره چندین برابر بیش از کمترین زمان پاسخ فقره‌ها باشد. عملیات واپایش گرمایشی و خنک‌کننده باید بررسی شود تا از عدم بروز نوسانات شدید و سریع دما اطمینان حاصل شود.

یادآوری ۵- بازنمایی تصویری از ریسک نسبی آسیب و زوال ناشی از دما، همراه با میزان انرژی موردنیاز برای حفظ دمای موردنظر، در پیوست ب ارائه شده است.

یادآوری ۶- برای انتخاب مواد معرف موجود در مجموعه‌ها، راهنمایی دقیق‌تر در مورد آسیب و زوال مواد و ریسک‌های مرتبط با دما و رطوبت نسبی در پیوست پ ارائه شده است.

یادآوری ۷- دما و رطوبت موردنیاز برای محدود کردن آسیب مکانیکی ناشی از آب و هوا در مواد آلی نم‌گیر (جاذب رطوبت)^۳ در استاندارد EN 15757 [18] ارائه شده است.

۷ رطوبت نسبی

مشخصات محیطی باید شامل پارامترهای مربوط به رطوبت نسبی باشد تا طول عمر موردانتظار برای مجموعه‌ها با در نظر داشتن مواد و ساختار فقره‌های موجود در مجموعه، حساسیت آن‌ها به رطوبت نسبی و تغییرات رطوبت نسبی، فراهم آید. این پارامترها باید شامل موارد زیر باشند:

الف - بالاترین سطح مجاز برای رطوبت نسبی؛

1- Degradation

2- Thermal response time

3- Hygroscopic

ب- پایین‌ترین سطح مجاز برای رطوبت نسبی؛

پ- شدت تغییرات مجاز برای رطوبت نسبی؛

ت- نوسانات مجاز رطوبت نسبی، شامل مقیاس زمانی (روزانه، هفتگی، فصلی)؛

ث- ویژگی‌های هدف یا گستره هدف.

یادآوری ۱- دقت شود که پارامترهای رطوبت نسبی به واپایش نقطه شبنم در فضا و نقاط تنظیم دمای مشخص شده بستگی دارند. به بند ۱۳ مراجعه شود.

یادآوری ۲- موارد پ و ت، موضوع پژوهش بوده و یافته‌ها نشان می‌دهند که میزان تغییرات و نوسانات برای مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای، نسبت به استانداردهای قبلی از اهمیت کمتری برخوردار است [130].

رطوبت نسبی بر بسیاری از سازوکارهای زوال شیمیایی، زیستی و فیزیکی تأثیر می‌گذارد. تغییرات در میزان رطوبت نسبی نیز می‌تواند، موجبات زوال را فراهم آورد. با توجه به وابستگی‌های مختلف این سازوکارها به دما و تأثیرات متفاوتی که بر روی مجموعه‌ها می‌گذارد، گستره جهانی دما و نوسان‌های مجاز آن (برای همه شرایط و اقلیم‌ها) نمی‌توان مشخص کرد. فراهم‌آوری شرایط موردنیاز برای فقره‌های حساس در مجموعه‌ها و تلاش برای ایجاد منطقه ایمن جهانی برای همه فقره‌های مجموعه‌ها، می‌تواند منجر به بروز شرایط زیان‌آور برای سایر مجموعه‌ها و همچنین موجب افزایش غیرقابل‌توجیه مصرف انرژی شود. وقتی فقط تعداد اندکی از فقره‌های حساس در کنار فقره‌های با حساسیت کمتر، نگهداری می‌شوند، بسته‌بندی آن‌ها به صورت جداگانه یا با هم در یک محیط کوچک با رطوبت نسبی واپایش شده، بسیار ساده‌تر و ارزان‌تر است یا در صورتی که تعداد بیشتری موردنظر باشد، می‌توان از آن‌ها در یک محیط کوچک یا مخزن جداگانه با اقلیم واپایش شده نگهداری کرد.

مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای حاوی مواد آلی نم‌گیر هستند که در صورت بالا بودن رطوبت نسبی، بخار آب را جذب کرده و زمانی که رطوبت نسبی کاهش می‌یابد، آن را از دست می‌دهند. این تغییرات در میزان رطوبت با تغییرات ابعاد همراه است که خود باعث آسیب فیزیکی به فقره‌ها می‌شود (برای مثال: شکاف برداشتن، چروک شدن و از بین رفتن رنگدانه‌های سطوح). مواد معدنی معمولاً نم‌گیر نبوده و از نظر ابعاد، پایدار هستند اما برخی از آن‌ها (برای مثال: فلزات و گونه‌های خاص شیشه) ممکن است در شرایط بالای رطوبت نسبی، دچار خوردگی شوند.

مواد آلی نم‌گیر شامل چوب، کاغذ، اکثر الیاف طبیعی منسوجات، پارشمنت، چرم، چسب حیوانی، ژلاتین و اکثر مواد عکاسی و نقاشی هستند. این مواد با تغییر در مشخصات ابعادی و فیزیکی، به تغییرات رطوبت نسبی واکنش نشان می‌دهند. بالاترین حد مجاز در چنین مواردی، به میزان رطوبت نسبی که در آن فقره به حالت تعادل رسیده است، بستگی دارد. برای مثال: برای شیء‌ای که با رطوبت نسبی ۲۰٪ به تعادل رسیده است، افزایش رطوبت نسبی تا ۵۰٪، می‌تواند آسیب‌رسان باشد؛ ولی شیء‌ای که با رطوبت نسبی ۵۰٪ به حالت تعادل رسیده است، میزان ۵۵٪ برای آن قابل‌قبول خواهد بود.

زمان واکنش یک فقره به تغییرات رطوبت نسبی، به مواد آن بستگی دارد، اما مواردی همچون ضخامت، تراوایی (نفوذپذیری) و قرارگیری در معرض سطح، زمان واکنش را تغییر می‌دهند. ورقه‌های نازک مواد آلی (تا ضخامت ۱ mm) که به صورت کامل در معرض هوا قرار دارند، در عرض چند دقیقه واکنش نشان می‌دهند. در حالی که زمان واکنش اشیاء چوبی بدون روکش (با ضخامت ۱ cm و بیشتر) یا بسته‌های متراکم کاغذ چند روز و برای چوب روکش دار یا چوب فشرده و بزرگ، هفته‌ها یا ماه‌ها است.

انبارش فقره‌ها در محفظه‌ها ممکن است زمان واکنش را آهسته‌تر کند که به تراوایی هوا و ظرفیت حائلی^۱ محفظه بستگی دارد.

اگرچه مواد نم‌گیر، بسته به اندازه محفظه و مقدار مواد، دارای نقش حائل در محیط خود هستند، ولی مواد حساسی نظیر فلزات هیچ‌گاه نباید در یک محفظه غیرقابل نفوذ، بدون وجود حائل و واپایش رطوبت نسبی، محصور شوند.

رطوبت نسبی باعث تسریع شکل‌های گوناگون زوال شیمیایی، به‌ویژه آب‌کافت، همچنین اکسایش و تخریب ناشی از آلاینده‌ها می‌شود. برای کاهش میزان تخریب شیمیایی میزان رطوبت نسبی باید پایین نگه داشته شود، ولی نباید میزان آن را از ۳۰٪ پایین‌تر آورد، مگر اینکه این مقدار به عنوان رطوبت نسبی قابل قبول، تعیین شده باشد. در مورد برخی از مواد، رطوبت نسبی پایین‌تر مفید بوده و در صورتی که ریسک آسیب فیزیکی وجود نداشته باشد، مجاز است. در صورتی که این فقره‌ها در محیطی با رطوبت نسبی پایین به تعادل رسیده‌اند، هنگام انتقال آن‌ها به محیطی با رطوبت نسبی بالاتر، سازگارسازی (مشروط‌سازی)^۲ ضرورت دارد؛ عکس این حالت نیز مصداق دارد.

در محیط‌های با رطوبت نسبی ۷۵٪ و بالاتر، تغییر ابعادی به‌ازای هر ۵٪ افزایش رطوبت نسبی به صورت نمایی افزایش می‌یابد. به یادآوری^۲، پیوست پ مراجعه شود.

در پیوست پ، بازنمایی تصویری از ریسک نسبی آسیب و زوال در اثر رطوبت نسبی، به همراه انرژی نسبی مورد نیاز برای حفظ یک دمای خاص نشان داده شده است. توجه داشته باشید، هر چند کاهش رطوبت نسبی یا دما به تنهایی موجب کاهش سرعت زوال مواد می‌شود، کاهش هم‌زمان آن دو، اثرات به مراتب چشمگیرتری بر جای می‌گذارد.

راهنمای دقیق‌تری در مورد ریسک آسیب و زوال مواد، ناشی از دما و رطوبت نسبی، برای انتخاب مواد معرف یافت شده در مجموعه‌ها، در پیوست ت ارائه شده است. الزامات دما و رطوبت نسبی برای محدود کردن آسیب فیزیکی ناشی از آب و هوا، در مواد آلی نم‌گیر، در استاندارد EN 15757 [18] ارائه شده است.

علاوه بر زوال شیمیایی ناشی از آب‌کافت و اکسایش و آسیب‌های فیزیکی ناشی از انبساط و انقباض، مواد آلی در معرض آسیب‌های ناشی از کپک و باکتری هستند. رویش کپک و میزان رشد آن‌ها به رطوبت نسبی، دما،

1 - Buffering

2 - Acclimatization

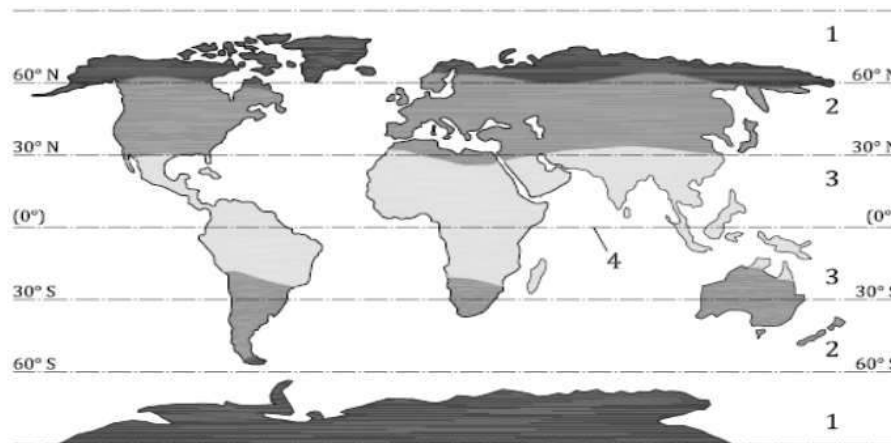
حرکت هوا، زمان، گونه‌های کپک و کیفیت مواد مغذی رشدمایه^۱ آلی، بستگی دارد. رطوبت نسبی ۶۵٪ (در دمای ۲۰°C) محدوده احتیاطی و پیشگیرانه است، البته در دماهای پایین‌تر، رشد کپک زمان بیشتری به طول می‌انجامد.

یادآوری ۳- برای تخمین زمان موردنیاز برای رشد قابل‌مشاهده کپک در شرایط رطوبت نسبی بالاتر، به منابع [35]، [141] و [199] مراجعه شود.

در حضور کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها (نظیر ژلاتین و چسب حیوانی) و برخی از موم‌ها و پلیمرهای مصنوعی، نظیر پلی‌وینیل استات، احتمال رشد کپک بیشتر است. برای مثال، کپک بر روی کاغذ و منسوجات کثیف یا آهارخورده و هریک از فقره‌های آلوده به گرد و خاک موجود در مجموعه‌ها، یافت می‌شوند.

۸ شرایط اقلیمی و پیامدهای آن برای مجموعه‌ها

۸-۱ کلیات



شکل ۱ - نقشه اقلیمی جهان

نقاط مختلف اقلیمی (آب‌وهوایی) جهان را می‌توان به روش‌های مختلفی از جمله روش طبقه‌بندی کوپن-گایگر طبقه‌بندی کرد. اما برای سادگی، می‌توان آن‌ها را به چهار دسته تقسیم کرد: نواحی سرد و خشک، نواحی سرد و مرطوب، نواحی گرم و خشک و نواحی گرم و مرطوب.

این تقسیم‌بندی، ساده‌ترین نوع بوده ولی برای رسیدن به اهداف این استاندارد کافی است. اقلیم محلی از فاکتورهایی نظیر نزدیکی به مخازن بزرگ آبی (دریاچه‌ها و دریاها) و ارتفاع از سطح دریا، تأثیر بسیار زیادی می‌پذیرد. تأثیرات تغییر اقلیم هنوز کاملاً مشخص نیست، ولی می‌توان پیش‌بینی کرد که به‌شکل مکرر رخ خواهند داد و بیشینه‌های دما افزایش خواهند یافت. این عوامل باید در طی طرح‌ریزی حفاظتی موردتوجه قرار گیرند. در مناطق مختلف، ریسک‌های مربوط به مجموعه‌ها، متفاوت است؛ از این‌رو، لازم است واکنش انسانی هم نسبت به آن‌ها متفاوت باشد. در تمامی موارد، هدف طراحی ساختمان، تثبیت شرایط اقلیم

داخلی، با جداسازی آن از تغییرات اقلیم بیرون، تا حد امکان است. به صورت سنتی، برای تحقق این امر از حجیم سازی سازه ها بهره گرفته می شود که بسیار پرهزینه است؛ البته عایق بندی با استفاده از مصالح سبک می تواند به همان اندازه مؤثر بوده و مقرون به صرفه تر باشد. در مناطق اقلیمی معتدل از نظر دما، ممکن است شرایط داخلی در بیشتر سال قابل قبول بوده و فقط در اوج فصل های زمستان یا تابستان، استفاده از سامانه تهویه مکانیکی مورد نیاز باشد.

الف - مناطق سرد و خشک (میانگین دمای زمستان کمتر از 4°C ، میانگین رطوبت نسبی کمتر از ۴۰٪)

مثال:

بخش های شمالی آمریکای شمالی، آسیای مرکزی.

در اصل، دما و رطوبت نسبی پایین برای حفاظت اغلب مواد، مطلوب و مناسب است. در دما و رطوبت نسبی پایین، سرعت واکنش های شیمیایی برای مثال: خوردگی و آب کافت) کاهش یافته و عوامل زیستی (برای مثال: حشرات و قارچ ها) مهار می شوند. محوطه های انبارش بدون حضور و یا حضور اندک افراد، نیازی به سامانه گرمایشی یا رطوبت ساز، ندارند.

معمولاً استفاده از وسایل گرمایشی در زمستان، برای آسایش انسان مورد نیاز است که منجر به کاهش رطوبت نسبی محیط و بروز رطوبت نسبی پایین و خطرناک برای مواد آلی نم گیر می شود. بنابراین محوطه هایی که مجموعه ها در آن ها مورد استفاده قرار می گیرند (برای مثال: نمایشگاه ها، اتاق های مطالعه) نیازمند تأمین رطوبت هستند که بیانگر نیاز به صرف هزینه فراوان برای تأمین تجهیزات و انرژی لازم برای عملکرد آن ها است. این کار همچنین دارای پیامدهایی در رابطه با طراحی ساختمان است؛ بخار آب به طرف خارج ساختمان نفوذ می کند و در صورت نبود عایق مؤثر برای بخار آب، معیان و یا حتی انجماد آب در دیواره های بیرونی اتفاق افتاده و ممکن است باعث آسیب شدید ساختاری شود. از طرف دیگر، فقره ها به هنگام انتقال از مخازن فاقد سامانه گرمایشی به مناطق گرم و مرطوب، نیازمند سازگارسازی (مشرط سازی) با محیط هستند و این کار هنگام بازگرداندن آن ها به مخزن نیز مصداق دارد.

ب - مناطق سرد و مرطوب (میانگین دمایی کمتر از 4°C ، میانگین رطوبت نسبی بالاتر از ۶۰ درصد)

مثال:

اروپای شمالی و مرکزی و بخش های وسیعی از آمریکای شمالی.

بزرگترین مخاطره در این نواحی اقلیمی، رشد کپک است.

در این اقلیم، برای آسایش انسان در زمستان، وسایل گرمایشی مورد نیاز خواهد بود و رطوبت نسبی در مناطق گرم شده، خیلی کم خواهد شد، مگر اینکه از رطوبت ساز استفاده شود. محوطه های انبارش بدون گرمایش، بسیار مرطوب خواهند شد: از این رو این محوطه ها نیز نیازمند رطوبت زدایی و یا وسیله گرمایشی مجهز به تثبیت کننده رطوبت هستند (گرمایش حفاظتی) تا برای کاهش ریسک خوردگی فلزات یا

کپک‌زدگی مواد آلی، رطوبت نسبی در سطح قابل‌قبولی، ثابت باقی بماند. در هر دو حالت، سرمایه و هزینه‌های انرژی در نظر گرفته خواهد شد.

پ- مناطق گرم و خشک (میانگین دمای سالیانه بیش از 18°C ، میانگین رطوبت‌نسبی کمتر از ۴۰٪)

مثال:

شمال آفریقا، بخش‌های زیادی از خاورمیانه و بخش وسیعی از استرالیا.

طراحی ساختمان برای بهره‌برداری از شیوه‌های غیرفعال از قبیل: جداسازی محوطه‌های انبارش از اقلیم بیرون، بادهای خنک‌کننده، سایه طبیعی، سازه‌های حجیم و عایق‌بندی مؤثر، ممکن است نیاز به استفاده از سامانه‌های خنک‌کننده مکانیکی را کاهش داده یا حذف کند. هر چند دمای بالا شدت زوال مواد را بالا می‌برد، اما پایین‌بودن رطوبت نسبی با آن مقابله خواهد کرد. در صورت خنک‌سازی محوطه‌های نگهداری مجموعه‌ها با استفاده از سامانه‌های مکانیکی، ممکن است رطوبت‌زدایی نیز موردنیاز باشد که باز هم مستلزم صرف سرمایه و هزینه‌های بیشتری از انرژی خواهد شد. ممکن است برای تأمین آسایش افراد، استفاده از سامانه خنک‌کننده مکانیکی و در صورت امکان رطوبت‌زا، موردنیاز باشد.

ت- مناطق گرم و مرطوب (میانگین دمای سالانه بیش از 18°C و میانگین رطوبت نسبی بیش از ۶۰٪)

مثال:

جزایر کارائیب، آسیای جنوب‌شرقی و آمازون.

ترکیب دما و رطوبت نسبی بالا، موجب افزایش شدت زوال اغلب مواد می‌شود. طراحی ساختمان برای بهره‌برداری از شیوه‌های غیرفعال از قبیل: جداسازی محوطه‌های انبارش از آب‌وهوای بیرون، بادهای خنک‌کننده، سایه طبیعی، سازه‌های حجیم و عایق‌بندی مؤثر، ممکن است نیاز به استفاده از سامانه‌های خنک‌کننده مکانیکی را کاهش داده یا حذف کند. حفاظت از مجموعه‌ها ممکن است به نوعی از خنک‌کننده‌های مکانیکی یا رطوبت‌زدا نیاز داشته باشد. در این مناطق، ریسک خوردگی فلزات و رشد کپک بر روی اجسام آلی وجود خواهد داشت که ممکن است با به‌کارگیری تهویه طبیعی برای حذف رکود هوا در برخی از مناطق، کاهش یابد. ممکن است برای تأمین آسایش افراد، استفاده از سامانه خنک‌کننده مکانیکی و در صورت امکان رطوبت‌زدا، موردنیاز باشد.

۸-۲ شرایط اقلیمی فصلی

خارج از نواحی گرمسیری، که دما و رطوبت نسبی در طول سال نسبتاً یکنواخت است، تغییرات اقلیم، فصلی است، به‌طوری‌که یک فصل گرم، یک فصل خشک و غیره وجود خواهد داشت. این تغییرات طبیعی به این معنی است که شرایط بیرونی، در بعضی از اوقات سال، برای حفاظت و نگهداری از مجموعه‌ها مناسب‌تر است و بنابراین ممکن است اصلاح مصرف انرژی^۱ برای تعدیل آب و هوای درونی، ضرورت کمتری داشته باشد.

1- Energy-consuming modification

۹ حشرات و سایر آفات

حشرات و سایر آفات می‌توانند خسارت‌های بزرگی را در مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای ایجاد کنند. در صورت عدم کشف، آلودگی با آفات (برای مثال: ماهی‌نقره‌ای^۱، یا موریه) می‌تواند آسیب قابل‌توجهی به مجموعه‌ها وارد کنند. از طرفی درمان‌های شیمیایی مجموعه‌ها، برای واپایش آلودگی، نیز می‌تواند بسیار زیان‌آور باشد. مهم‌ترین هدف باید اجتناب، مسدودکردن راه ورود یا واپایش حشرات و سایر آفات از نقطه ورود آن‌ها، از قبیل سطوح کف ساختمان، دیوارها، سقف و هرگونه منفذ به بیرون باشد. شیوه‌های مناسب مدیریت مجموعه و برنامه مدیریت یکپارچه آفات (IPM)^۲ در واپایش و پایش حشرات و سایر آفات، اهمیت زیادی دارند. به استاندارد EN 16790 [19] مراجعه شود.

اول، درک این مسئله که حشرات و سایر آفات بخشی از بوم‌سازگان محیط قرارگیری مؤسسه هستند، دارای اهمیت شایانی است. کشور، منطقه و مکان (برای مثال: مجاورت با آب، احاطه‌شده توسط جنگل و غیره) که بخشی از بوم‌سازگان اطراف هستند، آسیب‌پذیری مجموعه‌ها را نسبت به حشرات خاص و سایر آفات تعیین می‌کند. تغییرات اقلیمی و جابه‌جایی اشیاء، از عواملی هستند که باعث می‌شود حشرات و سایر آفات در خارج از منطقه موردانتظار مشاهده شوند. بنابراین پایش و شناسایی آفات موجود، برای آرشیوها و کتابخانه‌ها اهمیت دارد.

دوم، ساخت‌وساز و نگهداری از ساختمان و شناسایی نقاط ورودی به ساختار (از قبیل درز درها یا چارچوب پنجره‌ها، سوراخ‌های ایجادشده برای سیم‌های برق و تلفن، شکاف‌های سقف یا دیوار، مجرای گردش هوا و غیره) را بررسی کنید. بازرسی منظم ساختمان از نظر شکستگی^۳ مواد و عوامل تنش‌زای طبیعی مانند طوفان که می‌توانند باعث ایجاد سوراخ‌های جدید شوند، ضروری است.

سوم، مدیریت محیطی بر میزان اثربخشی برنامه مدیریت جامع مبارزه با آفات، تأثیر می‌گذارد. بازرسی‌های محیطی می‌تواند از زندگی و تکثیر آفات در یک فضا و جابه‌جایی آن‌ها به فضاهای دیگر جلوگیری کند. عوامل محیطی قابل‌واپایش، شامل: نظافت، دما، رطوبت نسبی، تهویه و روشنایی است. توصیه می‌شود، واپایش‌های محیطی برای حفظ محیطی که برای حشرات و سایر آفات نامناسب است، هدف‌گذاری شوند. برای مثال، برخی از حشرات رطوبت بالاتری را ترجیح می‌دهند (مانند ماهی‌نقره‌ای) و بعضی از حشرات در مکان دارای گردش هوا، لانه نمی‌کنند. پالایش (فیلتراسیون) مناسب هوای در گردش می‌تواند به از بین بردن ذرات مورد استفاده به‌عنوان غذا و زیستگاه حشرات، کمک کند.

1- Silverfish
2- Integrated Pest Management
3- Break down

۱۰ آلودگی

بالابودن سطوح آلودگی هوا، به‌ویژه اگر اشیاء، مدت زمان زیادی را در معرض آلاینده‌های مختلف قرار داشته باشند، ممکن است موجب تسریع فرایند تخریب منابع آرشیوی و کتابخانه‌ای شود. داده‌های منتشرشده محلی درخصوص غلظت آلاینده‌های موجود در فضای بیرونی باید بررسی شوند تا از این طریق نیاز به پایش میزان آلاینده‌ها در فضای داخل تعیین شود.

آلاینده‌های ذره‌ای (گردوغبار)، ذرات جامد یا مایع بسیار ریز (با قطر بسیار کوچک) موجود در هوا هستند که می‌توانند در هر ساختمانی نفوذ کنند. ذراتی که منشاء شکل‌گیری آن‌ها از منابع طبیعی، از قبیل: فوران آتشفشان، آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع، پاشش آب دریا و طوفان‌های گرد و خاک است، معمولاً درشت هستند (ذراتی با قطر هواپویش^۱ بیش از ۲/۵ میکرومتر). منابع انسان‌ساخت نظیر دود حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی در وسایل نقلیه، آتش‌سوزی مزارع کشاورزی و فرایندهای مختلف صنعتی، مقادیر قابل‌توجهی ذرات ریز تولید می‌کنند (قطر هواپویش کمتر از ۲/۵ میکرومتر). همچنین ذرات می‌توانند در داخل ساختمان نیز تولید شوند (باقی‌مانده‌های مصالح ساختمانی، زوال مواد، منابع زیستی یا فعالیت انسانی). گردوغبار آلی ناشی از منابع زیستی، یک منبع تغذیه‌ای را برای حشرات، کپک‌ها و باکتری‌ها فراهم می‌کند. همچنین می‌تواند حاوی هاگ (اسپور) فعال کپک‌ها باشد. ذرات (گردوغبار) می‌توانند باعث فرسایش مکانیکی سطوح شده و ممکن است به‌صورت ویژه‌ای مواد مغناطیسی و سایر مدارک دیداری-شنیداری، فلز، موم و سایر مواد با سطوح حساس به سایش، را تحت‌تأثیر قرار دهند. گردوغبار ممکن است به سطح موادی که دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) آن‌ها به دمای اتاق نزدیک است، نفوذ کند (برای مثال: مهروموم، فیلم‌های پلی‌اتیلن) که پاک‌کردن آن‌ها غیرممکن است.

رسوب ذرات ممکن است تخریب سلولز و خوردگی فلزات را تسریع کند. رسوب ذرات نم‌گیر، روغنی یا فلزی بر روی سطوح می‌تواند آغازگر یا تسریع‌کننده فرایند زوال بوده، همچنین منجر به تشکیل ترکیبات مضر مانند اسیدها شود [147].

آسیب ناشی از آلاینده‌های گازی هوابرد به مجموعه‌ها، به‌صورت تراکمی و برگشت‌ناپذیر بوده و آثار آن بلافاصله قابل‌مشاهده نیست. آلاینده‌های گازی به‌صورت داخلی و بیرونی تولید می‌شوند. از منابع بیرونی معمول تولید این گازها می‌توان به‌اگزوز خودروها و فرایندهای صنعتی اشاره کرد. در منطقه انبارش منابع آلاینده‌ها طی روند زوال منابع آرشیوی یا محفظه‌ها و جعبه‌های با کیفیت پایین، تولید می‌شوند. مواد مورد‌استفاده در ساخت محفظه‌ها، قاب‌های انبارش و نمایش یا مبلمان باید از لحاظ انتشار آلاینده‌های گازی که منجر به تغییرات برگشت‌ناپذیر در منابع آرشیوی و کتابخانه‌ای می‌شود، موردبررسی قرار گیرند. ممکن است آلاینده‌های آزادشده توسط مواد تخریب‌کننده بر روی مواد مجاور همان محفظه یا منطقه انبارش، تأثیر

بگذارد. فعالیتهایی از قبیل رونوشت برداری، نگهداری عمومی، یا ساخت وسازهای ساختمانی می توانند ازون، فرمالدئید، آمونیاک و سایر آلاینده ها را تولید کنند.

یادآوری - برای کسب اطلاعات در مورد محفظه های بسته بندی و مواد، به استاندارد [3] ISO/TR 19814 مراجعه شود.

