

MTA Doktori értekezés tézisei

**IRODAÉPÜLETEK HŐ- ÉS LEVEGŐMINŐSÉGI
KOMFORTJÁNAK ELEMZÉSE**

Dr. Kajtár László

Budapest, 2019

1. A kutatási téma időszerűsége, célkitűzések

Bevezetés

Irodaépületek belső tereiben is biztosítani kell a kellemes komfortot. Ez magába foglalja a hő- és a levegőminőségi, akusztikai, vizuális komfortot, valamint a rezgések hatását. Kutatómunkámban a hő- és a levegőminőségi komforttal foglalkoztam. Az ezredfordulót megelőző évtizedtől, hazánkban, különösen Budapesten, új irodaépületeket építettek. A komfortigények miatt a fűtés, hűtés, klimatizálás és a központi kezelt frisslevegő-ellátás nélkülözhetetlen volt. A nyári időszak hőkomfortját csak így lehetett biztosítani. A kellemes komfort nemcsak közérzeti, hanem gazdasági tényező is. A hatékony szellemi munkavégzés igényelte a klimatizálást az irodaépületekben. Ma már irodaépületet klimatizálás és kezelt frisslevegő ellátás nélkül gyakorlatilag nem építenek.

A műszaki – tudományos problémát maga az „élet” vetette fel. Budapesten sok bér irodaház épült az elmúlt húsz évben. Létesítésük és üzemeltetésük során jól elkülönültek a tulajdonosi, építői, üzemeltetői és bérlői szempontok, probléma megközelítések. Természetesen abban közös volt az érdekeltségük, hogy az irodai dolgozók kellemes komfort mellett, jó irodai környezetben végezhesenek hatékony munkát. Több projektnél a már elkészült épületben az irodai komfort objektív értékelésére, fejlesztési javaslat kidolgozására vonatkozóan kaptam felkérést. Volt példa, amikor a létesítés munkáiba is bekapcsolódtam. Az elméleti alapok kidolgozását, általános érvényű, következtetések levonását segítették a témakörben elnyert OTKA pályázatok és nagyobb volumenű K+ F megbízások teljesítése.

A kutatómunkába eredményesen vontam be PhD doktoranduszokat, TDK-zó hallgatókat. Vezetésemmel sikeresen védtek meg PhD disszertációjukat Herczeg Levente (2009), Hrustinszky Tamás (2013), Kassai Miklós (2011), Szabó János (2018) és Bokor Balázs (2019).

Az uralkodó építészeti stílusnak megfelelően az irodaépületek üvegfelületei nagyok, az üvegezési arány jellemzően 45-55% közötti, esetenként ezt is meghaladja. Ma már nem ritka a padlótól a mennyezetig terjedő üvegfelületek alkalmazása. Az épületek határolószerkezetei szükségszerűen megfelelnek a vonatkozó hővédelmi követelményeknek, melyek az elmúlt években jelentősen szigorodtak.

A másik jellegzetesség az épületgépészeti rendszerre vonatkozik. A nagy üvegfelületek miatt megnövekszik a nyári instacioner hőterhelés, mely a hagyományos módon szellőző levegővel már nem szállítható el gazdaságosan. A tervezők szükségszerűen egymást kiegészítő két rendszert alkalmaznak. A hőterhelés döntő részét közvetlen elpárologtatós beltéri egységekkel, fan-coil készülékekkel, klímagerendákkal, vagy hűtő mennyezettel kompenzálják. A központi légtechnikai rendszer feladata pedig a frisslevegő ellátás. Az energia megtakarítás napjaink egyik kiemelt tématerülete. Kihatása azonban az emberre, komfortérzetére, valamint munkavégző képességére változó, gyakran kedvezőtlen lehet. Az energiamegtakarítási beavatkozások esetén is biztosítani kell a kellemes hő- és levegőminőségi komfortot.

