



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

INSO

20027

1st.Edition

2016

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۰۲۷

چاپ اول

۱۳۹۵

حافظت از اموال فرهنگی - دما و رطوبت
نسبی برای محدود کردن آسیب مکانیکی به
مواد آلی نمگیر - ویژگی ها

**Conservation of cultural property-
Temperature and relative humidity to limit
climate-induced mechanical damage in
organic hygroscopic materials
- Specifications**

ICS: 97.195

بهنام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و موسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرفکنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشتہ طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که موسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرفکنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول تضمین کیفیت فرآورده‌ها و ملاحظات زیستمحیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای فرآورده‌های تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجرایی نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای فرآورده‌های کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجرایی نماید. هم‌چنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیستمحیطی، آزمایشگاهها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسائل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاهای کالیبراسیون (واسنجی) وسائل 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 Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«حفظ از اموال فرهنگی - دما و رطوبت نسبی برای محدود کردن آسیب مکانیکی به مواد آلی نم‌گیر - ویژگی‌ها»

سمت و / یا نمایندگی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

رییس:

ابراهیم زاده، رضا

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

دبیر:

اداره استاندارد شهرستان سیرجان

یزدی میرمخلصونی، سید محمد

(کارشناسی فیزیک)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی -
فرهنگی

ابراهیمی، افسین

(دکترای مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی -
فرهنگی

امین‌شیرازی، شهرزاد

(دکترای مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

آزمایشگاه اداره کل میراث فرهنگی، صنایع
دستی و گردشگری استان کرمان

جعفرزاده، صدیقه

(کارشناسی مرمت آثار تاریخی)

اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و
گردشگری استان کرمان

جوادی، مهری

(کارشناسی ارشد باستان‌شناسی)

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی -
فرهنگی

رحمانی، غلامرضا

(دکترای مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

اداره کل استاندارد استان کرمان

زکریایی کرمانی، احسان

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

اداره کل موزه‌ها و اموال منقول تاریخی
کشور

زنده، عصمت

(کارشناسی ارشد باستان‌شناسی)

اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و
گردشگری استان کرمان

سلطان زاده، زهرا

(کارشناسی شبیه کاربردی)

سهرج زاده، مریم

(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

عامری، سعید

(کارشناسی مرمت آثار تاریخی)

بازنشسته سازمان میراث فرهنگی، صنایع

دستی و گردشگری

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-

فرهنگی

فادایی، حمید

(دکترای مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

اداره کل استاندارد استان کرمان

کاویانی، فربد

(کارشناسی شیمی)

دانشگاه لرستان

کولیوند، فرشاد

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)

اداره کل استاندارد استان کرمان

کیانفر، مریم

(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-

فرهنگی

هادیان، منیژه

(دکترای مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ توصیه‌های عمومی برای مواد آلی نم‌گیر
۴	۵ روش تعیین دما و رطوبت نسبی برای مواد آلی نم‌گیر
۶	پیوست الف (آگاهی دهنده) تعیین سطوح هدف رطوبت نسبی
۱۱	کتابنامه

پیش گفتار

استاندارد «حفظت از اموال فرهنگی - دما و رطوبت نسبی برای محدود کردن آسیب مکانیکی به مواد آلی نم‌گیر - ویژگی‌ها» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در دویست و هفتاد و هفتمین اجلاس کمیته ملی خدمات مورخ ۱۳۹۵/۰۱/۲۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در موقع لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

BS EN 15757: 2010, Conservation of cultural property- Specifications for temperature and relative humidity to limit climate-induced mechanical damage in organic hygroscopic materials

این استاندارد راهنمایی است که دما و رطوبت نسبی^۱ (RH) مناسب برای حفاظت از اموال فرهنگی را مشخص می‌کند و این کار را از طریق محدود کردن آسیب فیزیکی ناشی از دوره‌های تنش-کرنش^۲ در اشیاء حاوی مواد آلی نم‌گیر^۳ انجام می‌دهد. این دسته از اشیاء شامل اقلام چوبی و اجزای سازه‌ای مانند کف‌ها، درب‌ها، پانل‌سازی‌ها، الوار سقف^۴، نقاشی‌ها، کتاب‌ها، اسناد گرافیکی^۵، بافت‌ها، اشیاء ساخته شده از استخوان^۶، عاج^۷ یا چرم است. اشیاء ممکن است حاوی چندین ماده نم‌گیر باشند و انواع مختلف مواد می‌توانند با هم استفاده شده باشند. اینگونه اشیاء تا درجات متفاوتی، نسبت به تغییرات و نوسانات رطوبت نسبی محیط که موجب تغییر در شاخص رطوبت تعادلی^۸ (EMC) مواد می‌شود و این به خاطر تطبیق دادن خود با تغییرات شرایط محیطی مدام است، آسیب‌پذیر هستند. تغییرات در شاخص رطوبت تعادلی، باعث ایجاد تغییرات ابعادی مواد می‌شود که می‌تواند منجر به سطوح بالای تنش و آسیب‌های فیزیکی مانند شکستگی یا تغییرشکل شود.

برای اشیاء حاوی مواد آلی نم‌گیر نیاز است، سطوح و محدوده‌های دما و رطوبت نسبی برای محیطی که با آن ورق داده شده‌اند و به مدت طولانی با آن در تماس هستند، به صورت جداگانه تعیین شود. در طی زمان، به دلیل اینکه نوسانات دما و رطوبت نسبی باعث ایجاد تنش درونی کافی برای ایجاد شکستگی در اشیاء می‌شوند، این شکستگی‌ها باز و بسته خواهند شد و به عنوان درز انبساطی^۹، دامنه گسترده‌تر نوسانات قابل قبول دمایی و رطوبت نسبی، را تحمل خواهند کرد. در این صورت گفته می‌شود مواد با شرایط «وقق داده شده‌اند»^{۱۰} زیرا حالا به صورت متفاوتی به شرایط اتمسفری واکنش نشانمی‌دهند، اگرچه این تطابق نباید معنای مثبتی بگیرد چرا که به دلیل شکستگی درونی ایجاد شده است و منجر به شکلی از آسیب می‌شود. از دست رفتن ارزش تاریخی^{۱۱}، ارزش زیبایی‌شناختی^{۱۲} و هم‌چنین ارزش مالی مربوط، به اندازه و محل ترک-خوردگی بستگی دارد.