آلاینده های گازی مهم، شامل موارد زیر است:

- گوگرد دی اکسید (SO_2): گوگرد دی اکسید می تواند با آب واکنش داده و به سولفوریک اسید (H_2SO_4) و سولفورو اسید (H_2SO_3) آب کافت شود. ممکن است رطوبت نسبی بالا و نور زیاد باعث تحریک و تسریع واکنش گوگرد دی اکسید با کاغذ شود که منجر به زردی و شکنندگی آن می شود. سولفوریک اسید (H_2SO_4) باعث دپلمیریزاسیون ساختار سلولز و تضعیف مواد مجموعه می شود. سولفورو اسید (H_2SO_3) رنگ جوهر را محو می کند. مجموعه های شامل کاغذ، چرم، خز، منسوجات و اکثر فلزات و مواد عکاسی به اسیدهای گوگرد حساس هستند.

- اکسیدهای نیتروژن (NO_x): اکسیدهای نیتروژن ممکن است با آب واکنش داده و به نیترو اسید و نیتریک اسید تبدیل شود. مجموعه های شامل کاغذ، چرم، خز، منسوجات و اکثر فلزات و مواد عکاسی به نیترو اسیدها و نیتریک اسیدها حساس هستند.

- ازون (O_3): ازون یک آلاینده اکسیدکننده بوده و به مواد آلی آسیب می رساند. ازون ممکن است خواص مکانیکی کاغذ و سایر مواد آلی، همچنین مواد سنتزی را تضعیف کند. ازون می تواند باعث محوشدن رزانه ها (رنگینه ها)^۱ و رنگ های آلی شود؛ همچنین ممکن است باعث تسریع واکنش گوگرد دی اکسید برای تشکیل سولفوریک اسید شود.

- ترکیبات احیاکننده سولفور: برخی از مواد در برابر ترکیبات احیاکننده سولفور، حتی در سطوح پایین، حساس هستند؛ مانند هیدروژن سولفید (H_2S) و سولفید کربونیل (COS). هیدروژن سولفید به راحتی با نقره واکنش داده و به صورت نقره سولفید (Ag_2S) سیاه رنگ درمی آید که به نگاتیوهای عکاسی و داگرتیپ ها^۲ نیز آسیب می رساند.

- فرمالدئید: موادی که حاوی رزین های فرمالدئید اوره هستند، مانند رنگ، فرش، جوهر چاپ و محصولات چوبی از قبیل نئوپان و صفحات فیبر با چگالی متوسط (MDF^3)، می توانند منبعی از فرمالدئید باشند که می تواند با فیلم های عکاسی، عکس ها، منسوجات، سرب و شیشه واکنش داده و ساختار مواد را تغییر داده، یا خواص مکانیکی آن ها را تضعیف کند.

- اسیدهای آلی: اسیدهای آلی می توانند به مواد بیشتر مجموعه ها آسیب برسانند. استیک اسید باعث تضعیف خواص فیزیکی کاغذ و سایر ترکیبات آلی و همچنین برخی از مواد سنتزی می شود. استیک اسید آزاد

1- Pigment

2- Daguerreo types

3 - Medium-density fibreboard

معمولاً در طی زوال فیلم‌ها و نوارهای استات، تولید شده و ممکن است منجر به تسریع تجزیه مواد شود. چوب و کاغذ از مهم‌ترین منابع اسیدهای آلی هستند.

- نفتالین، پارا- دی‌کلروبنزن (PDCB) و پنتا کلروفل: نفتالین‌های کروی شکل از اولین ترکیبات مورد استفاده برای محافظت مجموعه‌ها از حشرات و آفات بوده‌اند و از پارا دی‌کلرو بنزن، در محدوده دمای اتاق، برای واپایش آسان قارچ^۱، کپک^۲ و زنگ‌های گیاهی^۳ استفاده می‌شد. نفتالین، پارادی‌کلروبنزن و پنتا کلرو فلن برای سلامتی انسان مضر هستند.

۱۱ نور

نور، با توجه به نوع منبع آن، نزدیکی به مجموعه‌ها، مدت زمان قرارگیری در معرض و آسیب‌پذیری مواد در معرض آن، به بروز تغییرات در بسیاری از مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای منجر می‌شود. قرارگیری در معرض نور ممکن است منجر به تغییرات شیمیایی (برای مثال: محوشدگی جوهرها) یا تغییرات فیزیکی (برای مثال: کاهش مقاومت مکانیکی) شود. درحالی‌که برخی از مواد از حساسیت کمتری نسبت به نور برخوردارند، بیشتر منابع کتابخانه‌ای و آرشیوی به قرارگیری در معرض نور حساس بوده و مواد آلی نسبت به مواد غیرآلی در برابر نور، آسیب‌پذیرتر هستند.

میزان حساسیت به نور ممکن است به راحتی با مراجعه به استاندارد ISO 105-B08 ارزیابی شود. مواد با حساسیت بالا (مطابق با استانداردهای پشمینه آبی^۴ [239] Blue wool #1, #2, #3) ممکن است بعد از چند روز قرارگیری در معرض تابش نور آفتاب، به میزان قابل توجهی دچار رنگ‌پریدگی شوند، درحالی‌که مواد با حساسیت متوسط (مطابق با استانداردهای [239] Blue wool #4, #5, #6) ممکن است بعد از چند هفته دچار رنگ‌پریدگی چشم‌گیری شوند. مواد دارای حساسیت بالا، شامل: کاغذهای خمیر چوبی حاوی لیگنین (مانند روزنامه)، جوهرهای خودکار و ماژیک، عکس‌های رنگی و رنگدانه‌های آبرنگ است. مواد با حساسیت متوسط متشکل از مرکب آهن مازو، کاغذ فاقد لیگنین و پارشمنت است. به استاندارد BSI/PAS 198:2012 جداول F1 و F2 مراجعه شود [46].

توصیه ساده‌ای برای تعریف میزان نور ایمن وجود ندارد. راهبردهای پیشگیرانه‌ای که قرارگیری در معرض نور را مسدود کرده، کاهش داده یا واپایش می‌کنند، شدت نور و مدت زمان قرارگیری در معرض نور را به حداقل میزان لازم رسانده، بهترین محافظت را در برابر آثار زیان‌آور ناشی از نور فراهم می‌کنند. انبارش مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای در جعبه‌ها یا پوشش‌ها، در برابر بسیاری از منابع نور محافظت فراهم می‌کند.

نورپردازی کافی برای مدیریت مجموعه‌ها، شامل ایجاد ایمنی در حمل‌ونقل مجموعه‌ها، لازم است؛ هرچند در صورت عدم حضور کارکنان، به غیر از موارد اضطراری، نیازی به روشنایی وجود ندارد.

1- Moulds
2- Mildew
3- Sublimes

یادآوری ۱- تابش از یک منبع نور عموماً به سه دسته تقسیم می‌شود: فرابنفش (UV) (طول موج کوتاه‌تر از ۴۰۰ nm)، نور مرئی (طول موج بین ۴۰۰ nm تا ۷۶۰ nm) و فروسرخ (IR) (طول موج بلندتر از ۷۶۰ nm).

میزان نور تابش‌یافته بر روی سطح ماده با لوکس^۱ یا کندلا (شمع)^۲ اندازه‌گیری می‌شود. یک لوکس برابر با یک لومن بر هر مترمربع می‌باشد. یک کندلا (شمع) تقریباً برابر با ۱۱ لوکس است. یک فرد جوان برای مشاهده نسبتاً واضح یک شیء به حداقل ۵۰ لوکس نیاز دارد، درحالی‌که یک فرد سالخورده ممکن است به‌طور قابل‌توجهی به نور بیشتری نیاز داشته باشد. مشاهده اشیاء با رنگ تیره یا دارای جزئیات دقیق به روشنایی بیشتری نیاز دارد. به مرجع [146] مراجعه شود.

تمامی طول‌موج‌های نور، از جمله طول‌موج‌هایی که در دامنه مرئی طیف قرار دارند، می‌توانند سبب ایجاد آسیب در مواد حساس شوند. توصیه می‌شود، مجموع مقادیر قرارگیری در معرض نور اندازه‌گیری و واپایش شود، با این حال، جلوگیری از تابش پرتو فرابنفش دارای اهمیت بیشتری است.

بخش فرابنفش طیف نور، انرژی بیشتری را نسبت به بخش مرئی یا فروسرخ انتقال داده و می‌تواند آسیب بیشتری به مجموعه‌ها وارد کند. برای حفاظت از منابع در مکان‌هایی که مجموعه‌ها در معرض نمایش گذاشته شده، از آن‌ها استفاده شده و یا انبارش می‌شوند، از فیلم‌های پالایند (فیلترکننده) پرتو فرابنفش منابع نور طبیعی یا روشنایی استفاده می‌شود.

یادآوری ۲- با افزایش طول موج تابش، انرژی آن کاهش یافته، همچنین میزان آسیب‌های نورشیمیایی^۳ حاصل از آن نیز کمتر می‌شود. علی‌رغم اینکه به‌طور معمول بخش IR تهدید کمتری نسبت به پرتو اشعه فرابنفش دارد، طول موج در این بخش از طیف، باعث افزایش دما می‌شود.

از منظر مدیریت زیست‌محیطی گرمای تابشی دارای اهمیت است. گرمای تابشی باعث افزایش گرمای محیط شده و در صورت عدم واپایش آن، موجب افزایش دما می‌شود. دمای افزایش‌یافته، به‌ویژه در یک فضای بسته، مانند محفظه نمایشگاهی، می‌تواند موجب خشک‌شدن بیش از حد^۴ یا توزیع غیریکنواخت دما و میزان رطوبت در یک فخره شود.

قرارگیری در معرض نور و گرما، با موارد زیر قابل‌واپایش است:

- حفظ کمینه سطح روشنایی موردنیاز برای انجام وظایف، از دید بازدیدکنندگان و ایمنی ساختمان‌ها؛
- تاریک نگه داشتن فضای انبارش در زمانی که استفاده نمی‌شود، با استفاده از سامانه روشنایی زمان‌دار یا فعال‌شونده با حضور کاربر؛
- محدود کردن تعداد چراغ‌های روشن‌شونده با کلید مشترک برای جلوگیری از روشنایی بیش از نیاز برای کار در آن محوطه؛

1- lux
2- Foot Candles
3- Photochemical
4- Over-dying

- سنجش و پایش برای اطمینان از عدم گرمایش مجموعه‌ها توسط روشنایی چراغ‌ها؛
- حذف تابش فرابنفش از طریق انتخاب لامپ، استفاده از صافی‌ها (فیلترها) یا پوشش محافظ^۱ بر روی وسایل روشنایی^۲ یا منابع نور طبیعی؛
- نگهداری مجموعه‌ها در جعبه‌ها، محفظه‌ها یا پوشش‌های جداگانه.
- یادآوری ۳-** لامپ‌های LED معمولاً پرتو فرابنفش ساطع نکرده و گرمای تابشی کمتری نسبت به سایر منابع نور تولید می‌کنند. لامپ‌های فلورسنت میله‌ای و حبابی مقادیر متغیری از تشعشعات UV را ساطع می‌کنند که به‌صورت میکرووات بر لومن بیان می‌شود. فیلترها در صورت تعویض لامپ‌ها قابل استفاده باقی می‌مانند، ولی ممکن است در طی زمان کارایی خود را دست بدهند.
- یادآوری ۴-** روشنایی کارآمد موجب کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های نگهداری شده، همچنین میزان فعالیت‌های حفاظت و نگهداری را در مجموعه‌ها و محوطه‌های نمایش، کاهش می‌دهد.

۱۲ تنظیم ویژگی‌های دما و رطوبت نسبی

تنظیم ویژگی‌های دما و رطوبت نسبی در محیط انبارش، بخش مهمی از مدیریت حفاظت و نگهداری و پایداری آن است. علی‌رغم آنکه استانداردها و رهنمودهای گذشته شرایط و حدود خاصی را ارائه کرده‌اند، پژوهش در زمینه علم مواد، افزایش درک محیط‌های داخلی و ارتباط آن‌ها با شرایط اقلیمی، پیشرفت در فناوری ساختمان و سامانه‌های مکانیکی و افزایش تلاش برای دستیابی به بهره‌وری انرژی و پایداری کلی در عملیات محیطی، به تجدیدنظر در رویکردهای تنظیم ویژگی‌های دما و رطوبت نسبی در مؤسسات آرشیوی و کتابخانه‌ای، منجر شده است. همان‌طور که پژوهش‌های مواد به توصیف آسیب‌پذیری‌ها و شرایط آسیب‌رسان کمک کرده است، تبدیل به راهکار کلیدی مدیریت محیطی، برای کمینه‌کردن ریسک‌ها و درعین حال سرمایه‌گذاری بر روی فرصت‌ها برای بهبود حفاظت و نگهداری و کاهش مصرف انرژی، شده است.

رهنمودهای این بند با هدف دستیابی به تعادل بین کیفیت، مدیریت ریسک در محیط‌های حفاظت و نگهداری و کاهش مصرف انرژی مبتنی بر عوامل منحصربه‌فرد مؤسسه، ارائه شده است. ویژگی‌های دما و رطوبت نسبی برای محیط‌های حفاظت و نگهداری باید توسط تیم مدیریت محیطی، با استفاده از تخصص رشته‌های مختلف، برای پاسخگویی به نیازهای مجموعه، قابلیت‌های ساختمان و سامانه و نیازها و اولویت‌های مؤسسه، تعیین شود.

به‌طور کلی، شش عامل کلیدی به‌طور مستقیم بر انتخاب نهایی دما و رطوبت نسبی در یک محیط انبارش مستقل، تأثیرگذار هستند:

- نوع مجموعه‌ها و نیازهای حفاظتی آن‌ها؛

1 - Case glazing
2- Lighting fixtures

- اقلیم بیرونی؛

- ماهیت ساختمان/سازه‌ای که مجموعه‌ها در آن انبارش شده‌اند؛

- در دسترس بودن (یا نبود) سامانه‌های مکانیکی برای کاهش آثار اقلیم بیرونی؛

- حضور یا عدم حضور افراد در فضای انبارش؛

- درجه اولویت حفاظت و نگهداری و مصرف انرژی برای مؤسسه.

نکته قابل توجه این است که در صورت توجه به تمامی شش عامل عنوان شده، ممکن است شرایط بسیار متفاوتی برای مؤسسات یا ساختمان‌هایی که در ظاهر مشابه به نظر می‌رسند، انتخاب شود. مؤسسات مجهز به سامانه واپایش مکانیکی محیط، ممکن است دارای دامنه وسیع‌تری از انعطاف‌پذیری در تنظیم ویژگی‌ها باشند ولی مؤسساتی که در شرایط غیرفعال و غیرخودکار کار می‌کنند، ممکن است گزینه‌های عملیاتی کمتری داشته یا ممکن است به جای ویژگی‌های واپایش شده، از میان مکان‌های فیزیکی مختلف و/یا ساختمان‌هایی با شرایط غیرفعال متفاوت، انتخاب کنند.

همه مواد، واکنش مشابهی در برابر شرایط محیطی ندارند. همان‌طور که در بندهای ۵ و ۶ بحث شد، این عوامل نقش مؤثری را در روند تخریب اغلب مواد ایفا می‌کنند که می‌تواند شامل: پوسیدگی شیمیایی، تغییر شکل مکانیکی، وجود آفات، کپک، پوسیدگی زیستی، یا اکسایش عناصر فلزی باشد. به این ترتیب، حساسیت مجموعه نسبت به هریک از این موارد، باید به عنوان اولین معیار برای تعیین شرایط مناسب در نظر گرفته شود.

حفظ دما در خنک‌ترین حد ممکن، با رطوبت نسبی متوسط در محدوده ۳۰٪ تا ۵۵٪، یک رویکرد محیطی ساده برای بسیاری از مواد مجموعه‌ها است. با این حال، ریسک برای مواد خاص می‌تواند به صورت قابل ملاحظه‌ای متغیر باشد. استات سلولز به دمای بالا و واپایش شیمیایی کاملاً حساس است، در حالی که فیلم‌های پلی استر می‌توانند در شرایط یکسان کاملاً پایدار باشند [15]. از اوایل تا اواسط قرن بیستم، کاغذ از خمیر چوب تولید می‌شد که دارای ماهیت ضعیف و شدت بالای فساد در دمای بالا بوده است؛ در حالی که از اواخر قرن ۲۰ و اوایل قرن ۲۱ کاغذهای فاقد اسید مطابق با استاندارد [1] ISO 9706 و/یا استاندارد [2] ISO 11108 تولید شده‌اند که دارای شدت واپایش بسیار کمتری هستند. بسیاری از مواد کاغذی ممکن است تا رطوبت ۶۰٪ ایمن باشند، در حالی که مجموعه‌های حاوی عکس‌ها یا فیلم‌های با پایه نقره، برای جلوگیری از اکسایش نقره و از بین رفتن تصویر، نیازمند رطوبت نسبی ۵۵٪ یا پایین‌تر هستند. در خصوص مثال‌هایی از سایر رسانه‌های ویژه و ریسک‌های مرتبط، به پیوست ت مراجعه شود.

مؤسسات می‌توانند در خصوص کیفیت مورد نیاز محیط حفاظت و نگهداری، بر اساس اهمیت کل یا بخشی از مجموعه‌ها و با صرف نظر از نوسانات ساده، تصمیم‌گیری کنند. در میان منابع تخصیص داده شده، آرشیوها، مجموعه‌های ویژه و کتاب‌های نادر، ممکن است به دلیل ویژگی‌های خاص، شکنندگی یا ارزشمند بودن آن‌ها، به محیط حفاظتی با کیفیت‌تری نسبت به مجموعه‌های جاری یا عمومی، نیاز داشته باشند. در مؤسساتی که

دارای برخی از مواد انبارش شده در شرایط خنک/سرد (به‌طورکلی پرهزینه از نظر مصرف انرژی) هستند، تخصیص ویژگی‌های دما و رطوبت نسبی متفاوت برای مجموعه‌های مختلف معمول است، درحالی‌که سایر منابع ممکن است در شرایط گرم‌تر/ اتاق نگهداری شوند، زیرا حفاظت و نگهداری بیشتر از آن‌ها سودمند نبوده و لازم است نگهداری آن‌ها از لحاظ میزان مصرف انرژی، مقرون به صرفه‌تر باشد.

ابزاری از قبیل موارد معرفی شده در بند ۱۵، می‌توانند برای سنجش کیفیت مقایسه‌ای محیط‌های حفاظتی مختلف مورد استفاده قرار گیرند. وقتی شرایط محیطی ضروری و مطلوب تعیین شده باشد، می‌توان ضمن در نظر گرفتن اثرات محیطی - مثبت یا منفی - ایجاد شده توسط سایر عوامل، به‌عنوان یک راهنمای اصلی از آن استفاده کرد.

شرایط اقلیم بیرونی، معمولاً دارای تأثیر منحصربه‌فرد و عظیمی در محیط داخلی و هرگونه مصرف انرژی برای واپایش آن می‌باشد. دمای هوا و نقطه شبنم در فضای بیرونی به‌ندرت دقیقاً منطبق با میزان مطلوب در محیط داخلی است. رهنمودها و اطلاعات قبلی با نادیده گرفتن محیط‌های بیرونی، بر حفظ شرایط سختگیرانه و با حداقل افت و خیزها (نوسانات)^۱ در محیط تمرکز کرده‌اند؛ از این‌رو، برای غلبه بر شرایط دما و رطوبت محیط بیرون به نادیده گرفتن قابل توجهی به میزان مصرف انرژی نیاز است.

بدون مداخله مکانیکی، محیط‌های داخلی تمامی ساختمان‌ها در نهایت تحت تأثیر شرایط محیط بیرونی خود قرار می‌گیرند. شرایط محیطی بیرونی می‌تواند ساختمان را با فرایندهای زیادی تحت تأثیر قرار دهد که شامل تبادل مستقیم هوا (باز کردن درها یا پنجره‌ها، یا هدایت عمده هوای خارج از طریق سامانه مکانیکی)، انرژی تابشی تولید شده توسط تابش مستقیم نور خورشید، انتقال انرژی گرمایی به دلیل دمای محیط در فضای بیرونی، یا هجوم رطوبت از طریق نشت یا نفوذ است.

همه محیط‌های بیرونی برای اهداف مرتبط با حفاظت و حفظ انرژی زیان‌آور نیستند. برخلاف محیط‌های گرم/مرطوب که در طول سال یا به‌صورت فصلی، چالش‌های دوگانه‌ای را برای کاهش دما و مدیریت مناسب نقاط شبنم ایجاد می‌کنند، محیط‌هایی که در تمام سال یا به‌صورت فصلی دارای شرایط بیرونی خنک/خشک هستند، می‌توانند به‌صورت قابل توجهی از نظر حفاظتی سودمند بوده و برای دستیابی شرایط مورد نظر، مصرف انرژی را کاهش دهند.

صرف نظر از حائل و واپایشی که ممکن است مستقل از ساختار بنا و سامانه مکانیکی فراهم شود، تنظیم ویژگی‌های دما و رطوبت نسبی باید با در نظر گرفتن شرایط محیط بیرونی، به‌صورت مناسب، محاسبه شود. در صورت امکان لازم است برای کاهش مناسب ریسک‌های ناشی از محیط بیرونی تلاش شده و استفاده از مزایای شرایط طبیعی مدنظر قرار گیرد که منجر به ارتقای حفاظت و نگهداری و مصرف پایین‌تر انرژی می‌شوند.

مثال‌هایی از ویژگی‌های کلی دما و رطوبت نسبی مناسب در رابطه با محیط‌های خارجی (با فرض یک محیط انبارش بدون حضور افراد و با واپایش مکانیکی محیطی)، ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- خنک و خشک:

- درجه حرارت: 10°C یا پایین‌تر

- رطوبت نسبی: حداقل 30% ، بالاتر در صورت ضرورت برای یک رسانه خاص

- خنک و مرطوب:

- دما: 10°C یا پایین‌تر

- رطوبت نسبی: حداکثر 60% ، پایین‌تر در صورت ضرورت برای یک رسانه خاص

- گرم و خشک:

- درجه حرارت: 22°C یا پایین‌تر

- رطوبت نسبی: حداقل 30% ، بالاتر در صورت ضرورت برای یک رسانه خاص

- گرم و مرطوب:

- درجه حرارت: 22°C یا پایین‌تر

- رطوبت نسبی: حداکثر 60% ، پایین‌تر در صورت ضرورت برای یک رسانه خاص

مناطق جغرافیایی با شرایط بیرونی فصلی - مانند شرایط گرم و مرطوب در یک فصل و شرایط خشک و خنک در فصل دیگری از سال - می‌توانند با هدف مدیریت مناسب حفاظت فصلی و درعین‌حال، کاهش هزینه انرژی در طول سال، شرایط فصلی تنظیم دما و رطوبت نسبی را انتخاب کنند.

تأثیرگذاری شرایط اقلیم بیرونی بر محیط‌های داخلی، تا حدی با ساختار دیوارهای بیرونی/سقف ساختمان موردنظر، تعیین می‌شود. سازه‌هایی با خاصیت عایق قابل‌توجه (ازجمله افزوده‌شده یا به‌عنوان خاصیت مواد اصلی دیوار) ویژگی نگهدارندگی بیشتری در برابر سرما و گرمای فضای بیرونی ایجاد کرده و بروز حالت تعادل با دمای فضای بیرونی را کندتر خواهد کرد. سازه‌هایی که فاقد عایق حرارتی کافی هستند با سرعت بیشتری به تغییر دما در فضای بیرون واکنش نشان داده و در صورتی که انرژی نور خورشید به‌صورت مستقیم از طریق سقف، دیوارها و پنجره‌ها انتقال یابد، ممکن است دمای داخلی بالاتر از شرایط بیرونی باشد. محیط‌های انبارش داخلی ممکن است با به‌دست‌آوردن یا از دست‌دادن دما از طریق سقف یا دیوارهای بیرونی، تحت تأثیر قرار گیرند.

در ساختمان‌های ضعیف از نظر عایق‌بندی، نقاط تنظیم دما ممکن است با هدف مدیریت مصرف انرژی، در فصول گرم سال بالاتر و در طول فصل‌های سرد پایین‌تر باشد. ساختمان‌های دارای عایق‌بندی مناسب، با

مصرف انرژی اندک قادر به حفظ دماهای پایین‌تر در شرایط دمای بالای محیط بیرون بوده و ممکن است دارای ظرفیت بالا برای عملکرد در وضعیت غیرفعال، در شرایط گرم یا خنک فضای بیرون باشند.

بسته به شرایط اقلیمی و ساختار بنا، هوای ورودی از طریق پوشش ساختمان (هدفمند و یا از طریق نشت) ممکن است مطلوب بوده و یا مناسب نباشد. به‌طورکلی، ساختمان‌های دارای سامانه‌های مکانیکی برای واپایش محیط‌های داخلی، نیازمند مقادیر اندکی جریان هوا از طریق پوشش ساختمان خواهند بود؛ درحالی‌که ساختمان‌های با عملکرد غیرخودکار، ممکن است به جریان هوای کم یا زیادتری از طریق ساختار، بسته به فصل یا شرایط محیط بیرونی/درونی، نیاز داشته باشند.

تراوایی بخار در سطوح بیرونی ساختمان، به‌صورت مستقیم تنظیم ویژگی‌های دما و رطوبت نسبی در فضای داخلی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. نفوذپذیری بخار به‌معنی سنجش سرعت انتشار بخار آب از طریق یک محیط خاص، از نواحی دارای فشار بخار بالاتر به نواحی دارای فشار پایین‌تر است.

نفوذپذیری بالا در سطوح بیرونی ساختمان منجر به انتشار سریع رطوبت از طریق دیوار و سقف آن شده و اجتناب از بروز رطوبت بالا، رطوبت‌گیری در محیط‌های مرطوب، یا نگهداری سطوح رطوبت داخلی را هنگام مرطوب‌سازی، بسیار دشوار می‌کند.

تراوایی پایین در سطوح بیرونی ساختمان میزان انتشار را کند کرده و واپایش و نگهداری نقاط شبنم مناسب را از طریق مرطوب‌سازی یا رطوبت‌گیری در محیط‌های نگهداری مجموعه‌ها، آسان‌تر می‌کند. استفاده از عایق‌های بخار در ساختار دیوار، به‌عنوان اجزایی با تراوایی پایین، می‌تواند به‌صورت قابل‌توجهی انتشار بخار را کاهش دهد، ولی باید توجه شود که عایق‌های بخار به‌شکل مناسبی نسبت به عایق دما، شرایط معمول دمای بیرون و جهت حرکت بخار، قرار گرفته باشند.

لازم است در انتخاب نقاط تنظیم دما و رطوبت نسبی در ساختمان‌های مجهز به سامانه‌های مکانیکی با سطوح بالای تراوایی بخار، احتیاط شود. رطوبت‌زدایی فعال در ساختمان‌های با تراوایی بالا، می‌تواند به‌همراه تبخیر رطوبت، منجر به افزایش میزان انتشار رطوبت به درون ساختار شده و سبب آسیب به پوشش ساختمان و آخرین سطح داخلی و در نتیجه ایجاد شوره^۱ و تضعیف ساختار شود. مشکل معکوس می‌تواند با رطوبت‌سازی فعال رخ دهد که در این حالت، بخار از طریق پوشش ساختمان انتقال یافته و در سطح بیرونی ساختمان تبخیر شود. این فرایند می‌تواند موجب مشکلات متعددی از قبیل ایجاد شوره در سطوح بیرونی ساختمان تا ترک‌خوردگی و ورقه‌ورقه‌شدن (پوسته‌شدن) بافت (مصالح) ساختمان شود.