Az 1990-es években, kezdetben elsősorban télen, hőérzeti panaszokkal találkoztunk irodaházakban. Az irodai dolgozók télen hidegérzetre panaszkodtak az akkori vonatkozó hazai előírásoknak megfelelő ablakok közelében. A panaszok másik köre a belső levegő minőségre vonatkozott. A dolgozók a frisslevegő hiányt említették gyakran. A magasabb belső levegő hőmérséklet és frisslevegő

térfogatáram megvalósítása nagyobb beruházási és üzemeltetési költséget jelentenek. Jellemzően az irodaházak tulajdonosai, üzemeltetői és használói (bérleti) mind más-más jogi személyek. Ezért a belső levegő hőmérséklet és frisslevegő térfogatáram növelése nem csupán elhatározás kérdése, hiszen a tulajdonos és a bérlő ebben ellenérdekű fél. Ugyanakkor a bérlő a kifizetett bérleti díjért elvárja a megfelelő szolgáltatást, a megfelelő hő- és levegőminőségi komfortot.

Az EU 2002/91EK direktívához kapcsolódó nemzetközi és hazai előírások a külső határoló szerkezetek hőtechnikai tulajdonságainak jelentős javulását eredményezték. Télen a falaknál már csak 4 – 5 °C-kal hidegebb üvegfeleletek esetében kevesebb hidegérzeti (aszimmetrikus sugárzás) panaszok jelentkeznek. **Ezért újra és újra megfogalmazódik az a kérdés, hogy milyen belső hőkomfort esetén megfelelő, illetve kellemes az irodai dolgozók hőérzete.**

A hőkomfort kutatások mellett levegőminőségi kutatásokat is végeztem. A komforttér levegőjében lévő szinte bármely levegőszennyező anyag szelektív méréséhez megfelelő műszerek állnak rendelkezésre, azonban a különböző levegő minőséget befolyásoló szennyező anyagok együttes hatásának méréséhez még nem áll rendelkezésre mérőműszer. A méréshez szubjektív módszert alkalmaznak, az emberi orr segítségével történik az értékelés. A mérés történhet tréningelt személyekkel (olf-tester) vagy nem felkészített személyekkel (naiv-panel). Az előbbi esetben kisebb létszámú (6 fő), míg a második esetben nagyobb létszámú (minimum 32 fő) csoporttal oldható meg a feladat. A két szubjektív mérési módszer előnyeinek és hátrányainak értékelése a nemzetközi szakmai-tudományos vita egyik kitüntetett témaköre volt. A kutatási-mérési tapasztalatok, publikációk a naiv-panel alkalmazását javasolják. Előnye, hogy nincs szükség hosszadalmas és költséges laboratóriumi tréningre. Hátránya, hogy lényegesen több (közel hatszorosa) alanyra van szükség.

A hőkomfort élőalanyos vizsgálatoknál különböző tudományos kérdőíveket alkalmaznak. Elterjedt a vizsgálatoknál az ASHRAE diszkrét értékeket tartalmazó ötfokozatú skála. A hőkomfort minősítésénél két értéket alkalmaznak, melyek a szakirodalmi terminológia szerint:

PMV: predicted mean vote (várható hőérzeti érték)

A Fanger-féle PMV modell szerint számítható, illetve műszerrel is mérhető, objektív érték.

AMV: actual mean vote (aktuális hőérzeti érték), szubjektív érték.

A személyek diszkrét értékeket tartalmazó hőérzeti skálán leadott szavazatai alapján határozható meg.

A kutatás célja

A szakirodalom áttekintése, értékelése és eddigi kutatási tapasztalataim alapján fogalmaztam meg a kutatómunka célját.