تعیین دامنه‌های دمایی و رطوبت نسبی مناسب برای نگهداری و حفاظت اشیاء، به دلیل گوناگونی و پیچیدگی مواد محتوی اشیا، آسان نیست. دما هم تاثیر مستقیم بر نگهداری داشته و هم با کنترل رطوبت نسبی هوا، تاثیر غیرمستقیم دارد. تغییرات و نوسانات دمایی و رطوبت نسبی، باید هم از نظر استاتیکی سطوح و دامنه‌های مجاز و هم از نظر دینامیکی در نظر گرفته شوند، به این معنا که نرخ تغییر، زمان دوره‌ها و تعداد دفعاتی که دوره‌ها تکرار می‌شوند باید مدنظر قرار گیرند.

1 - Relative humidity

2 - Strain-stress cycles

3 - Organic hygroscopic

4 - Roof timbers

5 - Graphic documents

6 - Bone

7 - Ivory

8 - Equilibrium Moisture Content (EMC)

9 - Expansion joints

10 - Acclimatised

11 - Historical value

12 - Aesthetic value

تخرب و فساد اغلب ماهیتی پیش‌رونده دارد و ممکن است به واسطه تعداد و شدت خطرات محیطی منفرد، تشدید شود. تغییرات و نوسانات دما و رطوبت نسبی، باعث ایجاد تغییرات فیزیکی جبران ناپذیر در مواد می‌شود، اگرچه این تغییرات همواره برای چشم انسان محسوس نیست. آسیب‌پذیری در برابر مکانیزم‌های مخرب، ممکن است با توجه به نوع اشیاء و سن آن‌ها، تاثیرات متفاوتی ایجاد کند.

با درنظرگرفتن پیچیدگی شدید واکنش مواد موجود در اموال فرهنگی به دگرگونی‌های دمایی و رطوبت نسبی، این استاندارد روش‌شناسی تعیین ویژگی‌های عمومی بهمنظور محدود کردن آسیب‌های فیزیکی ناشی از شرایط آب و هوایی در مواد آلی نمی‌گیر را پیشنهاد کرده است. بنابراین این استاندارد با آن دسته از آسیب‌های منتخب سروکار دارد و برای سایر فرآیندهای مهم فساد و تخریب تاثیرگذار بر مواد دیگر، که از طریق عوامل ریزاقلیمی^۱ مانند اکسیدشدن^۲، هیدرولیز اسیدی واکنش‌های خوردگی و حل شدن مواد همراه همراه به دلیل ذوب شدن^۳، تبلور^۴ نمک ناشی می‌شوند، کاربرد ندارد.

روش‌شناسی پیشنهاد شده براساس تحلیل محیط اقلیمی تاریخی ویژه و بررسی شرایط آسیب‌پذیرترین و بالرزش‌ترین اشیاء است. بنابراین تصمیم بر روی بی ضرر بودن شرایط اقلیمی گرفته شده است. این شیوه معمولاً برای دمای‌های هدف و دامنه‌های رطوبت نسبی مجاز است که نسبت به مقادیر هدف منفرد که به صورت رایج به عنوان شرایط مطلوب برای نگهداری اموال فرهنگی مقبول است، انعطاف‌پذیرتر هستند. این به نوبه خود باعث کاهش کنترل محیطی مورد نیاز برای حفاظت مناسب از اشیاء می‌شود. تجهیزات کمتر و ساده‌تری مورد نیاز است و هزینه‌های نگهداری را می‌توان کاهش داد. کنترل دما و رطوبت نسبی را می‌توان از طریق افزایش ظرفیت کنترل منفعل ساختمان، کمتر کرد. استانداردهای بالای حفاظت در این‌هیه تاریخی را می‌توان از طریق کاربرد راه‌حل‌های موثر و قابل استطاعت را علی‌رغم افزایش هزینه انرژی، به دست آورد. هرگونه تغییر تاثیرگذار بر محیط یک شیء یا مجموعه‌ای از اشیاء، باید توسط تیمی از افراد حرفه‌ای مورد بررسی قرار گیرد که این تیم همواره شامل یک مسئول دارای صلاحیت است که در زمینه ارزیابی شرایط مجموعه تجربه داشته و در زمینه کنترل شرایط محیطی متخصص باشد.

1 - Microclimatic

2 - Oxidation

3 - Deliquescence

4 - Crystallisation

حفظ از اموال فرهنگی - دما و رطوبت نسبی برای محدود کردن آسیب مکانیکی به مواد آلی نم‌گیر - ویژگی‌ها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنمایی برای مشخص کردن دما و رطوبت نسبی به منظور محدود کردن آسیب‌های فیزیکی ناشی از مواد آلی نم‌گیر است که این مواد در انبارهای طولانی مدت یا نمایشگاه‌ها (بیش از یک بار در هر سال) در محیط داخلی موزه‌ها، گالری‌ها، نواحی نگهداری، بایگانی‌ها، کتابخانه‌ها، اماكن مذهبی و یا ساختمان‌های تاریخی یا مدرن نگهداری می‌شوند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است.
بدین ترتیب آن مقررات جزیی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.
در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.
استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۳۲: سال ۱۳۹۵، حفاظت از اموال فرهنگی - اصطلاحات و تعاریف عمومی اصلی

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۳۲، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند:

۱-۳

کنترل فعال

Active control

کاربرد ابزار قادر به تبادل انرژی‌های گرمایی، رطوبت یا هوا که با حسگرهای پردازش همزمان و کنترل کننده‌ها تلفیق شده است.

