

Irodaépület belső operatív hőmérséklete és energiafelhasználása közötti összefüggés vizsgálata monitoring módszerrel

Kocsis Frigyes¹, Dr. Magyar Zoltán², Dr. Barótfi István³

1. Bevezetés

Az Európai Parlament és Tanács 2010/31/EU irányelve az épületek energiahatékonyságáról rögzíti, hogy az Európai Unió teljes energiafogyasztásának csökkentése érdekében az energiaszükséglet kezelését fontos eszközként szükséges használni [1]. A 2002/91/EK irányelve az épületek energiahatékonyságáról kiemeli, hogy a lakás és szolgáltatói ágazat, amelynek legnagyobb részét az épületek teszik ki, az Európai Unió végső energiafelhasználásának több mint 40%-ért felelős és ennek mértéke folyamatosan bővül [2]. A bővülés az energiafogyasztás, valamint a széndioxid kibocsátás növekedésével jár.

A 2012/27/EU irányelvben az Európai Unió elismerte, hogy az uniós energiahatékonysági célkitűzések megvalósítása nem halad megfelelő ütemben és így a közlekedés, a gyártási folyamatok mellett kiemelten az épületek terén elérhető további energia-megtakarítási lehetőségeket kell kiaknázni [3]. Az épületek energiahatékonyságáról szóló 2010/31/EU irányelv szerint a további energiahatékonyság fokozására irányuló intézkedések esetében a klimatikus és a helyi feltételek mellett, a beltéri klimatikus viszonyokat is figyelembe kell venni [1].

A hazai villamos energiafogyasztás három fő fogyasztási területre oszlik: ipar, szolgáltatások és a háztartások [5]. Elmondható, hogy a MAVIR által közzétett villamos energiafogyasztási elemzések alapján a három szektor fogyasztása közel azonos. Az Európai Unió kiemelten jelöli meg a háztartásokat, valamint a szolgáltatói szektort mint a lehetséges legnagyobb további energiafelhasználást csökkenteni képes szereplőket [6].

2. Jogszabályi környezet

A 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról, valamint az e TNM rendeletet módosító 20/2014. (III. 7.) BM rendelet határozza meg az irodaépületek és helyiségek esetében az épületgépészeti rendszerre és ezen belül a belső hőmérsékletre vonatkozó

előírásokat [7]. A belső hőmérsékletre vonatkozó előírásokat az **1. táblázat** foglalja össze épület- vagy helyiség-igények függvényében.

Az iroda funkció esetében a fűtésnél a hőmérséklet tartomány 20 – 24 °C közötti, míg a hűtésnél 23 – 26 °C közötti. Az épületgépészeti rendszerre vonatkozó előírások esetében a 20/2014 (III. 7) BM rendelet által módosított 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet alapján a belső hőmérsékletekre vonatkozó előírásokat, amennyiben jogszabály másként nem rendelkezik, akkor a 7/2006. (V. 24.) TNM rendeletben rögzített hőmérsékleti adatokat kell figyelembe venni, azonban megfelelő megoldást jelent az MSZ EN 15251:2007 szabvány szerinti légállapot követelmények alkalmazása is.

Az épületek energia-teljesítmőképességének tervezésére és becslésére, levegőminőségére, hőmérsékletére, fény- és akusztikai viszonyaira vonatkozó beltéri bemeneti paramétereiről szóló MSZ EN 15251:2007 szabvány határozza meg az épületek energiafogyasztására hatással bíró beltéri környezeti tényezőket, a beltéri klimatikus viszonyok ellenőrzésére, és mérésének módjáról szóló az eljárásrendet, valamint a már meglévő épületek esetében a beltéri klimatikus viszonyok monitorozása során alkalmazott paramétereket is. A mérés során olyan helyiség(ek) kiválasztása szükséges, ahol a felhasználók a bent tartózkodásuk idejének jelentős százalékát töltik el és a mérési mintavételezés időben alkalmas az elemzésre. A nagyméretű irodaépületek esetében nem szükséges minden helyiséget önállóan mérni, reprezentatív mintavételi eljárással a helyiségek 5 – 10%-át is elegendő vizsgálni [8].