- a) Milyen belső hőkörnyezet biztosítja a hőkomfort elégedettséget a hazai sajátosságok mellett (öltözködés, munkakultúra, épület, időjárás). Az irodai munkavégzés feltételei mikor a legkedvezőbbek. A kutatómunka során szükséges elemezni a szubjektív hőérzet (AMV) és a PMV modell eredményeit hazai irodai környezetben.
- b) Értékelni kell, hogy az épületek új hőtechnikai követelményei milyen hatással vannak a hőkomfortra. Az épületek, épületszerkezetek hőtechnikai tulajdonságainak javulása, a hőtechnikai követelmények növekedése milyen hatással van a hőkomfortra.
- c) A hőkomfort értékelésénél alkalmazott PMV és a tényleges hőkomfort megelégedettség (AMV) hogyan értelmezhető és számszerűsíthető a hazai gyakorlatban irodák esetében. A vizsgálatoknál ki kell zárni az egyéb komfortot befolyásoló hatásokat, diszkomfort tényezőket. Emiatt a helyszíni méréseket télen végeztem, a frisslevegő ellátás fűtött levegővel történik. Ekkor nem jelentkezik a nyári esetben, hűtött levegővel történő szellőzéskor gyakran előforduló huzathatás. Téli esetben ezt könnyen ki lehet zárni. A helyszíni vizsgálatokhoz irodatereket választottam, mivel itt különösen fontos a kellemes komfort. A dolgozók komfortérzete közvetlen hatással van a munkavégzés minőségére.
- d) A belsőlevegő-minőség biztosítása új kihívást jelent az épületgépész mérnököknek. Hiányosak a tapasztalatok a belsőlevegő-minőség biztosításához. Ezen belül mit jelent az érzékelhető belsőlevegő-minőség követelmények biztosítása. A belsőlevegő-minőség értékelésénél hogyan alkalmazhatók a különböző skálák (Hedonic-skála, Fanger-skála). Értékelni kell alkalmazhatóságukat a hazai gyakorlatban elterjedt belsőépítészeti anyagok esetében. A belsőlevegő-minőség kutatásának célja a hazai gyakorlatban alkalmazott belsőépítészeti anyagok szagimissziójának vizsgálata. Az élőalanyos vizsgálatokat el kell végezni a Hedonic-, valamint a Fanger-skála alkalmazásával. A Hedonic- illetve a Fanger-skála eredményei miként számíthatók át a másik skála értékeire a vizsgálatok hatékonyságának növelése, időigények csökkentése céljából. A kapott eredményeket elemezni kell matematikai statisztikai módszerekkel. Vizsgálni kell a két eredmény korrelációját.

2. Az alkalmazott kutatási módszerek

A kutatómunka során az alábbi kutatási módszereket alkalmaztam:

- a. A hőkomfort műszeres mérése, értékelése, irodákban és a mérési eredmények elméleti elemzése a PMV modell alapján.
- b. A hőkomfort értékelése a nemzetközi gyakorlatban is alkalmazott tudományos ASHRAE skála felméréssel a szubjektív hőérzetet kifejező AMV modell alapján.

- c. A műszeres mérés és a szubjektív értékelés együttes elemzése. A mérési eredmények, mint valószínűségi változók értékelése során alkalmazott módszerek: homogenitás vizsgálat, a valószínűségi változók összehasonlítása, átváltása.
- d. A belsőlevegő-minőség laboratóriumi értékelése élőalanyokkal. A hazai gyakorlatban alkalmazott belsőépítészeti anyagok szagimisszió vizsgálata.
- e. A vizsgált belsőépítészeti anyagok esetében a Fanger- és a Hedonic-skálán mért eredmények elemzése. A Fanger- és a Hedonic-skálán mért szagintenzitás eredmények (F , H) összehasonlítása a matematikai statisztikai módszerekkel, korreláció vizsgálat, a korreláció erejének elemzése, alakfelismerés modell, osztályozási vizsgálat, feltételes eloszlások vizsgálata.

3. Új tudományos eredmények

1. Tézis

A kutatómunkám során elemeztem a PMV – PPD elmélet alkalmazását. Irodaterekben végzett helyszíni műszeres mérések eredményeit összevettem az élőalanyos hőkomfort felmérés eredményeivel. Elvégeztem a két adatsor korreláció vizsgálatát.

Irodaépületben állandósult téli időszakban elméleti vizsgálatok, helyszíni mérések, valamint élőalanyos vizsgálatok eredményei alapján a matematikai statisztika módszerével megállapítottam:

Az ötfokozatú ASHRAE hőérzeti skála eredménye jól közelíti az irodai munkát reprezentáló tevékenységi szintre és ruházatra vonatkozó műszeres PMV mérés eredményét hazai környezetben (öltözködés, munkakultúra, épület, időjárás). A tevékenységi szint 1 met és a ruházat 1 clo esetében az AMV érték kicsivel alacsonyabb:

$$AMV = PMV - 0,065$$

A tevékenységi szint 1,2 met és a ruházat 1 clo esetében az AMV érték alacsonyabb:

$$AMV = PMV - 0,565$$

A PMV és AMV közötti függvénykapcsolatok a vizsgált hőkörnyezet alapján $-1,7 \leq PMV \leq +0,5$ tartományban érvényesek.