انبارش مجموعه‌هایی که در یک سازه یا مجتمع زیرزمینی قرار گرفته‌اند (اعم از مجتمع‌های درون غار، کاربری مجدد ساختارهای معدن تا زیرزمین‌ها و دیگر موارد) ممکن است بیش از شرایط اقلیم بیرونی، تحت‌تأثیر سطوح دما و رطوبت زمین قرار گیرند. در صورتی‌که بتوان انتشار و نشت رطوبت را واپایش کرد،

1- Efflorescence

دمای زمین احاطه‌کننده، معمولاً در صورت نیاز به انتخاب شرایط دمای خنک با هزینه پایین‌تر انرژی، بسیار مطلوب است.

یکی از اثرات اولیه سامانه‌های مکانیکی در مشخص کردن شرایط محیط داخلی مجموعه‌ها، امکان واپایش رطوبت است. همان‌طور که در بند ۱۳ بحث خواهد شد، نقطه شبنم، تعیین‌کننده کلیدی محدوده ایمن دما و رطوبت نسبی برای واپایش یک محیط اختصاصی است. زمانی که کارایی پوشش ساختمان تعیین شد، ظرفیت سامانه مکانیکی برای رطوبت‌گیری یا مرطوب‌سازی، به تنظیم نقاط موردنظر دما و رطوبت نسبی کمک خواهد کرد. برای مثال، در صورتی که ظرفیت تعیین‌شده رطوبت‌گیری معادل نقطه شبنم در 7°C بوده و گرمایش مجدد برای واپایش دمای هوا امکان‌پذیر باشد، ویژگی‌های زیر ممکن است، به‌عنوان شرایط مناسب در محیط گرم و مرطوب، انتخاب شود:

- دما: 16°C تا 22°C

- رطوبت نسبی: ۳۸٪ تا ۵۵٪

در دماهای بین 23°C تا 26°C ، رطوبت نسبی بالای ۳۰٪ باقی خواهد ماند، اما میزان زوال شیمیایی به‌دلیل دمای بالا ممکن است بیش از حد مطلوب باشد. در دماهای کمتر از 16°C ، رطوبت نسبی به بالاتر از ۵۵٪ افزایش خواهد یافت که منجر به ریسک خوردگی فلزات شده و در دمای پایین‌تر و رطوبت نسبی بالاتر، ریسک انبساط مکانیکی و رشد قارچ وجود خواهد داشت. هنگام انتخاب ویژگی‌ها، به‌خاطر داشته باشید، در صورتی که رطوبت‌زدایی از طریق سرمایش و گرمایش مجدد انجام می‌شود، انرژی در هر دو مرحله رطوبت‌زدایی و گرمایش مجدد هوا، مصرف می‌شود.

انتخاب دماهای خنک‌تر در بالاترین سطح از دامنه رطوبت نسبی قابل‌قبول - برای مثال: ۵۵٪ تا ۶۰٪ - ممکن است علی‌رغم نگهداری در محیط حفاظت و نگهداری مناسب، به کاهش هزینه‌های انرژی، کمک کند. مصرف انرژی براساس نوع طراحی سامانه مکانیکی، متفاوت است. از این‌رو، لازم است با کارکنان تأسیسات و مهندسی در مورد استفاده از انرژی برای ویژگی‌های مختلف دما و رطوبت نسبی مشورت شود.

سامانه‌های مکانیکی و رطوبت‌زا معمولاً برای ایجاد مقدار معینی از رطوبت در واحد زمان، براساس ویژگی‌های پیشنهادی محیط، طراحی می‌شوند. در صورتی که رطوبت‌ساز برای حداکثر پتانسیل رطوبت‌زایی در دمای 21°C و رطوبت نسبی ۳۰٪ (نقطه شبنم 3°C) طراحی شده باشد، می‌توان به مثال زیر در خصوص دامنه نقاط تنظیمی اشاره کرد:

- دما: 12°C تا 21°C

- رطوبت نسبی: ۳۰٪ تا ۵۴٪

حتی در صورتی که نقاط تنظیمی دمای 21°C و رطوبت نسبی ۴۵٪ (در نقطه شبنم 9°C) مطلوب باشند، به‌نظر نمی‌رسد دستگاه رطوبت‌زا ظرفیت تأمین خروجی رطوبت را داشته باشد. تجهیزات ممکن است قابلیت

فراهم‌آوری رطوبت کمتر را داشته باشند - برای مثال: یک محیط با دمای 15°C و رطوبت نسبی ۳۰٪ (در نقطه شب 3°C) - ولی این مقدار بیشتر از معادل حداکثر نقطه شب نیست.

در آب‌وهوای خنک و خشک سالانه یا فصلی، انتخاب نقاط تنظیمی با دمای خنک‌تر و رطوبت نسبی در پایین‌ترین سطح از دامنه ایمن - برای مثال ۳۰٪ تا ۳۵٪ - می‌تواند موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی در هر دو بخش گرمایش و رطوبت شود. در آب‌وهوای گرم و خشک، حفظ رطوبت نسبی پایین‌تر در دماهای متوسط، می‌تواند هزینه‌های انرژی را برای خنک‌سازی و واپایش رطوبت کاهش داده و درعین‌حال از ریسک‌های تخریب اجتناب شود.

ابزارهایی مانند نمودار رطوبت‌سنجی^۱ یا محاسبه‌گر نقطه شب^۲، از مؤسسه ماندگاری تصویر می‌توانند به شناسایی دمای مناسب بالقوه و مشخصات رطوبت نسبی در نقطه شبم شناخته‌شده متفاوت یا قابلیت واپایش رطوبت کمک کنند.

معمولاً رطوبت‌زدایی فقط به‌عنوان یک محصول جانبی خنک‌کننده برای واپایش دما اتفاق می‌افتد و ممکن است رطوبت به‌هیچ‌وجه در دسترس نباشد، به‌خصوص اگر سامانه مکانیکی برای تأمین آسایش انسان و نه برای واپایش رطوبت و نگهداری مجموعه‌ها در فضاهایی که افراد در آن حضور دارند، طراحی شده باشد. در این شرایط، جلوگیری از خنک‌شدن بیش از حد در شرایط مرطوب یا گرمای بیش از حد در شرایط خشک بسیار مهم است.

خنک‌کردن بدون رطوبت‌زدایی کافی می‌تواند منجر به کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی در محیط انبارش شود و مجموعه‌ها را در معرض ریسک انبساط مکانیکی یا رشد کپک قرار دهد. گرمای بیش از حد محیط بدون رطوبت ممکن است منجر به افزایش دما و کاهش خطرناک رطوبت نسبی شود و مجموعه‌ها را در معرض آسیب مکانیکی و شکنندگی قرار دهد.

ممکن است برخی از مؤسسات واپایش محیطی جزئی مانند آب گرم یا سامانه‌های متصاعدکننده بخار داشته باشند که برای گرم‌کردن محیط‌های داخلی در آب‌وهوای سرد عمل می‌کنند. این سامانه‌ها قادر به رطوبت‌زدایی یا رطوبت‌سازی نیستند. برای جلوگیری از گرم‌شدن بیش از حد که ممکن است هم برای نگهداری و هم اهداف مصرف انرژی مضر باشد، مشخصات دمای محیط انبارش باید با دقت انتخاب شوند.

درحالی‌که توصیه می‌شود افراد به‌طور مداوم در محیط‌های انبارش مجموعه‌ها حضور نداشته باشند، بسیاری از مؤسسات با شرایطی مواجه هستند که باید محیط‌های انبارش شامل دفتر کار کارکنان را برای عموم دسترس‌پذیر سازند، یا ممکن است سامانه مکانیکی مشترکی داشته باشند که درعین‌حال به فضایی که افراد در آن حضور دارند نیز خدمات ارائه می‌دهد. در این صورت، نیازهای آسایش انسان احتمالاً تعیین‌کننده دامنه قابل‌قبولی از مشخصات دمایی هستند.

1- Psychrometric chart
2- Dew Point Calculator

برای فضاهایی که افراد در آن حضور دارند، در اقلیم فصلی، با تغییر واپایش دمای فصلی، به عنوان مثال بین 20°C تا 22°C ، می توان شرایط حفاظت و نگهداری را اندکی بهبود بخشید. با انتخاب نقاط تنظیم رطوبت نسبی که تابع شرایط بیرون ساختمان هستند، رطوبت نسبی کمتری در فصول یا اقلیم خشک، نقاط تنظیم بالاتر در فصول یا اقلیم مرطوب، باقی ماندن در محدوده متوسط، می توان به اهداف کاهش انرژی یا پایداری دست یافت. باید تلاش کرد که هر زمانی که ممکن بود محیط های انبارش مجموعه را خالی از حضور افراد نگه داشت تا بتوان در هنگام انتخاب ویژگی ها، حفاظت و نگهداری و مصرف انرژی را در اولویت قرار داد.

افزایش ریسک حفاظت و نگهداری با صرفه جویی انرژی، به هیچ عنوان توصیه نمی شود. در شرایطی که کاهش انرژی در اولویت قرار گرفته یا ضروری است، سعی کنید با حفظ شرایط مناسب حفاظت و نگهداری به صرفه جویی برسید. مثال ها عبارتند از گسترش ویژگی های دمای فصلی و رطوبت نسبی از طریق کاهش دما در محیط های سرد، یا همان طور که در بالا گفته شد، انتخاب دامنه وسیع تری از نقاط تنظیم شده رطوبت نسبی یا ایجاد منطقه ای کوچک برای مواد خاص با حساسیت بیشتر. ممکن است فرصت های دیگری برای صرفه جویی انرژی وجود داشته باشد که می توان بدون افزایش ریسک حفاظت و نگهداری از مجموعه ها، از آن ها استفاده کرد؛ مثال هایی از این موارد در پیوست الف ارائه شده است.

با تصفیه هوا در مخازنی با طاق بلند، غالباً مسئله ناشی از لایه بندی گرمایی در داخل فضا به وجود می آید. لایه بندی گرمایی را می توان با گردش هوا یا با قرار دادن منبع پخش کننده هوا در سقف و بازگشت و ورودی های هوا در نزدیکی کف یا با استفاده از پنکه های سقفی، واپایش کرد.

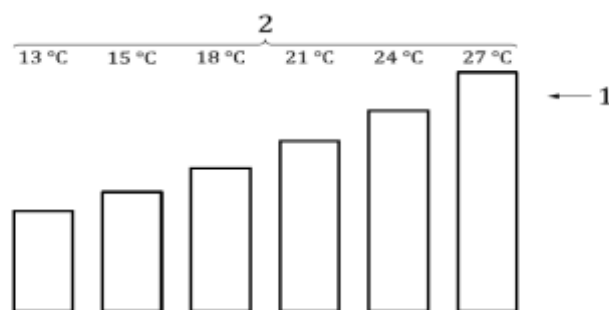
۱۳ رطوبت سنجی (سایکرومتری)

رطوبت سنجی یا مطالعه خواص ترکیب های بخار/گاز، برای درک رابطه بین دمای هوا، رطوبت نسبی و میزان رطوبت یک محیط، بسیار مهم است. این روابط شرایط دمایی و رطوبتی را ایجاد می کند که منجر به فساد انواع زیادی از مجموعه ها می شود. تغییرات مکانیکی در ساختمان ها یا «تهویه مطبوع» با واپایش دما، محتوای رطوبت^۱ و غلظت رطوبت در یک محیط خاص، مستقیماً بر روابط رطوبت سنجی، تأثیر می گذارد.

هنگام بررسی محیط های انبارش مجموعه ها، سه عامل در رطوبت سنجی وجود دارد که متخصصان مجموعه ها باید به آن توجه کنند - دمای هوا، نقطه شبنم آن (مفید به عنوان نشانگر محتوای رطوبت) و رطوبت نسبی. برای اهداف حفاظت و نگهداری، شناخت و درک نقطه شبنم در میان این سه مفهوم از همه مهم تر است. نقطه شبنم نه تنها دامنه دماها و رطوبت نسبی که در هر محیط فرضی به دست می آید را تعیین می کند، بلکه از نظر مکانیکی عامل محدود کننده توانایی سامانه مکانیکی برای ایجاد محیط انبارش خاص است.

1- Moisture content

برای درک بهتر نقطه شبنم، بهتر است تعریف خود را با نقش دما شروع کنیم. دما، در تعریف ساده، یعنی معیار انرژی گرمایی یک ماده. با کاهش دما، توانایی هوا در نگهداشتن بخار آب کاهش می‌یابد، با افزایش دما ظرفیت سامانه برای نگهداشتن بخار آب افزایش می‌یابد. این مفهوم در شکل ۲ نشان داده شده است.



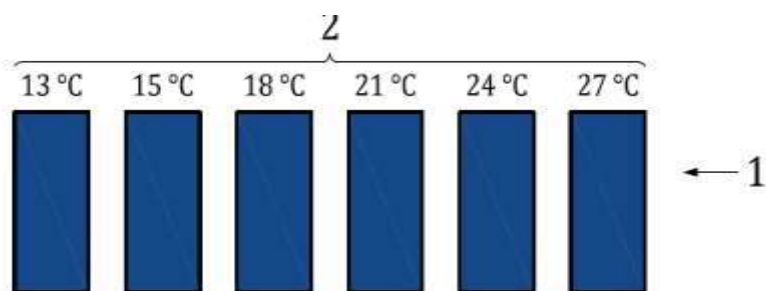
شکل ۲- الف

راهنما

۲ دمای هوا

۱ ظرفیت نگهداشتن آب

علاوه بر دما، هر محیطی حاوی مقدار خاصی از رطوبت موجود به شکل بخار آب است. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده، این محتوای رطوبت، یعنی نسبت رطوبت سامانه، بدون توجه به دمای سامانه، ثابت است.



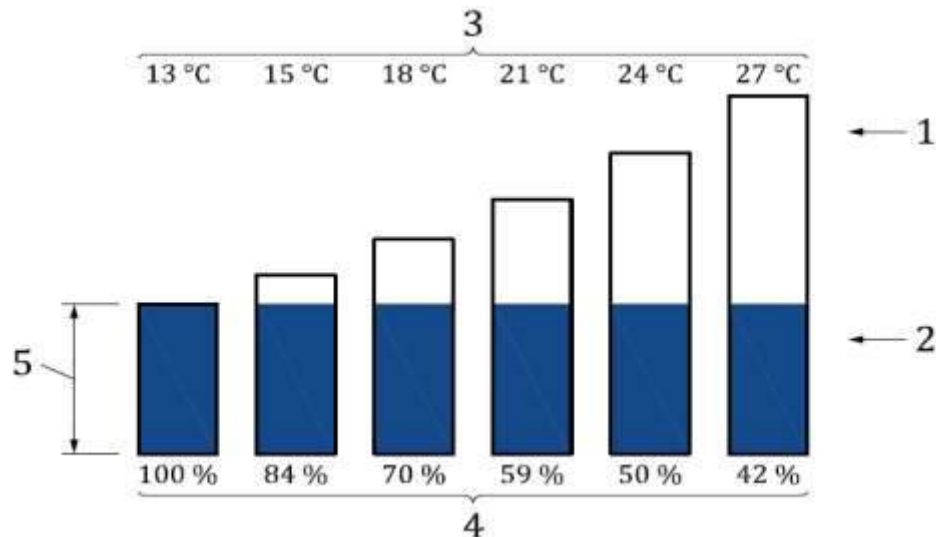
شکل ۳ - ب

راهنما

۲ دمای هوا

۱ آب واقعی موجود

رطوبت نسبی، براساس درجه حرارت و رطوبت موجود، یعنی درصد اشباع بودن هوا توضیح داده می‌شود. هنگامی که رطوبت نسبی ۱۰۰٪ باشد، سامانه کاملاً اشباع بوده و نمی‌تواند بخار آب بیشتری در خود جای دهد و دمای مرتبط نیز دمای نقطه شبنم خوانده می‌شود؛ دمایی که در آن بخار آب اضافی به صورت قطرات شبنم ذخیره می‌شود. در شکل ۴، رطوبت موجود برای ایجاد دمای نقطه شبنم در ۱۳ °C مشخص می‌کند که میزان رطوبت نسبی در دماهای دیگر چقدر خواهد بود.



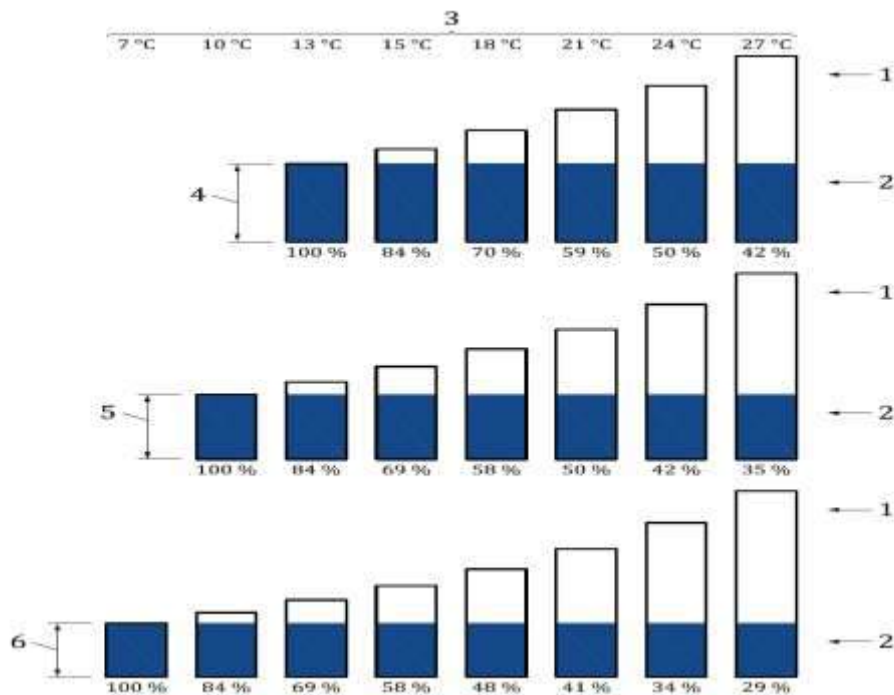
شکل ۴- پ

راهنما

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| ۱ ظرفیت نگهداشتن آب | ۴ رطوبت نسبی |
| ۲ آب واقعی موجود | ۵ رطوبت مطلق (0.0092 kg/kg) |
| ۳ دمای هوا | |

توجه داشته باشید که در محیطی با یک نقطه شبنم یا محتوای رطوبت مشخص، با افزایش دما، رطوبت نسبی کاهش می‌یابد. در مقابل، با کاهش دما، رطوبت نسبی افزایش می‌یابد. دلیل اینکه واپایش ساده دما در یک محیط حفاظت و نگهداری می‌تواند همراه با ریسک باشد، همین رابطه رطوبت سنجی است. آزمودن کاهش دما به منظور کند کردن تخریب شیمیایی، بدون کاهش هم‌زمان نقطه شبنم، می‌تواند منجر به شرایط رطوبت نسبی به شدت خطرناک شود. شکل ۵ نشان می‌دهد که با یک نقطه شبنم ۱۳ °C نمی‌توان به ترکیب رضایت‌بخش دما/رطوبت نسبی دست یافت. در دمای قابل قبول اتاق، رطوبت نسبی برای نگهداری بلندمدت مجموعه‌ها، بسیار بالا است، در حالی که برای به دست آوردن رطوبت نسبی قابل قبول، درجه حرارت برای نگهداری مجموعه یا آسایش باید بیش از حد افزایش یابد. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده

است، رطوبت‌زدایی مکانیکی برای رسیدن به نقطه شبنم پایین‌تر می‌تواند به حفظ دمای پایین‌تر در رطوبت نسبی متوسط کمک کند.



شکل ۵- ت

راهنما:

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| ۱ ظرفیت نگهداری آب | ۴ رطوبت مطلق (0.0092 kg/kg) |
| ۲ آب واقعی موجود | ۵ رطوبت مطلق (0.0076 kg/kg) |
| ۳ دمای هوا | ۶ رطوبت مطلق (0.0062 kg/kg) |

تمایل به تغییر خصوصیات رطوبت‌سنجی و گرماپویایی محیط، به‌طور مثال افزایش یا کاهش دما یا تغییر محتوای رطوبت یا رطوبت نسبی، اغلب در جایی اتفاق می‌افتد که به‌نظر می‌رسد نیاز به مداخله مکانیکی یا تهویه مطبوع دارد. ایجاد یک محیط داخلی متفاوت در مقایسه با محیط بیرون ساختمان از طریق وسایل و ابزارهای فعال و غیرفعال امکان‌پذیر است. راه‌حل‌های غیرفعال عبارتند از عایق حرارتی، حائل یا بازدارنده‌های بخار، سازه‌های هوابندی‌شده^۱ یا با حداقل تبادل هوا یا سایر رویکردها برای ایجاد مانع یا آهسته‌کردن تأثیر محیط بیرونی بر روی محیط داخلی و یا حفظ شرایط داخلی مطلوب و جلوگیری از خروج آن به بیرون (مانند ساختمان‌هایی که با دمای زمین خنک می‌شوند). درحالی‌که روش‌های غیرفعال به‌طورمعمول از نظر مصرف

1- Airtight

انرژی مطلوب هستند، اما ممکن است با تشدید شرایط اقلیم بیرون دچار محدودیت شده و نیاز بالقوه به حفظ دسته‌های خاصی از شرایط محیطی داخلی همچنان وجود داشته باشد.

واپایش فعال با استفاده از سامانه‌های مکانیکی با منابع انرژی مختلف (سوخت‌های فسیلی، تجدیدپذیر و غیره) می‌تواند پنج عملکرد اساسی داشته باشد که به‌طور مستقیم بر فرایند حفاظت و نگهداری تأثیر می‌گذارند:

- افزایش دما (گرمایش)؛

- کاهش دما (سرمایش)؛

- اضافه کردن رطوبت (رطوبت‌سازی)؛

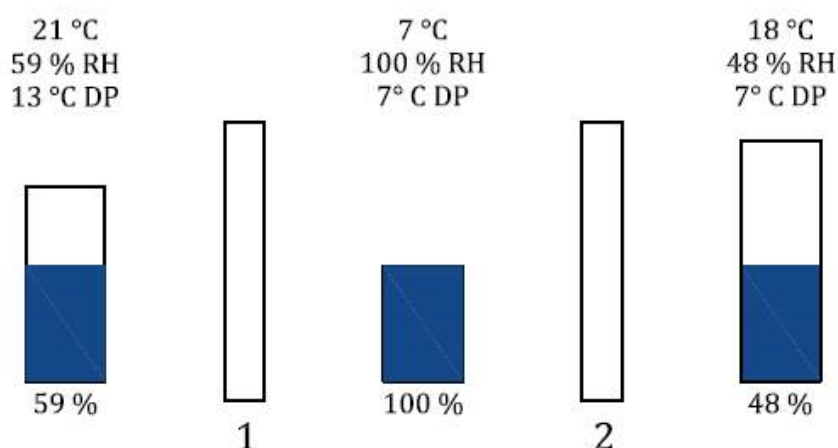
- از بین بردن رطوبت (رطوبت‌زدایی)؛

- از بین بردن ذرات یا آلاینده‌های گازی (تصفیه).

همان‌طور که در بالا نشان داده شد، درجه حرارت و شرایط رطوبت نسبی یک محیط خاص، و در نتیجه کیفیت کلی شرایط حفاظت و نگهداری آن، در درجه اول با محتوای رطوبت موجود تعیین می‌شوند. محیط‌های با نقطه شبنم بالا، حفظ شرایط خنک با رطوبت نسبی متوسط را دشوار می‌سازند، درحالی‌که نقاط شبنم پایین باعث چالش‌هایی برای کسب اطمینان از خشک‌نشدن مواد در «دمای فضا» می‌شوند. سامانه‌های مکانیکی و طراحی بین دو گروه اصلی، بسیار متفاوت هستند - سامانه‌های توزیع هوای فشرده و تابشی (یا مبتنی بر آب). این استاندارد به بحث در مورد سامانه‌های هوای فشرده به‌عنوان رایج‌ترین سامانه‌ها برای اجرای پنج عملیات ذکر شده در بالا می‌پردازد. توجه داشته باشید که بسیاری از ساختمان‌های تاریخی فقط ممکن است دارای سامانه‌های گرمایشی آب گرم باشند.

از نظر تاریخی، سامانه‌های مکانیکی اغلب براساس نیازها یا مشخصات رفاهی انسان‌ها طراحی شده‌اند که بیشتر به واپایش دما و کمتر به واپایش رطوبت توجه می‌شود. برای پاسخگویی به نیازهای حفاظت و نگهداری، واپایش رطوبت، به‌ویژه قابلیت افزایش یا حذف رطوبت، برای ایجاد یک محیط نگهداری مطلوب بخشی حیاتی است. در اقلیم‌های با شرایط نقطه شبنم بالا در طول سال یا فصل، رطوبت‌زدایی که اغلب از طریق فرایندهای فروسرمایشی یا خشک‌کن انجام می‌شود، برای کاهش رطوبت داخلی ضروری است. برای ایجاد نقطه شبنم پایین برای محیط‌های با درجه حرارت خنک و سرد می‌توان سامانه‌های خشک‌کن را به کار گرفت که از واسطه‌هایی مانند سیلیکا ژل یا لیتیوم کلرید استفاده می‌کنند.

رایج‌ترین آن‌ها سامانه‌های مبتنی بر سردکن یا آب سرد هستند که هوا را خنک و مجدداً گرم می‌کنند. جریان هوا تا زیر نقطه شبنم ورودی آن خنک می‌شود تا رطوبت اضافی متراکم و از سامانه خارج شده، وضعیت نقطه شبنم جدید ایجاد شود، و سپس مجدداً هوا را گرم می‌کند تا به رطوبت نسبی مناسب در این فضا برسد. این فرایند در شکل ۶ توضیح داده شده است.



شکل ۶- ت

توجه داشته باشید که بدون مرحله گرمایش مجدد، در دمای ۷°C و رطوبت نسبی ۱۰۰٪، هوا توسط سامانه مستقیماً به بیرون فرستاده شده و در نتیجه به میزان قابل توجهی منجر به مخاطرات فیزیکی و رشد قارچ خواهد شد. اگر ترتیب این دو سیم پیچ برعکس شود (و جهت جریان هوا یکسان باقی بماند)، سامانه قادر به رطوبت زدایی مؤثر نخواهد بود. واپایش رطوبت زدایی، معمولاً به دستیابی به یک نقطه شبنم خاص در مؤلفه رطوبت زدایی تمرکز دارد و پس از آن دمای هوا برای دستیابی به رطوبت نسبی مورد نظر، تنظیم می شود.

ممکن است برای محیط های با شرایط خشک سالانه یا فصلی (نقطه شبنم پایین)، رطوبت سازی مکانیکی، ضرورت داشته باشد. رطوبت سازها معمولاً بخار یا مه خنک را به صورت مستقیم و از طریق انواع مختلفی از فرایندهای مکانیکی به جریان هوا تزریق می کنند که برای حفظ رطوبت نسبی خاص در نوسانات دما، با تغییر مقدار رطوبت تزریق شده به جریان هوا صورت می پذیرد.

خنک سازی مکانیکی برای واپایش دما، از طریق رطوبت زدایی و یا به عنوان یک فرایند خنک سازی ساده (از طریق تعدادی از سامانه های مکانیکی با استفاده از سردکننده ها یا کویل های آب سرد^۱) و سامانه های تبخیری، بسیار رایج است. ممکن است در آب و هوای خشک، خنک سازی با هدف واپایش دما به تنهایی موفقیت آمیز باشد ولی در اقلیم های با نقطه شبنم بالا، ممکن است خنک سازی ساده هوا، به علت رطوبت زدایی ناکافی، منجر به افزایش رطوبت نسبی فضا شود (به شکل ۳ مراجعه شود). استفاده از سامانه های خنک کننده تبخیری که هوا را از میان یک محیط خیس شده با آب عبور داده و از گرمای نهان تبخیر برای خنک کردن هوا استفاده می کنند، باعث افزایش میزان رطوبت جریان هوا و افزایش نقطه شبنم می شود. سامانه های خنک کننده تبخیری قادر به رطوبت زدایی نبوده و ممکن است برای شرایط اقلیمی نیازمند خنک سازی، ولی دارای نقاط شبنم بالا در فضای بیرونی، بهترین گزینه نباشند.

