SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

VÁROSI KÖZTERÜLETEK TERMIKUS KOMFORT-VISZONYAINAK ÉRTÉKELÉSE SZEGED PÉLDÁJÁN KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A LÁTOGATÓK SZUBJEKTÍV REAKCIÓIRA

doktori (PhD) értekezés

KÁNTOR NOÉMI

doktorjelölt

Témavezető:

Dr. Unger János

tszv. egyetemi docens

Konzulens:

Dr. Gulyás Ágnes

egyetemi adjunktus

SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

Szeged

2012

TARTALOMJEGYZÉK

A DOLGOZATBAN HASZNÁLT LEGFONTOSABB RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE
1 BEVEZETÉS 1
1.1 PROBLÉMAFELVETÉS ... 1
1.2 A TERMIKUS VISZONYOKKAL KAPCSOLATOS SZABADTÉRI VIZSGÁLATOK HÁTTÉRMODELLJE ... 3
1.3 CÉLKITŰZÉSEK ... 5
2 A TERMIKUS VISZONYOK BIOKLIMATOLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE – IRODALMI ÁTTEKINTÉS 7
2.1 HUMÁN BIOKLIMATOLÓGIA ... 7
2.2 AZ EMBER HŐHÁZTARTÁSA ÉS A TERMIKUS KOMFORT ... 10
2.2.1 AZ EMBERI SZERVEZET ENERGIAEGYENLEGE ... 11
2.2.2 A HŐCSEREFOLYAMATOKRA HATÁSSAL LÉVŐ FIZIKAI PARAMÉTEREK ... 14
2.2.3 AZ EMBERI SZERVEZET HŐSZABÁLYOZÓ MECHANIZMUSAI ... 16
2.2.4 A TERMIKUS KOMFORT ÁLLAPOTA ... 18
2.3 A TERMIKUS KOMPLEXHEZ KÖTŐDŐ BIOKLIMATOLÓGIAI MÉRŐSZÁMOK ... 19
2.3.1 T_{MRT} – HŐMÉRSÉKLETI MÉRŐSZÁM A SUGÁRZÁSI VISZONYOK LEÍRÁSÁRA ... 21
2.3.2 PMV – A „HŐÉRZET VÁRHATÓ ÉRTÉKE” ... 23
2.3.3 AZ „EKVIVALENS HŐMÉRSÉKLET” TÍPUSÚ INDEXEK ... 25
2.3.4 UTCI – AZ „UNIVERZÁLIS TERMIKUS KLÍMA INDEX” ... 29
2.4 A BIOKLÍMA-INDEXEK FŐ FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI ... 31
2.5 VÁROSI KÖZTERÜLETEK TERMIKUS KOMFORTVISZONYAINAK VIZSGÁLATA ... 35
2.5.1 A MIKRO-BIOKLIMATIKUS VISZONYOK OBJEKTÍV FELMÉRÉSE ... 36
2.5.2 HUMÁN MONITORINGGAL KIEGÉSZÍTETT KOMPLEX VIZSGÁLATOK ... 41
3 A SZEGEDI VIZSGÁLATSOROZAT – ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK 49
3.1 MINTATERÜLETEK SZEGEDEN ... 49
3.1.1 DIÓHÉJBAN SZEGEDRŐL ... 49
3.1.2 A VIZSGÁLT KÖZTERÜLETEK ... 50
3.2 HELYSZÍNI VIZSGÁLATI MÓDSZEREK ... 53
3.2.1 MEGFIGYELÉSEK ... 54
3.2.2 KÉRDŐÍVES FELMÉRÉSEK ... 57
3.2.3 HELYSZÍNI MIKROMETEOROLÓGIAI MÉRÉSEK ... 59
3.3 TOVÁBBI ADATOK, ADATFELDOLGOZÁS, ADATKEZELÉS ... 60
3.3.1 BELVÁROSI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS ADATSORÁNAK LETÖLTÉSE ... 60
3.3.2 BIOKLIMATOLÓGIAI MÉRŐSZÁMOK KISZÁMÍTÁSA ... 60
3.3.3 OBJEKTÍV ÉS SZUBJEKTÍV INFORMÁCIÓK ÖSSZEKAPCSOLÁSA, FELDOLGOZÁSA ... 61
3.3.4 TÉRKÉPI ADATOK DIGITALIZÁLÁSA ÉS MEGJELENÍTÉSE ... 62
4 EREDMÉNYEK–I: A SZEGEDI FELMÉRÉSEK LEGFONTOSABB EREDMÉNYEI 63
4.1 KÉT SZEGEDI KÖZTERÜLET MIKRO-BIOKLIMATIKUS VISZONYAI – HELYSZÍNI MÉRÉSEK ALAPJÁN ... 63
4.2 TERÜLETHASZNÁLAT ÉS A LÁTOGATÓK VISELKEDÉSE – MEGFIGYELÉS-BÁZISÚ EREDMÉNYEK ... 66
4.2.1 A TERÜLETHASZNÁLAT IDŐBELI MINTÁZATA ... 66
4.2.2 A TERMIKUS VISZONYOK HATÁSA A LÁTOGATOTTSÁGRA ÉS A VISELKEDÉSRE ... 68
4.2.3 A TERÜLETHASZNÁLAT TÉRBELI MINTÁZATA ... 72
4.3 A TERMIKUS VISZONYOK SZUBJEKTÍV ÉRTÉKELÉSE – KÉRDŐÍVEKRE ALAPOZOTT EREDMÉNYEK ... 77
4.3.1 A TERMIKUS VISZONYOK SZUBJEKTÍV ÉRTÉKELÉSÉNEK KÜLÖNBÖZŐ OLDALAI ... 79
4.3.2 SZUBJEKTÍV ÉRTÉKELÉS VS. OBJEKTÍV MÉRŐSZÁMOK ... 81
4.3.3 A SZEMÉLYES TÉNYEZŐK HATÁSA A SZUBJEKTÍV ÉRTÉKELÉSRE ... 87
5 EREDMÉNYEK–II: AZ EREDMÉNYEK DISZKUSSZIÓJA ÉS KIBŐVÍTÉSE 89
5.1 AZ EREDMÉNYEK TÁRGYALÁSA SZEGED VISZONYLATÁBAN ... 89
5.2 A SZEGEDI EREDMÉNYEK TÁRGYALÁSA NEMZETKÖZI VISZONYLATBAN ... 91
5.2.1 MEGFIGYELÉSI EREDMÉNYEK ÖSSZEVETÉSE A NEMZETKÖZI TAPASZTALATOKKAL ... 91
5.2.2 KÉRDŐÍVEKRE ALAPOZOTT EREDMÉNYEK NEMZETKÖZI SZINTŰ TÁRGYALÁSA ... 94
5.3 A SZEGEDI ADATBÁZIS INTEGRÁLÁSA A RUROS ADATBÁZISBA ... 102
6 ÉRTÉKELÉS, KÖVETKEZTETÉSEK 106
6.1 SZINTÉZIS ... 106
6.1.1 A TERMIKUS KÖRNYEZETHEZ VALÓ ALKALMAZKODÁS KÜLÖNFÉLE ASPEKTUSAI ... 106
6.1.2 MEGÁLLAPÍTÁSOK A TERMIKUS KÖRNYEZET ÉRTÉKELÉSÉVEL KAPCSOLATBAN ... 108
6.2 A SZEGEDI VIZSGÁLAT ÉRTÉKELÉSE ... 110
6.3 AZ EREDMÉNYEK FELHASZNÁLHATÓSÁGA, KITEKINTÉS ... 113
7 ÖSSZEFOGLALÁS 115
8 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 118
9 IRODALOMJEGYZÉK 119
MELLÉKLETEK
SUMMARY

A DOLGOZATBAN HASZNÁLT LEGFONTOSABB RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

A termikus viszonyokkal kapcsolatos komplex vizsgálat elemei

- H — helyszín: a vizsgált városi közterület (area)
- I — időjárás: a felmérés időszakára jellemző meteorológiai tényezők összessége (weather)
- TK — termikus környezet: a helyszínen kialakuló mikro-bioklimatikus viszonyok (thermal environment)
- TH — területhasználat: az adott közterület igénybevétele (area usage)
- VR — viselkedési reakciók: a terület látogatóinak viselkedése (behavioural reactions)
- SzÉ — szubjektív értékelések: a terület látogatóinak egyéni véleménye (subjective assessments)
- SzT — személyes tényezők: a terület látogatóinak személyes jellemzői (personal factors)

A termikus viszonyokkal kapcsolatos objektív mérőszámok

- T_a [°C] — léghőmérséklet (air temperature)
- RH [%] — relatív nedvesség (relative humidity)
- v [m/s] — szélsebesség (wind velocity)
- T_{mrt} [°C] — átlagos sugárzási hőmérséklet (mean radiant temperature)
- PET [°C] — fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet (physiologically equivalent temperature)
- UTCI [°C] — univerzális termikus klíma index (universal thermal climate index)
- PMV — a hőérzet várható értéke (predicted mean vote)