A számszerű adatok igazolják, hogy a Fanger-féle PMV modell a hazai sajátosságok (öltözködés, munkakultúra, épület, időjárás) mellett jól alkalmazhatók. A mérési eredmények alapján megállapítottam, hogy a nemzetközi szakirodalomban megadott adatokhoz viszonyítva a kellemes hőérzethez kis mértékben melegebb hőkörnyezet szükséges, ezen eltérést számszerűsítettem. Bár energetikai szempontból előnyös a belső hőmérséklet kismértékű csökkentése, azonban ez hőérzeti okok miatt nem javasolt.

2. Tézis

A nemzetközi levegőminőségi tudományos komfortkutatásokban a szubjektív értékelés során két eltérő módszert alkalmaznak. Az egyik lehetőség a nem tréningelt személyek („naiv panel”), a másik a tréningelt személyek („olf tester”) alkalmazása. Mindkét módszer előnyökkel és hátrányokkal rendelkezik. A levegőminőség kutatásoknál alkalmazható mindkét módszer. A hőkomfort vizsgálatánál csak nem tréningelt személyekkel („naiv panel”) történik a hőkomfort értékelése. Vizsgálataimnál ezt a módszert alkalmaztam.

A helyszíni hőkomfort vizsgálatokban, az egész irodaépületben 278 fő, a kiválasztott 3. emeleten 57 fő vett részt. A 3. emeleten hőkomfort műszeres méréseket 14 irodahelyiségben, összesen 21 mérőhelyen végeztünk.

Az eredmények szórására vonatkozóan megállapítottam, hogy a hőkomfort kérdőív esetében a szórás lényegesen nagyobb, 5,42-szeres (1 clo, 1,0 met beállításnál), illetve 6,72-szeres (1 clo, 1,2 met beállításnál), mint a műszeres mérés esetében. Az élőalanyos és a műszeres mérések alapján az eltérést számszerűsítettem.

3. Tézis

A hőérzetet változatlan egyéb paraméterek esetén az aktivitási szint és a ruházat befolyásolja. Mérési eredményeimmel bizonyítottam, hogy a ruházat hőszigetelő képességének, valamint az ember munkavégzési intenzitásának (aktivitási szint) növelésével adott populáció esetén a várható hőérzeti érték (PMV) és az elégedetlenek arányának (PPD) szórása csökken. A hazai sajátosságokra (öltözködés, munkakultúra, épület, időjárás) vonatkozóan a helyszíni mérések alapján meghatároztam a szórás csökkenésének mértékét. A ruházat hőszigetelő képessége, valamint a tevékenységi szint növelése azt eredményezik, hogy az egyes egyének közötti hőérzetbeli különbségek csökkennek. A külföldi szakirodalmak erre vonatkozóan nem tartalmaznak számszerű adatokat.

A ruházat hőszigetelő képessége, valamint a tevékenységi szint csökkenése esetén az egyéni adottságok jobban érvényesülnek.

A helyszíni mérések alapján, hazai viszonyokra vonatkozóan a szórás eredmények

	Aktivitási szint, ruházat		
	1 met 0,8 clo	1 met 1 clo	1,2 met 1 clo
PMV szórás; –	0,38	0,31	0,25
PPD szórás; %	19,8	9,9	2,5

A helyszíni mérések során vizsgált irodahelyiségekben a levegőhőmérséklet átlagértéke 23,1°C, szórása 0,77°C.