1- Chilled water coils

گرمایش اغلب در اقلیم فصلی خنک تا سرد استفاده می‌شود و همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، در فرایندهای رطوبت‌زدایی فروسرمایشی و گرمایش مجدد نیز دارای اهمیت است. گرما از طریق تعدادی منبع بالقوه، از جمله کویل‌های آبی، کویل‌های برقی، منابع مستقیم آتش، مبدل‌های حرارتی و سایر موارد به جریان هوا منتقل می‌شود. در اقلیم‌های سرد با شرایط بیرونی دارای نقطه شبنم پایین، به دلیل کمبود رطوبت موجود در فضای بیرونی ممکن است گرمایش با رطوبت‌دهی همراه شود. به‌طور کلی، نصب سامانه گرمایش و رطوبت‌ساز، ساده‌تر و ارزان‌تر از نصب و راه‌اندازی سامانه سرمایش و رطوبت‌زدا است.

۱۴ روال‌های خوب برای پایداری

۱-۱۴ کلیات

مثال‌های زیر شامل موارد قابل‌تحقق از طریق طراحی دقیق و توجه به جزئیات، به‌دنبال سنجش دقیق الزامات ساختمان و مجموعه‌ها است. این فهرست به‌هیچ‌وجه جامع نبوده و صرفاً توضیح‌دهنده است. محیط ساختمان‌های توصیف‌شده بیشتر به‌صورت غیرفعال واپایش شده و یا از حداقل انرژی را مصرف می‌کنند. راهبردهای به‌کاررفته در مناطق سردسیر یا قطبی باید شامل تطبیق شکل ساختمان‌ها برای کمینه‌کردن گرمای تابشی، همرفتی و تبخیری بوده و همچنین باید برای بیشینه‌کردن جذب تابش خورشید و ایجاد محافظت در برابر باد باشد. در مناطق معتدل، جهت ساختمان‌ها باید برای بیشینه‌کردن کسب انرژی خورشیدی در زمستان و کمینه‌کردن آن در تابستان تنظیم شود. حرکت هوا (تهویه) باید در تابستان تشدید شود اما لازم است در زمستان محافظت در برابر باد فراهم آید. در مناطق خشک و گرم که ممکن است در روز گرم و در شب خنک باشند، باید شکل ساختمان جمع‌وجور بوده و بهتر است مکان آن در اطراف حیاط‌های سایه‌دار تنظیم شده باشد. همچنین استفاده از طاق‌های وسیع بر روی پنجره‌ها برای فراهم‌آوری سایه و کمینه‌کردن مساحت ناحیه در معرض نور توصیه می‌شود. از بادگیرهای سنتی^۱ می‌توان برای ارتقای سرمایش تبخیری و تهویه شب استفاده کرد. در مناطق مرطوب و گرم که دما در طول سال نسبتاً یکنواخت است، ممکن است راه‌حل‌های مشابهی، با تأکید بر کمینه‌کردن جذب نور خورشید از طریق ایجاد سایه، اتخاذ شود.

۲-۱۴ آرشیو مؤسسه آرناماگنیان^۲، کپنهاگ، دانمارک

مؤسسه آرناماگنیان مجموعه مهمی از نسخه‌های خطی قرون وسطایی ایسلندی را در خود جای داده است. مخزن آرشیو در گوشه شمال‌شرقی طبقه اول یک بلوک اداری واقع شده است و در ساخت آن عایق‌بندی مناسب دمایی در سمت ساختمان دارای گرمایش، لحاظ شده است. همچنین، این مخزن دارای عایق‌بندی نازکی به‌طرف بیرون است. دیواره‌های داخلی از بلوک‌های فیبری آلومینیو سیلیکات نم‌گیر ساخته شده‌اند که به‌همراه محتویات موجود در مخزن، به حفظ رطوبت نسبی در طول سال، به میزان تقریبی ۵۰٪، کمک

1- Traditional wind towers

2- Arnarnaganean

می‌کنند. در یک دوره هفت‌ساله، با ورودی حداقل انرژی، دما در بازه 14°C تا 24°C و رطوبت نسبی بین ۴۸٪ و ۵۸٪، حفظ شده است. به منبع [171] مراجعه شود.

۱۴-۳ آرشیو منطقه‌ای، سنت مارتین، هند غربی

جایگاه قرارگیری این ساختمان به‌گونه‌ای است که از مزایای استفاده از بادهای بسامان^۱ استفاده کرده و موجب تهویه و خنک‌سازی طبیعی می‌شود. جهت اصلی رو به شمال با یک ساختار بیرونی دولایه متشکل از پنل‌های رزین در سمت غرب و شبکه آلومینیومی در سمت شمال و شرق ترکیب شده است. این دیوار دارای مناطقی با سطوح مشبک برای تأمین نیاز به نور طبیعی است که در دیواره‌های عمودی در مقابل نور خورشید و از باران در قسمت‌های بدون پوشش محافظت می‌کند. یک سقف فلزی پهن، سایه انداخته و از تمام دیوارها محافظت می‌کند که توسط یک سایه‌بان فوقانی تکمیل شده است. کل این سطح با یک پوشش فلزی مضاعف پوشانده شده است که فضای هوایی بین سقف داخلی و بیرونی را فراهم می‌کند که خود آن از یک ورق فلزی به‌همراه یک لایه عایق ضدآب ضخیم ساخته شده است و حفاظت در برابر نور خورشید را با سقفی دارای شیب ملایم تضمین می‌کند. سلول‌های خورشیدی موجود در پشت‌بام بخش بزرگی از نیازهای الکتریکی را تأمین می‌کنند. به منبع [119] مراجعه شود.

۱۴-۴ آرشیو امپراتوری ژاپن، توکیو

ساختمان آرشیو نمایندگی خاندان امپراتوری^۲ در توکیو در سال ۱۹۸۹-۱۹۹۲، در قرن هشتم میلادی مطابق با اصول سنتی خزانه شوسوئین^۳ در نارا، ساخته شده است. شوسوئین مجموعه‌ای مختلط از نسخه‌های خطی، سازهای موسیقی، مبلمان و منسوجات را در شرایط عالی برای بیش از ۱۲۰۰ سال حفظ کرده که دلیل عمده آن روش ساخت بنا و جعبه‌های انبارش مورد استفاده است. ساختمان از چوب‌های عظیم ساخته شده که از سطح زمین بالا رفته و دارای تاج‌های بسیار گسترده‌ای است که دیوارها را از باران و نور خورشید محافظت می‌کند. مصنوعات در جعبه‌های چوبی که بالاتر از کف قرار گرفته و دارای درپوش‌های مناسب هستند، نگهداری می‌شوند. ساختمان آرشیو از چوب ساخته شده، سقف آن مسی بوده و دیوارها با کاشی‌های چینی پوشیده شده‌اند. ساختمان دارای تهویه طبیعی است ولی فیلترهای گرد و غبار در پنجره‌ها و درها تعبیه شده‌اند. تمامی منابع آرشیوی در صندوق‌های چوبی سبک‌وزن پالونیا^۴ نگهداری می‌شوند که رطوبت نسبی داخلی را علی‌رغم افزایش رطوبت نسبی توکیو در تابستان (تا ۹۰٪)، به‌طور مؤثری تعدیل می‌کنند. به منبع [91] مراجعه شود.

1- Trade winds

2- Imperial Household Agency

3- Shosoin

4- Paulownia

۱۴-۵ آرشیو جرسی^۱، جرسی، جزایر مانش

آرشیو جرسی نمونه‌ای اولیه از بنایی غیرفعال^۲ است که الزامات دقیق مرجع [238] را برآورده می‌کند. این آرشیو دارای دیوارهای ضخیم و آجری متراکم و سقفی با عایق مناسب است که توسط یک صفحه ضدآفتاب دارای تهویه پوشانده شده است. برای واپایش رطوبت نسبی بالا در زمستان و تابستان، سامانه گرمایش پس‌زمینه با دمای پایین وجود دارد. به منابع [217] و [176] مراجعه شود.

۱۴-۶ کتابخانه ملی نروژ، مویی‌رانا^۳

کتابخانه ملی نروژ از سال ۱۹۹۳، دارای شعبه‌ای در مویی‌رانا، دقیقاً در جنوب مدار قطب شمال است. کتاب‌های حقوقی و فیلم‌های تصاویر متحرک در یک غار حفرشده در کوه‌ها ذخیره می‌شوند که دمای طبیعی در $^{\circ}\text{C} 8$ و رطوبت نسبی طبیعی در ۳۵٪ پایدار می‌باشد. از آنجایی که این مخزن خودکار است، گرمایش برای آسایش انسان ضروری نیست. این یک مثال فوق‌العاده از آن چیزی است که می‌توان در یک اقلیم غیرعادی^۴ به‌دست آورد. به منبع [154] مراجعه شود.

۱۴-۷ آرشیو مرکزی ایالتی ساکسونی، درسدن، آلمان

ساختمان پنج‌ضلعی آرشیو که از سال ۱۹۱۵ ساخته شده بود، نوسازی شده و یک مخزن غیرفعال جدید در سال ۲۰۰۸ ساخته شد. نورگیر ساختمان قدیمی با افزودن سقف شیشه‌ای به دهلیز تبدیل شده و پنجره‌ها به‌روز شد که باعث بهبود عملکرد محیطی می‌شود. ساختمان جدید دارای دیوارهایی با عایق‌بندی مناسب با حداقل منافذ هستند که شرایط ایجاد دمای $^{\circ}\text{C} 18$ ، با تغییرات فصلی $^{\circ}\text{C} 4+$ و $^{\circ}\text{C} 2-$ و رطوبت نسبی ۵۰٪، با تغییرات فصلی ۵٪ و ۱۰٪، را امکان پذیر می‌کند. به منبع [191] مراجعه شود.

۱۴-۸ کتابخانه ملی سنگاپور

دمای محیطی سنگاپور در طول سال، بین $^{\circ}\text{C} 28$ تا $^{\circ}\text{C} 32$ متغیر است، درحالی‌که رطوبت نسبی عموماً بین ۶۰٪ تا ۹۰٪ قرار داشته و در مواردی به ۱۰۰٪ می‌رسد. ساختمان با یک دهلیز مرکزی طراحی شده است که از طریق اثر دودکش^۵ باعث تهویه طبیعی شده و همچنین موجب توزیع نور طبیعی می‌شود. یک سایبان در پشت‌بام و سایه‌بان‌های افقی وجود دارد که وقتی زاویه بالاآمدن خورشید بیشتر از $^{\circ}\text{C} 30$ باشد، تابش نور مستقیم خورشید را مسدود می‌کنند. پنجره‌های دوجداره برخلاف کاربرد آن در اقلیم سرد، جذب گرما از خارج را کمینه می‌کنند. بدین‌ترتیب، شرایط داخلی در دمای $^{\circ}\text{C} 23/5$ و رطوبت نسبی ۵۵٪ حفظ می‌شود. به منبع [215] مراجعه شود.

1- Jersey Archives
2- Passive building
3- Mo I Rana
4- Extreme climate
5- Stack effect

۹-۱۴ آرشیو دیارتمان شمال، لیل، فرانسه

این ساختمان غیرفعال به گونه‌ای طراحی شده است که عایق کارآمدی داشته باشد (۲۵ cm پلی‌استایرن گسترده‌شده بر روی دیوارها و ۳۲ cm بر روی سقف) و به خوبی درزگیری شود (نفوذ $0.45 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$). همچنین، دارای یک دستگاه رطوبت‌زدای خشک‌کننده است که قادر به حفظ دمای 16°C تا 22°C با جریان آهسته روزانه $>1^\circ$ و رطوبت نسبی $50\% \pm 10\%$ با جریان آهسته روزانه $>1\%$ است [153].

۱۰-۱۴ کتابخانه مدرسه، گاندو، بورکینا فاسو

این کتابخانه دارای طراحی جدید بوده ولی از مصالح سنتی ساخته شده است: دیوارها از آجر خشتی بیضی‌شکل ساخته شده و دارای سقف بتونی با استوانه‌های سفالی تعبیه‌شده برای نور و تهویه می‌باشد. همچنین دارای یک سقف فولادی موج‌دار دارای تهویه در قسمت فوقانی است. اگرچه این ساختمان به استانداردهای بین‌المللی نمی‌رسد، با این حال اقلیم داخلی آن بسیار بهتر از شرایط ساخت آن فقط با آجر خشتی و فولاد موج‌دار است. به [106] مراجعه شود.

۱۵ ابزارهای آموزشی و ارزیابی^۱

۱-۱۵ کلیات

۱-۱-۱۵ بررسی اجمالی

چندین ابزار آموزشی و ارزیابی برای تعیین کمیت هر دو اثر حفاظتی بالقوه و محاسبه‌شده برای انتخاب شرایط مختلف دما، رطوبت نسبی و نور وجود دارد. این محاسبه‌گرها و مدل‌ها معمولاً مبتنی بر داده‌ها برای رسانه خاصی هستند اما دارای ارزشی معادل ابزار مرجع برای تخمین اثر دما، رطوبت نسبی و نور برای خانواده‌های اشیاء مشابه می‌باشند. همه این ابزارها به منظور فراهم‌آوری اطلاعات دما و رطوبت نسبی بر گردآوری داده‌ها و پایش محیطی با داده‌بردارها، متکی هستند.

۲-۱-۱۵ ایزوپرم^۲

روش ایزوپرم^۳، ابداع‌شده توسط دونالد سبرا^۴ [198]، آثار حفاظت و نگهداری دما و رطوبت نسبی بر روی کاغذ را ترکیب و تعیین و آن‌ها را به شکل نگاشتاری ارائه کرده و مانند شکل ۷، به عنوان خطوط پایداری ثابت (Iso permanence، یا ایزوپرم‌ها) معرفی می‌کند. در یک محیط خاص، افزایش یک پارامتر محیطی منجر به تغییر در ماندگاری نسبی کاغذ در آن محیط خواهد شد- برای مثال، افزایش دمای فضای داخلی (بدون تغییر رطوبت نسبی) باعث افزایش سرعت پوسیدگی شیمیایی در کاغذ می‌شود. روش ایزوپرم بیانگر آن است

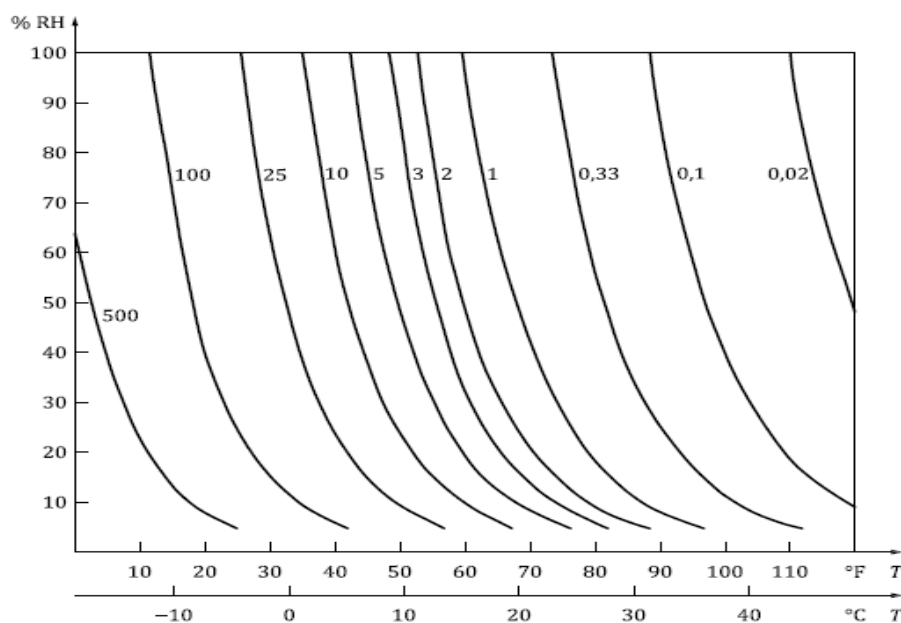
1- Educational and assessment tools

2- Isoperm

3- Donald Sebera

4- Donald Sebera

که با یک تغییر دقیق و متناظر در پارامتر دوم (در این حالت، کاهش دقیق رطوبت نسبی مربوط به آن اتفاق بیفتد)، می‌توان نرخ کلی زوال را بدون تغییر و در حالت اولیه حفظ کرد. برای یافتن ایزوپرم اولیه محیط، می‌توان از دمای موجود یا اولیه و رطوبت نسبی استفاده کرد. مدیران مجموعه با ترکیب مجموعه جدیدی از مقادیر دما و رطوبت نسبی، قادر به یافتن خط ایزوپرم جدید و تعیین تأثیر مثبت یا منفی نسبی در پایداری هستند. ارزش کاربردی روش، تعیین میزان دقیق تخریب برای نوع خاصی از کاغذ نبوده بلکه درخصوص میزان مقایسه‌ای تخریب در دما و رطوبت نسبی مختلف است.



توجه: منبع Sebera [198].

شکل ۷- گرافیک ایزوپرم

۱۵-۱-۳ شاخص حفاظت و نگهداری (PI)^۱ و شاخص حفاظت و نگهداری وزن داده‌شده بر حسب زمان (TWPI)^۲

مؤسسه ماندگاری تصویر^۳ (IPI) تحقیقاتی مشابه با رویکرد ایزوپرم سبرا^۴ را درخصوص فیلم استات انجام داده، دو معیار شاخص حفاظت و نگهداری و شاخص حفاظت و نگهداری وزنی-زمانی را به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری میزان نسبی واپایش شیمیایی مواد آلی، براساس دما و رطوبت نسبی، تولید کرده است.

شاخص حفاظت و نگهداری^۵ (PI)، میزان محاسبه‌شده واپایش شیمیایی، نشان‌دهنده تعداد سال‌های موردنیاز برای تخریب فیزیکی قابل‌توجه در موجودی فیلم استات تازه است. باین‌حال، ارزش بالاتر اعداد PI، همانند

1- Preservation index (PI)

2- Time Weighted preservation index (TWPI)

3- The Image Permanence Institute

4- Sebera's isoperm

۵- محاسبه شاخص حفاظتی به صورت رایگان در سایت www.dpccalc.org در دسترس است.

ایزوپرم‌ها، در آن است که عموماً به‌هنگام اعمال برروی مواد آلی، میزان نسبی تخریب را به‌صورت معقول و منطقی نشان می‌دهند؛ یا به‌عبارت‌دیگر، کیفیت محیط حفاظت و نگهداری را نمایان می‌کنند. در اصل، در صورتی که در یک محیط، دما و رطوبت نسبی اختصاصی آن PI 50 را حاصل کرده و تغییر در شرایط محیطی، PI 100 را به‌همراه آورد، می‌توان چنین استنباط کرد که محیط جدید دارای شرایطی است که طول عمر مواد آلی را دو برابر کرده یا منجر به نصف‌شدن میزان اصلی واپایش شیمیایی می‌شود.

شاخص حفاظت و نگهداری وزنی-زمانی (TWPI)، پاسخ PI به این مشکل است که هم ایزوپرم‌ها و هم PI براساس مجموعه‌های واحدی از شرایط دما و رطوبت نسبی هستند. این معیارهای پوسیدگی برای محیط‌هایی که قادر به حفظ شرایط ثابت هستند و در آن‌ها دما و رطوبت نسبی به ندرت تغییر می‌کند، به‌خوبی قابل‌استفاده است. در حقیقت، بسیاری از تأسیسات انبارش و نمایش مجموعه‌ها در طول یک سال، از نظر شرایط دما و رطوبت نسبی به میزان قابل‌توجهی متغیر بوده، و استفاده از این معیارها را برای ارزیابی طول عمر واقعی در محیط‌های متغیر، غیرقابل‌اعتماد می‌کند. TWPI، IPI را ایجاد کرده است که مقادیر دما و رطوبت نسبی متغیر در طول زمان را به‌صورت یک برآورد واحد از اثرات تجمعی محیط بر میزان پوسیدگی شیمیایی، ادغام می‌کند تا امکان شناخت کامل‌تری از تخریب شیمیایی در محیط‌های حفاظت و نگهداری فراهم شود.

همچنین IPI معیارهایی را ایجاد کرده است که ریسک نسبی سایر پوسیدگی‌های القاشده توسط محیط را تخمین می‌زند، از آن جمله می‌توان به تغییر شکل مکانیکی (انبساط و انقباض فیزیکی ناشی از مقادیر رطوبت)، رشد کپک و خوردگی فلزات، اشاره کرد. معیار آسیب مکانیکی که از درصد تخمینی میزان رطوبت تعادل (EMC)^۱ مواد جاذب رطوبت، مبتنی بر شرایط رطوبت نسبی محیط، استفاده می‌کند، ریسک را براساس حداکثر و حداقل سطح رطوبت در جسم ارزیابی می‌کند - EMC خیلی بالا، ریسک انبساط مکانیکی و آسیب‌های فیزیکی مرتبط از قبیل تورم و تاب‌خوردگی را ایجاد می‌کند. درحالی‌که اگر مقدار آن خیلی کم باشد، ریسک بروز مشکلاتی از قبیل پارگی و از هم پاشیدگی مواد چرمی یا افزایش ریسک در حین جابه‌جایی مواد شکننده را ایجاد می‌کند. معیار ریسک کپک‌زدگی، شرایط دما و رطوبت نسبی را در یک محیط در برابر میزان جوانه‌زنی^۲ سویه‌های متداول کپک‌ها مقایسه کرده و میزان پیشرفت را از طریق جوانه‌زنی محاسبه می‌کند. معیار خوردگی فلز از حداکثر درصد EMC اندازه‌گیری‌شده در مقابل زمان، برای تخمین ریسک نسبی واکنش‌های اکسایش (خوردگی) در آلیاژهای آهن، نقره و مس، استفاده می‌کند.

محاسبه‌گر نقطه شبنم مؤسسه ماندگاری تصویر را می‌توان در این نشانی یافت:

[http:// www.dpcalc.org/](http://www.dpcalc.org/)

1- Equilibrium Moisture Content

2- Germination

۱۵-۲ ابزارهای مدیریت زیست محیطی و ارزیابی‌ها

۱۵-۲-۱ کلیات

تعدادی از ابزارهای مفید آموزشی به صورت برخط در دسترس هستند. به منبع [168] مراجعه شود. این ابزارها برای توضیح مفاهیم اساسی در محاسبات اقلیمی از قبیل ظرفیت گرما، گرمای نهان، فشار بخار اشباع و غیره و اصول فیزیکی زیربنای وضعیت ساختمان‌ها، مفید هستند. چندین ماشین حساب وجود دارد که امکان کشف آثار تغییر پارامترهایی از قبیل دما و رطوبت نسبی بر مصرف انرژی را فراهم می‌سازند.

۱۵-۲-۲ مفاهیم اساسی خرداقلیم^۱

واژه‌نامه‌ای در خصوص متغیرهای خرداقلیم و واحدهای مورد استفاده در فیزیک مرمت.

<http://www.conservationphysics.org/intro/fundamentals.php>

۱۵-۲-۳ تبادل هوا بین یک محفظه و محیط اطراف آن

این مورد مفهوم مبادله هوا در ساختمان‌ها و موارد مورد نمایش، اهمیت آن در تعیین محیط‌های انبارش و نحوه اندازه‌گیری آن را توضیح می‌دهد.

<http://www.conservationphysics.org/airex/airexchange.php>

۱۵-۲-۴ محاسبه گر رطوبت جوی

وسیله‌ای است که دمای حباب تر، نقطه شبنم، فشار بخار، نسبت ترکیب و غلظت رطوبت را با توجه به دمای حباب خشک و رطوبت نسبی، محاسبه می‌کند.

<http://www.conservationphysics.org/atmcalc/atmocalc.php>

۱۵-۲-۵ محاسبه گر مصرف انرژی در موزه‌ها

ابزاری که مصرف انرژی در یک ساختمان را ماه به ماه، با استفاده از اطلاعات شرایط بیرونی و شرایط مورد نظر داخلی، کیفیت عایق‌بندی و شدت تعویض هوا محاسبه می‌کند.

<http://www.conservationphysics.org/atmcalc/enerusecalc.php>

۱۵-۲-۶ محاسبه گر گرمایش حفاظتی

ابزاری که دمای مورد نیاز برای تأمین مقدار رطوبت نسبی مطلوب را با استفاده از اطلاعات دما و رطوبت نسبی محیط، محاسبه می‌کند.

<http://www.conservationphysics.org/atmcalc/consheatcalc.php>

۷-۲-۱۵ محاسبه‌گر برای بار انرژی رطوبت‌زدایی

وسیله‌ای که مصرف انرژی توسط یک رطوبت‌زدا، برای حفظ رطوبت نسبی معین در یک ساختمان را با توجه به دما و رطوبت نسبی ماهانه محیط، ظرفیت حائلی و شدت تعویض هوا محاسبه می‌کند.

<http://www.conservaionphysics.org/atmcalc/dehumidcalc.php>

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

اقتصاد انرژی

واپایش فعال محیط‌های حفاظت و نگهداری برای انبارش مجموعه‌ها، نیاز به درونداد انرژی دارد که معمولاً دارای اجزای متعدد است و برای عملیات مختلف در سامانه مکانیکی یا ساختمان به کار می‌رود. پایدارترین محیط‌های حفاظت و نگهداری، محیط‌هایی هستند که در درجه اول به صورت غیرفعال و هدفمند اداره می‌شوند که در آن ساختمان‌های ساخته شده (بالا یا زیر زمین)، با حائل‌های حرارتی و بخار، مناسب با اقلیم بیرون یا اطراف ساختمان، می‌توانند نقطه شبنم، دما و رطوبت نسبی را در پارامترهای انتخاب شده مؤسسه، حفظ کنند. در حالی که مشخص شده است تأسیسات اینچنینی در مناطق مختلف اقلیمی کار می‌کنند، تقریباً تمام تأسیسات به مقداری درونداد انرژی نیاز دارند - اگر فقط برای روشنایی و الزامات ایمنی انسان باشد - و بسیاری از آن‌ها فرصتی برای صرفه‌جویی انرژی بیشتر در مقایسه با آنچه که در حال حاضر به دست می‌آورند، دارند.

هنگام در نظر گرفتن فرصت‌هایی برای دستیابی به صرفه‌جویی انرژی در محیط‌های حفاظت و نگهداری باید چندین اصل راهنما، رعایت شود:

- صرفه‌جویی انرژی نباید به قیمت از دست رفتن کیفیت مناسب، حاصل شود.
- در صورت امکان، هدف، واپایش غیرفعال محیط‌ها است.
- ریسک‌های مرتبط با آزمایش‌های معیارهای ذخیره انرژی باید بر طبق آن ارزیابی و مدیریت شوند.
- مصرف انرژی زیاد، متداول است.
- مصرف انرژی زیاد اغلب خودآگاهانه نیست.

در نظر گرفتن پایداری و صرفه‌جویی انرژی در محیط‌های حفاظت و نگهداری، اغلب مستلزم ارزیابی مجدد اجزای تشکیل دهنده تأسیسات دارای عملکرد مناسب است. در گذشته، موفقیت را با توانایی حفظ شرایط نقطه تنظیم با توجه اندک به چگونگی دستیابی به آن‌ها، میزان مصرف انرژی و بازده انرژی مصرف شده، تعیین می‌کردند. با توجه به تغییر انتظارات ملی و بین‌المللی از پایداری و صرفه‌جویی انرژی، به همین دلیل نیاز به وجود نهادهای فرهنگی برای تحقق این انتظارات نیز وجود دارد. محیط‌های حفاظت و نگهداری و انبارش مجموعه‌ها اغلب از جمله بخش‌های با عملکرد انرژی بالا در یک مؤسسه فرهنگی هستند. لازم است مؤسسات به دنبال گزینه‌هایی برای صرفه‌جویی انرژی باشند که در چارچوب اهداف حفاظت و نگهداری قابل اجرا هستند.

