

Építőanyagok nedvességfelvételének vizsgálata

Szodrai Ferenc¹, dr. Lakatos Ákos²

Abstract

Currently thermal insulating of the buildings is sorely needed from the point of view of energy as well as money savings. Isolations are mostly installed on the outer surface of the buildings. Weather and other circumstances can produce humidity that can affect the building structure by changing its heat capacity and heat transfer value and other factors. So this case this is important to measure the sorption behaviors of the construction materials. For measuring we are using a dryer (Venticell 111) to desiccate our samples and a climate chamber (Climacell 111) for the wetting process. With the climate chamber we can measure the moisture content at different humidity levels and can create sorption isotherm graph of the samples.

A cikk a Magyar Épületgépészek Napja Oktatási nap PhD szekciójában elhangzott előadás alapján készült.

1. Bevezetés

Napjainkban rendkívül fontos az energiatakarékosság, melynek egyik eszköze a hőszigetelések alkalmazása. Ily módon egyrészt csökkenthetők a hőszükségleti igények, másrészt megtartható az épületek hője. Emiatt új építésű házaknál, illetve meglévő épületek felújításakor elengedhetetlen a hőszigetelések használata. A téma jelentőségét hangsúlyozza az Európai Unió 2020-as irányelve is, amely az alacsony energiaigény céljából a hőszigetelésekre is szigorú követelményeket határoz meg. Nedvesség hatására az építőanyagoknak nemcsak hővezetési tényezője, hanem a hőtároló képessége is változik. Emiatt fontos a szigetelőanyagok nedvességfelvevő tulajdonságainak a vizsgálata.

Tekintettel arra, hogy az építőanyagok többsége porózus szerkezetű, összesített felületük nagyobb, mint az azonos térfogatú és tömegű simább anyagoké. A nagy porozitással rendelkező anyagoknak nagyobb a nedvességmeggkötő képességük, így a nedvesség hatására a külső felületen lévő porusok

(amelyek építőanyagokban számottevő százalékban jelentkezhetnek), nyomáskülönbség vagy kapilláris kondenzáció következtében akár az anyag teljes térfogatában telítődhetnek. Az anyagoknak ezt a nedvességfelvevő képességét szorpciós izotermákkal jellemezhetjük. E tulajdonságok vizsgálata energetikai szempontból is indokolt, mivel nagymértékben módosítják a szerkezetek jellemzőit.

Vizsgálataink során a szorpciós izoterma meghatározására egy szárítógépet (Venticell 111), egy klímakamrát (Climacell 111) és egy milligramm pontosságú mérleget kombinálunk. A mintákat szárítás után adott hőfokon választott relatív páratartalom mellett meghatározott ideig kezeljük, és a tömegváltozásokból a felvett nedvesség mennyiségét számoljuk.

1.1. A nedvesség hatása

A nedvesség az épületszerkezetbe több módon is bejuthat. A víz az építőanyagok elkészítésénél rendszerint nagy szerepet játszik: legtöbbször alapanyagként jelenhet meg, de egyes anyagoknál valamilyen kémiai folyamat során is termelődhet. Mivel az utóbbi esetben a technológia számára is fölösleges nedvesség keletkezik, ezt valahogyan el kell távolítani az építőanyagokból.

A nedvesség meteorológiai jelenségek révén is bejuthat a szerkezetbe. A nedvességterhelés valamilyen csapadék formájában léphet fel, és főként a héjazatot terheli. Figyelemmel arra, hogy ilyen behatások gyakran érintik ezeket a szerkezeteket, fokozottan ügyelni kell a vízzárásra, hogy a csapadék ne jusson be az épület szerkezetébe, ahol többféle hatást fejthet ki. Amikor a csapadék szélhatással párosul, akkor az oldalsó határoló felületeket is érheti nedvességterhelés. A szél változékonyságából adódóan viszont ezeken a felületeken az intenzitás kisebb mértékű, ezért ezeken a szerkezeteken nem szükséges vízhatlan felületet kiképezni. Itt a csapadék okozta nedvességterhelést követően a felületen lévő nedvesség megfelelő feltételek mellett el tud párologni.