1. táblázat. Az épületgépészeti rendszer tervezéséhez figyelembe vehető operatív hőmérséklet adatok

Az épület vagy a helyiség funkciója	A minimális belső hőmérséklet fűtésnél, °C	Hőmérséklet tartomány fűtésnél, °C	A max. belső hőmérséklet hűtésnél, °C (ha van gépi hűtés)	Hőmérséklet tartomány hűtésnél, °C
Lakóépület, huzamos tartózkodásra szolgáló helyiségek (szobák, étkező, hálószoba stb.)	20	20 – 25	26	23 – 26
Lakóépület: egyéb helyiségek (konyha, tároló stb.)	16	16 – 25	–	–
Iroda (cellás vagy egyterű) Konferenciaterem Előadó Osztályterem Étterem/büfé	20	20 – 24	26	23 – 26
Óvoda	22	22 – 24	26	23 – 26
Áruház	16	16 – 22	25	21 – 25

¹ Szent István Egyetem, doktorandusz

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

³ Szent István Egyetem



3. A monitoring rendszer bemutatása

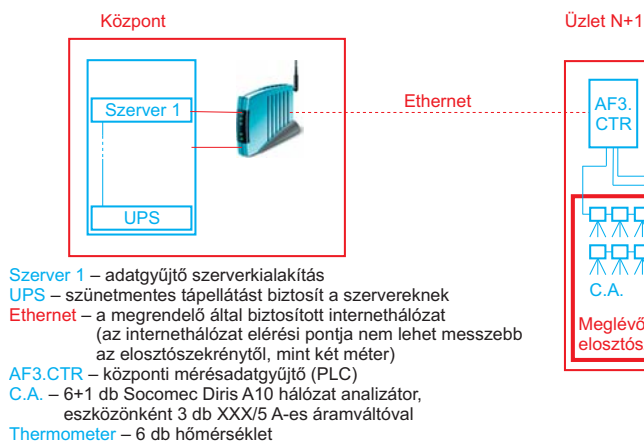
A vizsgálat során a beltéri klimatikus viszonyok vizsgálatára mérési és monitoring rendszert építettünk ki egy budapesti irodaépületben, amelyet az MSZ EN 15251:2007 szabvány szerint telepítettünk. A kiépített rendszer sematikus elrendezését az **1. ábra** mutatja be. A monitoring rendszer célja, hogy a beltéri klimatikus viszonyok paramétereit, valamint ennek az eléréséhez és a fenntartásához szükséges energiamennyiséget folyamatosan mérjük. A monitoring rendszer helyi adatgyűjtőkből, fizikailag kiépített vagy rádiós frekvencián továbbított jelhordozó adatkommunikációs csatornából és központi adatgyűjtőből épült fel.

Az adatgyűjtő rendszernél biztosított volt, hogy egy esetleges kommunikációs hiba esetében a gyűjtött adatokat akár 30 napig is képes legyen a mérési helyszínen telepített helyi adatgyűjtő tárolni. Az informatikai rendszer mind a PUSH, mind a PULL kommunikációs stratégiák kezelésére alkalmas volt, valamint távolról folyamatos felügyelettel történt az ellátása. A mérési adatokat 15 perces mintavétellel vételeztük 7/24 üzemidőben, azaz a hét minden napján 24 órában gyűjtöttük az adatokat. A méréskor az **2. táblázatban** megadott változókat mértük.

A mérés során a **3. táblázat** szerint három tartományt vetünk fel, ahol vizsgáltuk a beltéri klimatikus környezet operatív hőmérsékleti értékének a megváltozását. A kategóriák megfelelnek az MSZ EN 15251:2007 szabványnak. A II. kategória a 20/2014. (III. 7.) BM rendelettel módosított 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet alapján az operatív hőmérsékletekre vonatkozó előírásnak felel meg.

4. A vizsgált épület és a mérés bemutatása

A háromszintes irodaépület Budapesten található, az irodaépület fűtési és hűtési rendszerét fan-coil rendszerrel alakították ki. A fan-coilok kézzel szabályozhatók, központi szabályozást nem építettek ki. Összes fűtött szintterülete 24 500 m². A mérésbe bevont fűtési teljesítmény 16,2 kW, a teljes épület összes fűtési teljesítménye 310 kW. A mérés során a pillanatnyi fűtési teljesítményt, a szellőzésre, valamint a fűtési hőhordozó keringtetésére fordított teljesítményeket vettük figyelembe és ezek összessége adja meg a fűtési teljesítmény értékét. Az adatgyűjtés hossza 5 hónap volt.