هدف عملیاتی، یک محیط حفاظت و نگهداری بهینه است - محیطی که بهترین شکل حفاظت و نگهداری را برای مجموعه‌ها با حداقل هزینه انرژی ممکن فراهم می‌آورد که در طول زمان پایداری است.

عملیات غیرفعال دارای بالاترین پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در هر گزینه واپایش محیطی است و به‌سادگی به این معنی است که محیط مجموعه‌ها با مداخله فیزیکی اندک یا بدون مداخله فیزیکی ایجاد می‌شود. محیط‌های مجموعه‌ها ممکن است کاملاً غیرفعال باشند، مانند ساختمان‌های تاریخی یا محیط‌های انبارش زیرزمینی که از دمای زمین و رطوبت طبیعی برای حفظ شرایط انبارش استفاده می‌کنند یا جزیی غیرفعال^۱ باشند، مانند ساختمان‌هایی که از مصالح سنگین ساخته شده‌اند و از ترکیب عایق حرارتی، موانع بخار، و انتقال انرژی غیرفعال زمین، با حداقل مداخله فیزیکی، برای شرایط داخلی استفاده می‌کنند.

همچنین ممکن است ساختمان‌ها کاملاً غیرفعال ساخته شوند با این هدف که بتوان (در صورت نیاز) هوای بیرون را آزادانه از طریق در و پنجره به داخل ساختمان هدایت کرد و در صورت بروز تهدید قابل‌توجه از فضای بیرون، جریان هوا را محدود کرد. در این موارد، می‌توان از طریق خنک‌کننده یا سایر تجهیزات کوچک، مقدار کمی هوا را به جریان انداخت و احتمال ورود ذرات کوچک ناخواسته یا رشد کپک را کاهش داد.

عملیات غیرفعال فصلی نیز در برخی از اقلیم‌های خاص، جایی که واپایش فیزیکی ممکن است در طول یک فصل گرم/مرطوب ضروری باشد اما در یک فصل سرد/خشک می‌توان ساختمان را به‌صورت کامل یا جزئی به‌شکل غیرفعال اداره کرد، می‌تواند گزینه مناسبی باشد. براساس ویژگی‌های ساختمانی، امکان در دسترس بودن سامانه مکانیکی، و نیازهای نگهداری مجموعه‌ها، مؤسسات باید به‌دقت توجه کنند که چه موقع و در صورت نیاز یا تمایل، به مدیریت غیرفعال محیط نیاز دارند. در بررسی صرفه‌جویی انرژی، هدف باید جست‌وجوی فرصت‌هایی برای کاهش مداخله فیزیکی و فراهم‌آوردن محیط مجموعه‌ها برای اداره غیرفعال باشد.

مؤسسات باید نسبت به راه‌حل‌های پایداری یا صرفه‌جویی انرژی که منحصراً مبتنی بر تجهیزات هستند، با احتیاط عمل کنند. درحالی‌که اجزا یا سامانه‌های مکانیکی جدید اغلب به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به نسل‌های قبلی خود از بازدهی انرژی بیشتری برخوردار هستند، اما حتی جدید یا مؤثرترین تجهیزات نیز ممکن است در صورت استفاده نامناسب یا در صورت لزوم به حذف بار انرژی بیشتر از حد نیاز، از عملکرد بهینه‌شان کاسته شود. به‌طور معمول، هدف باید دستیابی به عملکرد بهینه با همین سامانه مکانیکی متداول موجود باشد و این فرایند اجازه دهد تا اطلاعات مربوط به تغییرات یا به‌روزرسانی تجهیزات در آینده را که ممکن است مناسب یا ضروری باشند، برای بهینه‌سازی بیشتر محیط نگهداری یا بهبود صرفه‌جویی انرژی فراهم سازد. در صورت انتخاب تجهیزات جدید، باید اطمینان حاصل شود که عملکرد آن‌ها بهینه شده است.

همان‌طور که در بندهای ۶ و ۷ اشاره شد، استفاده از گستره‌ای از مشخصات قابل‌قبول حفاظت و نگهداری به‌خصوص در محیط‌های فصلی می‌تواند فرصت قابل‌توجهی برای تضمین صرفه‌جویی انرژی و بهبود کیفیت حفاظت و نگهداری فصلی باشد. هدف، مصرف انرژی کمتر در بیرون ساختمان برای رسیدن به یک محیط داخلی مطلوب است. معمولاً ایمن‌ترین راه رسیدن به این هدف در یک محیط انبارش این است که اجازه

1- Partially passive

دهیم محیط داخلی انبارش مجموعه‌ها به‌طور طبیعی به سمت محدودیت‌های فصلی کشیده شود (خواه دما یا رطوبت نسبی بالاتر خواه دما یا رطوبت نسبی پائین‌تر). با انتخاب نقاط تنظیم داخلی سردتر و رطوبت نسبی پایین‌تر (اما هنوز در محدوده مطمئن) در طول فصول سرد/ خشک، مؤسسات اغلب می‌توانند در انرژی و هم در گرمایش و رطوبت، صرفه‌جویی کنند. در طول فصول گرم/ مرطوب، مؤسسات ممکن است بخواهند از رطوبت نسبی بالاتری استفاده کنند که هنوز هم در محدوده مطمئن برای موادی قرار دارد که به رطوبت‌زدایی کلی کمتری احتیاج داشته و صرفه‌جویی در انرژی ممکن است با تأثیر حداقلی بر کیفیت کلی حفاظت و نگهداری انجام شود.

اگرچه شرایط فصلی در سطح جهانی متفاوت است، اما مناطق مختلف ممکن است فصول سرد/ مرطوب و گرم/ خشک یا در کل، تغییر فصلی بسیار کمی را تجربه کنند. چهار اصل کلی هنگام بررسی صرفه‌جویی انرژی اعمال می‌شود:

- انتخاب نقاط تنظیم دمای سردتر هنگامی که دمای هوا در فضای بیرون سردتر است (ضمن اینکه رطوبت نسبی مناسبی نیز حفظ می‌شود)؛
- انتخاب نقاط تنظیم دمای گرم‌تر هنگامی که دمای هوا در فضای بیرون گرم‌تر است (ضمن اینکه رطوبت نسبی مناسب نیز حفظ می‌شود)؛
- یک استثناء مهم: در صورت رطوبت‌زدایی با روش خنک‌سازی و گرمایش مجدد، نقاط تنظیم دمای گرم‌تر، انرژی بیشتری مصرف می‌کنند؛
- انتخاب نقاط تنظیم رطوبت نسبی بالاتر هنگامی که دمای هوا در فضای بیرون مرطوب است یا رطوبت‌زدایی در هر زمان؛
- انتخاب نقاط تنظیم رطوبت نسبی پایین‌تر هنگامی که دمای هوا در فضای بیرون خشک است یا هر زمان که رطوبت دارد.

تغییرات فصلی بین این شرایط ممکن است نشان‌دهنده تغییرات منظم در دمای داخلی و رطوبت نسبی باشد. تحقیقات نشان داده است که به‌طور کلی، میزان و درجه تغییرات محیطی تا زمانی که محیط در محدوده فصلی مناسب تعیین شده برای دما و رطوبت نسبی، آن‌طور که در مشخصات دما و رطوبت نسبی آمده است باشد، تأثیر کمی بر حفاظت و نگهداری مواد مجموعه‌ها می‌گذارد [137]. قبل از تعیین نقاط تنظیم فصلی برای مؤسسه، با همکاران مهندسی در گروه محیطی مشورت کنید تا اطمینان حاصل شود که این رهنمودهای عمومی با طراحی و عملیات سامانه مکانیکی خاص مؤسسه کار خواهد کرد.

به‌طور کلی -از آنجا که مقادیر بیشتری از هوای بیرون از طریق سامانه مکانیکی مستقیماً وارد محیط داخلی می‌شوند - استفاده از راهبردهایی مانند خارج کردن هوا یا «خنک‌کننده آزاد» در محیط‌های مجموعه‌ها توصیه نمی‌شود. این راهبردها معمولاً با واپایش دمای محسوس یا آنتالپی (محتوای کل انرژی) اجرا می‌شوند که به‌طور مناسب میزان رطوبت حقیقی که وارد ساختمان می‌شود را گزارش نمی‌دهند. هر راهبرد صرفه‌جویی در هوای بیرون باید از تفاوت بین نقاط شب‌نمی بیرونی و داخلی به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده

استفاده کند. توجه داشته باشید که مقدار زمانی که هم دمای هوای بیرون و هم نقطه شبنم می‌تواند برای محیط داخلی مفید واقع شود، ممکن است بسیار ناچیز باشد.

در مواردی که درصد کمی از مجموعه‌ها به شرایط محیطی با انرژی بیشتری نیاز دارند (مانند انبارش سرد برای فیلم‌های استات و نیترات یا گستره رطوبت نسبی محدود برای منابع و کاغذ پوستی^۱ و پارشمنت)، به‌طور معمول این شرایط با استفاده از محیط‌های کوچک برای تهویه کل محیط حفاظت و نگهداری مجموعه برای رسیدن به شرایط دقیق‌تر ایجاد می‌شوند. محیط‌های کوچک، خواه به‌صورت پوشش‌های محافظ یا محیط‌هایی به‌صورت مخزن‌های کوچک، ضمن محدود کردن هرگونه مصرف انرژی اضافی با حجم کوچک انبارش، شرایط محیطی مناسبی را برای منابع مورد نظر فراهم می‌سازند. توجه داشته باشید که ممکن است برخی از محیط‌های کوچک از راه‌های کاملاً غیرفعال ایجاد شوند (از قبیل کمد درز بندی شده، مخزن چندطبقه، استفاده از سیلیکا ژل و موادی مانند آن برای جلوگیری از ورود و خروج رطوبت) که باعث بیشتر شدن صرفه‌جویی انرژی می‌شود.

بسیاری از انواع ناکارآمدی انرژی، در مشاهده عادی شرایط محیطی خود را نشان نمی‌دهند. حتی اگر دما و رطوبت نسبی محیط مجموعه‌ها با مشخصات مورد نظر مطابقت داشته باشد، فرایندهای فیزیکی مختلف می‌توانند از انرژی بیشتری برای ایجاد این شرایط استفاده کنند. اگرچه احتمال عملکردهایی با بازده کم وجود دارد، برخی روش‌های عملیات معمول که در آن می‌توان از انرژی اضافی استفاده کرد که الزاماً در شرایط محیطی مجموعه‌ها ظاهر نمی‌شود، شامل موارد زیر است:

- استفاده زیاد از هوای بیرون؛
- گردش هوای زیاد؛
- بهره‌برداری فیزیکی زیاد؛
- حداکثر بهره‌برداری غیرضروری؛
- تصفیه بیش از اندازه؛
- رطوبت‌زدایی نادرست فصلی.

هوای بیرون تقریباً در کلیه ساختمان‌ها به‌عنوان وسیله‌ای برای حفظ کیفیت مناسب هوا برای حضور افراد، تبادل هوا برای از بین بردن آلاینده‌های داخلی، حفظ فشار مثبت نسبت به محیط بیرونی و تهویه عمومی استفاده می‌شود. به‌طور معمول در محیط‌های انبارش مجموعه‌ها از همان مقدار هوایی استفاده می‌شود که برای یک دفتر یا فضای عمومی استفاده می‌شود. با این حال، در صورت عدم استفاده محیط‌های انبارش، مجموعه‌ها معمولاً به فضای کمتری نسبت به فضاهای اشغال شده مشابه احتیاج دارند. مجموعه‌ها برای اهداف سلامتی به هوای تازه احتیاج ندارند و کاهش مقدار هوای بیرون می‌تواند عملکرد تصفیه (هم ذرات و گازها) را کاهش داده و میزان فعالیت واپایش دما و رطوبت که باید انجام شود را کاهش دهد. سامانه‌های واپایش

دی اکسید کربن و/ یا عملیات زمانبندی شده ورود هوای بیرون می تواند درحالی که هنوز مقادیر مناسبی از هوای تازه را تأمین می کنند، مقدار کل هوای بیرون وارد شده به سامانه را کاهش دهند.

توصیه می شود، مؤسسات تلاش کنند از حداقل هوای بیرون در محیط های انبارش استفاده کنند - این مقدار ممکن است با مقدار هوای توصیه شده برای فضاهایی که به طور مداوم افراد در آن حضور دارند، کاملاً متفاوت باشد. حتی در فضاهایی که در طول روز کاری افراد در آن حضور دارند، جابه جایی هوا، خارج از ساعات کار امکان پذیر خواهد بود.

محیط های مجموعه ها به ندرت به گردش هوای ثابت نیاز دارند. بسته به شرایط اطراف و یا کیفیت پوشش بیرونی، راهبردهای صرفه جویی در انرژی مانند خاموش کردن یا بستن سامانه های مکانیکی واپایش شده و پر ریسک، ممکن است مناسب باشد. واپایش، عملیات خنک کننده های سامانه مکانیکی با سرعت کامل و ثابت، متداول می باشد و این به ندرت برای بهینه کردن صرفه جویی انرژی است. در مواردی که محیط های کوچک و نامناسب و یا مورد نگران کننده ای وجود داشته باشد، مقداری گردش هوا می تواند در کاهش این شرایط و محافظت از مجموعه ها در برابر شرایط شدید محیطی و شیوع کپک کمک کند.

خاموشی، یعنی از کار انداختن کامل سامانه مکانیکی که معمولاً طبق یک برنامه زمانی مشخص (تعداد مشخصی از ساعت در روز) در نظر گرفته می شود. همچنین ممکن است محدودیت های ایمنی را در خود جای دهد تا در صورت تغییرات بیش از اندازه شرایط داخلی، سامانه مکانیکی برای غلبه بر تغییرات محیطی، روشن شود.

رفع اشکال می تواند به صورت کاهش سرعت خنک کننده با تغییر فرکانس (یا براساس برنامه یا براساس درخواست) یا با تنظیمات در نقاط تعیین شده که تنظیمات دما متداول ترین آن ها است، شکل بگیرد.

هر دو راهبرد به دنبال دستیابی به عملیات غیر فعال تر، برای محیط مجموعه ها هستند - خاموشی با به حرکت درآوردن فضا و تغییرات عمده روزانه دما (به طور معمول 1°C تا 2°C) و شرایط رطوبت نسبی و رفع اشکال فقط با استفاده از گردش هوا به همان اندازه که برای حفظ محیط لازم است، استفاده مؤثرتر از پوشش های محافظتی ساختمان به عنوان واپایش اولیه محیطی. هیچ روش تجربی برای رسیدن به این راهبردها وجود ندارد - بلکه هدف این است که برای تعیین حداقل عملیات خنک کننده مورد نیاز برای نگهداری محیط حفاظت و نگهداری در تغییر شرایط، با سرعت ها و زمان های عملیاتی، آزمایش شود.

نسبت مجموعه ها به هوا در یک حجم خاصی از فضا همچنین می تواند تأثیر قابل توجهی بر میزان انرژی لازم برای نگهداری شرایط محیطی داشته باشد. مجموعه های کتابخانه ای و آرشیوی به دلیل توانایی در نگاه داشتن انرژی گرمایی و رطوبت، اگر حجم کافی از مواد در مقایسه با حجم هوا وجود داشته باشد، می توانند محیط های خاص خود را حائل کنند. ظرفیت حائلی متغیر است اما در محیط های انبارش با چگالی بالا، به ویژه با استفاده از قفسه بندی فشرده، ظرفیت حائلی به قدر کافی می تواند به سایر روش های صرفه جویی انرژی مانند خاموش شدن ها و رفع مشکلات سرعت خنک کننده کمک کند و همچنین باعث کاهش حجم کلی هوا در فضای مورد نیاز شود.

عملیات «اوج» غیرضروری معمولاً در محیط‌هایی مشاهده می‌شود که فقط بخش‌های کوچکی از سال در شدیدترین شرایط در فضای بیرون (شدیدترین شرایط سالانه گرم، خنک، خشک یا مرطوب) قرار می‌گیرند. سامانه‌های مکانیکی معمولاً طوری طراحی شده‌اند که بتوانند بر بیشینه درجه حرارت و رطوبت غلبه کنند. اگر آنها حتی در شرایط غیر اوج هم با همان عملیات اوج فعالیت کنند، احتمالاً باعث هدر رفتن انرژی خواهند شد. راهکارهای غلبه بر این امر از کاهش جریان هوا تا استفاده از میانگین نقاط تنظیم شده در طول عملکرد غیر اوج متفاوت است. برای تعیین چگونگی عملیات سامانه‌های مکانیکی در شرایط غیر اوج در فضای بیرون، گروه محیطی باید با هم کار کنند.

تصفیه ذرات کوچک نامطلوب یا ترکیبات گازی از جریان هوا نیاز به مصرف انرژی (از طریق عملکرد خنک‌کننده) برای حرکت هوا از طریق تصفیه ترکیبات و همچنین به تعویض دوره‌ای صافی نیاز دارد. هوای بیرون به‌طور معمول بزرگترین منبع ذرات و آلاینده‌های گازی است. تصفیه برای محیط‌های مجموعه‌ها می‌تواند شامل سه مرحله باشد:

- ذرات درشت: G4 (EN 779) یا MERV 8 معادل، استاندارد صافی‌های دارای صفحات مواج^۱؛
- ذرات ریز: F7 (EN 779) یا MERV 13 معادل یا بهتر، جعبه یا پاکت صافی؛
- تصفیه گازی: کربن، پرمگنات پتاسیم یا سایر صافی‌ها برای خارج کردن استیک اسید، نیتروژن دی‌اکسید (NO_2)، گوگرد دی‌اکسید (SO_2)، ازن و سایر آلاینده‌های گازی (به پیوست ۳ مراجعه شود).

دو مورد اول در اکثر سامانه‌های مکانیکی که طراحی شده‌اند برای محیط‌های حفاظت و نگهداری استاندارد هستند، در صورتی که تصفیه گازی اغلب در محیط‌های شهری یا جایی یافت می‌شوند که تشکیل آلاینده‌های غیرگازی از مجموعه‌ها یا محیط ساختمانی اهمیت دارد. برای بهره‌وری و صرفه‌جویی انرژی، صافی‌های ذرات باید به‌طور مرتب یا براساس یک برنامه زمانی یا براساس یک شاخص عملیاتی، مانند افت فشار هوا در سطح صافی (با پر شدن صافی‌ها، افت فشار افزایش می‌یابد) تعویض شوند.

تصفیه گازی در هنگام به گردش درآوردن هوای موردنیاز برای انتقال هوای داخل صافی، به انرژی زیادی نیاز دارد. به دلیل دشواری و هزینه تعویض صافی، معمولاً بانک‌های تصفیه گازی را ایجاد می‌کنند که یا به برق وصل شده‌اند یا کاملاً قطع شده‌اند. صافی‌های مسدودشده می‌توانند باعث افزایش مصرف انرژی شوند زیرا خنک‌کننده‌ها برای جابه‌جایی هوا در داخل آنها زیادتر کار می‌کنند یا اگر خنک‌کننده نتواند به اندازه کافی هوا را از طریق صافی مسدودشده جابه‌جا کند، می‌تواند در نگهداری شرایط محیطی در فضا مشکل ایجاد کند. اگر بانک‌های صافی گازی کاملاً برداشته شود، خنک‌کننده ممکن است با سرعت زیاد موردنیاز هنگام نصب صافی، کار کنند. کاهش مقدار هوای بیرون می‌تواند به میزان قابل‌توجهی، حجم آلاینده‌های گازی که باید تصفیه شود را کاهش دهد و پژوهش‌های اخیر (به مرجع [240] مراجعه شود) نشان می‌دهند که مزیت

1- Pleated filters

حفظ تصفیه گازی ممکن است به اندازه کافی برای تحمل هزینه های مصرف انرژی/صافی، کافی نباشد. نظارت بر آلاینده های داخلی، برای تعیین نیاز بالقوه به تصفیه گازی توصیه می شود.

علاوه بر ویژگی های دما و رطوبت نسبی فصلی نه چندان مطلوب، برخی از فرایندهای فیزیکی نامناسب فصلی مربوط به واپایش دما و رطوبت نسبی می توانند صرفه جویی انرژی را کاهش دهند. درحالی که این فرایندها از استفاده غیرمؤثر و نامناسب فصلی از روش از پیش گرم کردن تا استفاده نه چندان بهینه از سامانه ها متفاوت باشند، یکی از متداول ترین مسائل، عملیات رطوبت زدایی نامناسب در فصول خشک است. در مناطق جغرافیایی با شرایط مرطوب و خشک فصلی، به طور معمول حداقل برای بخشی از سال، رطوبت زدایی ضروری است که اغلب از طریق خنک سازی/گرمایش مجدد یا خشک کردن از طریق رطوبت زدایی، انجام می شود. یافتن طرح هایی، برای اطمینان پیدا کردن از اینکه رطوبت زدایی همواره انجام می شود، که در آن کوئل خنک کننده یا دستگاه رطوبت گیر طوری عمل می کنند که گویا همواره حتی زمانی که نقطه شبنم بیرون ساختمان کمتر از نقطه شبنم مطلوب داخل است و هیچ منبع رطوبت داخلی وجود ندارد، رطوبت زدا هستند، به همین اندازه متداول است. نتیجه کار، مصرف انرژی قابل توجه است. خنک کننده نامطلوب به این معنی است که در صورت عدم نیاز به رطوبت زدایی، کوئل های گرمایشی برای تأمین شرایط هوای مناسب برای خنک شدن یا در شرایط شدیدتر برای گرم کردن فضا، مجبور شود که زیادتر کار کند. در صورت استفاده از یک خشک کن رطوبت گیر، گرما به جریان هوا وارد می شود که احتمالاً در مقایسه با زمانی که سامانه خشک کن خاموش است، به انرژی بیشتری برای خنک شدن و رسیدن به شرایط هوای مناسب نیاز خواهد داشت. در هر دو مورد، مزیت هر گونه رطوبت سازی که ممکن است در پایین دست انجام شود را می توان نفی کرد، زیرا فرایند رطوبت زدایی ممکن است دفعه بعد که هوا از سامانه عبور می کند، این رطوبت را از بین ببرد. اطمینان از اینکه سامانه مکانیکی حداقل کار ضروری را انجام می دهد - خصوصاً با توجه به عملکرد فصلی - می تواند به طور سریع پیشرفت های قابل توجهی در صرفه جویی انرژی به دنبال داشته باشد.

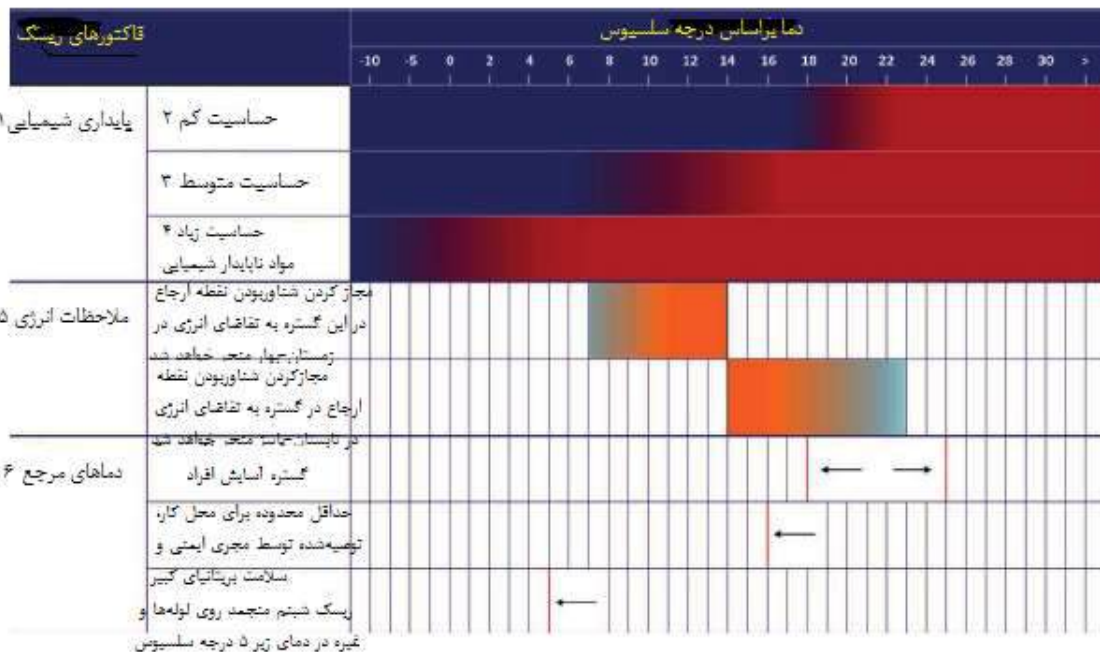
همچنین ممکن است بهره وری و صرفه جویی سامانه مکانیکی تحت تأثیر عوامل محیطی در محیط مجموعه ها باشد. علاوه بر نفوذ هوا و رطوبت از طریق پوشش، روشنایی به طور معمول بزرگترین تأثیر را بر بار انرژی یک فضای محیطی دارد. اکثر شکل های روشنایی دو مرتبه انرژی مصرف می کنند: یکبار برای تأمین انرژی از خود منبع نور و مجدداً در سامانه مکانیکی برای از بین بردن گرمای حاصل از روشنایی. در صورتی که افزایش استفاده از لامپ های LED تا حدودی شدت مصرف انرژی و تولید گرما را کاهش می دهد، بهره وری در مصرف باید صرف نظر از مصرف انرژی اعمال شود و روشنایی LED هنوز هم می تواند باعث ایجاد آسیب های مرتبط با نور مجموعه ها شود. همه مؤسسات باید خواه با اجرای پیش نویس های بهتر در مورد زمان روشن شدن چراغ ها و اینکه کدام چراغ ها روشن شوند و خواه با جست و جوی گزینه های واپایش خودکار مانند حسگرهای حرکت یا زمان سنج، به دنبال روش هایی برای صرفه جویی در زمینه روشنایی باشند. روشنایی امنیتی در خارج از ساعت کار ممکن است مقادیر انرژی قابل مقایسه با انرژی مورد استفاده در طول ساعات کاری را مصرف کند.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

تأثیر دما

یک بازنمایی دیداری از ریسک نسبی آسیب و زوال ناشی از دما، به همراه نیاز نسبی انرژی برای حفظ دمای خاص، در شکل ب-۱ ارائه شده است.



شکل ب-۱: ریسک نسبی آسیب و زوال در اثر دما

- ۱- ثبات شیمیایی: این گستره‌ها نشان‌دهنده آن است که دماهای بالاتر منجر به تسریع نرخ تخریب شده است که با درجه‌بندی از آبی تا قرمز نمایش داده می‌شود.
- ۲- حساسیت کم: موادی که سرعت واکنش آن‌ها به میزان کمتری تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد؛ مانند: سرامیک و شیشه.
- ۳- حساسیت متوسط: موادی که سرعت واکنش آن‌ها به میزان متوسطی تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد؛ مانند کاغذ.
- ۴- حساسیت بالا: موادی که سرعت واکنش آن‌ها به میزان بالایی تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد؛ مانند: پلاستیک و فیلم.
- ۵- ملاحظات انرژی: این گستره تقاضای انرژی را نشان می‌دهد. رنگ آبی روشن، تقاضای انرژی کمتری را نشان می‌دهد و نارنجی حاکی از تقاضای انرژی بیشتر است.
- ۶- دماهای مرجع: دماهای مرجع شامل هدف مقایسه است. گستره آسایش انسان بین 18°C تا 25°C است در حالی که حد پایین حضور افراد در محیط کار، اغلب توسط استانداردهای ملی تعیین می‌شود. هیچ سطح حداقلی برای نمایشگاه‌هایی که در شرایط خارج از گستره راحتی انسان برگزار شود، وجود ندارد. در دمای زیر صفر درجه سلسیوس، ریسک فزاینده انجماد در ساختار بنا، یخ‌زدگی لوله‌ها و غیره وجود دارد.