۲-۳

دما (T)

Air temperature

دماهی هوا از روی دماسنجدی که در معرض هوا قرار دارد و در موقعیتی است که نسبت به پرتو مستقیم خورشید یا سایر منابع انرژی مصون است، خوانش می‌شود.

یادآوری- اگر اشیاء در معرض پرتو مستقیم قرار دارند، بهتر است از دماسنجد گوی مشکی یا دماسنجد نوار مشکی استفاده شود.
برای دیدن تعاریف به استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۲۸ مراجعه شود.

۳-۳

شاخص رطوبت تعادلی (EMC)

Equilibrium moisture content

محتوای رطوبتی است که در آن، یک ماده نمگیر در سطوح دما و رطوبت نسبی مشخص، از اتمسفر محیط نه رطوبت میگیرد و نه رطوبت از دست میدهد.

۴-۳

سامانه‌های گرمایی، تهویه یا تهویه مطبوع (HVAC)

Heating, Ventilating or Air Conditioning Systems

سامانه‌های فعالی هستند که به منظور کنترل دمای هوا (گرمادهی)، دمای و رطوبت نسبی هوا (تهویه مطبوع) یا تهویه در یک ساختمان فعالیت می‌کنند.

۵-۳

اقلیم تاریخی

Historical climate

شرایط اقلیمی در یک محیط کوچک است که یک اثر تاریخی- فرهنگی همیشه یا برای دوره‌ای طولانی مدت (حداقل یک سال)، در آنجا نگهداری شده و با آن محیط سازگاری پیدا کرده است.

۶-۳

مواد آلی نمگیر

Hygroscopic material

موادی که با افزایش نسبی رطوبت محیط، رطوبت را جذب می‌کنند و با افت آن رطوبت از دست می‌دهند.

۷-۳

محیط داخل

Indoor environment

به ناحیه درونی ساختمانی که آثار تاریخی- فرهنگی در آن نگهداری می‌شوند، اطلاق می‌شود.

۸-۳

ریزاقلیم

Microclimate

به اقلیم با مقیاس مکانی بسیار کوچک، اطلاق می‌شود.
یادآوری- معمولاً به محیط کوچکی گفته می‌شود که با اشیاء تحت نظارت در تماس است.

۹-۳

رطوبت نسبی (RH)

Relative Humidity

به نسبت فشار بخار آب واقعی به فشار بخار اشبع، اطلاق می‌شود.

۱۰-۳

سطح هدف

Target level

سطح رطوبت نسبی که برای تضمین بهترین حفاظت و نگهداری، بهتر است حفظ شود.
یادآوری - این سطح توسط اقلیم تاریخی یک محیط، که ثابت شده برای نگهداری اشیاء مضر نیست، تعیین می‌شود، در غیر این صورت باید توسط یک متصدی دارای صلاحیت حرفه‌ای مشخص شود.

۱۱-۳

دامنه هدف

Target range

دامنه نوسانات رطوبت نسبی، که بهتر است برای تضمین بهترین نگهداری، از این دامنه فراتر نرود.
یادآوری - این دامنه توسط اقلیم تاریخی یک محیط، که ثابت شده برای نگهداری اشیاء مضر نیست، تعیین می‌شود، در غیر این صورت، باید توسط یک متصدی دارای صلاحیت حرفه‌ای مشخص شود.

۴ توصیه‌های عمومی برای مواد آلی نم‌گیر

عموماً مواد آلی نم‌گیر نیازمند یک دامنه متوسط رطوبت نسبی هستند، چرا که حداکثرها (بالاترین و پایین‌ترین دامنه‌های رطوبت نسبی) تاثیرگذار بر شاخص رطوبت تعادلی، می‌توانند منجر به آسیب ساختاری، تغییرشکل و ترک خوردگی شوند.

با این حال ماده‌ای که برای دوره‌ای طولانی مدت حتی در شرایط بدی نگهداری شده است با این شرایط وفق می‌یابد. ضروری است تحلیل‌های دقیق از نیازهای مصالح انجام شود تا اطمینان حاصل شود که سطوح استاندارد مشخص شده باعث ایجاد آسیب‌های بعدی نخواهد شد.

هرگونه تغییر در محیط اقلیمی تاریخی ممکن است در دسرساز باشد، حتی اگر شرایط جدید برای نگهداری و حفاظت طولانی مدت بهبود یابد. اگر تغییر ناگهانی باشد، ممکن است تنفس و کرنش باعث ایجاد شوک اقلیمی شود که منجر به سطوح شدیدتری از آسیب می‌شود.

بنابراین تمهیدات این استاندارد، بر روی حفظ ریزالیم از نظر سطح، دوره‌های فصلی و نوسانات دما و رطوبت نسبی، تمرکز می‌کند که مصالح برای دوره‌ای طولانی مدت با آن‌ها سازگاری یافته‌اند، البته اگر بی ضرر بودن این ریزالیم ثابت شده باشد. قبل از اتخاذ تصمیم درمورد مضر بودن یا نبودن شرایط اقلیمی قبلی، متصدی حرفه‌ای باید گزارشی از شرایط آسیب‌پذیرترین و/یا با ارزش‌ترین اشیاء، که باید موضوع طرح کنترل محیطی قرار گیرند، ارائه دهد.