A termikus viszonyok szubjektív értékelésének fő aspektusai

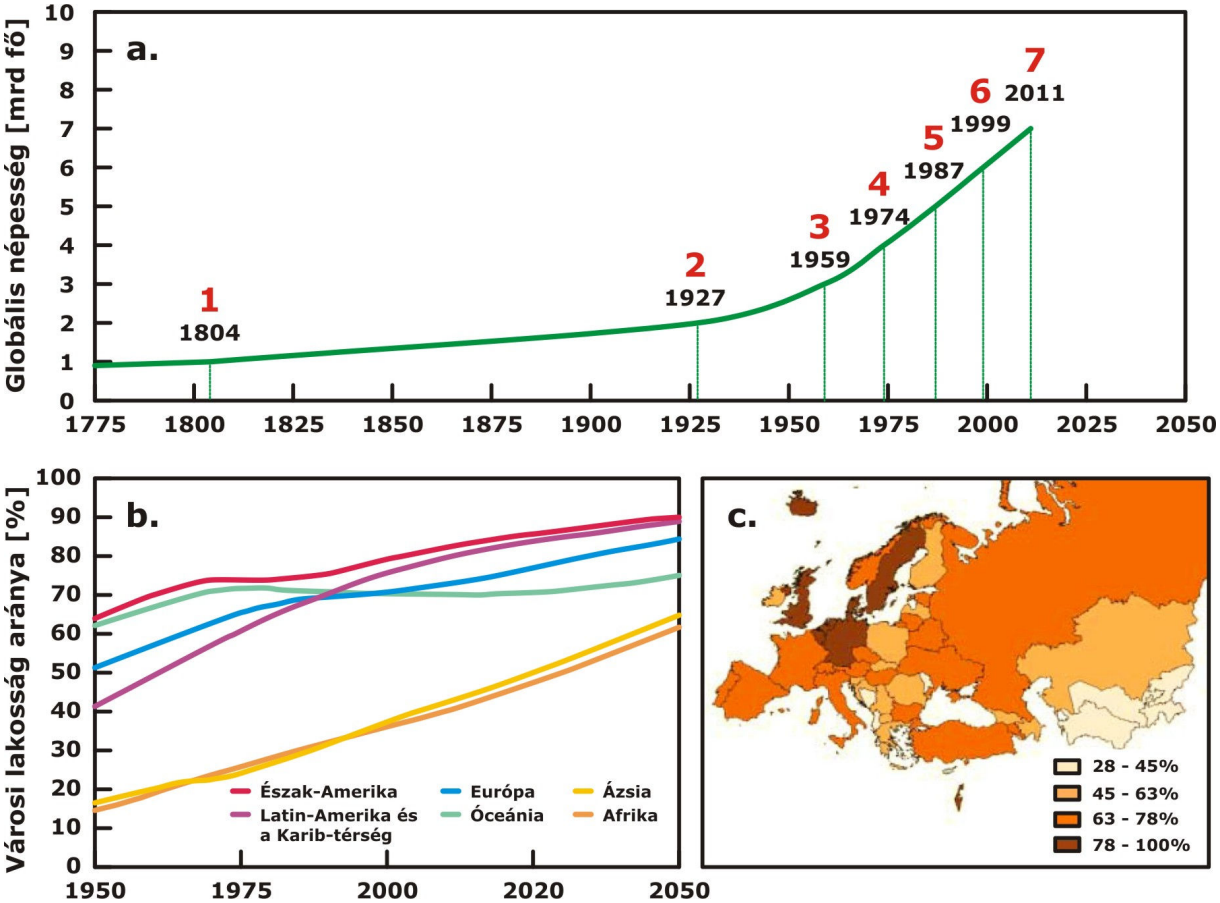
- TSV — hőérzet (thermal sensation vote)
- perc — percepciók: különböző paraméterekre vonatkozó szubjektív érzetek (perception votes)
- pref — preferenciák: különböző paraméterekre vonatkozó szubjektív igények (preference votes)

A dolgozatban előforduló rövidítések teljes jegyzéke (az egyes kifejezések angol, vagy német megfelelőivel egyetemben) az **1.1-1.7 MELLÉKLETBEN** található

1 BEVEZETÉS

1.1 PROBLÉMAFELVETÉS

Az ENSZ népesedési alapjának (United Nations Population Fund – UNFPA) 2011-es jelentése szerint Földünk mintegy 7 Mrd lakosának több mint a fele urbanizált térségben él (*UNFPA 2011;* **1.1. ábra**). Amennyiben a jelenlegi trendek folytatódnak, bolygónk össznépessége 2050-re meghaladja a 10 Mrd főt, s három emberből kettő valószínűleg városlakó lesz. A 2000-es évek első évtizedében az amerikai és az európai népességnek már több mint a 3/4-e, Magyarország populációjának pedig 2/3-a városinak számított (*WHO 2004, VAHAVA 2006;* **1.1. ábra**).



1.1. ábra A világnépesség növekedése (**a**), a városlakók százalékos arányának emelkedése régiónként (**b**), valamint a városiak 2000-es évek elejére jellemző aránya a WHO Európai Régiójának országaiban (**c**) (*UNFPA 2011* és *WHO 2004* nyomán)

A városok lélekszámának növekedése egyben azt is jelenti, hogy egyre több embert érintenek az urbanizált lakó- és munkakörnyezetek ártalmai, úgymint a légszennyezés, a fényszennyezés, a zaj, vagy a termikus terhelés (hőstressz). A mesterségesen kialakított összetett városi felszín és az antropogén folyamatok (légszennyezés, hőszennyezés) hatása ugyanis a természeteshez képest jóval terhelőbb városi légtérben is megmutatkozik (*UNGER ET AL. 2012*). Míg a **városklimatológia** a levegőkörnyezetet leíró paraméterek városi módosulásaival foglalkozik (*OKE 1987*), addig a **város-bioklimatológia** (városi humán bioklimatológia) ezeknek az emberi szervezetre kifejtett, elsősorban fiziológiai hatásait vizsgálja, különös tekintettel az emberi egészségre és komfortérzetre (*MAYER 1993, 2008*). A város-bioklimatológiai kutatások indítékaként egyrészt tehát a növekvő méretű városiasodás, másrészt az éghajlatváltozás valószínűsíthetően káros hatásaira való felkészülés szükségessége jelölhető meg.

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) negyedik átfogó értékelő jelentésének értelmében a műszeres meteorológiai mérések megkezdésétől napjainkig a globális felszínhőmérséklet növekedései trendje figyelhető meg (*IPCC 2007*). A XX. század második felében a szárazföldi területek nagy részén egyértelműen emelkedtek mind a minimum, mind a maximum hőmérsékleti értékek, éjjel és nappal egyaránt. Ennek következtében jelentősen csökkent az extrém hideg nappalok és éjszakák száma, míg a szélsőségesen melegeké megnőtt. Ez utóbbi velejárójaként pedig megnőtt a hőhullámok gyakorisága is. A XXI. századra vonatkozó előrejelzések alapján e globális trendek folytatása gyakorlatilag bizonyosnak (statisztikai valószínűsége több mint 99%) tekinthető (*IPCC 2007, KVVM 2012*).

Az 1961-1990 közé eső 30 évet referenciaként tekintve a PRUDENCE (Predicting of Regional Scenarios and Uncertainties for Defining European Climate Change Risks and Effects) projekt Európa térségére a következő regionális hőmérséklet-előrejelzéseket szolgáltatta a 2071-2100-as időszakra (az A2 kibocsátási forgatókönyvvel kapcsolatban): egyértelmű melegedésre számíthatunk nyáron és télen egyaránt, s a nyári melegedés kiváltképp a közép- és dél-európai régiókat érinti majd (*OMSZ-ELTE MT 2006*).

1°C-os globális átlaghőmérséklet emelkedést feltételezve Magyarországon 1,4°C-os, tehát a globális átlagot meghaladó melegedés várható, mely legerőteljesebben a nyár folyamán jelentkezik majd (1,7°C). A nyári termikus viszonyok regionális klímamodellek által előrevetített terhelőbbé válása azonban nem merül ki csupán az átlaghőmérséklet emelkedésében. A hőmérsékleti szélsőségek tekintetében a fagyos napok (napi minimumhőmérséklet $T_{min} \leq 0°C$) számának jelentős csökkenése, míg a nyári, hőség- és forró napok (napi maximumhőmérséklet $T_{max} \geq 25°C$, 30°C, ill. 35°C) számának érdemi növekedése várható. Mindemellett gyakrabban előforduló, intenzívebb és permanensebb hőhullámokkal kell számolnunk a következő évtizedekben (*OMSZ-ELTE MT 2006, Bartholy and Pongrácz 2006, Bartholy et al. 2008*). Szükséges tehát, hogy a várostervezés, ill. városrendezés szempontrendszerébe bekerüljenek és erősödnek azok a humán bioklimatológiai megközelítések, melyek célja a termikus viszonyok optimalizálása, valamint a hőség okozta stressz kellemetlen következményeinek redukálása (*WHO 2004, Mayer 2008*).

A városi környezet gyakran terhelő bioklimatikus viszonyainak javítására a vegetáció megfelelő alkalmazása a legpraktikusabb eszköz. Még az idősebb, „öröklött" városszerkezet esetében is jó megoldást jelent a – megfelelően kiválasztott fajtájú – fák ültetése (*Gulyás et al. 2006*). Ennél is szerencsésebb a „területzöldítés" nagyobb léptékben történő alkalmazása – különböző parkok, terek kialakítása. Ezek a mesterséges környezetben megbúvó „zöldebb szigetek" igen fontos szerepet játszanak a városi környezetben élők szabadtéri tevékenysége, kikapcsolódása szempontjából, teret nyújtanak a másokkal való érintkezésre, ezáltal jelentős pozitív hatást gyakorolhatnak a városi lakosság életminőségére (*Nikolopoulou and Lykoudis 2006, 2007*).