یادآوری ۱- با افزایش دما، سرعت واکنش‌های شیمیایی به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد. یک تخمین عملی برای مواد آلی نسبتاً پایدار، دوبرابر شدن سرعت واکنش با افزایش دما به میزان 5°C است.

یادآوری ۲- در صورتی که که دوره قرارگیری در معرض گرما برای پاسخ دمایی کافی باشد (دقیقه تا ساعت برای بیشتر مجموعه‌ها)، دوره‌های کوتاه و طولانی دمای پایین از نظر آسیب‌های احتمالی فیزیکی تفاوتی ندارند؛ مگر در موارد خاصی، از قبیل خروج نرم‌کننده‌ها^۱ از پلاستیک یا روان‌سازها^۲ از نوار مغناطیسی.

یادآوری ۳- موارد زیادی از قرارگیری مجموعه‌های هنری قوم‌شناسی و تزئینی در معرض دمای 30°C در کشورهای سرد یا به‌دنبال استفاده از دمای پایین برای واپایش آفات، مشاهده شده است. بررسی نتایج نشان‌دهنده آن است که در اغلب موارد خسارات قابل‌مشاهده‌ای، فراتر از چند شکستگی کوچک وجود نداشته است.

یادآوری ۴- دماهای پایین، به‌دلیل تغییر T_g ، می‌توانند باعث تُردش (شکندگی)^۳ مواد شوند.

یادآوری ۵ - به BSI / PAS 198: 2012، شکل پ-۱ مراجعه شود [46].

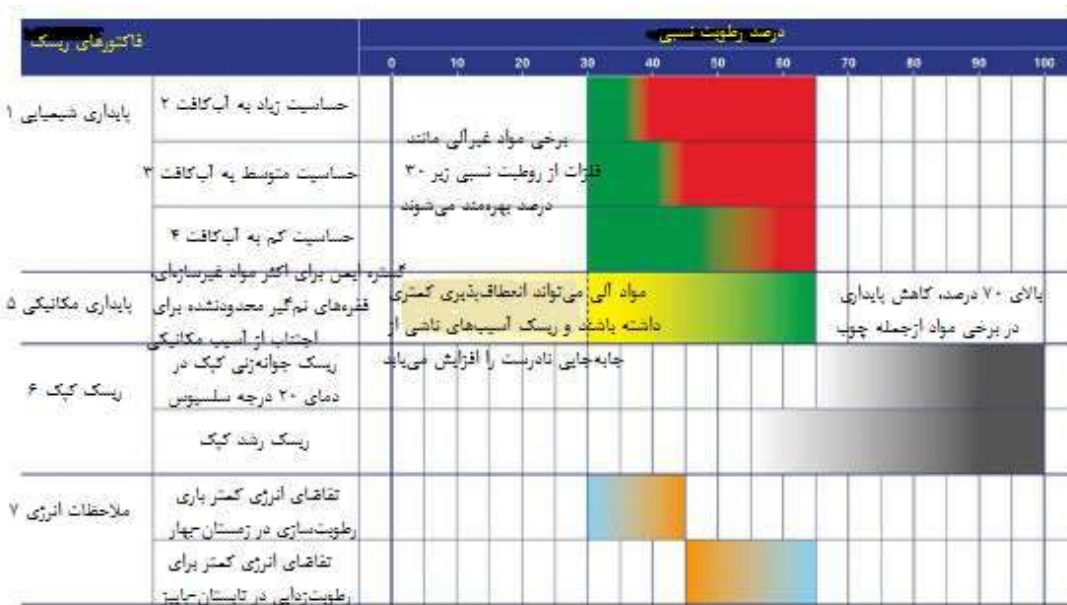
1- Plasticisers
2- Lubricants
3- Embrittlement

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

تأثیر رطوبت نسبی

بازنمایی دیداری از ریسک نسبی آسیب و زوال ناشی از رطوبت نسبی، به همراه نیاز نسبی انرژی برای حفظ رطوبت نسبی خاص، در شکل پ-۱ ارائه شده است.



شکل پ-۱: ریسک نسبی آسیب و زوال در اثر رطوبت نسبی

- ۱- ثبات شیمیایی: این گستره‌ها نشان‌دهنده آن است که رطوبت نسبی بالاتر منجر به تسریع میزان تخریب شیمیایی ایجاد شده توسط رطوبت شده که با درجه‌بندی از سبز تا قرمز نمایش داده می‌شود.
- ۲- حساسیت بالا به آب‌کافت: مواد دارای تعداد تقریباً زیاد گروه‌های شیمیایی حساس به آب‌کافت در زنجیرهٔ بسپاری، از قبیل: چرم و منسوجات اسیدی شده از طریق آلودگی، فیلم استات سلولز.
- ۳- حساسیت متوسط به آب‌کافت: موادی با حضور تقریباً متوسط گروه‌های شیمیایی حساس به هیدرولیز در زنجیرهٔ بسپاری، برای مثال: برخی از کاغذهای با خمیر چوبی.
- ۴- حساسیت کم به آب‌کافت: موادی با حضور تقریباً کم گروه‌های شیمیایی حساس به آب‌کافت در زنجیرهٔ بسپاری. از قبیل: کاغذ تولید شده با خمیر پارچه، فیلم پلی‌استر.
- ۵- پایداری مکانیکی: ناحیهٔ زرد رنگ محدوده‌ای را نشان می‌دهد که در آن ریسک آسیب فیزیکی بیشتر است، در حالی که منطقهٔ سبز رنگ محدوده‌ای را نشان می‌دهد که در آن ریسک آسیب فیزیکی کمتر است. در ناحیه با

رطوبت نسبی زیر ۳۰٪، علی‌رغم کاهش میزان تخریب مواد شیمیایی، ریسک آسیب به مواد آلی در نتیجه جابه‌جایی نادرست افزایش می‌یابد. در منطقه با رطوبت نسبی بالاتر از ۷۰٪، برای برخی از مواد، برای مثال چوب، پایداری مکانیکی کاهش می‌یابد.

۶- ریسک کپک: مناطقی که به رنگ خاکستری نشان داده شده است، حاوی هشدار رطوبت نسبی بالاتر از ۶۵٪ برای جلوگیری از جوانه‌زنی کپک در دمای 20°C است. درجه‌بندی به خاکستری تیره نشان‌دهنده افزایش ریسک رشد کپک و زمان سریع‌تر جوانه‌زنی است. همچنین شایان ذکر است رویش و رشد کپک وابسته به دما هستند.

۷- ملاحظات انرژی: این گستره، تقاضای انرژی را نشان می‌دهد؛ رنگ آبی روشن حاکی از تقاضای کمتر و نارنجی نشان‌دهنده تقاضای بیشتر است.

یادآوری ۱- پژوهش‌های اخیر صورت‌پذیرفته در مورد مواد چندسازه (کامپوزیت‌های)^۱ چندلایه آزمایشی ساده ساخته‌شده از مواد سنتی (برای مثال: چوب، رنگ روغنی، بتونه گچی^۲، و ژلاتین)، نشان‌دهنده آن است که برای حصول شکستگی در یکی از لایه‌ها، به دلیل کشش یا فشرده‌سازی، نوسان رطوبت نسبی به میزان حداقل $\pm 15\%$ مورد نیاز است؛ برخی از فقره‌ها موجود در مجموعه از لحاظ ساختاری نسبت به مواد چندسازه (کامپوزیت‌های) آزمایشی حساس‌تر هستند و برخی از مواد با افزایش قدمت، ضعیف می‌شوند؛ بنابراین برخی از فقره‌ها مجموعه قدیمی‌تر ممکن است با نوسانات کوچک‌تر دچار شکستگی شوند.

یادآوری ۲- در رطوبت نسبی ۷۵٪ و بالاتر، با هر ۵٪ افزایش در رطوبت نسبی، ابعاد فقره‌ها به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد. لایه‌های مهارشده، به خصوص در چوب، فشردگی برگشت‌ناپذیری را متحمل می‌شوند که باعث ایجاد حساسیت بیشتر به شکستگی در دوره‌های با رطوبت نسبی پایین می‌شود. برای مثال، ژلاتین موجود در چسب‌های حیوانی، آهار کاغذ و لایه‌های تصاویر عکاسی از یک ماده قوی محکم، به یک ماده چسبنده ضعیف، تغییر یافته و باعث می‌شود لایه‌های متصل از هم جدا شده و عکس‌ها به هم بچسبند. کاغذ و پارشمنت موادی را از خود آزاد می‌کنند که منجر به بروز چین و چروک دائمی آن‌ها می‌شود و تمام شکل‌های خوردگی فلزات چندین برابر افزایش می‌یابد.

یادآوری ۳- به منبع [146] مراجعه شود.

یادآوری ۴- به BSI / PAS 198: 2012، شکل ت-۱ مراجعه [46] شود.

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

آسیب مواد در ارتباط با دما و رطوبت نسبی

راهنمایی در مورد آسیب و زوال و ریسک‌های مرتبط با دما و رطوبت نسبی (RH) در جدول ت-۱ برای انتخاب مواد معرف موجود در مجموعه‌ها ارائه شده است.

آسیب، زوال و ریسک‌های توصیف‌شده، مبتنی بر شواهد موجود در انتشارات پژوهشی ارجاع داده شده که جزئیات آن در کتابنامه ارائه شده است. به نظر می‌رسد، برخی از مداخل کامل‌تر از سایرین هستند. وجود مداخل کامل‌تر منعکس‌کننده بدنه موجود از شواهد تجربی منتشرشده است. با این حال، در برخی موارد، نیاز به وجود شواهد بیشتر، واضح است.

بسیاری از فقره‌های مجموعه، اشیاء چندسازه بوده و دارای ساختاری تشکیل‌یافته از تعدادی مواد مختلف هستند. هریک از عناصر این ساختارهای متنوع، با گذشت زمان، در برابر تغییر و تخریب آسیب‌پذیر هستند که غالباً در نتیجه شرایط نامساعد و متغیر محیطی در طی دوره‌های طولانی، صورت می‌پذیرد. این اشیاء غالباً تحت تأثیر نوسانات رطوبت نسبی در دوره‌های کوتاه قرار دارند. علاوه بر این، اشیاء چندسازه‌ای به شیوه‌ای پیچیده‌تر از مجموع اجزای آن‌ها رفتار می‌کنند. تعمیرهای تاریخی و مرمت‌های قبلی نیز می‌توانند آسیب‌پذیری یک فقره موجود در مجموعه را افزایش دهند.

ماده	آسیب و زوال	ریسک	شاهد
فیلم	- رطوبت نسبی پایین (زیر ۳۰٪): باعث از بین رفتن ژلاتین و لایه‌های نامیزه (امولسیون) تحت تأثیر رطوبت شده، در نتیجه منجر به پوسته‌پوسته شدن و/یا لایه‌لایه شدن آن می‌شود. - پایداری رطوبت نسبی بالا (بالتر از ۵۰٪): لایه ژلاتین نرم و چسبنده می‌شود، زوال زیستی. - رطوبت نسبی بالا (بالتر از ۵۰٪): و دمای بالاتر از ۷ °C سرعت پوسیدگی شیمیایی تصویر رنگی، فیلم نیترات و استات را تسریع می‌کند و می‌تواند موجب زوال شیمیایی شود؛ برای مثال: خارج شدن روان‌سازها.	- تغییر شکل دائمی فیلم (شکنندگی یا پیچ‌خوردگی)؛ از دست دادن اطلاعات؛ «بسته شدن» حلقه فیلم (چسبندگی لایه ژلاتینی به محفظه فیلم یا قسمت‌های مجاور فیلم). - نابودی نامیزه ناشی از رشد قارچ. - سندرم سرکه در فیلم استات. - از دست دادن اطلاعات.	BS 1153 [237] ISO 18934 [14] Reference [131] Reference [144]
جوهر: جوهر	- میزان تغییر بستگی به بستر (معمولاً کاغذ)،	تغییر تدریجی کیفیت تصویر	Reference [48]

شاهد	ریسک	آسیب و زوال	ماده
Reference [90] Reference [103] Reference [134]	رقمی، با ازبین رفتن تصویر و ارزش ذاتی همراه است.	ترکیب جوهر (برای مثال: مبتنی بر رنگ یا مبتنی بر جوهر) و تعامل بین آن‌ها دارد. - دما: در دمای 20°C تا 30°C (در صورتی که رطوبت نسبی زیر ۶۰٪ باشد)، اکثر جوهرهای رقمی پایدار هستند. - دمای بالا (بالتر از 45°C): خروج رنگ. - دمای بالا (بالتر از 35°C): در رطوبت نسبی ۵۰٪ افزایش چگالی و زردی لایه پشتیبان کاغذ. - رطوبت نسبی بالا: در رطوبت نسبی بالای ۶۰٪، خروج رنگ. تغییر در ۶۰٪ در دماهای متوسط (16°C - 18°C برای برخی از رنگ‌ها).	دیجیتال
Reference [112]	- خوردگی جوهر در نهایت منجر به ازبین رفتن لایه پشتیبان مواد می‌شود که منجر به از بین رفتن مناطق دارای جوهر و در نتیجه از بین رفتن اطلاعات می‌شود. در مراحل اولیه زوال، خطوط جوهر در هنگام دست‌زدن مستعد ترک خوردگی هستند.	- داده‌ها حاکی از آن است که جوهرهای آهن مازو هم به اکسایش و هم به آب‌کافت حساس هستند. حالت دوم به‌ویژه با دما و رطوبت نسبی بالا به‌طور قابل‌توجهی تسریع می‌شود. نگهداری بلندمدت با نگهداری در شرایط خنک یا سرد، مشابه حالت مورد استفاده برای کاغذهای اسیدی دارای آهار کلوفان (Rosin)، قابل‌دستیابی است. سطح فعلی دانش، رطوبت نسبی با محدوده $\pm 10\%$ درصد و دمای $\pm 5^{\circ}\text{C}$ را در هر بازه زمانی، پیشنهاد می‌کند.	جوهر: جوهر آهن مازو
Reference [43] Reference [51]	- زوال ساختاری و ازبین رفتن ساختار پروتئین، ایجاد لکه‌ها و تغییر رنگ به دلیل رشد قارچ. ازبین رفتن ارزش ذاتی.	- درجه حرارت بالا: بالاتر از 20°C موجب افزایش میزان تخریب ناشی از مواد شیمیایی می‌شود. اکسایش پروتئین و تانن‌ها منجر به ازبین رفتن پایداری و سخت شدن آن می‌شود. - رطوبت نسبی کم: رطوبت نسبی پایین‌تر از ۵۰٪، خشک شدن منجر به تردش و سایر تغییرات فیزیکی می‌شود. - رطوبت نسبی بالا: در رطوبت نسبی بالاتر از ۶۰٪ ممکن است کپک‌زدگی ایجاد شده و چروک‌ها منجر به شکنندگی می‌شوند.	چرم
Reference [41]	- تردی ناشی از آب‌کافت یا	- رطوبت نسبی بالا: بالاتر از ۶۵٪، ریسک زوال	کاغذ

شاهد	ریسک	آسیب و زوال	ماده
Reference [138] Reference [198] Reference [207] Reference [230]	اکسایش. دگررنگش (تغییر رنگ) ناشی از تخریب شیمیایی یا تخریب الفاشده توسط نور. سختی صحافی در صورتی که رطوبت نسبی زیر ۲۵٪ باشد. - آسیب مکانیکی منجر به از بین رفتن مواد اصلی، اطلاعات و ارزش ذاتی می شود.	زیستی وجود دارد. آب کافت اسیدی به طور قابل توجهی با افزایش رطوبت نسبی تسریع می شود. - معمولاً کاغذ اسیدی و کاغذهای حاوی جوهر آهن مازو به میزان ۱۰ برابر کاغذهای تولید شده از خمیر پارچه و انواع قلیایی/شبه قلیایی دچار تخریب شده و برای حفاظت و نگهداری بلندمدت به دما و/یا رطوبت نسبی پایین تر نیاز دارند. - نوسانات رطوبت نسبی با محدوده ۱۰٪± و دمای ۵°C± قابل قبول تلقی می شود.	
Reference [42] Reference [61] Reference [87] Reference [117] Reference [196]	- شرایط نامناسب باعث اعوجاج دائمی می شود، همچنین باعث از بین رفتن اطلاعات و کاهش ارزش ذاتی فقره های مجموعه می شود.	- تنظیم شرایط محیطی بستگی به نسبت کلاژن و ژلاتین موجود در پارشمنت دارد. - دمای بالا: باعث ایجاد تغییرات ساختاری در کلاژن شده و پارشمنت را مستعد ژلاتینه شدن می کند. - دمای پایین: درجه حرارت زیر صفر درجه سانتیگراد باعث ایجاد تغییرات ساختاری در کلاژن می شود. آثار آن بر روی پارشمنت های تاریخی هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است. - نوسان رطوبت نسبی: رطوبت نسبی بالای ۶۵٪ موجب افزایش چروک خوردگی و اعوجاج منجر به جدایی لایه های جوهر و رنگ از لایه پشتیبان می شود. - رطوبت نسبی بالا: بالاتر از ۶۵٪ ریسک افزایش تخریب زیستی وجود دارد. - رطوبت نسبی بین ۳۸٪ تا ۴۵٪ منجر به تولید محتوای آب به میزان تقریبی ۱۴٪ می شود، که فشار داخلی را کاهش می دهد. - رطوبت نسبی پایین: در رطوبت نسبی پایین تر از ۳۰٪ سختی صحافی و اتصالات کاهش می یابد.	پارشمنت
ISO 18934 [14] Reference [118]	- از دست دادن مشخصات فیزیکی و از بین رفتن.	- درجه حرارت بالا: محوشدن رنگ، تسریع در زوال، برای مثال: سندرم سرکه.	عکس ها

شاهد	ریسک	آسیب و زوال	ماده
Reference [133]	- تردی، شکنندگی، تغییر شکل؛ لایه‌لایه شدن پایه‌های استات سلولز، چاپ‌های کاغذی، ژلاتین، آلومین، نگاتیوهای شیشه‌ای فقره‌های مجموعه. - لکه‌های بدشکل، عکس‌هایی که به هم چسبیده‌اند. ازدست‌دادن اطلاعات و ارزش ذاتی. - شکستگی منجر به ازبین‌رفتن اطلاعات و ارزش ذاتی.	- رطوبت نسبی پایین: پایین‌تر از ۲۰٪ باعث خشک‌شدن اجزای تشکیل‌دهنده می‌شود. - رطوبت نسبی بالا: بالای ۵۰٪ منجر به افزایش سریع آب‌کافت استات سلولز و فیلم بر پایه نیترات می‌شود. تصاویر نقره، به‌ویژه انواع حاوی مواد شیمیایی باقی‌مانده، واکنش‌هایی از قبیل احیا، آینه نقره‌ای، سولفیدشدن و ازبین‌رفتن شفافیت در نگاتیوهای شیشه‌ای را متحمل می‌شوند. - رطوبت نسبی بالا: در بالای ۷۰٪ منجر به رشد ریزاندامگان‌های (میکروارگانیسم‌ها)، نرم‌شدن و چسبندگی لایه ژلاتین می‌شود. - نوسان دما و رطوبت نسبی: آلومین پرینت‌های کاغذی، فیلم، ژلاتین می‌توانند تراکم، انبساط/انقباض با ضرایب متغیر، تغییر شکل، خشک‌شدن و ایجاد ترک‌های مویی را متحمل شوند.	

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

منابع آلاینده‌ها و آثار آن‌ها بر مواد دارای اهمیت برای مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای

راهنمایی در مورد منابع آلاینده‌ها و اثر آلاینده‌ها بر روی منابع منتخبی که در مجموعه‌های آرشیوی یا کتابخانه‌ای دارای اهمیت هستند، به همراه منابع ارجاعی پژوهشی در جدول ث-۱ تا ث-۴ ارائه شده است. به‌ویژه:

الف- منابع آلاینده‌های ایجادشده داخلی که در جدول ث-۱ ارائه شده است؛

ب- همکنش‌پذیری‌های مواد آلاینده در محفظه‌ها که در جدول ث-۲ ارائه شده است؛

پ- همکنش‌پذیری‌های مواد آلاینده در انبار یا نمایشگاه باز که در جدول ث-۳ ارائه شده است؛

ت- غلظت‌های آستانه تقریبی تعدادی از مواد آلاینده یا اثر متقابل آن‌ها که در جدول ث-۴ ارائه شده است.

جدول ث-۱: منابع آلاینده‌های ایجادشده داخلی

منابع	آلاینده	منشأ
Reference [242] Reference [210]	استیک اسید (اتانوئیک اسید) حلال‌ها	نقاشی‌های اکریلیک و نیتروسولوز
Reference [23] Reference [24] Reference [33] Reference [66] Reference [243] Reference [183]		مجموعه فقره‌های استات سلولز، فیلم تری استات سلولز
Reference [65] Reference [102] Reference [151] Reference [176] Reference [231] Reference [232]	کافور فرمالدئید (متانول) نیتروژن	مجموعه فقره‌های نیترات سلولز و عکس‌ها
Reference [111]	بخارات اسیدی	پلاستیک، لاستیک

منابع	آلاینده	منشأ
Reference [245] Reference [62] Reference [246] Reference [222]	گازهای سولفوری احیاکننده	لاستیک پلی ایزوپرن (ترمزگیر فرش)، لاستیک ولکانیزه، پشم و مواد معدنی سولفیدی معین
Reference [38] Reference [63] Reference [79] Reference [80] Reference [200] Reference [210]	استیک اسید (اتانوئیک اسید)	پلی (وینیل استات)
Reference [105]	هیدروکلریک اسید	پلی (وینیل کلراید)
Reference [210] Reference [213]	استیک اسید (اتانوئیک اسید) فرمیک اسید (متانوئیک اسید) حلال‌ها	رزین‌ها/ پوشش‌ها
Reference [26] Reference [247] Reference [248] Reference [242] Reference [62] Reference [71] Reference [76] Reference [85] Reference [111]	استیک اسید (اتانوئیک اسید) فرمیک اسید (متانوئیک اسید)	چوب
Reference [25] Reference [84] Reference [120] Reference [132] Reference [139] Reference [156]	فرمالدئید (متانول)	پنل‌های با پایه چوب (پوشیده با اوره- فرمالدئید یا رزین‌های فنل فرمالدئید)

منشأ	آلاینده	منابع
		Reference [157]

جدول ث-۲: برهمکنش‌های مواد آلاینده منتخب دارای اهمیت که برای مجموعه‌های آرشیوی و کتابخانه‌ای در محفظه‌ها براساس BSI/PAS 198

ماده	آلاینده	آسیب	منابع
رنگدانه‌های با پایه سرب	سولفید هیدروژن	ایجاد لکه‌های سیاه	Reference [249]
کاغذ (سلولز)	استیک اسید (اتانوئیک اسید) ترکیبات آلی فرار (VOCs)	افزایش تردی و شکنندگی به‌علت ساختار ضعیف	Reference [64] Reference [209]
سرب	استیک اسید (اتانوئیک اسید) فرمیک اسید (متانوئیک اسید) فرمالدئید (متانول) گازهای سولفوری احیاکننده	تبدیل فلز سرب به نمک‌های سفید رنگ. ایجاد حفره به‌شکل شدید و/یا نابودی کامل فقره‌های کوچک مجموعه از قبیل سکه‌ها/نشان‌ها.	Reference [248] Reference [251] Reference [242] Reference [62] Reference [252] Reference [73] Reference [89] Reference [111] Reference [253] Reference [254] Reference [255] Reference [214] Reference [216]

جدول ت-۳: برهمکنش‌های مواد آلاینده در انبار یا نمایشگاه باز

منابع	آسیب	آلاینده	ماده
Reference [37] Reference [72]	رنگ‌پریدگی، زردشدگی	استیک اسید دی اکسید نیتروژن ازون	عکس‌های رنگی
Reference [125]	تغییر در شکل ظاهری، آسیب فیزیکی ناشی از تمیزکردن	گردوغبار	لاک‌ها
Reference [202] Reference [212]	مشخصات فیزیکی تضعیف‌شده («پوسیدگی شدید»)	دی اکسید سولفور	چرم
Reference [125]	تغییر در شکل ظاهری، کثیف‌شدن، آسیب فیزیکی ناشی از تمیزکردن، افزایش سرعت/تهیه کاتالیزور برای زوال شیمیایی	گردوغبار	
Reference [82] Reference [192] Reference [225] Reference [226] Reference [227] Reference [229]	رنگ‌پریدگی	ازون دی اکسید نیتروژن	رنگ‌های آلی طبیعی بر روی کاغذ
Reference [36] Reference [101]	مشخصات فیزیکی تضعیف‌شده، زردشدگی (به‌ویژه در کاغذ حاوی لیگنین)	اسید استیک دی اکسید نیتروژن ازون دی اکسید گوگرد	کاغذ و پاپيروس (سلولز)
Reference [52]	رنگ‌پریدگی	ازون	رنگدانه‌ها
-	زردشدگی	دی اکسید نیتروژن	مواد مصنوعی
Reference [36] Reference [104] Reference [161]	مشخصات فیزیکی تضعیف‌شده	فرمالدئید (متانول) اکسیدهای نیتروژن اکسید گوگرد	منسوجات

منابع	آسیب	آلاینده	ماده
Reference [82] Reference [217]	رنگ پریدگی	ازت دی اکسید نیتروژن	رنگ های منسوجات

جدول ۴-۴: غلظت های آستانه تقریبی برای برهمکنش های مواد آلاینده معین

آلاینده ها و غلظت های آستانه تقریبی مرتبط با آن بخش در میلیارد حجم							مواد
ازون	اکسید نیتروژن	دی اکسید گوگرد	سولفید های احیاء شده	فرمالدئید (متانول)	اسید فرمیک (متانوئیک اسید)	اسید استیک (اتانوئیک اسید)	
-	-	-	-	300	500	-	شیشه سیلیکاتی سوددار تاریخی
-	-	-	-	-	-	1000	سنگ آهک، سرامیک ها، فسیل ها، سفال ها
-	-	-	-	-	500	1000	صدف ها، تخم ها
-	-	-	10	-	-	100	سرب
-	-	-	-	-	-	1000	مس
-	-	-	10	-	-	-	نقره
-	-	-	10	-	-	-	روی
-	-	-	10	-	-	100	رنگدانه های بر پایه سرب
10	10	1	-	-	-	100	کاغذ

یادآوری ۱- غلظت آستانه تقریبی برای برهمکنش‌های مواد آلاینده‌ای که آستانه آن‌ها منتشر شده، ارائه شده است. غلظت‌های آستانه هنوز برای سایر مواد مانند پارچه، پلاستیک، رنگ‌های آلی و چرم مورد توافق قرار نگرفته است، البته بیشتر مواد آلی به آلاینده‌های اکسیدکننده (برای مثال: ازن و NO_2) و آلودگی اسیدی (برای مثال: SO_2 و اسیدهای آلی) حساس هستند. در صورت عدم وجود مقادیر آستانه منتشر شده، از مقادیر کاغذ به عنوان راهنمای تقریبی استفاده می‌شود.

یادآوری ۱- راهنمایی‌های بیشتر در مورد آلاینده‌های موجود در محیط‌های مجموعه‌ها در منابع [86]، [88] و [211] آورده شده است.

پیوست ج

(آگاهی‌دهنده)

برهمکنش‌های میان دما، رطوبت نسبی، نور و آلودگی

نمونه‌هایی از فعل و انفعالات شناخته‌شده بین عوامل زوال تحت پوشش این استاندارد در جدول ج-۱ ارائه شده است.