درصورتی که مواد باید به شرایط اقلیمی متفاوتی انتقال یابند، پایش دقیق و متنابع شرایط مصالح ضروری است تا علائم فساد و تخرب شناسایی شده و پایدارسازی شرایط محیطی مناسب برای نیازهای مصالح، مقدور شود.

زمانی که با اشیاء ترکیبی سروکار دارید یا زمانی که اشیاء از مواد مختلفی تشکیل شده‌اند که در یک مکان قرار دارند، ارزیابی فعل و انفعال احتمالی میان مواد یا بخش‌هایی از اشیاء که از مواد یکسان تشکیل شده‌اند، ضروری است، به دلیل این که این موقعیت پیچیده‌تر است. اگر در رفتار مواد تشیدید اثر^۱ وجود دارد، شیء در حالت کلی ممکن است آسیب‌پذیرتر از آسیب‌پذیرترین جزء خودش باشد. با این حال ویژگی‌های مرتبط با دما و رطوبت نسبی و اهمیت نظارت دقیق بر اقلیم تاریخی، به قوت خود باقی می‌ماند.

۵ روش تعیین دما و رطوبت نسبی برای مواد آلی نم‌گیر

۱-۵ تعیین اولویت‌ها

تغییر در شاخص رطوبت تعادلی مواد آلی نم‌گیر، باعث ایجاد تغییرات در شکل، امکان ایجاد دوره‌های تنش درونی و مخاطره تغییرشکل یا ترک‌خوردگی وابسته به مسائل ساخت و مواد می‌شود. این مخاطره برای مواد ناهمسان‌گرد^۲ بیش‌تر از مواد همسان‌گرد^۳ است.

درصورتی که شاخص رطوبت تعادلی و در نتیجه تغییر ابعاد ایجاد شده در مواد آلی نم‌گیر، بیش‌تر بر اثر تغییرات رطوبت نسبی بوده و تاثیر دما کم‌تر باشد، سپس بهتر است رطوبت نسبی در سطوح اقلیم‌های تاریخی، تا حد امکان نزدیک نگه داشته شود.

اما اگر اشیاء می‌توانند به طرز چشمگیری تحت تاثیر تغییر دما قرار گیرند، الزاماتی برای تثبیت دما و رطوبت نسبی باید درنظر گرفته و هماهنگ شود.

۲-۵ حفظ شرایط زیستمحیطی پایداری

زمانی که یک رطوبت نسبی ثابت در اولویت است، بهتر است از تغییرات رطوبت نسبی جلوگیری شود در حالی که پارامترهای منطقی هزینه، ریسک و فواید اشیاء و سازگاری فضایی در نظر گرفته شوند؛ باید از تغییرات شدید در شبیه‌ها و نواحی یا ابزارهایی که گرما و رطوبت را جذب می‌کنند یا پس می‌دهند، جلوگیری شود.

پایدارسازی رطوبت نسبی در یک دامنه هدف در حدود مقادیر میانگین یا دوره‌های فصلی بومی اقلیم تاریخی اتاق، از خطر آسیب فیزیکی می‌کاهد. بهتر است مناسب‌ترین دامنه هدف، از تغییرات تاریخی که شیء با آن تطابق پیدا کرده است بیش‌تر نشود و براساس تمامی سوابق پوشش دهنده دوره زمانی یک سال یا بیش‌تر در مورد اقلیم‌های گذشته در دسترس، باشد. بهتر است تمامی موارد موجود در تقویم یک سال

1 - Synergy

2 - Anisotropic

3 - Isotropic

استفاده شود نه کسری از آن‌ها، تا از اریبی ناشی از تعداد نامتعادل فصل‌های متفاوت جلوگیری شود. روش تعیین دامنه هدف رطوبت نسبی در پیوست الف، ارائه شده است.

هدف اقدامات حفاظتی/پیشگیرانه در برابر آسیب‌های فیزیکی، بهمنظور جلوگیری از نوسانات و دوره‌های کوتاه مدت و کاهش شب و/یا تغییرات متناوب دما و رطوبت نسبی است که منجر به آسیب‌های فیزیکی اشیاء می‌شود. بهتر است قراردادهای پایش مناسب، تضمین کنند که از دوره‌های روزانه جلوگیری شده یا کم شود. به این معنا که رطوبت نسبی باید طی روز و شب ثابت بماند.

توصیه می‌شود هم راستا با نظارت منظم محیط درونی، یک تحلیل بر روی داده‌های شرایط خارجی یا پیرامونی انجام شود. این شرایط تحت تاثیر تغییرات فصلی، روزانه و حداکثرهای هوایی قرار می‌گیرد. بهتر است دامنه دوره‌های فصلی کوچک شود و نیاز به کنترل در حد معقول متعادل شود. ظرفیت عایق‌کاری ساختمان و مواد سازنده آن، عوامل مهمی برای نگه داشتن ثبات و پایداری محیط داخلی هستند.

در صورتی که رطوبت نسبی و دما اولویت یکسانی داشته باشند ویژگی‌های فوق برای دما نیز اعمال شود.

رطوبت نسبی پایدار را با یکی از راههای ذیل می‌توان به دست آورد:

- اگر محتوای رطوبت هوا ثابت است، دما را تا جای ممکن ثابت نگه دارید؛

- اگر محتوای رطوبت متغیر است، دما را تغییر دهید تا به رطوبت نسبی ثابت برسید (در صورتی که تغییر دما، تاثیری بر اشیاء نداشته باشد)؛

- اگر محتوای رطوبت متغیر است، به هوا رطوبت اضافه کرده یا از آن کم کنید، بدون دست کاری دما (در صورتی که تغییر دما تاثیر مرتبطی بر اشیاء می‌گذارد)؛

- اگر محتوای رطوبت متغیر است، دو روش بالا را با هم ترکیب کنید (در صورتی که تغییر دما، تاثیری بر اشیاء نداشته باشد).