A kérdés csupán az, hogy egy-egy ilyen városi közterület valóban megfelelő viszonyokkal szolgál-e a felfrissüléshez, amit a levegőminőség, a zajszint, az esztétikai tényezők és természetesen a helyszínen kialakuló termikus viszonyok nagymértékben meghatároznak. Ennek folyományaként egyre több tanulmány lát napvilágot különböző rekreációs célú városi helyszínek humánkomfort szempontú vizsgálatáról, elsősorban a termikus viszonyaik értékeléséről. Ezek a kutatások a **2.5.** és az **5.2. fejezetekben** kerülnek rész-

letes bemutatásra, most csupán a területen kialakuló termikus komfortviszonyokkal és a terület igénybevételével kapcsolatos főbb összefüggéseket vázolom fel (**1.2. ábra**).

1.2 A TERMIKUS VISZONYOKKAL KAPCSOLATOS SZABADTÉRI VIZSGÁLATOK HÁTTÉRMODELLJE

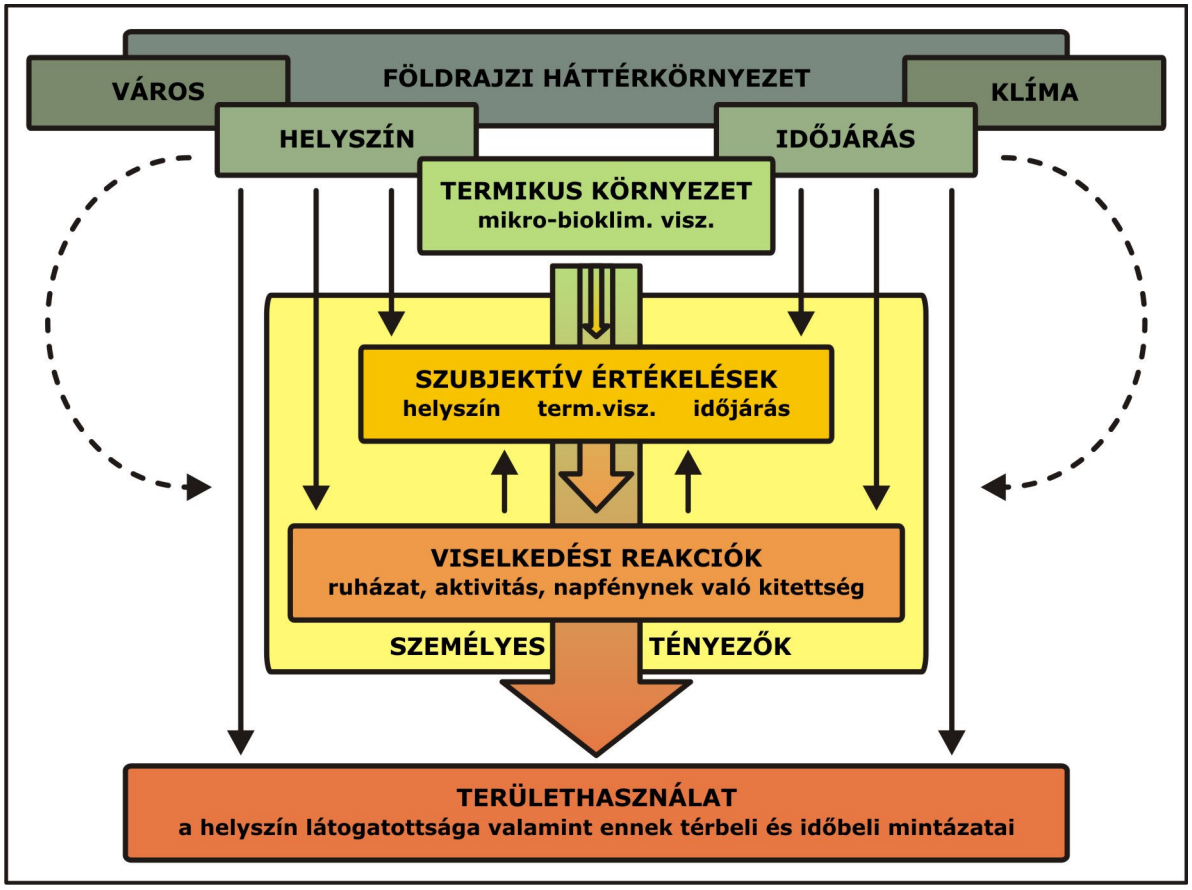
A léghőmérséklet, a légnedvesség, a légmozgás, valamint a hőhatású sugárzási fluxusok összessége jelenti az ún. **termikus környezetet** (TK). E meteorológiai tényezők együttes hatása különböző mértékű bioklimatológiai terhelést ró az emberi szervezetre, következésképp a környezeti paraméterek közül elsődlegesen ezek felelnek a hőérzet, s a vele összefüggésben lévő komfortérzet (termikus komfort) kialakulásáért (*Jendritzky 1993, Mayer 1993*; a téma részletesebb kifejtése a **2.1.** és a **2.2. fejezetben** olvasható). Mikroklimatológiai szinten – tehát például egy városi közterület esetén – ezek a paraméterek az aktuális **időjárási** (I) viszonyokból fejlődnek ki az adott **helyszín** (H) kialakításának módosító hatásai alapján (**1.2. ábra**: I+H→TK). Ebből a szempontból nagy jelentősége van a terület orientációjának (melyik égtáj felé nyitott), felszínborításnak, a rajta található természetes és mesterséges tereptárgyak (pl. fák, utcabútorok) valamint a környező épületek méretének és elhelyezkedésének, továbbá mindezek anyagi minőségének (*Ali-Toudert and Mayer 2006, Johansson and Emmanuel 2006*).

Az utóbbi évtizedben fokozódó tudományos érdeklődés övezte a különböző városi közterületeken kialakuló termikus komfortviszonyokat, különösen a városlakók szabadtéri **területhasználatával** (TH) összefüggésben (**1.2. ábra**: TK→TH). A területhasználat ebben az értelemben különböző városi közterületek igénybevételét (látogatottságát) jelenti, amely magában foglalja a látogatók területi megoszlását, a területen eltöltött idő tipikus hosszát, valamint ezek napi, heti, illetve évszakos mintázatait. Egy városi közterület „sikerességének" legkézenfekvőbb mércéje a helyszín átlagos látogatószáma (*Nikolopoulou et al. 2001*). Ez természetesen közvetlenül függ a helyszín elhelyezkedésétől, méretétől, illetőleg fő funkciójától (**1.2. ábra**: H→TH). Egy városi közterület rendeltetése alapvetően két típusba sorolható: „út", vagy „rekreációs terület". Az út-helyszíneken az emberek pusztán átkelnek annak érdekében, hogy elérjék tényleges uticéljukat, ebből kifolyólag a területen kifejlődött termikus viszonyoknak való kitettség rövid idejű. Ezzel szemben, a rekreációs területeken (mint amilyenek a terek, parkok, játszóterek) a kitettségi idő hosszúra nyúlhat, ezért a termikus komfortkutatások érdeklődésének középpontjában elsősorban ezek a helyszínek állnak (*Nikolopoulou et al. 2001, Thorsson et al. 2004*).

Valójában a területhasználat tér-, és időbeli mintázatait a területre látogató emberek azon tudatos és tudatalatti reakciói – **viselkedési reakciók** (VR) és **szubjektív értékelések** (SzÉ) – alakítják, melyeket (nagyrészt) a helyszínen érzékelhető mikroklimatikus viszonyok váltanak ki belőlük (**1.2. ábra**: TK→SzÉ→VR→TH). A termikus viszonyokra vonatkozó szubjektív értékelés (hőérzet, termikus komfortérzet) meghatározza azokat a cselekedeteket, melyeket az emberek azért tesznek, hogy termikus szempontból kellemesebben érezzék magukat (SzÉ←→VR); pl. megváltoztatják elhelyezkedésüket az adott területen belül és ezáltal a napnak való kitettségüket, módosítják tevékenységüket, ill. ruházatukat, vagy végső megoldásként elhagyják a területet (*Nikolopoulou et al. 2001*).

Egyéni szinten az említett humán reakciókra, s ennek következtében a szabadtéri területhasználatra számos **személyes tényező** (SzT) is rányomja a bélyegét, melyek mó-

dosító szerepet töltenek be az aktuális termikus viszonyok szubjektív értékelése és a rá adott viselkedési reakciók kifejlődése során (*Knez et al. 2009*; **1.2. ábra**: SzT→SzÉ+VR). A kor, a nem, a magasság, a testsúly és az egészségi állapot fiziológiai szinten – a hőszabályozás befolyásolásán keresztül – fejti ki hatását (*Hanna and Brown 1983*, *Havenith 2005*), míg számos egyéb személyes tényező (pl. kultúra, elvárások, attitűd, emocionális állapot) hatásmechanizmusa nem írható le egzakt módon (*Nikolopoulou and Steemers 2003, Knez et al. 2009*).