جدول ج-۱: مثال‌هایی از همکنش‌پذیری‌های میان عوامل زوال

همکنش‌پذیری	توضیح
دما و رطوبت نسبی	- برخی از مواد در درجه حرارت یکسان، به سطوح مختلف رطوبت نسبی واکنش متفاوتی نشان می‌دهند و بالعکس. برای مثال: اکثر مواد نم‌گیر.
دما و نور	- انرژی نور باعث افزایش دمای سطح فقره‌های موجود در مجموعه می‌شود. برخی از تغییرات ناشی از نور با سرعت بیشتری در دماهای بالا رخ می‌دهد. - حتی در حالت نمایش با شدت نور متوسط، ممکن است دما به میزان 2°C بالاتر از محیط افزایش یابد. این مورد به‌نوبه خود رطوبت نسبی را در لایه مرزی مجاور سطح فقره‌های مجموعه، به میزان حدود ۶٪ کاهش داده و منجر به جابه‌جایی رطوبت می‌شود. - نور مستقیم خورشید، حتی از طریق شیشه پنجره، می‌تواند دمای سطح فقره‌های با رنگ تیره را به بالاتر از 60°C افزایش داده و باعث ایجاد سطح بسیار پایینی از رطوبت نسبی شود. - دوره‌های کوتاه‌مدت از دمای بالا غالباً در اثر تابش مستقیم نور خورشید یا نور شدید لامپ‌های رشته‌ای، برای مثال در حین فیلمبرداری، ایجاد می‌شود. تغییرات ناشی از نور با سرعت بیشتری در دماهای بالا رخ می‌دهد.
دما و آلودگی	- با بالا رفتن دما، آلودگی ناشی از عوامل داخلی، به‌دلیل افزایش میزان پوسیدگی مواد و انتشار گازها به سطح مواد، افزایش می‌یابد.
رطوبت نسبی و نور	- رطوبت نسبی بالا سرعت واکنش‌های تخریب فعال‌شده توسط نور را در کاغذ و بسیاری از مواد دیگر، افزایش می‌دهد.
رطوبت نسبی و آلودگی	- رطوبت نسبی جذب آلاینده‌ها را افزایش می‌دهد. رطوبت نسبی بالا باعث افزایش محتوای آب مواد آب‌دوست شده و این باعث جذب بیشتر آلاینده‌ها توسط چنین موادی می‌شود. - رطوبت نسبی بالا باعث حل‌شدن نمک‌های محلول در آب می‌شود که از آلاینده‌های متداول مواد مجموعه هستند. محیط آبی به گازهای جذب‌شده امکان یونش و واکنش می‌دهد. - رطوبت نسبی پایین، انتقال گردوغبار را توسط نیروی ایستابرقی مهار می‌کند؛ برای مثال: مانند آنچه در اثر تمیزکردن شیشه و پلاستیک ایجاد می‌شود.

کتابنامه

[1] ISO Guide 73:2009, Risk management — Vocabulary

[2] ISO 5127:2001, Information and documentation — Vocabulary

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۶۸۵: سال ۱۳۹۸، اطلاعات و مستندات (دبیزه‌ها) - اصول و واژگان، براساس استاندارد ISO5127:2017 تدوین شده است.

[1] ISO 9706, Information and documentation — Paper for documents — Requirements for permanence

[2] ISO 11108, Information and documentation — Archival paper — Requirements for permanence and durability

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۷۹: سال ۱۳۸۵، اطلاعات رسانی و مستندسازی - کاغذ آرشیو - الزامات مربوط به پایداری و دوام، براساس استاندارد ISO11108:1996 تدوین شده است.

[3] ISO/TR 19814, Information and documentation — Collections management for archives and libraries

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۹۲: سال ۱۴۰۰، اطلاعات و مستندات (دبیزه‌ها) - مدیریت مجموعه‌ها برای آرشیوها و کتابخانه‌ها، براساس استاندارد ISO/TR 19814:2017 تدوین شده است.

[4] ISO 11357-2:2013, Plastics — Differential scanning calorimetry (DSC) — Part 2: Determination of glass transition temperature and glass transition step height

[5] ISO 11799, Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۴۳: سال ۱۳۹۵، اطلاعات و دبیزش (مستندسازی) - الزامات ذخیره‌سازی مدرک برای منابع آرشیوی و کتابخانه‌ای، براساس استاندارد ISO11799:2015 تدوین شده است.

[6] ISO 14001:2015, Environmental management systems — Requirements with guidance for use

یادآوری - استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۱۴۰۰۱: سال ۱۳۹۷، سیستم‌های مدیریت زیست محیطی - الزامات همراه با راهنمای استفاده، براساس استاندارد ISO1400:2015 تدوین شده است.

[7] ISO 14031:2013, Environmental management — Environmental performance evaluation — Guidelines

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۷۶۰: سال ۱۳۹۷، مدیریت زیست محیطی - ارزشیابی عملکرد زیست محیطی - راهنمایی‌ها، براساس استاندارد ISO14031:2013 تدوین شده است.

[8] ISO 16813:2006, Building environment design — Indoor environment — General principles

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۴۶۷: سال ۱۳۸۷، طراحی محیط ساختمان - محیط داخلی - اصول کلی، براساس استاندارد ISO16813:2006 تدوین شده است.

[9] ISO 16814:2008, Building environment design — Indoor air quality — Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۵: سال ۱۳۸۹، طراحی محیط ساختمان - کیفیت هوای داخل - روش‌های بیان کیفیت هوای داخل برای ساکنان آن، براساس استاندارد ISO16814:2008 تدوین شده است.

[10] ISO 18911, Imaging materials — Processed safety photographic films — Storage practices

[11] ISO 18918, Imaging materials — Processed photographic plates — Storage practices

[12] ISO 18920, Imaging materials — Reflection prints — Storage practices

[13] ISO 18923, Imaging materials — Polyester-base magnetic tape — Storage practices

[14] ISO 18934, Imaging materials — Multiple media archives — Storage environment

[15] ISO 23045:2008, Building environment design — Guidelines to assess energy efficiency of new buildings

[16] ISO 50001:2011, Energy management systems — Requirements with guidance for use

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۵۰۰۱: سال ۱۳۹۹، سیستم‌های مدیریت انرژی - الزامات همراه با راهنمای استفاده، براساس استاندارد ISO50001:2018 تدوین شده است.

[17] BS EN 13306, Maintenance — Maintenance terminology

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۳۳۱: سال ۱۳۹۴، نگهداری - واژه‌نامه، براساس استاندارد BSEN 13306: 2010 تدوین شده است.

[18] DIN EN 15757, Conservation of Cultural Property — Specifications for temperature and relative humidity to limit climate induced mechanical damage in organic hygroscopic materials

[19] DIN EN 16790, Conservation of cultural heritage — Integrated pest management (IPM) for protection of cultural heritage

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۷۹: سال ۱۳۸۵، اطلاعات‌رسانی و مستندسازی - کاغذ آرشیو - الزامات مربوط به پایداری و دوام، براساس استاندارد ISO11108:1996 تدوین شده است.

[20] NFPA 909, Code for the Protection of Cultural Resource Properties — Museums, Libraries, and Places of Worship, 2013

[21] Adams S.J. (1997), Dust deposition and measurement: a modified approach. Environmental Technology, 18 (3), pp. 345-350

[22] Adelstein P.Z. (2004), IPI Media Storage Quick Reference. Image Permanence Institute, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY, [http://www.imagepermanenceinstitute.org/shtml sub/MSQR.pdf](http://www.imagepermanenceinstitute.org/shtml%20sub/MSQR.pdf)

[23] Allen N.S., (1987), Degradation of historic cellulose triacetate cinematographic film: the vinegar syndrome. Polymer Degradation and Stability, 19, pp. 379-387

[24] Allen N.S., (1990), Initiation of the degradation of cellulose triacetate base motion picture film. Journal of Photographic Science, 38, pp. 54-59

[25] Andersen I., Lundquist G.R., Moelhave L. (1975), Indoor air pollution due to chipboard used as a construction material. Atmospheric Environment, 9, pp. 1121-1127

[26] Arni P.C., Cochrane G.C., Gray J.D. (1965), The emission of corrosive vapours by wood.

- I. Survey of the acid release properties of certain freshly felled hardwoods and softwood. *Journal of Applied Chemistry*, 15 (7), pp. 305-313. The emission of corrosive vapours by wood. II. The analysis of the vapours emitted by certain freshly felled hardwoods and softwoods by gas chromatography and spectrophotometry. *Journal of Applied Chemistry*, 15 (10), pp. 463-468
- [27] Ashley-Smith J. (1999), Risk assessment for object conservation. Oxford: Butterworth-Heinemann
- [28] Ashley-Smith J., Derbyshire A., Pretzel B. (2002), The continuing development of a practical lighting policy for works of art on paper and other object types at the Victoria and Albert Museum. In: Preprints of the ICOM-CC triennial, Rio, 2002, pp. 3-8
- [29] Ashley-Smith J., Burmester A., Eibl M. eds. (2013), Climate for Collections: standards and uncertainties. Munich: Doerner Institut. 2013. ISBN: 978-1-909492-00-4. Available at: [www.doernerinstitut.de/downloads/Climate for Collections .pdf](http://www.doernerinstitut.de/downloads/Climate%20for%20Collections.pdf)
- [30] Ashley-Smith J. (2016), An overview of a process and specification: The British Standards Institution Publicly Available Specification (PAS) 198, "Specification for managing environmental conditions for cultural collections", in Stauderman S., & Tompkins W. (eds.) Proceedings of the Smithsonian Institution Summit on the Museum Preservation Environment. Washington, DC: Smithsonian Institution Scholarly Press, 2016. 57-67
- [31] ASHRAE. (2007), ASHRAE Handbook, Chapter 21: HVAC applications, Museums, Galleries, Archives and Libraries. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers Inc. (ASHRAE)
- [32] ASHRAE. (2011), Museum Galleries, Archives and Libraries. In: OWEN, M.S., ed. ASHRAE Handbook HVAC Application s. Atlanta: ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Airconditioning Engineer), Chapter 23 [Chapter 21 in 2007 ed.] , pp. 21.1-21.23
- [33] Aubier D. (1996), Degradation caused by cellulose diacetate: analysis and proposals for conservation treatment. *Restaurator*, 17 (2), pp. 130-143
- [34] Avrami E. (2011), Sustainability and the Built Environment: Forging a Role for Heritage Conservation, *Conservations Perspectives: the GCI Newsletter*, 26, 1, 2011
- [35] Ayerst G. (1969), The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi. *Journal of Stored Products Research*, 5 (2), August 1969, pp. 127-141
- [36] Baer N.S., & Banks P.N. (1985), Indoor air pollution: effects on cultural and historic materials. *The International Journal of Museum Management and Curatorship*, 4 (1), pp. 9-20
- [37] Bard C.C., (1980), Predicting long term dark storage dye stability characteristics of colour photographic products from short term tests. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 6 (2), pp. 490-495
- [38] Bataille P., & Van B.T. (1975), Mechanism of thermal degradation of poly(vinyl acetate). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 8 (1), pp. 141-153
- [39] Blackshaw S.M., & Daniels V.D. (1979), The testing of materials for use in storage and display in museums. *The Conservator*, 3, pp.16-19
- [40] Boersma F. ed. (2009), Proceedings of Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, Tenerife, 2007. Los Angeles: Getty Conservation Institute [accessed

4 January 2014] . Available at: http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/climate_experts_roundtable.html

[41] Bogaard J., & Whitmore P.M. (2002), Explorations of the role of humidity fluctuations in the deterioration of paper. In: Daniels V., Donnithorne A., Smith P. (eds.) Works of art on paper: Books, documents and photographs: Techniques and conservation: Contributions to the Baltimore Congress, 2-6 September 2002, pp. 11-15. London: IIC [42] Bowden D., & Brimblecombe P. (2002), Thermal response of parchment and leather to relative humidity changes. In: Larsen R. (ed.) Microanalysis of parchment. London: Archetype Publications [43] Bowes J.H., & Raistrick A.S. (1967) , The action of heat and moisture on leather. Part VI: degradation of the collagen. Journal of the American Leather Chemists Association, 62 (4), pp. 240-257

[44] Bratasz Ł., Jakiela S., Kozłowski R. (2005), Allowable thresholds in dynamic changes of microclimate for wooden cultural objects: monitoring in situ and modelling. In: Preprints of the ICOM-CC triennial, The Hague, pp. 582-589

[45] Braun R.C., & Wilson M.J.G. (1970), The removal of atmospheric sulphur by building stones. Atmospheric Environment, (4), pp. 371-378

[46] BSI/PAS 198:2012, Specifications for Managing Environmental Conditions for Cultural Collections [47] Brown J.P., & Rose W.B. (1997), Development of Humidity Recommendations in Museums and Moisture Control in Buildings [accessed 31, January 2014] . Available at: <http://cool.conservation-us.org/byauth/brownjp/humidity1997.html> (Full length version of 'Humidity and Moisture in Historic Buildings: the Origins of Buildings and Object Conservation', APT Bulletin, 27/3 (1996), pp.12-24

[48] Bugner D.E., & Lindstrom B.L. (2005), A closer look at the effects of temperature and humidity on inkjet photographic prints. IS&T's NIP21: international conference on digital printing technologies, Baltimore, 18-23 September 2005, pp. 348-352. Springfield: Society of Imaging Science and Technology

[49] Bullock L., & Saunders D. (1999), Measurement of cumulative exposure using Blue Wool standards. In: Preprints of the ICOM-CC triennial, Lyon, 1999, pp. 21-26

[50] Burmester A., & Eibl M. (2013a), The Munich Position on Climate and Cultural Heritage. Munich: Doerner Institut [accessed 1 January 2014] . Available at: http://www.doernerinstitut.de/en/projekte/Bizot/bizot_1.html

[51] Calnan C.N. (1991), Ageing of vegetable tanned leather in response to variations in climatic conditions. In: Calnan C.N., & Haines B. (eds.), Leather: its composition and changes with time, pp. 41-50. Northampton: Leather Conservation Centre

[52] Cass G.R., (1991), Protection of works of art from damage due to atmospheric ozone. Atmospheric Environment, 25A, pp. 441-451

[53] Cassar M. (1982), The conservation and technology of non-metallic seals. The Department of Archaeological Conservation and Materials Science, Institute of Archaeology, University of London. (Unpublished manuscript)

[54] Cassar M. (1995), Environmental management: guidelines for museums and galleries. London: Routledge

[55] Chartered Institute of Building Services Engineers (CIBSE). (1994), Lighting for museums and art galleries. London: CIBSE

- [56] Chevreul M-E (1837), *Recherches chimiques sur la teinture*. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France, 16, pp. 53-88
- [57] Christoffersen L.D. (1996), *Zephyr: Passive climate controlled repositories: Storage facilities for museum, archive and library purposes*. Lund University, Department of Building Physics, 1996. 139 pp. ISRN LUTVDG/TVBH-96/3028 – SE (1-139) . ISBN 91-88722-06-6
- [58] Collection Security Conference. (2008), *Papers*, in *Liber Quarterly* 18, 2, pp. 65-123
- [59] Commission Internationale De L'Eclairage (CIE). (2004), *Control of damage to museum objects by optical radiation: technical report 157:2004*. Vienna: CIE
- [60] Cunliffe P.W. (1956), Influence of temperature and humidity on fading. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 72 (7), pp. 373-381
- [61] Dernovškov J., Jirsov H., Zelinger J. (1995), An investigation of the hygroscopicity of parchment subjected to different treatments. *Restaurator*, 16 (1), pp. 31-44
- [62] Donovan P.D., & Stringer J. (1971), Corrosion of metals and their protection in atmospheres containing organic acid vapours. *British Corrosion Journal*, 6, pp. 132-138
- [63] Down J.L., (1996), Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute — An evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives. *Studies in Conservation*, 41 (1), pp. 19-44
- [64] Dupont A.L., & Tétreault J. (2000), Cellulose degradation in an acetic acid environment. *Studies in Conservation*, 45 (3), pp. 201-210
- [65] Edge M., (1990), Mechanisms of deterioration in cellulose nitrate base archival cinematographic film. *European Polymer Journal*, 26 (6), pp. 623-630
- [66] Edge M., (1992), Methods for predictive stability testing of archival polymers: a preliminary assessment of cellulose triacetate based motion picture film. *Polymer Degradation and Stability*, 35 (2), pp. 147-155
- [67] Egerton G.S. (1948), Some aspects of the photochemical degradation of nylon, silk, and viscose rayon. *Textile Research Journal*, 18(11), pp. 659-669
- [68] Eibl M., & Burmester A. (2013), Learning from History: Historic Indoor Climate Conditions and Climate Control Strategies. In: Ashley-Smith J., Burmester A., Eibl M. eds. *Climate for Collections: Standards and Uncertainties*. London: Archetype in association with Doerner Institut, Munich, pp. 217-32
- [69] Erhardt D., & Mecklenburg M. (1994), Relative Humidity Re-examined. In Roy A., & Smith P. eds. *Preventive Conservation: Practice, Theory and Research*. London: IIC, pp. 32-8
- [70] Erhardt D., & Mecklenburg M. (1995), Accelerated vs Natural Aging: Effect of Aging Conditions on the Aging Process of Cellulose. In: Vandiver P.B., Druzik J.R., Galvan-Madrid J.L., Freestone I.C., Wheeler G.S. eds. *Materials Issues in Art and Archaeology IV*. Pittsburgh: Materials Research Society, pp. 247-70
- [71] Farmer R.H. (1967), *Chemistry in the utilization of wood*. Oxford: Pergamon Press
- [72] Fenech A., (2010), Stability of chromogenic colour prints in polluted indoor environments. *Polymer Degradation and Stability*, 95, pp. 2481-2485
- [73] Fitzhugh E.W., & Gettens R. (1971), Calcite and other efflorescent salts on objects stored in wooden museum cases. In: Brill R.H. (ed.) *Science and archaeology*, pp. 91-102. Cambridge, Mass.: MIT Press

- [74] Franey J.P., Kammlott G.W., Graedel T.E. (1985), The corrosion of silver by atmospheric sulfurous gases. *Corrosion Science*, 25 (2), pp. 133-143
- [75] Garside P., & Knight B. (2011), The Behaviour of Books in Changing Environmental Conditions and the Implications for Collections Storage. In: Bridgland J. (ed). ICOM-CC 16th Triennial Conference Lisbon Preprints. Feijó, Almada: Critério-Produção Gráfica, Lda, Paper 605 [CD publication]
- [76] Gibson L.T., & Watt C.M. (2010), Acetic and formic acids emitted from wood samples and their effect on selected materials in museum environments. *Corrosion Science*, 52 (1), pp. 172-178
- [77] Giles C.H., & McKay R.B. (1963), The lightfastness of dyes: a review. *Textile Research Journal*, 33 (7), pp. 527-577
- [78] Graedel T.E. (1992), Corrosion mechanisms for silver exposed to the atmosphere. *Journal of the Electrochemical Society*, 139 (7), pp. 1963-1970
- [79] Grassie N. (1952), The thermal degradation of polyvinyl acetate. I. Products and reaction mechanism at low temperatures. *Transactions of the Faraday Society*, 48, pp. 379-387
- [80] Grassie N. (1953), The thermal degradation of polyvinyl acetate. 2. Determination of the rate constants of the primary processes involved in the elimination of acetic acid. *Transactions of the Faraday Society*, 49, pp. 835-842
- [81] Green L.R., & Thickett D. (1993), Inter-laboratory comparison of the Oddy test. *Conservation Science in the U.K.*, preprints of the meeting held in Glasgow, May 1993, pp. 111-116. London: James and James
- [82] Grosjean D., (1988), Ozone fading of organic colorants: products and mechanism of the reaction of ozone with curcumin. *Environmental Science and Technology*, 22 (11), pp. 1357-1361
- [83] Grosjean D., Grosjean E., Williams E.L. (1993), Fading of artists' colorants by a mixture of photochemical oxidants. *Atmospheric Environment*, 27 (5), pp. 765-772
- [84] Grzeskowiak R., Jones G.D., Pidduck A. (1988), Identification and determination of volatiles derived from phenol-formaldehyde materials. *Talanta*, 35 (10), pp. 775-782
- [85] Grzywacz C.M., & Stulik D.C. (1993), Carbonyl pollutants in the museum environment. *Scottish Society for Conservation and Restoration Journal*, 4 (1), pp. 16-19
- [86] Grzywacz C.M. (2006), *Monitoring for gaseous pollutants in museum environments*. Los Angeles: Getty Publications
- [87] Hansen E.F., Lee S.N., Sobel H. (1991), The effects of relative humidity on some physical properties of modern vellum: implications for the optimum relative humidity for the display and storage of parchment. *Journal of American Institute of Conservation*, 31, pp. 325-342
- [88] Hatchfield P.B. (2002), *Pollutants in the museum environment: practical strategies for problem solving in design, exhibition and storage*. London: Archetype Publications
- [89] Hatchfield P.B., & Carpenter J.M. (1986), The problem of formaldehyde in museum collections. *International Journal of Museum Management and Curatorship*, 5 (2), pp. 183-188

- [90] Hill P., Suitor K., Artz P. (2000), Measurement of humidity effects on the dark keeping properties of inkjet photographic prints. IS&T's NIP16: international conference on digital printing technologies and digital fabrication, Vancouver, 15-20 October 2000, pp. 70-73. Springfield: Society of Imaging Science and Technology. Available at: <http://www.imageexpert.com/site-new/docs/publications/humidityeffects.pdf>
- [91] Hioki K. (2008), From Japanese Tradition. Is Kura a Model for a Sustainable Preservation Environment? *Studies in Conservation*, 53:131-5
- [92] Hong S.H., (2011), Climate change mitigation strategies for mechanically controlled repositories: the case of The National Archives, Kew. In: *Preprints of the 16th ICOM-CC triennial*, Lisbon, 2011
- [93] Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) . (1996), *Museum and art gallery lighting: a recommended practice*. New York: IESNA
- [94] Image Permanence Institute (IPI). (2013), *Image Permanence Institute's Guide to Sustainable Preservation Practices for Managing Storage Environments*. Image Permanence Institute
- [95] Image Permanence Institute (IPI) . (2005), *Step-by-Step Workbook: Achieving a Preservation Environment for Collections* (Rochester, NY: Image Permanence Institute, Rochester Institute of Technology) <http://www.imagepermanenceinstitute.org/shtmlsub/cnbworkbook.pdf>
- [96] International Federation of Library Associations and Institutions (IFLA) Core activity on Preservation and Conservation. (PAC), (2011), Energy savings and preservation in archives and libraries, *International Preservation News* 55 (December 2011). Available at: www.ifla.org/files/assets/pac/ipn/IPN_55_web_6_megas.pdf
- [97] International Federation of Library Associations and Institutions (IFLA) Core activity on Preservation and Conservation. (PAC), (2011), Preservation in tropical climates: *International Preservation News* 54 (August 2011). Available at: www.ifla.org/files/assets/pac/ipn/IPN_54def.pdf
- [98] International Institute for Conservation (IIC) . (2010), *Dialogues for the New Century: The Plus/Minus Dilemma: A Way Forward in Environmental Guidelines*, a Discussion held on 13 May 2010, Milwaukee, Wisconsin, USA, in collaboration with the American Institute for Conservation and its annual meeting, edited transcription. IIC. Available at: http://www.iiconservation.org/dialogues/Plus_minus_trans.pdf
- [99] International Institute for Conservation (IIC)/ICOM-CC. (2014), *Declaration on environmental guidelines*. Available at: <https://www.iiconservation.org/node/5168>
- [100] Jablonski E., 2004, Conservation concerns for acrylic emulsion paints: a literature review. London: Tate Gallery. Available at: www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/04Autumn/jablonski.htm
- [101] Johansson A., & Lennholm H. (2000), Influences of SO₂ and O₃ on the ageing of paper investigated by in situ diffuse reflectance FTIR and time-resolved trace gas analysis. *Applied Surface Science*, 161 (1-2), pp. 163-169
- [102] Jutier J-J., (1987), A nonisothermal Fourier transform infrared degradation study of nitrocelluloses derived from wood and cotton. *Journal of Applied Polymer Science*, 33 (4), pp. 1359-1375

- [103] Kaimoto H., & Shibahara Y. (2007), Test methods of humidity fastness of inkjet printing materials. IS&T's NIP23 international conference on digital printing technologies, Anchorage, Alaska, 16-21 September 2007, pp. 728-731. Springfield: Society of Imaging Science and Technology
- [104] Kamath Y.K., Hornby S.B., Weigmann H-D. (1985), Irreversible chemisorption of formaldehyde on cotton cellulose. *Textile Research Journal*, 55 (11), pp. 663-666
- [105] Kelen T. (1983), *Polymer degradation*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- [106] Kere Architecture. Available at: <http://www.kerearchitecture.com/projects/schoollibrarygando/> and <https://divisare.com/projects/242936kere-architecture-gando-library>
- [107] Kerschner R.L. (1992), A Practical Approach to Environmental Requirements for Collections in Historic Buildings. *Journal of the American Institute of Conservation*, 31:65-76
- [108] Kim H., & Payer J.H. (1999), Tarnish process of silver in 100ppb H₂S containing environments. *Journal of Corrosion Science and Engineering*, 1, paper 14. Available at: www.jcse.org/volume1/paper14/v1p14.php
- [109] Kirby Atkinson J. (2014), Environmental Conditions for the Safeguarding of Collections: A Background to the Current Debate on the Control of Relative Humidity and Temperature. *Studies in Conservation*, 59, pp. 205-12
- [110] Klemm L. (2013), Passively Conditioned Zero-Energy Storage for Cultural Properties and Archival Materials. In: Ashley-Smith J, Burmester A., Eibl M. eds. *Climate for Collections: Standards and Uncertainties*. London: Archetype in association with Doerner Institut, Munich, pp. 151-61
- [111] Knotková-Čermáková D., & Vlčková J. (1971), Corrosive effect of plastics, rubber and wood on metal in confined spaces. *British Corrosion Journal*, 6, pp. 17-22
- [112] Kolar J., & Strlič M. (2006), *Iron gall inks: on manufacture, characterisation, degradation and stabilisation*. Ljubljana, Slovenia: National and University Library
- [113] Krueger E., & Quester de Paula Varvalho S. S. (2005), Analysis of the Potential of Using Forced Ventilation for Environmental Control in Museological Spaces in Tropical Conditions. In: Bridgland J. ed. *ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague Preprints*. London: James & James, pp. 655-61
- [114] Kuhn S. (2012), L'intégration de la conservation préventive dans les phases de la programmation architecturale, *In Situ*, 19 | 2012, <http://insitu.revues.org/9980>
- [115] Lafontaine H., & Wood P.A. (1982), The stabilization of ivory against relative humidity fluctuations. *Studies in Conservation*, 27 (3), pp. 109-117
- [116] Lambert S. (2014), The Early History of Preventative Conservation in Great Britain and the United States (1850-1950). *CeROArt* [online] , 9. Available at: <http://ceroart.revues.org/3765>
- [117] Larsen R. (2002), *Microanalysis of parchment*. London: Archetype Publications
- [118] Lavédrine B. (2009), *A guide to the preventive conservation of photograph collections*. Los Angeles: Getty Publications