۳-۵ اولویت اقلیم تاریخی

زمانی که شرایط اشیاء ساخته شده از مواد آلی نم‌گیر که در یک ریزاقلیم مشخص برای مدت طولانی (حداقل یک سال) نگهدای می‌شوند، توسط مخصوصان با صلاحیت در امر اقلیم داخلی و حفاظت، مطلوب ارزیابی شود، بهتر است اقلیم تاریخی در یک اتاق شامل سطوح میانگین رطوبت نسبی، دامنه تغییرپذیری دوره‌های طبیعی (فصلی یا روزانه) و نرخ تغییر، دست نخورده بماند. فقط تغییرات قابل قبول، بهبودهایی هستند که نوسانات شرایط اقلیمی را کاهش می‌دهند.

زمانی که یک شیء برای درمان و یا نمایش جابجا می‌شود، اقلیم تاریخی باید تا اندازه ممکن نزدیک نگهداشته شود. این موضوع برای انتقال و نگهداری هم صادق است.

۴-۵ سایر ویژگی‌ها

در صورتی که به هر دلیلی، باید شرایط تاریخی ریزاقلیم داخلی عوض شود، یا اگر شیء ساخته شده از مواد آلی نم‌گیر باید به ریزاقلیم جدیدی منتقل شوند، بهتر است تحقیقاتی درباره ارزیابی تطبیق شیء با شرایط دما و رطوبت نسبی جدید انجام شود و تاریخچه نگهداری و واکنش شیء در نظر گرفته شود. متأسفانه، ممکن است

به نظر برسد آثار باستانی، بدون آسیب دیدن با تغییرات ریزاقلیم سازگار شده‌اند اما سپس به منظور رها کردن تنש‌های جمع شده، به صورت ناگهانی و مصیبت‌بار دچار شکست (مثلاً با ترک برداشتن) می‌شوند. اگر به هر دلیلی اقلیم تاریخی باید اصلاح شود، دما و رطوبت نسبی باید به آرامی تغییر یابند تا فرآیند تطبیق یافتن به صورت تدریجی انجام شود. تغییر آرام رطوبت نسبی، هم شیب محتوای رطوبت درون مواد و هم واکنش ابعادی نسبی مربوطه که منجر به تنش می‌شود، را کاهش می‌دهد. به علاوه واهلش تنش^۱ در صوتی رخ می‌دهد که دوره زمانی تغییر رطوبت نسبی، برابر با ثابت‌های زمانی واهلش شیء باشد. بهتر است تحقیقات جامعی بر روی موقعیت و مواد انجام شود تا این میزان مشخص شود. همچنین لازم است در طی دوره تغییر رطوبت نسبی، نظارت و پایش مستمری بر روی شیء انجام شود. در صورتی که شیء با دقت ارزیابی شده باشد و تغییرات دما و رطوبت نسبی به صوت منابی کنترل شده باشند، هیچ تغییری نباید در شیء قابل تشخیص باشد. لازم به ذکر است که اگر هر گونه فساد یا تخریبی مشاهده شد، تغییرات مداوم در رطوبت نسبی و دما باید فوراً متوقف شوند و موقعیت بلا فاصله، مجدداً ارزیابی شود.

پیوست الف
(آگاهی دهنده)

تعیین سطوح هدف رطوبت نسبی

الف-۱ اصول

اقلیم داخلی توسط سطوح میانگین و تغییرپذیری دما و رطوبت نسبی تعریف می‌شود. اینها به صورت آماری با عناوین زیر نمایش داده می‌شود.

الف- سطح میانگین طی یک دوره منتخب، مثلاً یک ساله؛

ب- دوره‌های فصلی؛

پ- نوسانات کوتاه مدت.

این استاندارد توصیه می‌کند تا زمانی که رطوبت نسبی اهمیت داشته و شیء پایدار مانده است، این اقلیم تاریخی باید حفظ شود. بهتر است به منظور شناسایی ینکه که آیا اقلیم تغییر کرده است و اگر تغییر کرده تا چه میان تغییر ایجاد شده است، از مقادیر آماری فوق الذکر (سطح، دامنه‌ها، دوره‌ها و نوسانات) استفاده شود. توصیه می‌شود هنگام برنامه‌ریزی سامانه‌های گرمایی، تهویه یا تهویه مطبوع^۱ (HVAC)، مقادیر مشابه به عنوان سطوح و دامنه‌های هدف استفاده شوند.

الف-۲ نظارت محیطی- مجموعه داده

شواهد اقلیم تاریخی یا مطالعاتی که تایید می‌کند هیچ تغییری نباید رخ دهد، باید براساس برنامه پایش محیط انجام گرفته طی دوره حداقل یک ساله باشد. در صورتی که سوابق طولانی مدت در دسترس هستند، بهتر است صرفاً کل موارد تقویم سال مورد استفاده قرار گیرند. بهتر است آمارها، مجموعه داده‌هایی را تشکیل دهنده که برپایه محاسبه باشند.

بهتر است فواصل زمانی نمونه‌گیری یک ساعت یا کمتر باشند، تا به مقیاس زمانی و تحرکات پدیده تحت بررسی واکنش دهنده؛ بنابراین در این حالت، کوتاه‌ترین نوسانات مدنظر هم به خوبی ثبت می‌شوند.

تحلیل‌های ارائه شده می‌توانند به صورت جهانی، هم برای اقلیم‌های طبیعی در ساختمان‌ها بدون هیچ‌گونه سامانه تهویه مطبوع و هم برای اقلیم‌های مصنوعی در ساختمان‌هایی دارای سامانه تهویه مطبوع، مورد استفاده قرار گیرند. اما اگر هرگونه تاثیر، که به میزان فراینده اقلیم را آشفته می‌کند، ثبت شود. بهتر است اقلیم هدف، از سوابق دوره‌هایی که هیچ تاثیری در آن‌ها دیده نشده است، گرفته شود.