1.2. ábra Egy átfogó szabadtéri termikus komfortvizsgálat során figyelembe veendő főbb paramétercsoportok, valamint a köztük feltételezhető összefüggések sematikus ábrázolása (*Kántor et al. 2012a*)

Az adott kultúra norma-, szabály- és értékrendszerének nyomai több esetben felfedezhetőek a tagjainak temperamentumában, így az eltérő kultúrkörökbe tartozó emberek (pl. távol-keleti / észak-európai) másképpen viselkedhetnek ugyanazon termikus szituációkban, s eltérő lehet reakcióik intenzitása is (*Knez and Thorsson 2006, 2008, Knez et al. 2009*). Hasonló hatást válthat ki a lakhely települési környezetéből fakadó attitűd (pl. városi / vidéki) is. A lakhely földrajzi elhelyezkedése determinálja továbbá, hogy az ott élők milyen klimatikus háttérhez vannak „hozzászokva". Ez egyrészt azt jelenti, hogy szervezetük fiziológiai szinten alkalmazkodott (adaptálódott) az adott régió klímáját jellemző termikus viszonyokhoz (pl. a malájok jobban elviselik a forró és fülledt viszonyokat, mint az európaiak). Másrészt a helyiek mentális tekintetben is fel vannak készülve ezekre a viszonyokra: ún. termikus tapasztalataik révén tudják, mire számíthatnak, s ez nagymértékben meghatározza a termikus környezettel kapcsolatos elvárásaikat, amelyek viszont meghatározó jelentőségűek a környezet szubjektív értékelése, a vele kapcsolatos megelégedettség, illetve tolerancia tekintetében (*Höppe 2002, Becker et al. 2003, Nikolopoulou and Steemers 2003, Spagnolo and de Dear 2003a*). A termikus tapasztalatokra és elvárásokra termé-

szetesen nem csupán az „általános háttérklíma” van befolyással, hanem az adott időszakra (évszakra, hétre, napra) jellemző időjárás is (**1.2. ábra**: K+I→SzT→SzÉ).

Területhasználat szempontjából kifejezetten előnyös, ha egy városi közterület változatos kialakítása révén többféle mikroklímájú alterülettel szolgál adott időjárási szituáció esetén. A különböző paramétereknek kitett alterületek (napos / árnyékos, illetve szellős / szélvédett) megléte nem csupán a viselkedési (fizikai) alkalmazkodást könnyíti meg a látogatók számára (H→VR), de mentális (pszichológiai) szinten is pozitív hatással van. Mindazok, ugyanis akik tisztában vannak vele, hogy amennyiben kellemetlennek találják az adott termikus környezetet (pl. forrónak, naposnak, vagy épp túl szelesnek érzik) lehetőségük van az adott környezeti tényezővel szemben védelmet nyújtó alterületre átmenni, azok jobban tolerálják az átmenetileg terhelő termikus viszonyokat is, következésképp tovább maradnak a területen (H→SzÉ). Ebből kifolyólag a helyszín kialakítása mind közvetve (pszichikai szinten), mind közvetlenül (a viselkedési alkalmazkodás megkönnyítése által) kihat a területhasználat mintázatára (H→SzÉ+VR→TH; *Nikolopoulou and Steemers 2003, Thorsson et al. 2004*).

A terület kialakításán túl a másik „funkcionális komponens”, amely közvetlenül lehetővé teszi, vagy épp gátolja az egyes szabadtéri tevékenységeket, s ennél fogva a területhasználatot, maga az időjárás (**1.2. ábra**: I→VR+TH). Itt a pusztán termikus hatású légköri paramétereken túl fontos szerepet kapnak a csapadékjelenségek, a szél- és az égboltviszonyok: a hosszabb esőzés és az erős légáramlás a nyílttéri tevékenységeket szinte kivétel nélkül megakadályozza; a napsütéses / felhős, illetve a szélcsendes / szeles időszakok más-más tevékenységformáknak kedveznek (*de Freitas 1990, 2003*). Ezeken a direkt hatásokon túl mind a helyszín, mind az időjárási viszonyok által nyújtott esztétikai élmény (pl. vegetáció gondozottsága, utcabútorok állapota, égboltviszonyok, légkör tisztasága, átlátszósága) számos emocionális reakciót válthatnak ki, melyek komoly befolyással lehetnek az emberek komfortérzetére (I+H→SzÉ), és így a területhasználat alakulására (*de Freitas 1990, 2003, Knez 2005, Eliasson et al. 2007*).

A **1.2. ábra** kapcsolatrendszerei, mint (általam felállított) elméleti háttérmodell alapján egy nagyszabású termikus-komfort projekt vette kezdetét Szegeden annak érdekében, hogy mélyreható ismereteket szerezzünk a szabadtéri termikus viszonyokkal összefüggő területhasználat témakörében, vagyis hogy adatokkal támasszuk alá (vagy cáfoljuk meg) az ábrán látható összefüggéseket. A különböző rekreációs célú szegedi helyszíneken végzett vizsgálatok elsősorban a területek igénybevételének (TH), a látogatóik viselkedési reakcióinak (VR) és szubjektív értékeléseinek (SzÉ) termikus viszonyoktól (TK) függő mintázatainak feltárására irányultak. Az említett összefüggések pontosabb megértése, illetve a különböző objektív és szubjektív tényezők (fiziológiai, fizikai és pszichológiai) alkalmazkodásban játszott (relatív) szerepének feltárása a jövőben fontos támpont lehet olyan városi közterület-kialakítást érintő döntések meghozatalánál, melyek célja végső soron a városi életminőség javítása.

1.3 Célkitűzések

Értekezésem megírásakor két (egymást kiegészítő) vezérelvet követtem. Az első természetesen az, hogy eredményeimmel és ezek széleskörű tárgyalásával hozzájárulhassak a szabadtéri termikus komfortkutatások mára már viszonylag kiterjedt nemzetközi, s jelenleg még csupán kezdetleges hazai adatbázisához, valamint, hogy megállapításaim a téma további, részletesebb tanulmányozását ösztönözzék. Munkámmal, mint a humán

monitoringgal kiegészített szabadtéri termikus komfortvizsgálatok magyarországi bevezető lépésével olyan további kutatásokat szeretnék inspirálni, melyek eredményei már közvetlen alapadatául szolgálhatnak a városi területrendezéssel kapcsolatos, humán bioklimatológiai szempontrendszert is érvényre juttató javaslatoknak.

Másik fő mozgatórugóm szintén a téma jövőjének magyarországi megalapozásához kapcsolódik. A dolgozat írásakor nagy hangsúlyt fektettem a szegedi projekt során alkalmazott technikák átlátható dokumentálására, különös tekintettel a hazánkban még kevéssé ismert humán bioklimatológiai módszerekre, s a megértésükhöz szükséges elméleti alapokra.

Az említett két vezérelvnek megfelelően tűztem ki magam elé a következő fő célokat, melyek egyben értekezésem szerkezeti alappilléreit is jelentik:

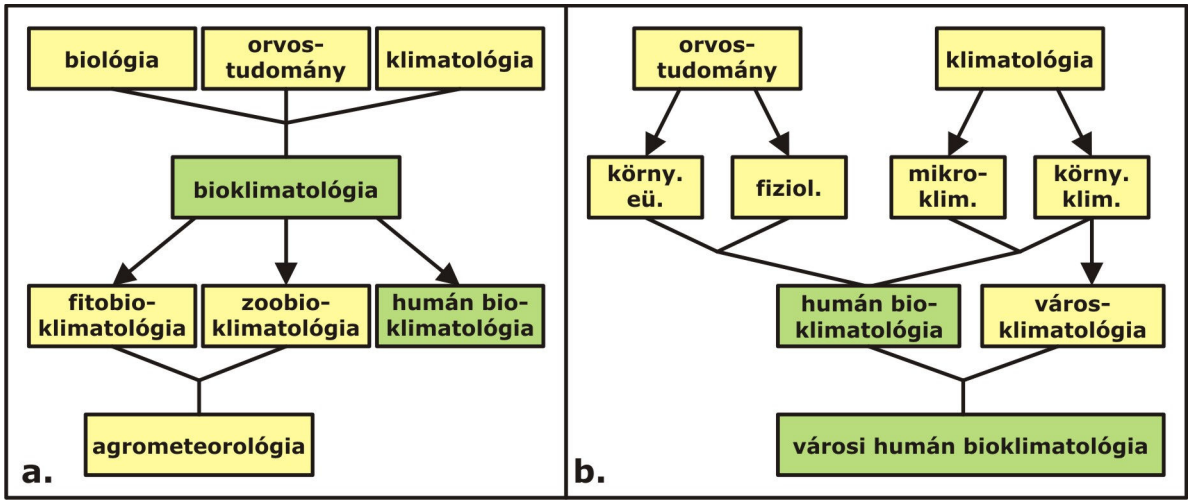
- Alapos **áttekintéssel** szolgálni a termikus viszonyok értékeléséről (**2. fejezet**):
  - a termikus környezet kvantitatív leírására szolgáló legjelentősebb humán bioklimatológiai mérőszámokról, mint az értékelés objektív bázisáról;
  - a városi környezetben kivitelezett sokoldalú nemzetközi vizsgálatokról.
- Bemutatni a **szegedi komplex vizsgálatsorozatot** (**3. fejezet**), s annak **eredményeit** (**4. fejezet**), melyek nagy vonalakban a következőkre irányulnak:
  - a közterület-kialakítás hatása a helyszíni mikro-bioklimatikus viszonyokra többféle időjárási háttér esetén (I, H → TK);
  - az időjárás termikus komponenseinek hatása a területhasználat tér- és időbeli mintázatára, valamint a látogatók viselkedési reakcióira (I → TH, VR);
  - a termikus környezet szubjektív értékelésének különböző megnyilvánulási formái, különös tekintettel arra, miként alakul a helyi lakosok hőérzete a termikus viszonyok objektív mérőszámainak függvényében (TK → SzÉ).
- Helyi és nemzetközi szinten **megtárgyalni,** s ezek alapján **elmélyíteni** a nyert eredményeket (**5. fejezet**):
  - a helyiekre vonatkozó szubjektív termikus értékelés tükrében értelmezni az egyes szegedi tereken kifejlődött termikus viszonyokat, valamint a területhasználat és a viselkedési reakciók mintázatát;
  - összevetni a szegedi eredményeket a hasonló kivitelezésű (humán monitoringra is építő) nemzetközi tanulmányok eredményeivel;
  - kísérletet tenni a szegedi adatbázis integrálására az eddigi legnagyobb európai adatbázisba, s az összesített adatbázis elemzése alapján pontosabban feltárni a földrajzi környezetből adódó háttérklíma szerepét a helyiek termikus környezetre adott szubjektív reakcióira, különös tekintettel az ún. neutrális hőmérsékletre.
- **Következtetéseket** levonni (**6. fejezet**):
  - a légköri környezethez történő alkalmazkodás különböző szintjeit (fiziológiai, fizikai és pszichológiai) illetően;
  - a vizsgálatok során alkalmazott módszertannal kapcsolatban.