Az **1. ábrán** látható, hogy a külső határoló szerkezetet jelentős nedvességterhelés érte a felső pontban. A nedvesség terjedése két irányban halad: az egyik függőlegesen a gravitációs gradiens irányát követve, a másik pedig a páradiffúziós hatások miatt a kisebb ellenállás irányában oldalsó mellékágakban terjed tovább.

Megfigyelhető, hogy a nedvesség eloszlása a felületen nem homogén, ebből következhet, hogy a folyadék a tető rétegrendjén lévő repedéseken szivárog át. Ekkor a légállapottól függően a határoló szerkezetre való további rétegek felvitele a megfelelő mértékű száradásig nem javasolt, a kivitelezési technológia betartása érdekében.

További réteg felvitele esetén nem garantált a teljes száradási folyamat, belső nedvesség maradhat a szerkezetben, valamint a további réteg felviteléhez előírt műszaki előírások sem tarthatók be. Függőleges felületeknél, például



1. ábra. Oldalfali nedvesség

vakolási munkálatok esetében, a nedves homlokzatra felvitt vakolat nem tud megfelelő tapadási szilárdságot elérni. Vízszintes felületeknél például az aljzatok magas nedvességtartalma a burkolatok károsodását idézheti elő, különösen parkettaburkolatok esetében.

A csapadék közvetlen többféleképpen terhelheti az épületet:

Nagyobb esőzésnél torlaszvíz léphet fel, amely azonban megfelelően méretezett és telepített esővíz-elvezető rendszerrel nem jellemző. Itt ugyanis az oldalakat a torlaszvízszint magasságáig hidrosztatikus nyomás terheli.

A talajvíz elsősorban csapadékból vagy valamilyen egyéb vízforrásból származó nedvességterhelés az épület alsó részére. Mivel a jelenség oka főként meteorológiai, lefolyási ideje, mértéke és gyakorisága sztochasztikus több éves mérési átlag alapján állapítható meg. Ennek megfelelően az alsó épületelemeket vízzáróan szigetelik. Talajvíznél is fellép hidrosztatikus nyomás, mivel azonban itt ennek a terhelésnek a gyakorisága nagyobb, olyan szerkezetet kell kialakítani, ami ezt a víznyomást képes felvenni. Talajnedvességnél már nem lép fel hidrosztatikai terhelés, mivel a talajvízszint az épületet nem fenyegeti, viszont páradiffúziós jelenségek lejátszódhatnak. Ezért ahol a talajvíz nem jellemző, ott is szükséges nedvesség elleni védelem, mert páradiffúzió alakulhat ki a nedves talaj és az aljzat között.

Hasonlóan nagy nedvességterhelés léphet fel a belső oldalról, a helyiség funkciójából adódóan. Ilyen típusú helyiségek lehetnek a fürdők, ahol nagy párolgó felület található. A tárgyaló helyiségeknél nem elég csak a belső felület páradiffúzió ellen való megfelelő kiképzése, a belső nedvesség-koncentrációnak a csökkentésére, ködtelenítésére is szükség van.

Az építőanyagok fizikai tulajdonságait a nedvesség – halmazállapotától függően – különböző módon befolyásolja. Gőz halmazállapotban a nedvesség kisebb mértékben befolyásolja a hővezető képességet és a sűrűségváltozást. Ez annak az eredménye, hogy itt a kondenzáció mértéke jóval kisebb. Amikor a nedvesség az épületszerkezetben folyadékállapotú, akkor növelheti a hővezetési képességet, egyes anyagokra kémiai hatással lehet, korróziós kárt okozhat, esztétikai szempontból is rossz lehet. Nem megfelelő feltételek mellett penész is képződhet.