1. ábra. A mérési és monitoring rendszer kapcsolása

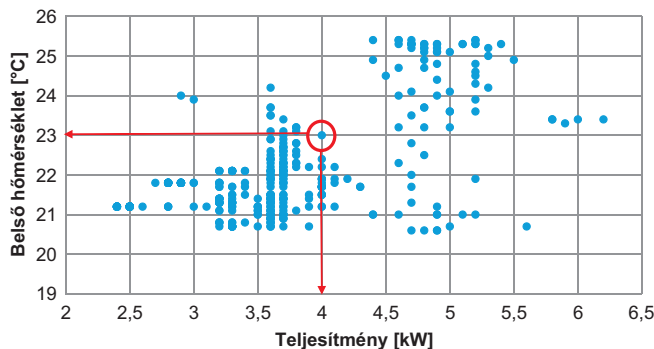
2. táblázat. Mérési paraméterek

	Operatív hőmérséklet mérése	Teljesítménymérés	Árammérés áramváltóval
Mérési tartomány	-30 °C ... +70 °C	0 és 9 999 kW/kvar/KVA	elsődleges: 5 és 9 999 A között; másodlagos: 5A
Pontosság	±0,5 °C (-30 °C ... +70 °C)	IEC61557-12 szabvány szerint	IEC61557-12 szabvány szerint
Felbontás	0,1 °C	0,1 kW/kvar/KVA	5 mA
Frissítés	15 min	1 sec	1 sec

3. táblázat. Mérési paraméterek

Kategóriák	Operatív hőmérséklet középtérték	Megengedett eltérés az operatív hőmérséklettől	Az operatív hőmérséklet alsó és felső értékei
I.	22 °C	+/- 1 °C	21 – 23 °C
II.	22 °C	+/- 2 °C	20 – 24 °C
III.	22 °C	+/- 3 °C	19 – 25 °C

A mérés során az adott beltéri klimatikus viszonyokat leíró belső operatív hőmérsékletet és az e hőmérséklethez tartozó, fűtésre fordított mindenkor pillanatnyi teljesítményfelvételt vizsgáltuk. A vizsgálathoz úgynevezett pontfelhő diagramot használtunk.



2. ábra. Pontfelhő diagram

A **2. ábra** függőleges tengelyén a helyiség operatív hőmérsékletét, a vízszintes tengelyen pedig a pillanatnyi teljesítményfelvételt jelentettük meg.

Ebben a koordináta rendszerben egy pont egy belső operatív hőmérséklet – pillanatnyi teljesítményfelvétel változóparost jelent.

Például: (x, y) = (23,0 °C, 4 kW).

5. A mérési eredmények

Vizsgálatunk során az MSZ EN 15251:2007 szabvány szerinti kategóriáknak megfelelően a beltéri klimatikus viszonyokat leíró paraméterek közül csak az operatív hőmérsékletet vizsgáltuk. A vizsgálat során az 3 kategóriának megfelelő üzemállapotot állítottunk fel.

5.1. Az I. kategóriának megfelelő operatív hőmérséklet és a pillanatnyi teljesítményfelvétel kapcsolata

Az I. kategória esetén – 1 clo ruházat és 1,2 met tevékenység mellett – irodákban az operatív hőmérsékletnek télen 21 °C – 23 °C közötti tartományban kell lennie. A 3. ábra mutatja a vizsgált időtartományban az operatív hőmérséklet és az irodaépület mindenkor teljesítményfelvételének a lefutását. Az I. kategória esetén a pontfelhő diagramot a 4. ábra mutatja be, az irodaépület belső hőmérsékletének előfordulási gyakoriságát az 5. ábra szemlélteti.

5.2. A II. kategóriának megfelelő operatív hőmérséklet és a pillanatnyi teljesítményfelvétel kapcsolata

A szabvány szerint a II. kategória esetén – 1 clo ruházat és 1,2 met tevékenység mellett – irodákban az operatív hőmérsékletnek télen 20 °C – 24 °C közötti tartományban kell lennie. A II. kategória esetén a pontfelhő diagramot a 6. ábra mutatja be, az irodaépület belső hőmérsékletének előfordulási gyakoriságát a 7. ábra szemlélteti.