4. Tézis

A BME Gépészmérnöki kar Levegőminőség laboratóriumban levegőminőség vizsgálatokat folytattam a hazánkban alkalmazott belsőépítészeti anyagokkal. A laboratóriumban 2005-2007 között öt méréssorozatot végeztem. A méréssorozatokban összesen 196 fő élőalany (egyetemi hallgató) vett részt, méréssorozatonként 33-45 fő. A levegőminőség vizsgálatokat méréssorozatonként 8-8 belsőépítészeti anyagra vonatkozóan végeztem el. Összesen 35 belsőépítészeti anyagot vizsgáltam, ezek közül a disszertációban 8 jellegzetes anyag eredményeit mutatom be. A részletes értékelésre kiválasztott élőalanyos vizsgálatokban 45 fő (39 férfi, 6 nő) vett részt, nyolc különböző belsőépítészeti anyagot értékelték szagimisszió szempontjából. Az értékelés két skála alapján történt:

- Hedonic diszkrét ordinális skála,
- Fanger fokozatmentes skála.

Így ugyanarra a mintára az élőalany két értéket adott meg. A Hedonic-skála diszkrét értékét (H) egy ötfokozatú, nem szimmetrikus skálán (kellemes, semleges, kellemetlen, nagyon kellemetlen, elviselhetetlen), továbbá a Fanger fokozatmentes skálán $[-1; +1]$ intervallumban. Matematikailag egy „ H ” ordinális, nem szimmetrikusan rendezett mérési eredmény kategória változóról és egy „ F ” arányskálás fokozat nélküli változóról van szó. A matematikai statisztikai kiértékeléskor az IBM SPSS Statistics programot használtam.

Azt a nullhipotézist vizsgáltam, hogy a két változó között nincs kapcsolat. A hipotézis szignifikancia szintje 0,01-nél kisebb, ezért erős a kapcsolat. Alakfelismerési modell alkalmazása is igazolta az erős kapcsolatot.

Belsőépítészeti anyagok esetében elvégeztem a Hedonic és Fanger-skála eredmények korreláció vizsgálatát Pearson-féle r módszerével, Kendall-féle τ rangkorrelációs mérőszám, valamint Spearman -féle ρ rangkorrelációs mérőszám meghatározása alapján. A korrelációs mérőszámok minden esetben negatívak és szignifikánsan erős a korrelációs kapcsolat. A negatív irányú korreláció a két skála ellentett irányultságából adódik. Elegendő a belsőlevegő-minőség vizsgálatot az egyik skála szerint elvégezni a vizsgált anyagminták esetében. A vizsgált anyagminták szagimisszió szempontjából lefedik a hazánkban alkalmazott belsőépítészeti anyagokat. Így az élőalanyos belsőlevegő-minőség vizsgálatok időigénye és költségráfordítása csökkenthető, hatékonysága növelhető. A vizsgálataim igazolták, hogy a Fanger-skálán kapott értékekből a Hedonic-skála kategóriái 63,9%-os pontossággal meghatározhatók. Ez szignifikánsan magasabb a véletlenszerű eredmény 20% pontosságánál.

Korrelációs számítás összefoglaló táblázata

	Pearson-féle r	Kendall-féle τ	Spearman-féle ρ
$F_1 - H_1$	-0,761**	-0,666**	-0,788**
$F_2 - H_2$	-0,850**	-0,709**	-0,816**
$F_3 - H_3$	-0,829**	-0,744**	-0,866**
$F_4 - H_4$	-0,829**	-0,725**	-0,836**
$F_5 - H_5$	-0,740**	-0,588**	-0,695**
$F_6 - H_6$	-0,762**	-0,595**	-0,705**
$F_7 - H_7$	-0,844**	-0,732**	-0,834**
$F_8 - H_8$	-0,880**	-0,741**	-0,859**
$F - H$	-0,829**	-0,703**	-0,823**

** : korreláció 0,01 szignifikancia szint alatti (2-oldali)

5. Tézis

A vizsgált belsőépítészeti anyagok Fanger-skála szagimisszió mérési eredményeire normalitás vizsgálatot végeztem egymintás Kolmogorov-Szmirnov próbával. A vizsgált belsőépítészeti minták esetében a Fanger-skálán érzékelt szagimisszió eredmények eloszlása a normális eloszlást követi a Hedonic-skála „kellemes” kategória kivételével. Ez azzal magyarázható, hogy a Fanger-skálán a „kellemes” érzet szélesebb tartományban fejezhető ki.