الف-۳ محاسبه مقادیر هدف

الف-۳-۱ سطح میانگین

این سطح به عنوان میانگین حسابی خوانش‌های رطوبت نسبی، یعنی مجموع تمامی سطوح مشاهده شده تقسیم بر تعداد مشاهدات، تعیین می‌شود.

اولین مرجع مفید، میانگین سالیانه است. دومین مرجع مفید، مجموعه‌ای از میانگین‌های ماهانه است. دوره فصلی درون مجموعه میانگین‌های ماهانه وارد می‌شود.

الف-۲-۳ دوره فصلی

این دوره، برای هر خوانش، با محاسبه میانگین متحرک^۱ اصلی، یعنی میانگین حسابی کلیه خوانش‌های رطوبت نسبی گرفته شده در مدت ۳۰ روزه، به دست می‌آید. این دوره ۳۰ روزه شامل ۱۵ روز قبل و ۱۵ روز پس از زمانی است، که در آن میانگین محاسبه شده است. به همین دلیل، ۱۵ روز نخست و ۱۵ روز بعدی در نمونه‌گیری، برای چنین محاسباتی مجموعه متناسبی از داده ندارند. بنابراین، اگر میانگین متحرک برای یک سال تقویمی کامل درخواست شود، دوره نمونه‌گیری باید برای $30 = 15 + 15$ روز افزایش یابد و بهتر است پایش در مجموع دوره ۳۹۵ روزه را شامل شود. برای مثال اگر خوانش‌های رطوبت نسبی، با فواصل یک ساعته ثبت شوند، در دو دوره ۱۵ روزه قبل و بعد خوانش فعلی، $(15 \times 24 = 360)$ مقدار ثبت می‌شود. علاوه بر آن‌ها، باید خوانش‌های جاری اضافه شود. در مجموع $360 \times 2 + 1 = 721$ به دست می‌آوریم. میانگین متحرک برای این خوانش به صورت زیر است:

$$MA = \frac{RH_{-1} + RH_0 + RH_1 + \dots + RH_{35} + RH_{36}}{36}$$

که در آن:

RH_{-1} ، RH_0 و ...، خوانش‌های رطوبت نسبی فعلی، قبلی و ... هستند؛
MA نوسانات کوتاه مدت را هموار می‌کند و تمایلات طولانی مدت یا دوره‌ها را نشان می‌دهد.

الف-۳-۳ نوسانات کوتاه مدت

یک نوسان، به عنوان اختلاف بین خوانش رطوبت نسبی فعلی و میانگین متحرک محاسبه شده ۳۰ روزه برای آن خوانش، همان گونه که در بالا توصیف شده است، محاسبه می‌شود. بنابراین هم تغییرپاتر فصلی طبیعی و هم زمان واهلش مواد را در نظر می‌گیرد.

الف-۴ تعیین دامنه هدف

زمانی که رطوبت نسبی ثابت است نیازی به تغییر محیط وجود ندارد. در صورتی که رطوبت نسبی پایدار نباشد، حدود پایینی و بالایی دامنه هدف نوسانات رطوبت نسبی، به ترتیب به صورت هفتمین درصد و نود و سومین درصد نوسانات ثبت شده در دوره پایش، تعیین می‌شوند. در صورتی که نوسانات از تابع توزیع گوسی^۲ پیروی کنند، این محدودیتها با انحراف استاندارد ± 1.5 متناظر هستند. برای هر توزیع، هفتمین و نود و سومین درصد، با منظم کردن نوسانات از کمترین مقدار منفی تا بالاترین مقدار مثبت و انتخاب

1 - Moving Average (MA)