5.3. A III. kategóriának megfelelő operatív hőmérséklet és a pillanatnyi teljesítményfelvétel kapcsolata

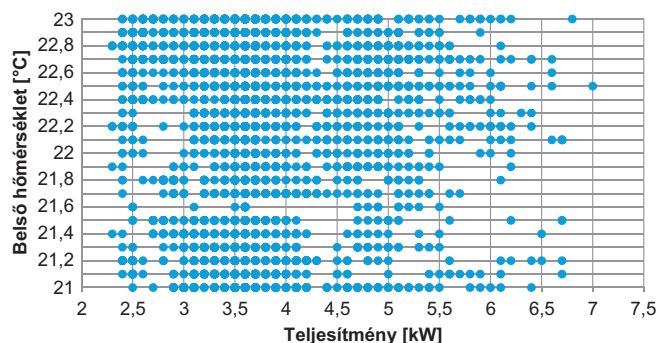
Az III. kategória esetén – 1 clo ruházat és 1,2 met tevékenység mellett – irodákban az operatív hőmérsékletnek télen 19 °C – 25 °C közötti tartományban kell lennie. A III. kategória esetén a pontfelhő diagramot a következő oldalon látható 8. ábra mutatja be, az irodaépület belső hőmérsékletének előfordulási gyakoriságát a 9. ábra szemlélteti.

5.4. A teljesítmény-kihasználás a belső hőmérséklet függvényében

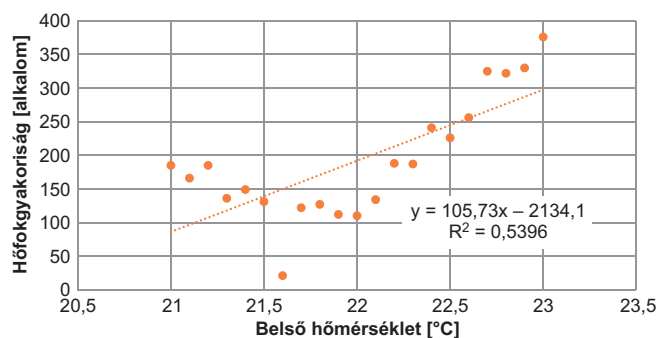
A fűtésre fordított villamos beépített teljesítmény értéke az irodaépület vizsgált részén 16,2 kW. A kutatás során a tényleges pillanatnyi villamos teljesítmény értékét vetítettük a beépített teljesítmény mértékére, ezt tényleges teljesítmény-kihasználtságnak neveztük. A 10. ábrán látható a belső hőmérséklet függvényében a tényleges teljesítmény kihasználtsága.



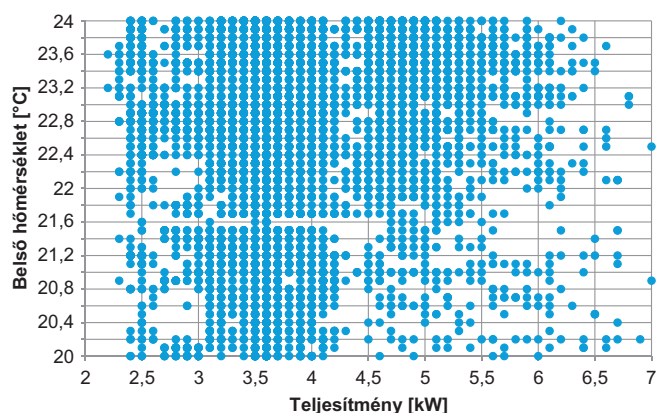
3. ábra. Az irodaépület teljesítményfelvételének és belső hőmérsékletének időbeli lefutása