2 A TERMIKUS VISZONYOK BIOKLIMATOLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE – IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 HUMÁN BIOKLIMATOLÓGIA

A légköri környezet számos ponton gyakorol hatást az élő szervezetekre, amelyek ezekre akarva és akaratlanul is reagálnak (*LÁNYI 1990*). A Nemzetközi Biometeorológiai Társaság (International Society of Biometeorology – ISB) meghatározásának értelmében a **bioklimatológia** vagy biometeorológia a légköri hatásoknak, valamint a rájuk adott reakcióknak a mibenlétét, mechanizmusait, erősségüket és részfolyamataikat kutató interdiszciplináris tudomány (*HÖPPE 2000, ISB 2012*). Bár nevéből adódóan a biometeorológia elsősorban az időjárás, tehát a kisebb időléptékű hatások, míg a bioklimatológia a hosszabb időszak során bekövetkező légköri változások vizsgálatára utal, a nemzetközi terminológia részben szinonimaként használja a két fogalmat.

A bioklimatológia tradicionálisan 3 ágazatra bontható a légköri hatásoknak kitett élőlénycsoportok alapján, s ettől függően kapcsolatrendszerében is más-más hangsúlyt kapnak az egyes határtudományok (*HÖPPE 1997*; **2.1.a ábra**). A légkör növényvilágra kifejtett hatásait a fitobioklimatológia tárgyalja, az állatvilág esetén zoobioklimatológiáról beszélünk, s – utóbbin belül egy kiemelt csoporttal – az emberrel pedig a humán bioklimatológia foglalkozik. Az előző kettő speciális ötvözete az elsősorban mező- és erdőgazdasági jelentőségű agrometeorológia.

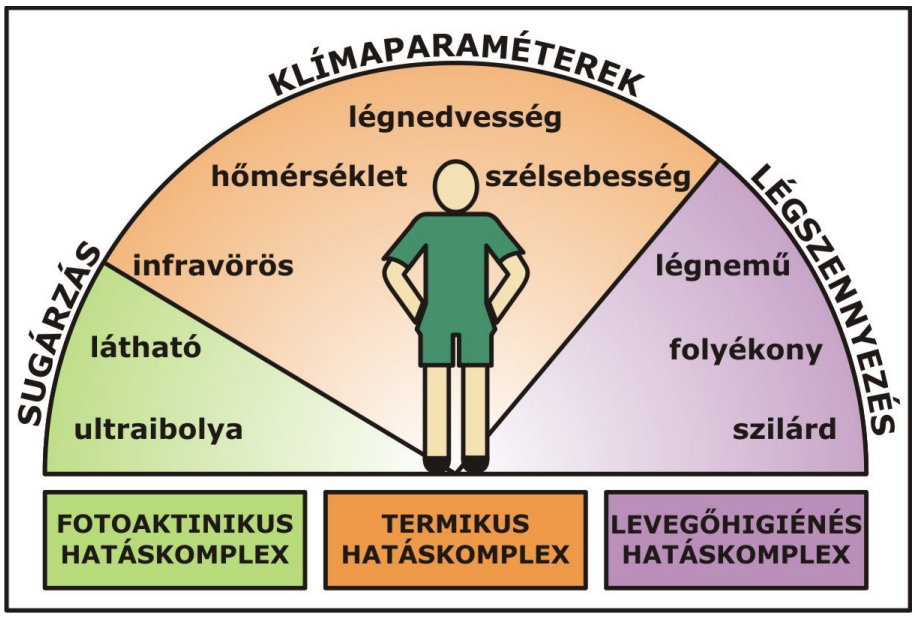


2.1. ábra A bioklimatológia tudományának hagyományos elhelyezése és felosztása (**a**), valamint a városi humán bioklimatológia helyzete modern szemléletmód alapján (**b**) (*HÖPPE 1997* nyomán)

A **humán bioklimatológia** a légköri fizikai és kémiai állapotát leíró tényezők emberi szervezetre gyakorolt fiziológiai (élettani) és patológiai (kórélettani) hatásait vizsgálja minden léptékben: a mikro-skálájú jelenségek komfortérzetünkre kifejtett hatásától kezdve a szélsőséges időjárási eseményekhez köthető megbetegedéseken és halálozásokon keresztül egészen a globális léptékű éghajlati folyamatok által indukált fiziológiai alkalmazkodási mechanizmusokig. Módszereiben tehát szoros kapcsolatban áll a klimatológiával és az orvostudománnyal (*HÖPPE 1997,* **2.1.b ábra**), de ezek mellett a fizika és biológia más területeivel, valamint a kémiával, a pszichológiával illetve az ergonómiával is (*BÁRTFAI 1986*). A klasszikus orvosmeteorológia területéhez tartozik az ún. „időjárás-érzékenység” vizsgálata, tehát az időjárás-változások és szervezetünk fiziológiai reakciói közti okokozati kapcsolatok feltárása (*KÉRDŐ 1961, SCHUH 2009*).

Humán bioklimatológiai hatáskomplexek

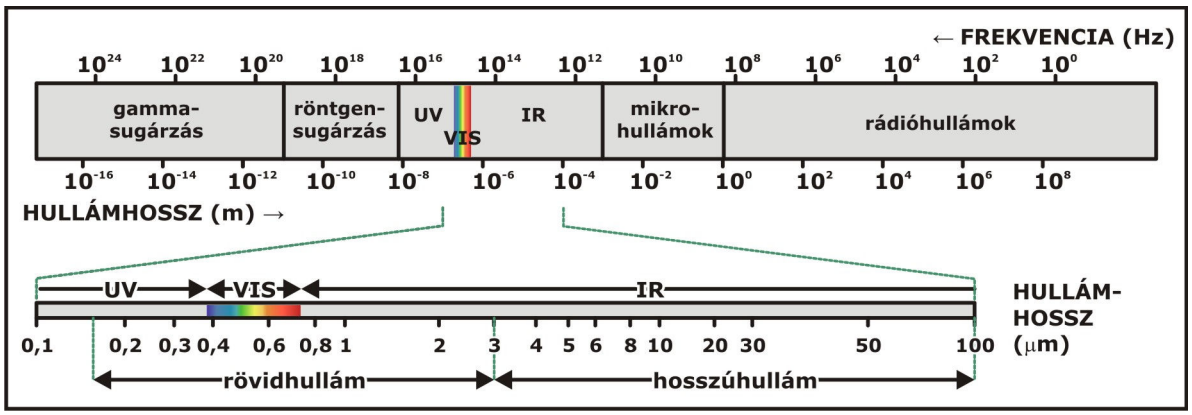
A légköri környezet számtalan paramétere (pl. légnyomás, léghőmérséklet, különböző hullámhosszú sugárzási fluxusok, légnedvesség, a levegő összetétele, zajszint, stb.) igen bonyolult kapcsolatrendszerben fejti ki hatását az élőlényekre. Ebből a szempontból nem praktikus az egyes tényezők hatását külön-külön vizsgálni, mert azok a különböző fiziológiai alkalmazkodási reakciókat egymással „együttműködve", komplex hatásként váltják ki és így befolyásolják a szervezet belső környezetének dinamikus egyensúlyi állapotát, a homeosztázist. Ezért a humán bioklimatológia ún. hatáskomplexekbe csoportosítja az egyes paramétereket aszerint, hogy azok milyen jellegű reakciókat váltanak ki a szervezetben (*Jendritzky 1993*; **2.2. ábra**).



2.2. ábra A humán bioklimatológia legfontosabb hatáskomplexei (*Jendritzky 1993* nyomán)

A **levegőhigiénés hatáskomplex** az egészségre ártalmas *gáz-*, *folyékony-* és *szilárd* halmazállapotú, természetes vagy antropogén forrásból származó, nyílt vagy zárt térben található légszennyezési komponensekkel foglalkozik (**2.2. ábra**). A szervezetből kiváltott hatás mértéke nagyban függ ezek hosszú- és rövidtávon mérhető levegőbeli koncentrációtól (immisszió), ami a kibocsátó (emissziós) forrásokon kívül a szállítási (transzmissziós) folyamatok, illetve a közben történő hígulás, lehetséges kémiai átalakulások, légköri ülepedés, kimosódás eredményeként alakul. E folyamatok mértékét jelentősen befolyásolja a légköri rétegződés (turbulencia jelenléte vagy hiánya), a szél, a csapadék, a légnedvesség és a napsugárzás (*Jendritzky 1993, VDI 1998*).