¹ tanszéki mérnök, szodrai@eng.unideb.hu

² f. docens, tanszékvezető helyettes, alakatos@eng.unideb.hu

Debreceni Egyetem Műszaki Kar Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék



Ha az épületszerkezeteknél nem gondoskodunk megfelelően a kondenzáció kialakulásának megelőzéséről, és a külső hőmérséklet túlságosan alacsony értéket ér el, a belső nedvességtartalom a szilárd fázisba történő dermedéskor olyan térfogatváltozást idéz elő, ami a szerkezetben irreverzibilis elváltozásokat okoz, így rongálja az anyagot.

A nedvesség hatására az építőanyagoknak nemcsak a hővezetési tényezője változik, hanem a hőtároló és páradiffúziós képessége is. Emellett anyagtól függően szerkezeti és fizikai tulajdonságuk is módosulhat. Emiatt fontos a szigetelőanyagok nedvességfelvevő tulajdonságainak a vizsgálata.

A páradiffúzió kialakulásának veszélyét már a határoló szerkezetek tervezésekor meg kell vizsgálni. Figyelembe kell venni, hogy a rétegrenden belüli hőmérséklet ne csökkenjen le arra a szintre, ahol a kapilláris kondenzáció bekövetkezhet. Olyan esetben, ahol a kondenzáció valószínűsége fennáll, módosítani kell a rétegrendet. Ez megoldható a hőszigetelés vastagságának a növelésével vagy jobb hővezetési tényezővel rendelkező anyag használatával.

A másik módszer az, hogy átszellőztetett légrést alakítunk ki a falszerkezet és a külső határoló réteg között. Így a belső felületen keletkező nedvességet a természetes légáram el tudja szállítani. Kiemelt szerepe van a megfelelő légáram kialakításának, ha ugyanis ez nem biztosított, a kondenzáció mellett a penészképződés is megindul.

Különleges, műemlék jellegű épületeknél azonban a külső homlokzaton nincs mód szigetelés elhelyezésére. Ekkor belső hőszigetelést kell alkalmaznunk, amelynél azonban különösen nagy figyelmet kell fordítani a méretezésre. Nem lehet túl kicsi a hővezetési tényező, mert ellenkező esetben a harmatpont a belső szerkezeti részbe esik, és a nedvesség ott fejthet ki károsító hatásokat. A belső hőszigetelés többnyire utólagos, átszellőztetett légrést kialakítása nem lehetséges.

1.2. Az anyagok nedvességfelvétele

Az építőanyagokat párafizikai szempontból is csoportosíthatjuk. Így lehetnek tömör anyagok, amik a nedvességgel legfeljebb kémiai kapcsolatot létesíthetnek, adszorpció csak a külső felületen történhet. Ilyen tulajdonságú anyagok például a fémek, amelyek nedvesség hatására korrodálódhatnak. A zárt pórusú anyagok csupán külső felületükön tudnak adszorpcióval nedvességet felvenni. Ide többnyire a habosított anyagok sorolhatók, mint például a habüveg vagy a műanyag habok.

A nyitott pórusú anyagokat tovább is lehet csoportosítani, mégpedig aszerint, hogy mely párafizikai jelenségek kombinációjával tudnak nedvességet felvenni. Például a bitumenkötésű hőszigetelőkben adszorpció nincs, de kapilláris hatás és diffúzió is felléphet, a szálás szigetelőanyagoknál pedig csak diffúzió következik be. A legtöbb építőanyagnál, például a falazóeleméknél azonban mindhárom jelenség bekövetkezhet.

A pórusos anyagok fajlagos külső felülete nagyobb, mint a tömör vagy zárt pórusú anyagoké, így ezeknek a nagy porozitással rendelkező anyagoknak nagyobb a nedvességfelvevő és -megkötő képességük.