A vizsgálatokat a hazai gyakorlatban alkalmazott alábbi belsőépítészeti anyagokra vonatkozóan végeztem el:

1. Vastag szőnyegpadló latex hátlap piros „Orion” 5 mm vtg.
2. Forgácslap natúr 18 mm vtg.
3. Vékony szőnyegpadló latex hátlap „Rome” 3 mm vtg.
4. PVC padló „Acapulco” 1,3 mm vtg.
5. Vastag szőnyegpadló latex hátlap beige „Viper” 5 mm vtg.
6. Laminált forgácslap 18 mm vtg.
7. Tarkett padló 5 mm vtg.
8. Ipari filc fekete „New Orleans”.

A minták mérete 40×40 cm.

4. Eredmények lehetséges hasznosítása, további feladatok

A kutatási munka eredményei közvetlenül hasznosíthatók. A hőkomfort vizsgálatok eredménye a tervezés során felhasználható. A kutatási munka eredményei azt igazolták, hogy téli esetben nem szabad energia-megtakarítási szempontok miatt a komforttereket alulméretezni, különösen irodaépületek esetében kritikus a helyzet. Az alulméretezés (hidegérzet hatás) kedvezőtlenül befolyásolja a szellemi munka eredményét, hatásosságát.

A belsőlevegő-minőség vizsgálatok megerősítették azt a gyakorlati tapasztalatot, hogy belsőlevegő-minőség követelmények miatt a frisslevegő tervezési alapadatokat szükséges növelni. A légzési frisslevegő-ellátás nem elegendő a belsőlevegő-minőség biztosításához. A kutatómunka eredményeiből meghatároztunk frisslevegő tervezési alapadatokat a különböző komfortkategóriák (A, B, C) belsőlevegő-minőség követelményei szerint. Az eredményeket a szakemberek számára széles körben publikáltuk.

A belsőlevegő-minőség szempontjából 35 belsőépítészeti anyagot vizsgáltam élőalanyokkal, laboratóriumban. Az értékelést elvégeztem a fokozatmentes Fanger-skálán, valamint a Hedonic diszkrét ordinális skálán. **A mérési eredményekből kapott tananyag alkalmazása lehetővé teszi, hogy belsőépítészeti anyagok esetében a belsőlevegő-minőség vizsgálatokat csak a Fanger-skálán végezzük el.** A Hedonic értékek 63,9%-os pontossággal meghatározhatók. A mérési eredmények azonban azt is igazolták, hogy az eltérés a pontos értéktől 360 vizsgálat esetében mindössze 7 esetben volt 2 kategória mértékű és további 124 esetben 1 kategória mértékű. **Az élőalanyos belsőlevegő-minőség vizsgálatok időigénye és költségráfordítása csökkenthető, hatékonysága növelhető.** A kutatómunka során felépített laboratórium, vizsgálókamrák és laboratóriumi mérőállások lehetővé teszik a kutatómunka folytatását. Az eddig nem vizsgált hőkörnyezeti esetek és belsőépítészeti anyagok laboratóriumi vizsgálatát, további eredmények meghatározását. A kidolgozott mérési és értékelési metodikák alkalmazása ezt lehetővé teszi.