A **termikus hatáskomplex** foglalja magában azoknak a légköri tényezőknek a hatásait, melyek a test hőérzékelő receptorait, ezáltal a szervezet hőszabályozó mechanizmusait közvetlenül befolyásolják. Ide tartozik a *léghőmérséklet*, a *légmozgás*, a *légnedvesség*, valamint a *hőhatású sugárzás* (**2.2. ábra**). Utóbbi alatt az elektromágneses spektrum infravörös tartományát értjük (**2.3. ábra:** IR). Ebbe a 0,75-100 μm-es tartományba beletartozik egyrészt a Föld-légkör rendszerre jellemző sugárzás (terresztrikus-, vagy „hosszúhullámú" sugárzás), másrészt a napsugárzás (szoláris, vagy „rövidhullámú" sugárzás) kisebb energiájú összetevői. A termikus komplex által kiváltott hatások a hőszabályozási (termoregulációs) és a keringési (kardiovaszkuláris) rendszerünk szoros kapcsolatán alapulnak (*Höppe 1993a, 1993b, Jendritzky 1993, VDI 1998*).



2.3. ábra A rövid- és hosszúhullámú sugárzástartományok az elektromágneses spektrumon belül (*Unger et al. 2012* nyomán)

A **fotoaktinikus hatáskomplex** a napsugárzás nagyobb energiájú tartományaival – a látható fénnyel és az ultraibolya sugárzással – foglalkozik, melyek nem hőhatású közvetlen biológiai reakciókat váltanak ki a szervezetben (*Jendritzky 1993, VDI 1998*; **2.2. ábra**).

A légkör alsóbb részeit a teljes, 80-380 nm-es *ultraibolya* tartományhoz (**2.3. ábra:** UV) képest csupán a hosszabb hullámhosszú (280-380 nm), kisebb energiájú UVB és UVA tartományok érik el, köszönhetően a sztratoszférában elhelyezkedő, nagy ózonkoncentrációjú réteg elnyelési tulajdonságainak. Ezek a sugárzás-tartományok egyrészt D-vitamin szintézist indukálnak a bőrünkben, emellett azonban olyan negatív biokémiai reakciókat is kiváltanak, mint pl. a bőröregedés folyamatának meggyorsítása, a gyulladásos bőrpír (eritéma) kialakulása, sőt, rákkeltő (karcinogén) hatásuk is van. Az egyénenként változó mértékben kialakuló pigmentáció a szervezet sajátos védekező reakciójának tekinthető e káros hatásokkal szemben. Az UV-sugárzással kapcsolatos szemet érintő hátrányos elváltozások közül a szürkehályog (katarakta), ill. a szaruhártya gyulladás (keratitisz) kialakulása említhető (*Jendritzky 1993*).

A 380-750 nm-es tartományba eső *látható fény* (**2.3. ábra:** VIS) reakcióba lépve a szem fényérzékeny sejtjeivel lehetővé teszi az egyes hullámhossz-intervallumok megkülönböztetését, melyeket színekként érzékelünk. Szervezetünk napi biológiai ritmusa összhangban van a látható fény napi váltakozásával, vagyis az elektromágneses spektrum eme része felel az ún. „cirkadián óra” beállításáért (*Jendritzky 1993*).

A város-bioklimatológia vizsgálatok jelentősége

A Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization – WMO) 1983-ban olyan lokális (helyi) éghajlatként definiálta a városklímát, amely a beépített terület, valamint a regionális klíma kölcsönhatásainak az eredményeként jön létre (*WHO 2004*). Az éghajlati tényezők (pl. hőmérséklet, szélsebesség, páratartalom, csapadék, napsütés) urbanizált környezetre jellemző – tipikusan lokális léptékű – módosulásaival a környezeti klimatológia egyik alterülete, a **városklimatológia** foglalkozik (**2.1.b ábra**).

A légszennyező anyagok magasabb koncentrációján túl a városklíma egyik legismertebb és leginkább kutatott jelensége az ún. „városi hősziget”, amely a beépített területek magasabb lég-, illetve felszínhőmérsékletét jelenti a környező vidéki területek „hűvösebb óceánjához” képest (*Oke 1987*). A városi légréteg magasabb hőmérsékletének, valamint szennyezettségének fennállásához a városok csökkent átszellőzési képessége is hozzájárul, amely a beépített területek nagyobb felszínérdessége által kiváltott légáramlást fékező hatásnak köszönhető. Megjegyzendő azonban, hogy gyenge nagyléptékű áramlások

mellett a melegebb városi felszín generálta saját légkörzési rendszer („városi hősziget-cirkuláció”) a talaj-közeli szélsebesség megemelkedését is okozhatja, kialakítva az ún. „városi szelet” (*Unger és Sümeghy 2002*). Ennek frissítő, hőterhelést csökkentő és légszennyezést hígító hatásai miatt a városi „ventillációs folyosók” feltérképezése a városklimatológiai kutatások egy szintén jelentős területe (*Gál and Unger 2009*).

A települések klímamódosító hatásának kimutatására leggyakrabban az azonos feltételek mellett (pl. azonos tengerszint feletti magasságon) szimultán mért városi és külterületi klimatológiai adatsorok összehasonlító elemzése szolgál (*Oke 1987, Unger 1992, 1996, 1997*). Emellett vannak példák mobil mérésekre (*Unger et al. 2000, 2001a, 2001b, Bottyán et al. 2005, Szegedi and Gyarmati 2009*), illetve távérzékeléssel nyert adatbázis feldolgozásra is (*Pongrácz et al. 2006, Unger et al. 2010a, Lelovics et al. 2011*).

Mivel a tradicionális városklíma-vizsgálatok nem rendelkeznek bioklimatológiai szemléletmóddal, *Jendritzky and Nübler* (*1981*) szerint csupán mérsékelt hasznára válhatnak a városterezőknek. Az eredmények gyakorlatban történő hasznosításához ugyanis célszerű, ha a város légköri viszonyainak vizsgálata túlmutat a klímaparaméterek értékeinek egyszerű összevetésén. A **városi humán bioklimatológia** (**város-bioklimatológia**) ezért arra helyezi a hangsúlyt, hogy e klímaparaméterek városi módosulásai miként befolyásolják együttesen az emberi egészséget és komfortérzetet (*Mayer 1993, Matzarakis 2001*; **2.1.b ábra**).

A fenntartható várostervezés szempontrendszerében a három fő humán bioklimatológiai hatáskomplex közül a légszennyezettséggel, valamint a légréteg termikus paramétereivel foglalkozó két csoportra fektetnek nagyobb hangsúlyt, így a városi vonatkozású bioklíma vizsgálatok elsősorban ezekre irányulnak (*Mayer 1993*). Emellett, bár a levegőben terjedő szaganyagok és a zajszennyezés tényezői nem tartoznak a szigorú értelemben vett humán bioklimatológiai hatáskomplexek közé, várostervezési szempontból mégis jelentősek, hiszen negatív hatással lehetnek az emberi közérzetre. A zajszennyezés által okozott fiziológiai stressz mértéke a kibocsátott hang intenzitásának és fennállási idejének függvénye. A lokális meteorológiai viszonyok közül elsősorban a termikus rétegződés és a szélviszonyok befolyásolják mind a hangjelenségek, mind a szaganyagok terjedését (*Mayer 1993, VDI 1998*).

Fontos megemlíteni, hogy mindazon tényezők, melyek valamiféle „szennyezőként” értelmezhetőek (légszennyezés, szag- és zajterhelés) pontos szabályozás alatt állnak, mérésüket nemzetközi standardok írják elő. Ezzel szemben a termikus viszonyok esetében mind a mai napig nem beszélhetünk egységes, szabványosított értékelési módszerről, csupán irányelvekről (*Mayer 1993, VDI 1998, Ng 2009*).

A továbbiakban az említett hatáskomplexek közül a termikus viszonyok humán bioklimatológiai értékelésével foglalkozom, melynek alapját az emberi hőszabályozás, a környezettel folytatott energiacsere-folyamatok és az így kirajzolódó humán energia-egyenleg adják.