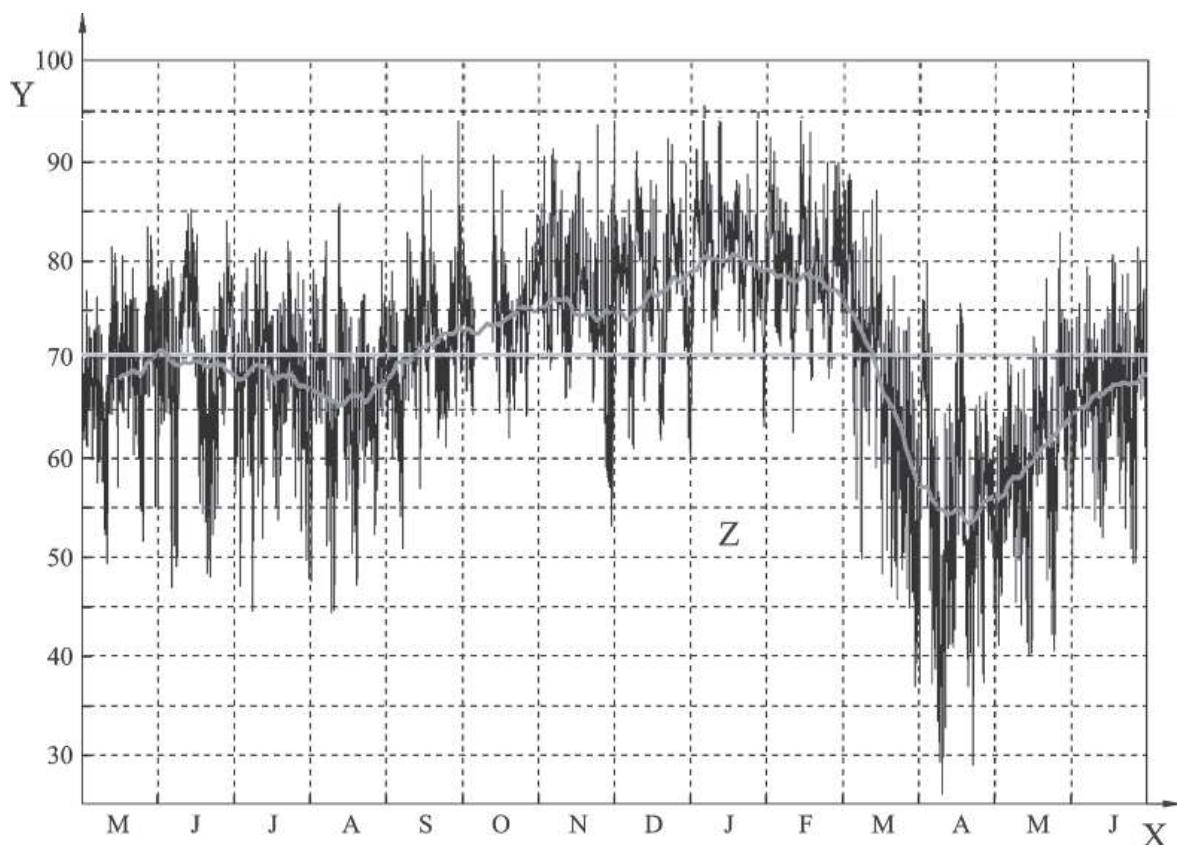
2 - Gaussian distribution function

مقداری که زیر آن هفتمین و نود و سومین درصد مشاهدات پیدا می‌شود، به دست می‌آید. به این ترتیب ۱۴٪ از بزرگترین، ریسکی‌ترین نوسانات کنار گذاشته می‌شوند، برش‌ها به اندازه یکسان برای قله‌ها و افتادگی‌های نمودار رطوبت نسبی اعمال می‌شوند و محیط‌های شدیداً مرطوب یا شدیداً خشک، خارج می‌شوند.

با این حال اگر روند بالا تعیین کند که، نوسانات رطوبت نسبی با کمتر از ۱۰٪ سطح رطوبت نسبی فصلی جدا شود، حد محاسبه شده اکیداً غیرضوری در نظر گرفته شده و می‌توان از آن صرفنظر کرد. مقدار آستانه‌ای ۱۰٪ رطوبت نسبی، را می‌توان تحت مسئولیت یک مسئول حفاظت حرفاًی و با صلاحیت، قبول کرد. از این روند باید یک بار استفاده شود. استفاده مکرر از آن، موجب باریک شدن غیرضروری دامنه هدف شود.

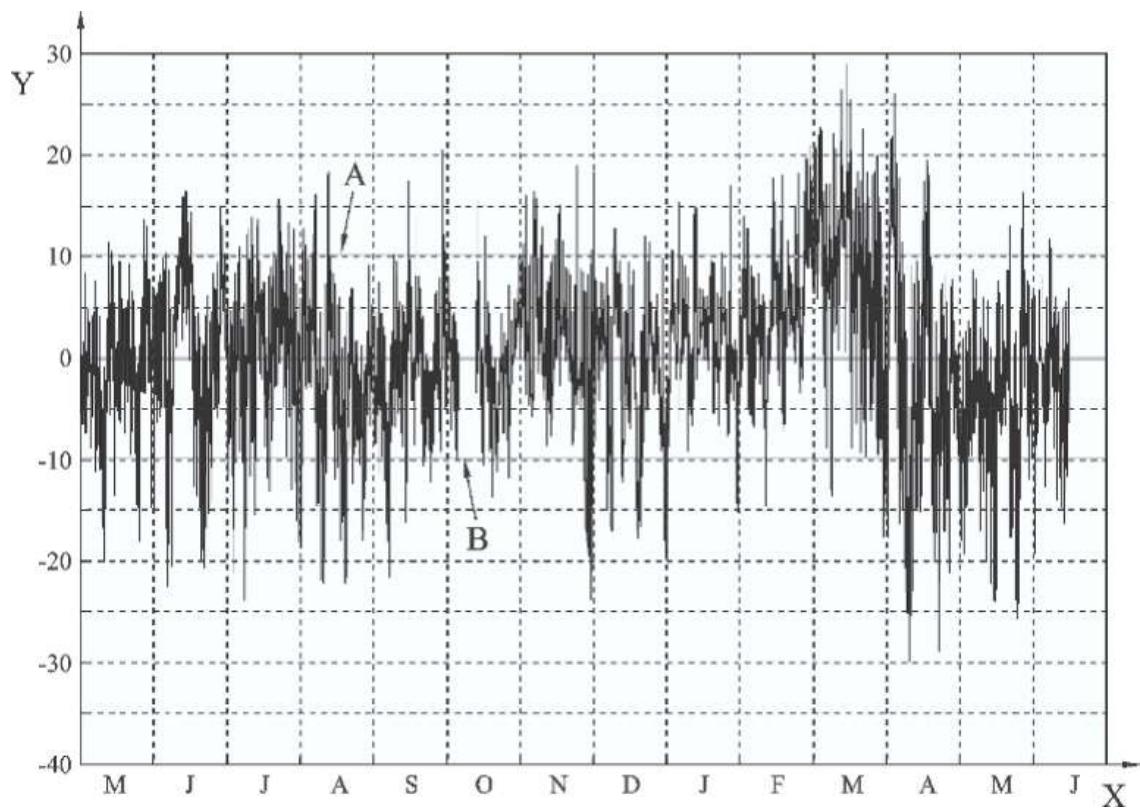
الف-۵ مثال

یک مثال عملی از یک مطالعه موردی واقعی، در زیر گزارش شده است تا این روند را واضح سازد. شکل‌های الف ۱ تا الف ۳ ترسیم‌های نمونه به دست آمده با روند توصیف شده، را نشان می‌دهد. شکل‌ها تنها برای اهداف اطلاعاتی هستند و ویژگی‌های به خصوص اقلیم تاریخی نشان داده شده، ارزیابی نشده‌اند.