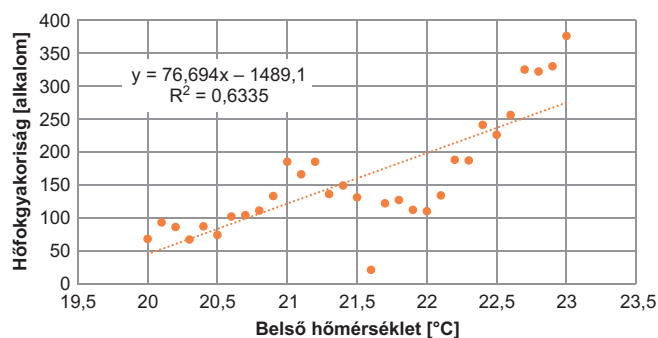
4. ábra. Az I. kategória esetén az irodaépület belső hőmérséklet és teljesítményfelvétel pontfelhő diagramja



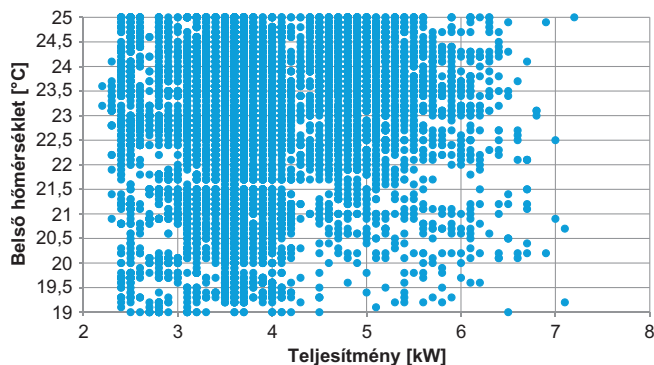
5. ábra. Az I. kategória esetén az irodaépület belső hőmérsékletének előfordulási gyakorisága



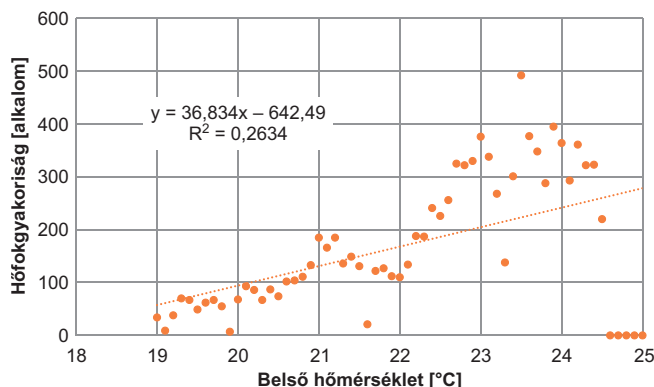
6. ábra. A II. kategória esetén az irodaépület belső hőmérséklet és teljesítményfelvétel pontfelhő diagramja



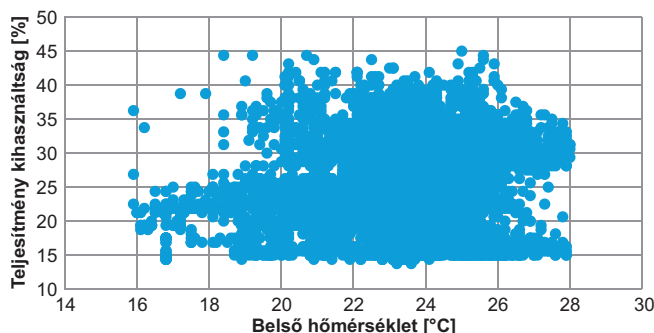
7. ábra. A II. kategória esetén az irodaépület belső hőmérsékletének előfordulási gyakorisága



8. ábra. A III. kategória esetén az irodaépület belső hőmérséklet és teljesítményfelvétel pontfelhő diagramja



9. ábra. A III. kategória esetén az irodaépület belső hőmérsékletének előfordulási gyakorisága



10. ábra. Teljesítmény-kihasználás a belső hőmérséklet függvényében

ság eloszlása. Az I. kategóriához tartozó 21 °C – 23 °C közötti operatív hőmérséklet tartományban a teljesítmény kihasználtság 15% – 44%, a II. kategóriához tartozó 20 °C – 24 °C közötti operatív hőmérséklet tartományban 15% – 40%, míg a III. kategóriához tartozó 19 °C – 25 °C közötti operatív hőmérséklet-tartományban 15 – 38% volt. A fentiekből látható, hogy a beépített teljesítménynek csupán 15% – 40%-át használta a rendszer a 2014/2015 fűtési szezon alatt.