2.2 Az ember hőháztartása és a termikus komfort

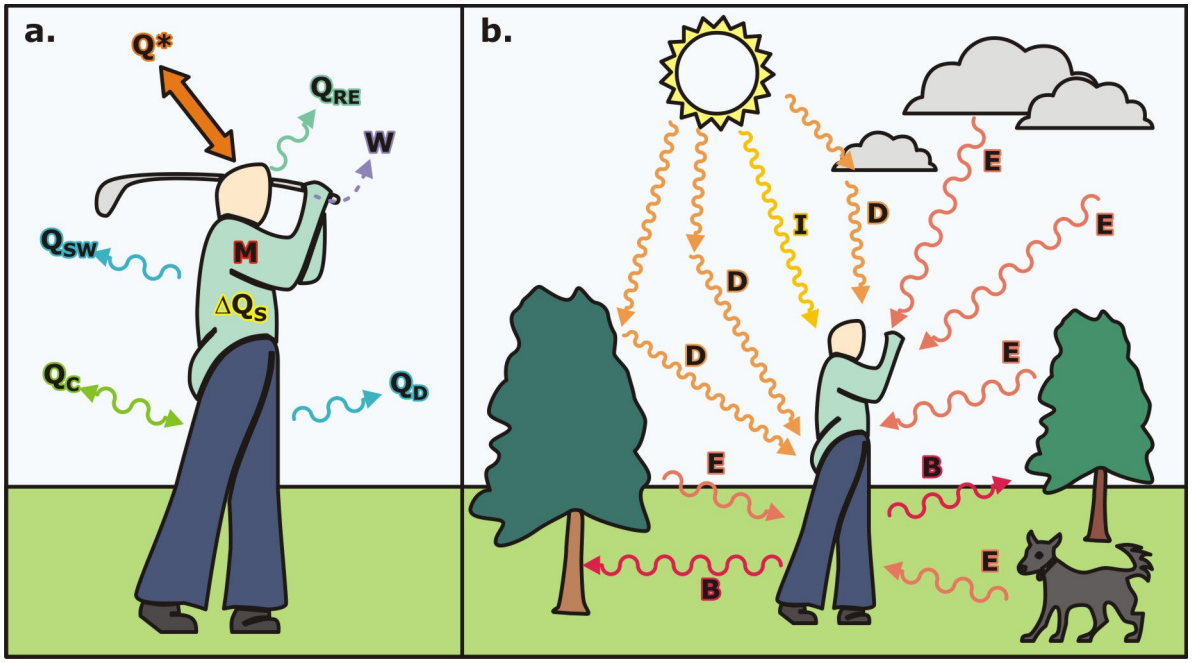
Mint bármely állandó testhőmérsékletű (homeoterm) faj, úgy az ember esetében is a szervezet többé-kevésbé állandó hőmérséklete az egészséges állapot alapfeltételei közé tartozik. A szervezet hőegyensúlyát a hőtermelés és hőleadás állandó változtatásán keresztül a hőszabályozás (termoreguláció) biztosítja (*Fonyó 1998*). Hőszabályozás szempontjából az emberi test legegyszerűbben egy két-szegmensű rendszerként képzelhető el:

testmagra és testköpenyre tagolható (*Höppe 1993a*). Előbbi a létfontosságú belső szerveket foglalja magába, s hőmérsékletének (**maghőmérséklet** – T_C [°C]) állandó szinten tartása az enzimatikus folyamatok zavartalan működésének alapfeltétele. A köpenyhez tartozik a teljes bőrfelület, a bőr alatti kötőszövet és a végtagok tömegének jelentős része – elsősorban a törzstől távolabb elhelyezkedő végtagrészek. Annak érdekében, hogy T_C értéke a környezeti viszontagságok ellenére se térjen el a normális, kb. 37°C-os értéktől (36-37,5°C-os tartománytól), a köpeny egyfajta hőmérsékleti pufferzóna szerepét tölti be. A perifériák hőmérséklete ugyanis a termikus környezet kihívásainak megfelelően jóval tágabb határok közt ingadozhat, különösen igaz ez kültakarónkra (**bőrhőmérséklet** – T_{SK} [°C]) (*WMO 1992, Höppe 1993a*).

A T_C konstans szinten tartásához szükséges, hogy a szervezetben generálódott hőmennyiséget kiegyensúlyozza a nettó hőveszteség, azaz a szervezet által termelt és felvett hő együttes értéke egyezzen meg a leadott hőmennyiséggel.

2.2.1 Az emberi szervezet energiaegyenlege

Ebben a fejezetben a szervezetben termelt, a testet érő, s az onnan távozó legfontosabb energiamennyiségeket tekintem át (**2.4. ábra**).



2.4. ábra Az ember energiaegyenlegének legfontosabb tényezői (**a**), valamint a sugárzási mérleg (Q*) komponensei (**b**) (*Jendritzky 1993* és *VDI 1998* nyomán)

Az emberi testben a **<u>hőtermelés</u>** elsősorban a belső szervekben történik, a táplálék alkotóelemeinek oxidációja (metabolizmus, anyagcsere) révén. Ez az ún. *metabolikus hő* (*metabolikus ráta*) – M [W] az anyagcsere intenzitásának függvénye. Egy nyugalomban lévő egészséges személy anyagcsereszintje a testmagasság, a súly, a kor és a nem függvénye. Például, egy 35 éves, 75 kg-os, 1,75 m magas férfi teste 84 W hőt termel alapmetabolizmusa során, ami egységnyi bőrfelületre vonatkoztatva 44,21 W/m^2-nek felel meg, figyelembe véve, hogy a fenti alany bőrfelülete megközelítőleg 1,9 m^2. Az alapmetabolizmus értéke alvás közben némiképp kevesebb, mint éber állapotban (*Fanger 1972, Bánhidi 1976*).

A mezítelen ember testfelülete, vagyis az ún. *Du Bois-felszín* – A_{Du} [m^2] a *testsúly* – m [kg] és a *magasság* – h [m] függvényeként számítható a következő képlet segítségével:

$A_{Du} = 0{,}203 \cdot m^{0,425} \cdot h^{0,725}$. Ebben a fejezetben számos, a testet érő, illetve onnan távozó energiamennyiség tárgyalásra kerül, melyek mindegyike értelmezhető [W], vagy egységnyi testfelületre vonatkoztatott [W/m^2] egységekben (*Fanger 1972, Bánhidi 1976*).

Fizikai munka végzésekor az aktív izomzat oxigén- és tápanyagigénye megnő, ezáltal a szervezet metabolikus aktivitása, s vele M értéke is megemelkedik („aktív-metabolizmus"; *Hanna and Brown 1983*). Miközben az izomzat elégeti a tápanyagokat, azok energiatartalmának egy része az éppen végzett tevékenység típusától és intenzitásától függően felszabadul a környezetbe, így veszteséget jelent a szervezet számára; a nagyobb rész azonban az izomzatban marad. Az elvesztett energiamennyiség a *külső munka* – W (**2.4.a ábra**), a fennmaradó rész pedig a *belső hő* – H, amely, mivel a legtöbb tevékenység esetén a külső munka nagysága nullához közeli, megegyezik a metabolikus rátával. A külső munka és a metabolikus ráta aránya a *test munkavégzésének hatásfoka* – η (=W/M).

A megtermelt, illetve a szervezetben maradó energia ún. **metabolikus-egységekben** [met] is kifejezhető, ennél fogva a különböző tevékenységek végzése során termelt hő mennyisége könnyen összehasonlíthatóvá válik a referenciaként választott, nyugodt ülésnek megfelelő 1 met-tel, ami 58 W/m^2-es értékkel egyezik meg (**2.1. táblázat;** *Fanger 1972, Bánhidi 1976, Höppe 1993a, 1993b, Fonyó 1998, Havenith 2005, ISO 2005*).

2.1. táblázat Különféle tevékenységformákhoz tartozó metabolikus hőtermelés (az egységnyi testfelszínre vonatkozó értékek kiszámításánál feltételezett testfelület: 1,78m^2) és munkavégzési hatásfok értékek (*Fanger 1972*, *Bánhidi 1976*, *Höppe 1993a* és *VDI 1998* nyomán)

Tevékenység	M [W]	M [W/m^2]	M [met]	η
alvás	73	41	0,7	0
nyugodt ülés	**103**	**58**	**1**	**0**
nyugodt egyhelyben állás	125	70	1,2	0
séta sík terepen – 3,2 km/h	206	116	2	0
séta sík terepen – 4,8 km/h	267	150	2,6	0
séta sík terepen – 6,4 km/h	392	220	3,8	0
séta 5%-os emelkedőn – 3,2 km/h	312	175	3	0,1
séta 15%-os emelkedőn – 3,2 km/h	481	270	4,7	0,19
séta 25%-os emelkedőn – 1,6 km/h	374	210	3,6	0,2
torna	312-409	175-230	3-4	0-0,1
tenisz	481	270	4,7	0-0,1
irodai munka	107-196	60-110	1-1,9	0
nehéz munka, pl. útépítés	409-498	230-280	4-4,8	0-0,1

A metabolizmus során keletkezett hő kb. 86%-a a bőrön és 14%-a a légutakon keresztül távozik. A hőtermelés és a hőleadás helyei között a vérkeringés teremt kapcsolatot (*WMO 1992*).

A **bőrön keresztüli hőleadás** több módon lehetséges: végbemehet sugárzás, vezetés és áramlás útján. A szállított hő mennyiségét mindhárom típus esetén a hajtóerő nagysága (a testfelszín és a környezet közti hőmérséklet- illetve páranyomás-gradiens), az exponált testfelszín mérete és az áramlással szembeni ellenállás (pl. ruházat szigetelőképessége) határozza meg. A hőveszteség az előbbiekkel egyenesen, míg az utóbbival fordítottan arányos (*WMO 1992*).

A **sugárzás** útján történő energiacsere-folyamatok alakítják ki a szervezet *teljes sugárzási mérlegét* – Q*, amely a test által elnyelt és kibocsátott hőhatású sugárzási fluxu-

sok eredőjének tekinthető (**2.4.a ábra**). Q*-on belül a *rövidhullámú mérleg* – K* a napból érkező *közvetlen* – I, valamint a légköri részecskéken *szóródott* (*diffúz*) és a tereptárgyakról *visszavert* (*reflektált*) – D rövidhullámú sugárzási összetevőkre tagolható. A *hosszúhullámú mérleg* – L* tényezői közt a légkör és a különféle tereptárgyak irányából, tehát a *környezetből érkező hosszúhullámú sugárzás* – E, valamint a *test hosszúhullámú kisugárzása* – B szerepel (**2.4.b ábra**; *JENDRITZKY 1993, VDI 1998*).