5. A disszertáció alapjául szolgáló saját publikációk

- [S1] Bánhidi L., Kajtár L.: Válogatott fejezetek a komfortelmélet témaköréből, Akadémiai Kiadó, Bp. 2017.
- [S2] Kajtár László, Nyers József, Szabó János, Ketskeméty László, Herczeg Levente, Leitner Anita, Bokor Balázs: Objective and subjective thermal comfort evaluation in Hungary, THERMAL SCIENCE 21:(3) pp. 1409-1418., 2017.
- [S3] Laszlo Kajtar , Jozsef Nyers, Janos Szabo: Dynamic thermal dimensioning of underground spaces, ENERGY 87: pp. 361-368., 2015.
- [S4] Szabó J., Kajtár L.: Comfort measurements in offices, POLLACK PERIODICA: AN INTERNATIONAL JOURNAL FOR ENGINEERING AND INFORMATION SCIENCES 9: pp. 81-90., 2014.
- [S5] Kajtar L., Herczeg L.: Influence of carbon-dioxide concentration on human well-being and intensity of mental work, IDŐJÁRÁS / QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE:(2) pp. 145-169., 2012.
- [S6] Kajtár L. , Erdosi I., Bakó-Bíró Zs.: Thermal and air quality comfort of office buildings based on new principles of dimensioning in Hungary, PERIODICA POLYTECHNICA-MECHANICAL ENGINEERING:(2) pp. 265-274., 2000.
- [S7] Kajtár László, Ketskeméty László, Szabó János, Herczeg Levente, Leitner Anita: A PMV modell alkalmazásának tapasztalatai Magyarországon, MAGYAR ÉPÜLETGÉPÉSZET:(12) pp. 3-8., 2015.
- [S8] Kajtár László: A hőkomfort elemzése télen, irodai környezetben, MAGYAR ÉPÜLETGÉPÉSZET:(12) pp. 3-7., 2011.
- [S9] Szabo J., Kajtar L.: Thermal comfort of underground spaces, Vykurovanie 2017 (Heating 2017): Izborník prednášok 25. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie. pp. 360-371.
- [S10] András B., Kajtár L.: Usability of CFD modeling in thermal comfort researches, Installation for buildings and ambient comfort, International Conference Timisoara, 6 p., 2016.
- [S11] Kajtár László, Szabó János: Analysis of PMV Method in Hungarian Environment, International Symposium on Indoor Climate and Thermal Manikin, Pécs, Pollack Expo, 2012.
- [S12] Kajtár László , Szabó János: Effect of Large Window Surfaces in Office Buildings, 10th International Conference on Healthy Buildings 2012, Brisbane, pp. 977-982.
- [S13] Kajtar L., Hrustinszky T., Herczeg L., Ketskemety L., Leitner A.: Indoor air quality investigation with naive panels, Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate: Copenhagen, Dánia, 2008.08.17 -2008.08.22., p. 6. CD.

- [S14] Kajtár L. , Hrustinszky T.: Investigation of indoor air quality and emission of indoor used materials in Hungary, 7th International Conference Healthy Buildings 2003, Singapore, pp. 752-757.
- [S15] Kajtár L. , Hrustinszky T.: Measurements of Indoor Air Quality and Emission of Indoor Materials, Indoor Climate of Buildings 2001. Strbske Pleso, Szlovákia, pp. 323-330.
- [S16] Kajtár L. , Hrustinszky T.: Belsőlevegő-minőség és a szükséges frisslevegő arány vizsgálata, 16. Fűtés- és Légtechnikai Konferencia. Budapest, pp. 1-9. 2004.

6. A témához kapcsolódó jelentősebb hazai és nemzetközi publikációk

- [1] ASHRAE Handbook 1997., Fundamentals. New York. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- [2] Araújo, V. M. D., Araújo, E. H. S.: The applicability of ISO 7730 for the assessment of the thermal conditions of users of the buildings in Natal-Brazil, Proceedings of Indoor Air '99. Vol. 2. Edinburg, 1999.
- [3] Bálint P.: Orvosi élettan, Medicina Könyvkiadó, Bp. 1981.
- [4] Berg-Munch, B., Clausen, C., Fanger, P. O.: Ventilation Requirements for the Control of Body Odor in Spaces Occupied by Women, Environment International, Vol. 12. 1986.
- [5] Bluysen, P. M.: A Trained Panel to Evaluate Perceived Air Quality, CLIMA 2000 Konferencia, Sarajevo, 1989.
- [6] Cain, W. S., Engen, T.: Olfactory adaptation and the scaling of odor intensity olfaction and taste, Vol.3., Rockefeller University Press, New York, 1969.
- [7] Darian-Smith, I., Johnson, K. O.: Thermal sensibility and thermal receptors, Journal of Investigative Dermatology, 69, pp. 146-153, 1977.
- [8] De Dear, R. J., Auliciems, A.: Validation of the predicted mean vote model of thermal comfort in six Australian field studies. ASHRAE Transactions, 91., 1985.
- [9] Fanger, P. O.: Calculation of thermal comfort: introduction of a basic comfort equation, ASHRAE Transactions 73., 1967.
- [10] Fanger, P.O.: Thermal Comfort, Robert E. Krieger Publ. Co. Malabar, Florida, 1982.
- [11] Fanger, P. O.: Introduction of the Olf and Decipol Units to Quantify Air Pollution, Perceived by Humans Indoors and Outdoors, Energy and Buildings, 1988.
- [12] Fitzner, K., Finke, U.: Bestimmung der Empfundenen Luftqualitat in Bürogebäuden-Ergebnisse und Wertung, Gesundheits Ingenieur, 1996.
- [13] Gunnarson, L., Nielsen, P. A., Wolkoff, P.: Design and characterisation of the CLIMPAQ, Chamber for laboratory investigation of materials, pollution and air quality, Indoor Air, 1994. 4, pp. 56-62.
- [14] Van Hoof, J.: Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all? Wiley Online Library, Indoos Air Issue 3, 2008.