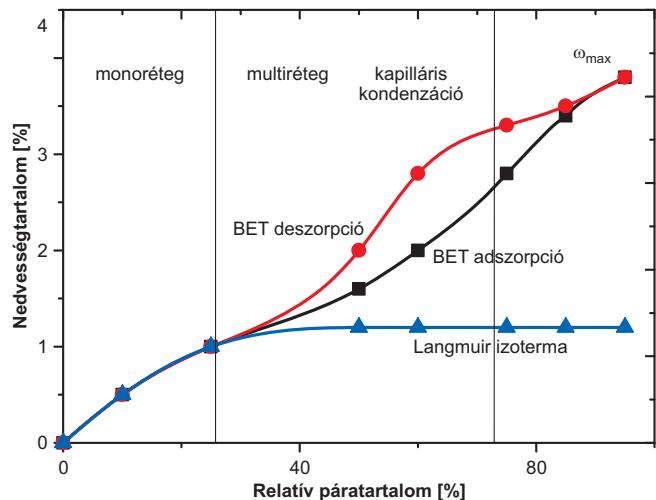
A telítődési folyamathoz a nedvesség vándorlására van szükség. A jelenség egyik fő hajtóereje a parciális nyomáskülönbség. Ha az anyagban lévő vízgőz parciális nyomása kisebb, mint az anyagot körülvevő levegőben lévő vízgőzé, az

anyag nedvesedni fog (adszorpció). Ha az anyagban lévő nedvesség parciális nyomása nagyobb, mint a környezetben lévő vízgőzé, akkor szikkadás (deszorpció) lép fel.

A másik mozgásforma a kapilláris erő által létrehozott mozgás. Jellemzően a gravitációs gradienssel ellentétes értelmű és a kapilláris cső (vagy szabálytalan üreges rendszer) átmérőjének a nagyságával fordítottan arányos. A páradiffúzió gáz és folyadék halmazállapotú nedvességre jellemző, míg a kapilláris mozgás a folyadék halmazállapotra.

2. A szorpciós izoterma görbe

Nedvességterhelés hatására a külső felületen lévő pórusok a nyomáskülönbség vagy kapilláris kondenzáció hatására akár az anyag teljes térfogatában telítődhetnek.



2. ábra. Szorpciós izoterma görbe

Az anyagok nedvességfelvevő képességét szorpciós izotermákkal jellemezhetjük (2. ábra). A függőleges tengelyen a nedvességtartalom látható, amelyet a száraz és a nedvesített tömeg ismeretében határozhatunk meg a következő képlet alapján:

$$\omega = \frac{m_n - m_{sz}}{m_{sz}} \times 100 \% , \quad (1)$$

ahol:

- ω – a nedvességtartalom [%],
- m_n – a minta nedvesített tömege [kg],
- m_{sz} – a minta száraz tömege [kg].

A diagram vízszintes tengelyén a környezet relatív páratartalma van feltüntetve:

$$\varphi = \frac{P_g}{P_s} \% , \quad (2)$$

ahol:

- φ – a nedves levegő relatív nedvességtartalma,
- P_g – a vízgőz parciális nyomása,
- P_s – a gázkeverék hőmérsékletének megfelelő telítési gőznyomás.

A 2. ábrán látható az előbb tárgyalt két jelenség, a deszorpció és az adszorpció, a két görbe közötti terület pedig a szorpciós hiszterézist adja. Ez azt jelenti, hogy relatív páratartalom-változáskor az egyes anyagok száradás vagy nedvesítés utáni nedvességtartalma nem egyezik meg.

A *Langmuir*-izoterma görbéje azt jelzi, hogy a vizsgált anyag rétegződés nélkül mennyi nedvességet tud felvenni. Látható, hogy bizonyos relatív páratartalom fölött több nedvességet már nem tud megkötni, mert a pórusok (ha vannak), illetve a felület telítődik. Általában a zárt cellás, illetve kevés és nagyon apró pórusokkal rendelkező anyagok viselkednek így. A folytonos vonallal jelölt görbék a hiszterézis tulajdonságot mutató BET-izotermák adszorpciós és deszorpciós vonalai. Ez a nagyszámú és nagyobb méretű pórusokkal rendelkező anyagokra jellemző.