- [119] Lebel A., & Bigeard V. (2011), Construction of an Archive Building in a Tropical Climate: the Saint Martin Media Library and Territorial Archives, *International Preservation News* 55 (December 2011) pp. 27-30, [http://www.ifla.org/files/assets/pac/ipn/IPN %2055 %20web %206 %20megs .pdf](http://www.ifla.org/files/assets/pac/ipn/IPN_%2055_%20web_%206_%20megs.pdf)
- [120] Lehmann W.F. (1987), Effect of ventilation and loading in large chamber testing of formaldehyde emissions from composite panels. *Forest Products Journal*, 37 (4), pp. 31-37
- [121] Levashova S.V., & Kobyakova V.I. (1997), Dust in the storages of cultural property (10). Brussels: European Commission — Environment and Climate Research Programme 1997
- [122] Leygraf C., & Graedel T.E. (2000), Atmospheric corrosion. New York: Wiley-Interscience [123] Ligocki M.P. (1990), Measurements of particle deposition rates inside Southern California museums. *Aerosol Science and Technology*, 13, pp. 85-101
- [124] Linden J. (2012), Getting greener and creating the optimal: the state of sustainability research and the preservation environment, in *AIC News*, 372, pp. 1-4
- [125] Lloyd H., (2002), The effects of visitor activity on dust in historic collections. *The Conservator*, 26, pp. 72-84
- [126] Lloyd H., Grossi C.M., Brimblecombe P. (2011), Low technology dust monitoring for historic collections. *The Conservator*, 34 (1), pp. 104-114
- [127] Luxford N. (2009), Reducing the risk of open display: optimising the preventive conservation of historic silks. Ph.D., University of Southampton
- [128] Madsen C.N., Jansen G., Holmberg J. (2005), Hypoxic air venting, Fire protection for library collections. IFLA, Oslo, 2005. Available at: [archive.ifla.org/iv/ifla71/papers/063e - Madsen.pdf](http://archive.ifla.org/iv/ifla71/papers/063e-Madsen.pdf)
- [129] Maekawa S. (2009), Investigations of Climate Control Alternatives for Cultural Institutions in Hot and Humid Climates. In: Boersma F. ed. *Proceedings of Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies*, Tenerife, 2007. Los Angeles: Getty Conservation Institute [accessed 4 January 2014] . Available at: [http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/climate_experts_roundtable .html](http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/climate_experts_roundtable.html)
- [130] Maekawa S., Beltran V.L., Henry M.C. (2015), Environmental management for collections: alternative conservation strategies for hot and humid climates. Los Angeles: Getty Conservation Institute
- [131] Mallinson J.C. (1994), Preservation of video recorded images. *Environnement et conservation de l'écrit, de l'image et du son: actes des deuxiemes journees internationals d'etudes de l'ARSAG*, Paris, 16 au 20 Mai 1994 (Environment and conservation of writing, images and sound: proceedings of ARSAG's second international study days, Paris, 16-20 May 1994.) Paris: Association pour la recherche scientifique sur les arts graphiques
- [132] Matthews T.G. (1986), Surface emission monitoring of pressed-wood products containing urea-formaldehyde resins. *Environment International*, 12 (1-4), pp. 301-309
- [133] McCormick-Goodhart M.H. (1996), The allowable temperature and relative humidity range for the safe use and storage of photographic materials. *Journal of the Society of Archivists* 17 (1), pp. 7-21
- [134] McCormick-Goodhart M.H., & Wilhelm H. (2000), Humidity-induced color changes and ink migration effects in inkjet photographs in real-world environmental conditions. *IS&T*

- ' s NIP16: international conference on digital printing technologies, Vancouver, 15-20 October 2000, pp. 74-77. Springfield: Society of Imaging Science and Technology. Available at: http://www.wilhelm-research.com/ist/WIR ISTpaper 2000 10 MMG_HW.pdf
- [135] Mecklenburg M. (2007), Determining the acceptable ranges of relative humidity and temperature in museums and galleries: Part 1, Structural response to relative humidity. Washington DC: Smithsonian Conservation Institute. Available at: <http://hdl.handle.net/10088/7056>. Part 2, Structural response to temperature. Washington DC: Smithsonian Conservation Institute. Available at: <http://hdl.handle.net/10088/7055>
- [136] Mecklenburg M., Tumosa C.S., Erhardt D. (1998), Structural response of painted wood surfaces to changes in ambient relative humidity. In: Painted wood: history and conservation, proceedings of a symposium organized by the Wooden Artifacts Group of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Williamsburg, Va., November 1994, 6, pp. 464-483. Los Angeles: Getty Publications. Available at: http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/paintedwood6.pdf
- [137] Mecklenburg M.F., & Tumosa C.S. (1999), Temperature and relative humidity effects on the mechanical and chemical stability of collections, ASHRAE Journal, April 1999, 69-74
- [138] Menart E., De Bruin G., Strlič M. (2011), Dose-response functions for historic paper. Polymer Degradation and Stability, 96, pp. 2029-2039
- [139] Meyer B., Hermanns K., Smith D.C. (1985), Formaldehyde release from urea-formaldehyde bonded wood products. The Journal of Adhesion, 17 (4), pp. 297-308
- [140] Michalski S. (1987), Damage to museum objects by visible radiation (light) and ultraviolet radiation (UV). In: Lighting: a conference on lighting in museums, galleries and historical houses, preprints of a seminar, Bristol, 9-10 April 1987, pp. 3-16. London: Museums Association, United Kingdom Institute for Conservation (UKIC) and Group of Designers and Interpreters for Museums [141] Michalski S. (1993), Relative humidity in museums, galleries and archives: specification and control. In: Bugs, mold and rot II: a workshop on control of humidity for health, artifacts and buildings, pp. 51-62. Washington, D.C.: The National Institute of Building Sciences
- [142] Michalski S. (1993), Relative Humidity: A Discussion of Correct/Incorrect Values. In: Bridgland J ed. ICOM-CC 10th Triennial Washington DC Preprints. London: James & James, pp. 624-9
- [143] Michalski S. (1997), The lighting decision. In: Fabric of an exhibition: preprints of textile symposium 97, Ottawa, 22-25 September 1997, pp. 97-104. Ottawa: Canadian Conservation Institute
- [144] Michalski S. (2000), Guidelines for humidity and temperature in Canadian archives. (CCI Technical Bulletin no. 23) Ottawa: Canadian Conservation Institute
- [145] Michalski S. (2002), Double the life for each five-degree drop, more than double the life for each halving of relative humidity. In: Preprints of the ICOM-CC triennial, Rio, 2002, pp. 66-72
- [146] Michalski S. (2009a), The ideal climate, risk management, the ASHRAE chapter, proofed fluctuations, and toward a full risk analysis model. In: Proceedings of experts' roundtable on sustainable climate management strategies, Tenerife, 2007. Los Angeles: Getty Publications. Available at: http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/climate_experts_roundtable.html

- [147] Michalski S. (2016), Ten agents of deterioration, Canadian Conservation Institute, Available at: <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdedeterioration/index-eng.aspx>
- [148] Michalski S. (2016b), Agent of Deterioration: Incorrect Temperature. Available at: <http://canada.pch.gc.ca/eng/1444925166531>
- [149] Michalski S. (2016c), Agent of Deterioration: Incorrect Relative Humidity. Available at: <http://canada.pch.gc.ca/eng/1444925238726>
- [150] Michalski S. (2016d), Agent of deterioration: Light, ultraviolet and infrared. <http://canada.pch.gc.ca/eng/1444925073140>
- [151] Miles F.D. (1955), Cellulose nitrate. London: Oliver and Boyd
- [152] Ministère De La Culture Service Du Livre Et De La Lecture. (2016) Concevoir et construire une bibliothèque du projet à la réalisation, 2nd ed. Paris: Editions du Moniteurs. ISBN 978228111929
- [153] Moniteur. (2013), Archives sous haute protection thermique, January 4, 2013. [http://www.itaq.fr/offres/doc inline src/17/Article moniteur_ archives 4_ janvier 2013 .pdf](http://www.itaq.fr/offres/doc%20inline%20src/17/Article%20moniteur_archives%204_janvier%202013.pdf)
- [154] Murrell V.J. (1977). A discussion of some methods of wax conservation and their application to recent conservation problems. In: International congress on wax modelling in science and art, June 1975, Florence, 1-2, pp. 715-718. Florence: L. S. Olschki
- [155] Museums & Galleries of Queensland. (2015), A Practical Guide For Sustainable Climate Control and Lighting in Museums and Galleries, Museums & Galleries Queensland, 2nd ed., ISBN 978-0-646-93687-1. Available at: [http://www.magsq.com.au/ dbase upl/A Practical Guide for Sustainable Climate Control and Lighting in Museums and Galleries Revision Finalsm.pdf](http://www.magsq.com.au/database/upl/A%20Practical%20Guide%20for%20Sustainable%20Climate%20Control%20and%20Lighting%20in%20Museums%20and%20Galleries%20Revision%20Finalsm.pdf)
- [156] Myers G.E. (1984), Effect of ventilation rate and board loading on formaldehyde concentration: a critical review of literature. Forest Products Journal, 34, pp. 59–68
- [157] Myers G.E., & Nagaoka M. (1981), Formaldehyde emission: methods of measurement and effects of several particleboard variables. Wood Science, 13, pp. 140–150
- [158] Myrbakk G. (2005), Mountain Vaults: a thousand years perspective, IFLA Congress 2005, Oslo, Norway, paper 153-E. Available at: [http://archive.ifla.org/IV/ifla71/papers/153e -Myrbakk .pdf](http://archive.ifla.org/IV/ifla71/papers/153e-Myrbakk.pdf)
- [159] National Museum Directors' Conference (NMDC) . (2009), Guiding principles for reducing museums' carbon footprint. London: NMDC, 2009. Available at: [http://www .nationalmuseums.org.uk/media/documents/what_we_do_documents/guiding_principles_redu cing_carbon_footprint.pdf](http://www.nationalmuseums.org.uk/media/documents/what_we_do_documents/guiding_principles_reducing_carbon_footprint.pdf)
- [160] Nazaroff W.W., & Cass G.R. (1991), Protecting museum collections from soiling due to the deposition of airborne particles. Atmospheric Environment, Part A, General Topics, 25 (5-6), pp. 841-852
- [161] Nockert M., & Wadsten T. (1978), Storage of archaeological textile finds in sealed boxes. Studies in Conservation, 23 (1), pp. 38-41
- [162] Novotný P., & Durnovšková J. (2002), Surface crystallisation on beeswax seals. Restaurator, 23 (4), pp. 256-269
- [163] Oddy W.A. (1973), An unsuspected danger in display. Museums Journal, 73, pp. 27-28

- [164] Oxford University Press. (2007), Shorter Oxford English Dictionary. Sixth edition. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-920688-9
- [165] Pacifico M.F., & Wilsted T.P. (2009), Archival and special collections facilities: guidelines for archivists, librarians, architects, and engineers. Chicago: Society of American Archivists, (Society of American Archivists approved standard)
- [166] Padfield T. (2002), Condensation in film containers during cooling and warming. In: Preserve, then show, The Danish Film Institute, December 2001, pp. 67-77. Copenhagen: Danish Film Institute. Available at: <http://www.conservationphysics.org/coolfilm/coolingfilm.pdf>
- [167] Padfield T. (2007), Why keep climate records — and how to keep them. In: Museum microclimates, pp. 157-163. Copenhagen: The National Museum of Denmark. Available at: <http://www.conservationphysics.org/datalog/climaterecords.pdf>
- [168] Padfield T. (2016), Conservation Physics. <http://www.conservationphysics.org/>
- [169] Padfield T., & Landi S. (1966), The light-fastness of the natural dyes. Studies in Conservation, 11, pp. 181-196. Available at: <http://www.conservationphysics.org/fading/fade.pdf>
- [170] Padfield T., & Larsen P.K. (2004), How to Design Museums with a Naturally Stable Climate. Studies in Conservation, 49:131-7
- [171] Padfield T., Vandyke S., Carr D. (2013), Improving our Environment [online] March 2013. Available at: <http://nationalgallery.org.uk/paintings/reach/improving-our-environment>
- [172] Padfield T., Larsen P.K., Ryhl-Svendsen M., Jensen L.A (2013), Low Energy Museum Storage [online] . Available at: <http://www.conservationphysics.org/storage/low-energy-museumstorage.Php>
- [173] Padfield T. (2007), The potential and limits for passive air conditioning of museums, stores and archives. In: Museum microclimates: conference on preventive conservation held in Copenhagen 19-23 November 2007, pp. 191-198. Copenhagen: National Museum of Denmark. Available at: <http://www.conservationphysics.org/musmic/musmicbuf.pdf>
- [174] Padfield T., Ryhl-Svendsen M., Larsen P.K., Jakobsen M., Jensen L.A. (2016), Climate control in the archive of the Arnemagnum Institute. Available at: www.conservationphysics.org/arna/arnemagnum-CC16.pdf
- [175] Pedregal P.D. (2009), Climat des Magasins d'archives: Objectifs, Moyens, Méthodes — Petit Manuel de Climatologie Appliquée • la Conception des Bâtiments d'archives. Direction des Archives de France
- [176] Phillips R.W., Orlick C.A., Steinberger R. (1955), The kinetics of the thermal decomposition of nitro-cellulose. Journal of Physical Chemistry, 59, pp. 1034-1043
- [177] Plenderleith H.J., & Werner A.E.A. (1971), The conservation of antiquities and works of art: treatment, repair and restoration. London: OUP
- [178] Pope D., Gibbens H.R., Moss R.L. (1968), The tarnishing of silver at naturally-occurring H₂S and SO₂ levels. Corrosion Science, 8 (2), pp. 883-887
- [179] Pretzel B. (2011), Predicting risks to artefacts from indoor climates. In: Preprints of the ICOMCC triennial, Lisbon

- [180] Pritchard D., & Twinn C. An integrated design: the Jersey Archive, *Architectural Research Quarterly* 5 (2001) pp. 210-228. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Chris_Twinn/publication/231781867_An_integrated_design_the_Jersey_Archive/links/55e96d1308ae21d099c2ecb9.pdf
- [181] Quye A. (1998), Saving our polyester days: historical plastics research. *Chemistry & Industry*, 15, pp. 599-603
- [182] Quye A., & Williamson C. (2009), *Plastics: collecting and conserving*. Edinburgh: National Museums of Scotland
- [183] Ram A.T., (1994), The effects and prevention of the vinegar syndrome. *Journal of Imaging Science and Technology*, 38 (3), pp. 249-261
- [184] Reid Of Robertland D., & Ross A. (1970), The conservation of non-metallic seals. *Studies in Conservation*, 15, pp. 51-62
- [185] Ryhl-Svendsen M., (2010), Does a standard temperature need to be constant? *Meddelelser om konservering*, 1, pp. 13-20. Available at: http://www.conservaionphysics.org/ppubs/standard_temperature.pdf
- [186] Ryhl-Svendsen M., Jensen L.A., Larsen P.K., Boehm B., Padfield T. (2011), Ultra-Low-Energy Museum Storage. In: BRIDGLAND, J. ed. *ICOM-CC 16th Triennial Conference Lisbon Preprints*. Paper 1514 [CD publication]
- [187] Ryhl-Svendsen M., Jensen L.A., Larsen P.K., Boehm B., Padfield T. (2013), A Museum Storage Facility controlled by Solar Energy. In: Ashley-Smith J, Burmester A., Eibl M. eds. *Climate for Collections: Standards and Uncertainties*. London: Archetype in association with Doerner Institut, Munich, pp. 141-9
- [188] Richard M., Mecklenburg M.F., Merrill R.M. (1991), *Art in transit: handbook for packing and transporting paintings*. Washington DC: National Gallery of Art. Available at: http://si-pddr.si.edu/jspui/bitstream/10088/8127/1/mci_Art_in_Transit_Handbook_for_Packing_and_Transporting_Paintings.pdf
- [189] Russell R., & Winkworth K. (2009), *Significance 2.0: a guide to assessing the significance of collections*. Canberra: Commonwealth of Australia. Available at: <http://www.environment.gov.au/heritage/publications/significance2-0/>
- [190] Russell W.J. and W. de W. ABNEY (1888), *The action of light on watercolours*. London: HMSO
- [191] Saechsische Staatsarchiv Hauptstaatsarchiv D.R.E.S.D.E.N. Erweiterungsneubau, Umbau und Sanierung. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12199/documents/13101>
- [192] Salmon L.G., & Cass G.R. (1993), The fading of artists' colorants by exposure to atmospheric nitric acid. *Studies in Conservation*, 38, pp. 73-91
- [193] Saunders D. (1993), The environment and lighting in the Sainsbury wing of the National Gallery. In: *Preprints of the ICOM-CC triennial, Washington D.C., 1993*, pp. 630-635
- [194] Saunders D. (2008), *Climate Change and Museum Collections [Summary of Dialogue for the New Century: Climate Change and Museum Galleries, 17 September 2008, The National Gallery London]*. *Studies in Conservation*, 53-287-97

- [195] Saunders D., & Kirby J. (1994), Wavelength- dependent fading of artists' pigments. In: Preventive conservation: practice, theory and research, preprints of the contributions to the Ottawa Congress, 12-16 September 1994, pp. 190-194. London: ICC
- [196] Schilling M.R., & Ginell W.S. (1993), The effects of relative humidity changes on Dead Sea Scrolls parchment samples. In: Preprints of the ICOM-CC triennial, Washington D.C., 1993, pp. 50-56
- [197] Schulze A. (2013), How the Usual Museum Climate Recommendations Endanger our Cultural Heritage. In: Ashley-Smith J, Burmester A., Eibl M. eds. Climate for Collections: Standards and Uncertainties. London: Archetype in association with Doerner Institut, Munich, pp. 81-92
- [198] Sebera D.K. (1994), Isoperms: An environmental management tool. Washington: Commission on Preservation and Access. Available at: <http://cool.conservationus.org/byauth/sebera/isoperm/>
- [199] Sedlbauer K., & Krus M. (2003), A new model for mold prediction and its application in practice. In: Research in Building Physics, pp. 921-928. Lisse, NL: Balkema
- [200] Servotte A., & Desreux V. (1968), Thermal degradation of some vinyl polymers. I. Poly(vinyl acetate), Journal of Polymer Science Part C: Polymer symposia, special issue: international symposium on macromolecular chemistry, Brussels-Louvain, 1967, Part 1, pp. 367-376
- [201] Shashoua Y. (2008), Conservation of plastics: materials science, degradation and preservation. Oxford: Butterworth-Heinemann
- [202] Spedding D.J., Rowlands R.P., Taylor J.E. (1971), Sorption of sulphur dioxide by indoor surfaces III.—Leather. Journal of Applied Chemistry and Biotechnology, 21 (3), pp. 68-70
- [203] Staniforth S., Hayes B., Bullock L. (1994), Appropriate Technologies for Relative Humidity Control for Museum Collections Housed in Historic Buildings. In: Roy A., & Smith P. eds. Preventive Conservation: Practice Theory and Research. London: IIC, pp. 123-8
- [204] Staniforth S. (2006), Relative Humidity as an Agent of Deterioration. In: Lithgow K, Lloyd H., Parry J., Staniforth S., Seeley N. eds. The National Trust Manual of Housekeeping: The Care of Collections in Historic Houses open to the Public. Oxford: Butterworth-Heinemann, pp. 103-13
- [205] Staniforth S. ed. (2013), Historical Perspectives on Preventive Conservation. Los Angeles: Getty Conservation Institute
- [206] Stauderman S., & Tompkins W.G. (eds). (2016), Summit on the Museum Preservation Environment. Washington: Smithsonian Institution. 2016. ISBN 9781935623861. Available at: <http://opensi.si.edu/index.php/smithsonian/catalog/book/111>
- [207] Strlič M., & Kolar J. (eds.) (2005), Ageing and stabilisation of paper. Ljubljana, Slovenia: National and University Library
- [208] Strlič M., (2010), Test for compatibility with organic heritage materials — a proposed procedure. e-Preservation Science, 7 (2010), pp. 78-86. Available at: <http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/2010/Strlic-15-05-2010.pdf>
- [209] Strlič M., (2011), The effect of volatile organic compounds and hypoxia on paper degradation. Polymer Degradation and Stability, 96, pp. 608-615

- [210] T treault J. (1992), La mesure de l'acidit  des produits volatils. Journal of the International Institute for Conservation — Canadian Group (IIC-CG), 17, pp. 17-25. Available at: <http://www.cci-icc.gc.ca/crc/cidb/document-eng.aspx?DocumentID=81>
- [211] T treault J. (2003a), Airborne pollutants in museums, galleries and archives: risk assessment, control strategies and preservation management. Ottawa: Canadian Conservation Institute
- [212] T treault J. (2003b), Guidelines for pollutant concentrations in museums. (CCI Newsletter 31). Available at: <http://www.cci-icc.gc.ca/crc/cidb/document-eng.aspx?DocumentID=363>
- [213] T treault J., & Stamatopoulou E. (1997), Determination of concentration of acetic acid emitted from wood coatings in enclosures. Studies in Conservation, 42 (3), pp. 141-156
- [214] T treault J., Sirois J., Stamatopoulou E. (1998), Studies of lead corrosion in acetic acid environments. Studies in Conservation, 43, pp. 17-32
- [215] The National Library of Singapore. (2010), Online blog at <http://docslide.us/documents/passivedesign-strategies-national-library-singapore> and <https://unfccccecosingapore.wordpress.com/2010/01/26/did-you-know/>
- [216] Thickett D. (1997), Relative effects of formaldehyde, formic and acetic acids on lead, copper and silver. London: British Museum
- [217] Thomson G. (1986), The museum environment/ 2nd ed. London: Butterworth-Heinemann
- [218] Tim r-Bal zsy  ., & Eastop D. (1998), Chemical principles of textile conservation. Oxford: Butterworth-Heinemann
- [219] Twinn C.D.A. (1997), Passive control of relative humidity to $\pm 5\%$, CIBSE National Conference 1997. <http://www.kanut.ee/arh/asjad/pdf/TwinnChris-PassiveControlofRH-Jac10cibse.pdf>
- [220] Waller R. (1994), Conservation Risk Assessment: A Strategy for Managing Resources for Preventive Conservation. In: Roy A., & Smith P. eds. Preventive Conservation: Practice Theory and Research. London: IIC, pp. 12-16
- [221] Waller R. (1995), Risk management applied to preventive conservation. In: Rose C.L., Hawks C.A., Genoways H.H. (eds.) Storage of natural history collections: a preventive conservation approach, pp. 21-28. Iowa City: Society for the preservation of natural history. Available at: <http://www.museum-sos.org/docs/WallerSPNHC1995.pdf>
- [222] Waller R. (1999), Internal pollutants, risk assessment and conservation priorities. In: Preprints of the ICOM-CC triennial, Lyon, 1999, pp. 113-118
- [223] Waller R. (2003), Cultural property risk analysis model: development and application to preventive conservation at the Canadian Museum of Nature. Göteborg, Sweden: Acta Universitatis Gothoburgensis
- [224] Watkinson D., & Tanner M. (2008), SS Great Britain: Conservation and Access—Synergy and Cost. In: Saunders D., Townsend J.H., Woodcock S. (eds). Conservation and Access. London: IIC, pp. 109-14
- [225] Whitmore P.M., & Cass G.R. (1988), The ozone fading of traditional Japanese colorants. Studies in Conservation, 33, pp. 29-40
- [226] Whitmore P.M., & Cass G.R. (1989), The fading of artists' colorants by exposure to atmospheric nitrogen dioxide. Studies in Conservation, 34, pp. 85-97

- [227] Whitmore P.M., Cass G.R., Druzik J.R. (1987), The ozone fading of traditional natural organic colorants on paper. *Journal of the American Institute for Conservation*, 26 (1), pp. 45-58
- [228] Wilhelm H. (2005), Yellowish stain formation in inkjet prints and traditional silver-halide color photographs. IS&T's NIP19: 2003 international conference on digital printing technologies, New Orleans, 28 September-3 October 2003, pp. 444-449. Springfield: Society of Imaging Science and Technology. Available at: http://www.wilhelm-research.com/ist/WIR ISTpaper 2003 09_HW.pdf
- [229] Williams E.L., Grosjean E., Grosjean D. (1992), Exposure of artists' colorants to airborne formaldehyde. *Studies in Conservation*, 37, pp. 201-210
- [230] Wilson W.K., & Parks E.J. (1983), Historical survey of research at the National Bureau of Standards and Materials for Archival Records. *Restaurator*, 5 (3-4), pp. 191-241
- [231] Wolfrom M.L., (1955), The controlled thermal decomposition of cellulose nitrate. I. *Journal of the American Chemical Society*, 77 (24), pp. 6573-6580
- [232] Yarsley V.E. (1964), *Cellulosic plastics*. London: Iliffe Books
- [233] Yoon Y.H., & Brimblecombe P. (2000a), Clothing as a source of fibres within museums. *Journal of Cultural Heritage*, 1, pp. 445-454
- [234] Yoon Y.H., & Brimblecombe P. (2000b), Contribution of dust at floor level to particle deposit within the Sainsbury Centre for Visual Arts. *Studies in Conservation*, 45 (2), pp. 127-137
- [235] Zerek B. (2014), *The Preservation and Protection of Library Collections, A Practical Guide to Microbiological Controls*, Chandos Publications, UK
- [236] ICOM-CC, Available at: <http://www.icom-cc.org/332/-icom-cc-documents/declaration-on-environmental-guidelines/#.WsXaNy5uZaQ>
- [237] BS 1153, Recommendations for processing and storage of silver-gelatine-type microfilm
- [238] BS 54543), Guide for the storage and exhibition of archival materials
- [239] ISO 105-B08, Textiles — Tests for colour fastness — Part B08: Quality control of blue wool reference materials 1 to 7
- [240] Di Pietro, Giovanna; Ligterink, Frank; Porck, Henk; and de Bruin, Gerrit Chemical air filtration in archives and libraries reconsidered. *Studies in conservation* 61, no. 5 (2016 Sep), pp. 245-254
- [241] University College of London, Institute for Sustainable Heritage. Available at: URL: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/heritage/>
- [242] DONOVAN, P.D. and T.M. MOYNEHAN (1965), The corrosion of metals by vapours from air-drying paints. *Corrosion Science*, 5 (12), pp. 803-814
- [243] EDWARDS, H.G. et al. (1993), Raman spectroscopic studies of Pedigree Doll disease. *Polymer Degradation and Stability*, 41 (3), pp. 257-264
- [244] QUYE, A. (1998), Saving our polyesterdays: historical plastics research. *Chemistry & Industry*, 15, pp. 599-603

- [245] BRIMBLECOMBE, P., D. SHOOTER and A. KAUR (1992), Wool and reduced sulphur gases in museum air. *Studies in Conservation*, 37 (1), pp. 53-60
- [246] SEASE, C. et al. (1997), Problems with coated silver: whisker formation and possible filiform corrosion. *Studies in Conservation*, 42 (1), pp. 1-10
- [247] BUDD, M.K. (1965), Corrosion of metals in association with wood. *Applied Materials Research*, 4, pp. 124-125
- [248] CLARKE, S.G. and E.E. LONGHURST (1961), The corrosion of metals by acid vapours from wood. *Journal of Applied Chemistry*, 11, pp. 435-443
- [249] WOHLERS, H.C. and M. FELDSTEIN (1966), Hydrogen sulfide darkening of exterior paint. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 16, pp. 19-21
- [250] ALLEN, G.C. and L. BLACK (2000), Role of organic acids in lead patination. *British Corrosion Journal*, 35, pp. 39-42
- [251] COLES, E.L., J.G. GIBSON and R.M. HINDE (1958), The corrosion of lead by dilute aqueous organic acids. *Journal of Applied Chemistry*, 8 (5), pp. 341-348
- [252] EDWARDS, R., W. BORDASS and D. FARRELL (1997), Determination of acetic and formic acid in lead corrosion products by ion-exchange chromatography. *Analyst*, 122, pp. 1517-1520
- [253] RAYCHAUDHURI, M.R. and P. BRIMBLECOMBE (2000), Formaldehyde oxidation and lead corrosion. *Studies in Conservation*, 45 (4), pp. 226-232
- [254] STREIGEL, M. (1992), The effects of gas phase formaldehyde on selected inorganic materials found in museums. In: *Postprints of the AIC Objects Specialty Group Meeting*, Albuquerque, New Mexico, 8 June 1991, pp. 1-12. Washington: American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC)
- [255] TENNENT, N.H. and L. CANNON (1993), The corrosion of lead artifacts in wooden storage cabinets. *Scottish Society for Conservation and Restoration Journal* 4 (1), pp. 8-11