- [15] Hrustinszky T.: Komfortterek belső levegőminőség emisszióforrásainak vizsgálata, PhD Disszertáció, BME, Pattantyús Ábrahám Géza Gépészeti Tudományok Doktori Iskola, Bp. 2013. Témavezető: Dr. Kajtár László, <http://hdl.handle.net/10890/1190>
- [16] Izsó L., Hercegfő K.: A tervezés során figyelembe veendő emberi jellemzők 4. Az érzékelés, Ergonómia, Budapest, Typotex Kiadó, 2007, pp. 95-112. ISBN:978-9-639664-60-9
- [17] Kalmár F.: Bőrzérezékelés, Magyar Épületgépészet, 2013/4. pp. 7-10.
- [18] Ketskeméty L., Izsó L., Könyves Tóth E.: Bevezetés az IBM SPSS Statistics programrendszerbe: Módszertani útmutató és feladatgyűjtemény statisztikai elemzésekhez, Budapest, Arteria Stúdió, 2011., ISBN:978 963 081 100 2
- [19] Larsen, A., Nielsen, P., Wolkoff, P.: Labelling of emission from building products: First year status. Indoor Air '96, 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Nagoya, Japan, vol. 1, pp. 353-358., 1996.
- [20] Mayer, E., Schwab, R.: Geruchsbewertung in Gebäuden nach unterschiedlichen Methoden, IBP Mitteilung. Stuttgart, 1995.
- [21] Olesen, B. W., Nielsen, R.: A comparison of the thermal insulation measured on a thermal manikin and on human subjects. Proceedings of Indoor Air '84., Vol. 5., Stockholm, 1984.
- [22] Pariaskova, J., Müller, D., Müller, B.: Transfer functions for perceived air quality, acceptability and hedonic tone measurements, Indoor Air 2008. Copenhagen 869 N.
- [23] Seppanen O.: Scientific basis for design of ventilation for health, productivity and good energy efficiency, Indoor Air 2008. Copenhagen 744 N.
- [24] Yoon, D. W., Sohn, J. Y., Cho, K. H.: The comparison on the thermal comfort sensation between the results of questionnaire survey and the calculation of the PMV values, Proceedings of Indoor Air '99., Vol. 2., Edinburgh, 1999.
- [25] Zeiler, W., Nool, P., Houten, R., Fokko Haan, J., van der Velden, J.: Thermal comfort in office practice: Theory versus practice, Healthy Buildings 2009., Syracuse, USA, P1-10E, 91.

7. A kutatási munka az alábbi projektek keretében valósult meg

- [26] Bankszékház légtechnikai rendszerének vizsgálata, Dr. Erdősi István – Dr. Kajtár László, Budapest, 1996.
- [27] Klimatizált terek levegőminőségének biztosítása, klimatechnikai rendszerek levegőminőségi követelményei, értékelési módszere. OTKA kutatási zárójelentés. T 0299451. Témavezető: Dr. Kajtár László, Budapest, 2002.
- [28] Belsőlevegő-minőség és szennyezőanyag kibocsátás értékelési és mérési módszerének kidolgozása. OTKA kutatási zárójelentés. T 037596. Témavezető: Dr. Kajtár László, Budapest, 2005.
- [29] Komfortterek jó minőségének biztosítása, módszertani elvek – alapadatok a tervezéshez, a hazai sajátosságok figyelembe vételével. OTKA kutatási zárójelentés. T 49598. Témavezető: Dr. Kajtár László, Budapest, 2008.