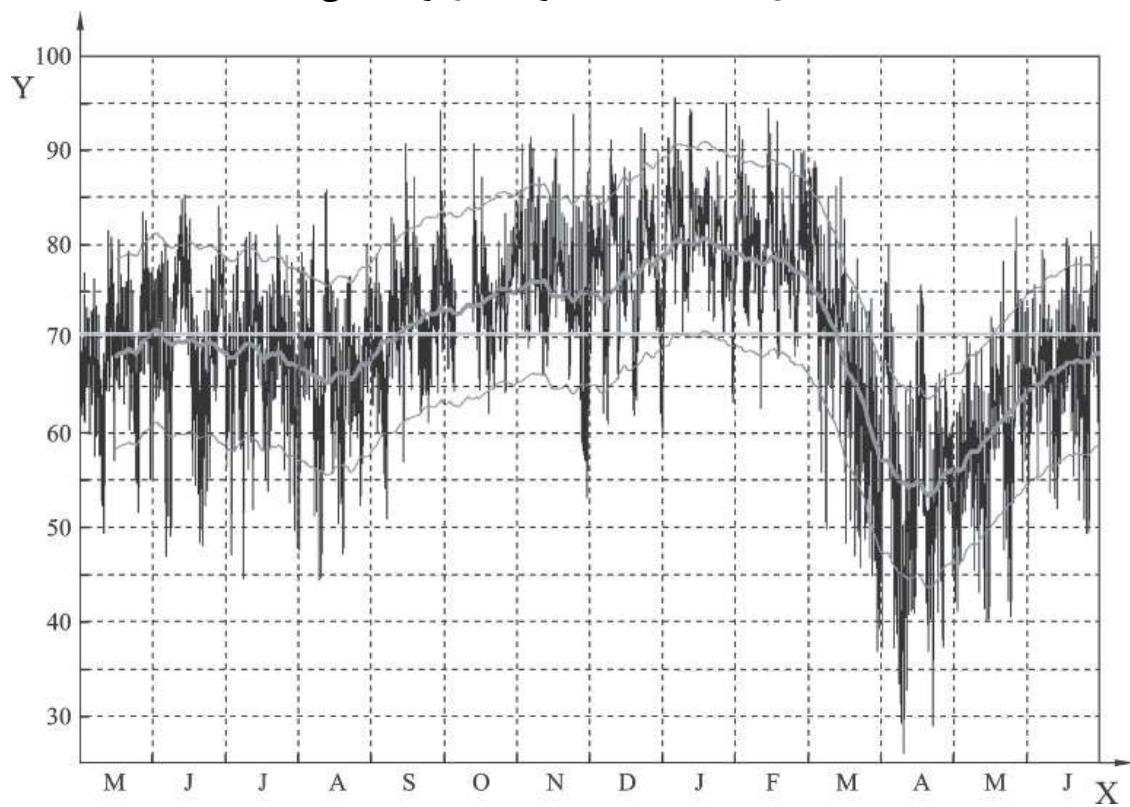
یادآوری- رطوبت نسبی میانگین توسط خط افقی نشان داده شده است.

شکل الف۱- خوانش‌های رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده طی یک سال (خطوط ناصاف مشکی) و یک دوره رطوبت نسبی فصلی (خطوط خاکستری صاف) به دست آمده با محاسبه ۳۰ روز میانگین متحرک اصلی خوانش‌ها



یادآوری- حدود پایینی و بالایی دامنه، به صورت هفت میان و نو و سومین درصد های بزرگی نوسانات اندازه گیری شده اند.

شکل الف ۲- دامنه هدف نوسانات رطوبت نسبی



شکل الف ۳- مقادیر رطوبت نسبی هدف برای این نمونه از خوانش های رطوبت نسبی

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۲۸: سال ۱۳۹۵، حفاظت از اموال فرهنگی - دما و رطوبت نسبی برای محدود کردن آسیب مکانیکی به مواد آلی نم‌گیر - ویژگی‌ها

- [2] Am. Met. Soc. (R.E. Huschke editor), 1971: Glossary of Meteorology. American Meteorological Society, Boston, 638 pp.
- [3] Bratasz, L., Kozlowski, R., Camuffo, D., Pagan E., 2007: Impact of indoor heating on painted wood: monitoring the mediaeval altar in the church of Santa Maria Maddalena in Rocca Pietore, Italy, Studies in Conservation, 52, 199-210
- [4] Camuffo, D., 1998: Microclimate for Cultural Heritage. Developments in Atmospheric Science 23, Elsevier, Amsterdam, 415 pp.
- [5] Mecklenburg, M.F., Tumosa, C.S., and Erhardt, D., 1998, 'Structural response of painted wood surfaces to changes in ambient relative humidity' in Painted Wood: History and Conservation, The Getty Conservation Institute, Los Angeles 464-483
- [6] Michalski, S., 2007 'The ideal climate, risk management, the ASHRAE chapter, proofed fluctuations, and towards a full risk analysis model' in Experts Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, pp.1-19
- [7] Museums, Galleries, Archives and Libraries, 2007, Chapter 21, in: ASHRAE Handbook-HVAC applications, ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers Inc.
- [8] Thomson, G., 1978: The Museum Environment. Butterwords, London
- [9] UNI 10969 Cultural Heritage- General Principles for the choice and the control of the climate to preserve cultural heritage in indoor environments, UNI, Milan 2002- ICS 13.040.99
- [10] WMO, 1966: International Meteorological Vocabulary. World Meteorological Organization, N.182, TP.91, Geneva, 276 pp.