6. Összegzés

Az Európai Unió felismerte, hogy a közlekedés, a termékek és a gyártási folyamatok mellett az épületek terén elérhető további energia-megtakarítási lehetőség, de a további energia-hatékonyság fokozására irányuló intézkedések során az épületek belső klimatikus körülményeit is figyelembe kell venni.

Az MSZ EN 15251 szabvány kategóriáinak megfelelően három működési tartományt állítottunk fel irodahelyiségek esetében, amelyek a belső klimatikus viszonyok belső operatív hőmérséklettel kapcsolatos elvárásait rögzítette. Az I. állapot esetében, ahol a megengedett operatív hőmérséklet 21 °C – 23 °C, a II. állapot esetében 20 °C – 24 °C, a III. állapotnál 19 °C – 25 °C-os működési tartományban vizsgáltuk a hőmérséklet és teljesítmény felvételi gyakoriságot és a két tényező összefüggését.

A vizsgált irodaépület esetében a fűtési teljesítmény felvétele és a belső tér operatív hőmérséklete közötti korreláció mértéke alacsony, így a kézi fűtésszabályozás lehetősége ellenére azonos belső hőmérséklet esetében is jelentősen eltérő teljesítményértékek lépnek mind a három vizsgált állapotban. A beépített teljesítmény és a tényleges rendszer által felvett teljesítmény közötti arány, a teljesítmény kihasználtság, az I. működési tartományban 15% – 44%, a II. tartományban 15% – 40%, míg a III. zónában 15 – 38% mértéket mutatott.

Az MSZ EN 15251:2007, valamint a 20/2014. (III. 7.) BM rendelettel módosított 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet alapján a teljesítmény kihasználtságának mértéke a fűtési teljesítmény-tartomány szélesítésével csökkenést mutat, az I. működési tartományban, azaz a 22 °C +/- 1 °C tartományban voltak a legmagasabbak. Összegezve, a szűkebb fűtési tartomány esetében a teljesítménykihasználtság mértéke növekszik, így a rendszer hatékonysága fokozódik. A rendszerhatékonyság a kézi szabályozású berendezések miatt további hatékonyságjavítási potenciállal bír. A belső hőmérséklet, valamint a teljesítmény kihasználás közötti jelenleg alacsony korreláció központi szabályozással magasabb korreláltságra vihető, így az azonos hőmérsékletek esetében jelentkező – külső hőmérséklettel megtisztított hatású – fűtési teljesítmény értékének szórása csökken, a teljesítmény kihasználtság mértéke növekszik.

7. Irodalomjegyzék

- [1] Az Európai Parlament és a Tanács 2010/31/EU irányelve az épületek energiahatékonyságáról. Az Európai Unió hivatalos lapja, L153/13., a kiadás dátuma: 2010.6.18.
- [2] Az Európai Parlament és a Tanács 2002/91/EK irányelve az épületek energiateljesítményéről. Az Európai Unió hivatalos lapja, L 001, 04/01/2003. o 0065-0071. A kiadás dátuma: 2002.12.06.
- [3] Az Európai Parlament és a Tanács 2012/27/EU Irányelve az energiahatékonyságról, a 2009/125/EK és a 2010/30/EU irányelv módosításáról, valamint a 2004/8/EK és a 2006/32/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről. Az Európai Unió hivatalos lapja, L 315/1. A kiadás dátuma: 2012.11.14.
- [4] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról.
- [5] https://www.mavir.hu/documents/10258/15461/Fogyaszt%C3%A1selemz%C3%A9s_2012.pdf/bea5321f-0719-4b51-b79a-8f0445aeb6ff, letöltés dátuma: 2015. 11.08.
- [6] Az Európai Parlament és a Tanács 2012/27/EU Irányelve az energiahatékonyságról, a 2009/125/EK és a 2010/30/EU irányelv módosításáról, valamint a 2004/8/EK és a 2006/32/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről. Az Európai Unió hivatalos lapja, L 315/1. A kiadás dátuma: 2012.11.14.
- [7] 20/2014. (III. 7.) BM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet módosításáról.
- [8] Az épületek energia-teljesítőképességének tervezésére és becslésére, levegőminőségére, hőmérsékletére, fény- és akusztikai viszonyaira vonatkozó beltéri bemeneti paramétereiről szóló MSZ EN 15251:2007