2.1. A mérési módszer

Vizsgálataink során a szorpciós izoterma meghatározásához egy szárítógépet, egy klímakamrát és egy milligramm pontosságú mérleget használtunk (3. ábra). A szárítógép (Venticell 111) belső terének hőmérsékletét 10 °C és 250 °C között változtathatjuk. A homogén hőmérséklet-eloszlást a szárítási folyamat közben légárammal biztosítjuk, így a szárítás a mérendő anyag felületén egyenletes. A készülék szabályozása processzorral vezérelt, a kamra ajtajának kinyitása után a belső hőmérséklet hamar visszaáll, majd ezt minimális eltéréssel (a DIN 12880 szabvány szerint 0,4 °C pontossággal) képes tartani. Ezért alkalmas a nagy nedvességtartalommal rendelkező anyagok gyors kiszáradására.



3. ábra. Venticell 111 típusú szárítógép és Climacell 111 típusú klímakamra

A Climacell 111 típusú klímakamrában a páratartalom 10 és 95% között változtatható, valamint a kívánt hőmérséklet 10 °C-tól 90 °C-ig állítható be. A kívánt páratartalmat és hőmérsékletet a szárítógéphez hasonlóan egy légáram segítségével homogenizáljuk. A működési elvből adódóan szintén gyorsan elérhető a kívánt légállapot. A megfelelő relatív páratartalom eléréséhez desztillált vizet adagolunk, amelyet a berendezés egy külső tartályból automatikusan vételez.

3. Összegzés

Összefoglalásként ki kell emelni, hogy a szigetelőanyagok nedvességfelvételének (szorpciójának) vizsgálata rendkívül fontos. Ebben a cikkben egy általános példát mutatunk be ennek meghatározási lehetőségére.

Az anyag szorpciós izoterma görbéjének felvételénél első lépésként a próbatesteket a szárítógépben kezeljük (kb. 70 °C-on) tömegállandóságig, majd megmérjük a tömegét. A mintákat szárítás után meghatározott ideig, adott hőfokon (20 °C), választott relatív páratartalom (25, 50, 63, 75, 90%) mellett „nedvesítjük”, majd a tömegét ismételtelen lemérve az anyagmennyiség-változásokból a minta víztartalmát kiszámolhatjuk. Ha a mintát a klímakamrában egy adott páratartalom mellett hagyjuk, adott idő után a nedvességtartalma állandósul. Ha a műveleteket megismételjük egy másik, általunk választott relatív páratartalom mellett, más nedvesített tömeget kapunk. Így a mérések alapján látható lesz, hogy különböző relatív páratartalom mellett eltérő a nedvességtartalom.

Ezeket az eredményeket diagramban ábrázolva megkaphatjuk a minta szorpciós izotermáját, a 2. ábrának megfelelően.

4. Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Dr. Lakatos Ákos, Magyary Zoltán posztdoktori ösztöndíjas

Referenciák

1. Fekete Iván: Épületfizika kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó Budapest. 1985
2. MSZ-04-140-2-1991 (Hőtechnikai méretezés). Szabvány.
3. Dr. Kalmár Ferenc: Épületfizika. Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar, Debrecen, 2003.
4. Dr. Lakatos Ákos: Funkcionális rendszerek és működésük. Terc Kiadó Kft., 2013 (Szakkönyv)
5. A. Lakatos, F. Kalmár: Analysis of water sorption and thermal conductivity of expanded polystyrene insulation materials. Building Services Engineering Research and Technology. 2013. 34 (4), 407-416.
6. A. Lakatos: Method for the determination of sorption isotherms of materials demonstrated through soils amples- International Review of Applied Sciences and Engineering 2 (2), 117-121. 2011
7. Lakatos Ákos: Mérések a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Hőtechnikai Laboratóriumában. Magyar Épületgépészet, 2013. április, pp. 11-13
8. A. Lakatos, F. Kalmár: Examination of the change of the overall heat transfer coefficients of building structures in function of water content. Building Services Engineering Research and Technology (2013) DOI:10.1177/143624413516649