A szervezettel érintkező mozdulatlan közeg felé történő, **vezetéses** hőcsere jelentősége többnyire elhanyagolható a többi hőcserefolyamathoz képest, ezért a humán energiaegyenlegben nem is szokás feltüntetni. Két kivételt érdemes megemlíteni: az egyik a nagyobb mennyiségű forró vagy jéghideg táplálék fogyasztását kísérő hőcsere a gyomorban, a másik pedig a fekvő pozíció esetén történő testfelszíni vezetéses hőnyereség illetve veszteség. Utóbbi az eltérő hőmérsékletű talajjal (vagy egyéb) felszínnel érintkező nagy testfelületnek köszönhető.

Ha a közeg a szervezethez képest elmozdul és a felszínnel mindig új réteg érintkezik, akkor **áramlásos** (konvektív ill. advektív) hőcseréről beszélünk, mely érzékelhető és látens hőáramra bontható, s a hővezetésnél sokkal jelentősebb tényező. A *testfelszíni érzékelhető hőáram* – Q_C (**2.4.a ábra**) esetén a turbulens folyamatok révén szállítódó hőmennyiség a testtel közvetlenül érintkező vékony légréteg hőmérsékletének változásával jár együtt. Emellett minden, a bőrfelszínre került nedvesség elpárologása (evaporáció) által jelentős mértékű hő vonódik el a szervezettől anélkül is, hogy ez a környező levegőt ténylegesen melegítené (látens hőfluxus). Ez a testfelületi evaporatív hővesztés két részre különíthető: a *bőrön* (folyamatosan) *keresztüldiffundáló vízpárához* – Q_D, illetve a *verejték elpárolgásához* – Q_{SW} köthető látens hőveszteségre (**2.4.a ábra**). A ruházat – hő- és nedvességszigetelő képességének függvényében – csökkenti a bőrfelszíni áramlásos hőleadási formákat (*WMO 1992, JENDRITZKY 1993, VDI 1998*).

A **légutakon keresztüli hőleadás** szintén **áramlással** valósul meg; ez az energiamennyiség a belélegzett levegő felmelegítésére és nedvesítésére fordítódik, tehát a *légzéshez kapcsolódó turbulens hőcsere* – Q_{RE} mind érzékelhető, mind látens formában szállít hőt (**2.4.a ábra**; *WMO 1992, VDI 1998*). A légutakon és a nem verejtékező bőrön keresztüli párolgás összege (Q_{RE} látens része és Q_D) a perspiráció inszenzibilisz (észrevétlen párolgás) (*FONYÓ 1998*).

A bemutatott hőleadási utak egy része fordított gradiens esetén hőnyereséget jelent (**2.2.2. fejezet**). Például, ha az átlagos bőrhőmérsékletet meghaladja a környezeti hőmérséklet, valamint hősugárzó test hatásának kitéve a szervezet hőt vesz fel, így a hőleadásnak már a környezetből felvett és a szervezetben termelődött hőmennyiség összegével kell egyensúlyt tartania.

Amennyiben az említett hővesztési folyamatok nem képesek ellensúlyozni a hőprodukciót, az a *test érzékelhető hőtartalmának megváltozását* – ΔQ_S (**2.4.a ábra**) eredményezi, amely maga után vonja a test hőmérsékletének módosulását. Ha a metabolizmus általi hőtermelés magasabb, mint a hőveszteségek (nettó) összege, a hőtárolás pozitív irányba változik, amely a szervezet hőtartalmának és ennél fogva a hőmérsékletének emelkedésével jár. A hőtárolás negatív irányba mozdul, amikor a test több hőt veszít, mint amennyit megtermel, következésképp lehűl (*HÖPPE 1984, HAVENITH 2005*).

Az említett hőmennyiségek paraméteres leírásával felállítható az **emberi szervezet energiaegyenlege**, melynek tagjai [W], vagy egységnyi testfelületre vonatkoztatva [W/m^2] egységben is kifejezhetőek:

$$M + W + Q^* + Q_C + Q_{SW} + Q_D + Q_{RE} = \Delta Q_S$$

$$Q^* = I + D + E + B$$

Az egyenletben szereplő egyes kifejezések pozitív előjellel értendők, amennyiben energianyereséget, és negatív előjellel, ha energiaveszteséget jelentenek a test számára. Ebből következően M mindig pozitív, W Q_D és Q_{SW}, Q_{RE} pedig mindig negatív előjelű, míg a Q_C és Q* felvehetnek mind pozitív, mind negatív értékeket. Q* komponensei közül I, D és E jelentik a bevételi, míg B a kiadási oldalt (*Höppe 1984, Mayer and Matzarakis 1998*).

Az energiaegyenleg egyes tényezőire több – a termikus környezetet és szervezetünket jellemző – paraméter, fiziológiai és fizikai folyamat (automatikus és tanult hőszabályozási mechanizmus) befolyással bír, ezeket tekinti át következő két alfejezet.

2.2.2 A hőcserefolyamatokra hatással lévő fizikai paraméterek

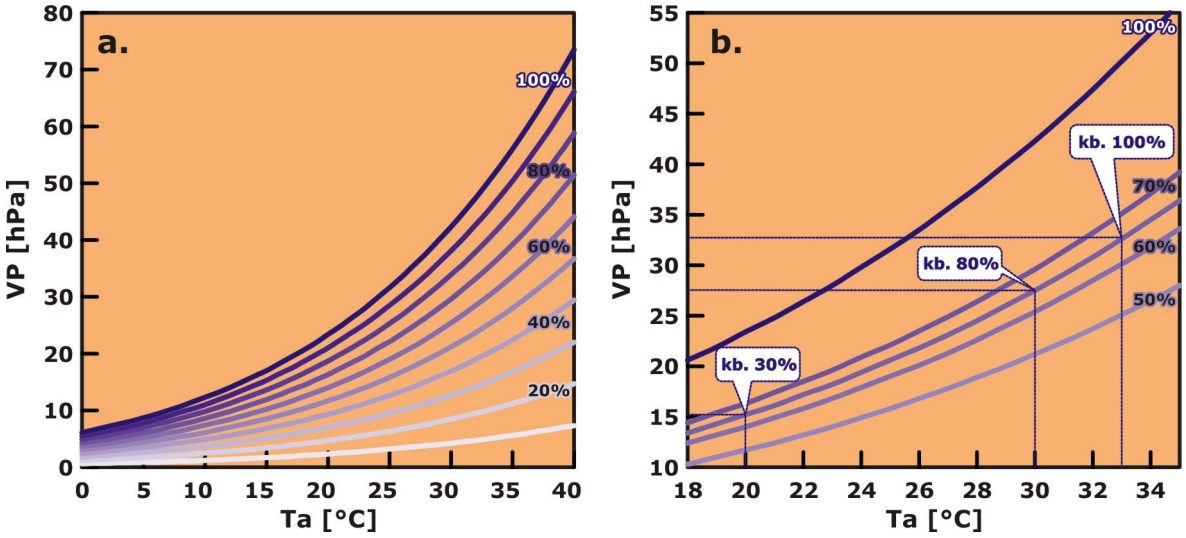
Az érzékelhető hőcserefolyamatok (Q_C, Q_{RE}, Q*) irányát és intenzitását a környezeti hőmérséklet, valamint a hőcsere szempontjából „aktív" testfelszín hőmérséklete közti különbség (**hőmérséklet-gradiens**) előjele és nagysága befolyásolja. A bőr (T_{SK}) esetén 33°C-os referenciaértékkel, míg a tüdő felszínhőmérséklete esetén a testmag (T_C) 37°C-os értékével számolhatunk (*WMO 1992*). Amennyiben a vezetéses hőcserét továbbra is elhanyagolható mértékűnek tekintjük, a környezeti hőmérséklet két fajtájának jut kiemelten nagy szerep az említett hőcserefolyamatok alakulása terén: a lég- és a sugárzási hőmérsékletnek.

A **léghőmérséklet** – T_a [°C] az érzékelhető hőszállítási folyamatok (Q_C és Q_{RE}) szempontjából meghatározó. Ha a bőr mentén áramló (illetve a belélegzett) levegő hőmérséklete alacsonyabb a test (illetve a tüdő) felszínének hőmérsékleténél, akkor a szervezet a levegőt felmelegítve hőt veszít, ellenkező esetben (kb. 33°C-ot meghaladó léghőmérséklet esetén) érzékelhető hőveszteség nem lép fel (*WMO 1992*).

Testünk és a környezet közti sugárzásos hőcserét (Q*) az **átlagos sugárzási hőmérséklet** – T_{mrt} [°C] nevű környezeti paraméter befolyásolja, mely alatt – nagyon leegyszerűsítve – a testet körülvevő élő és élettelen „tereptárgyak" átlagos felszínhőmérsékletét értjük. Olyan környezetben, ahol forró objektumok találhatók (pl. felforrósodott burkolat, fűtőtest), vagy a napon tartózkodva, az átlagos radiációs hőmérséklet könnyen meghaladhatja az átlagos bőrhőmérsékletet, ami a test felé irányuló sugárzásos hőszállítást eredményez (*WMO 1992, Havenith 2005*). A T_{mrt} témaköre a termikus hatáskomplexben betöltött kiemelkedő szerepe miatt a **2.3.1. fejezetben** bővebb kifejtésre kerül.

A test látens hőveszteségének mértékét (Q_{SW}, Q_D, Q_{RE}) a környező levegő nedvességtartalma és a szervezet aktuális vízellátottsága közti különbség (**nedvesség-gradiens**) határozza meg. Az egészséges felnőtt emberi szervezet átlagos víztartalma kb. 60%, s normális esetben a *vízgőz parciális nyomása közvetlenül a bőr alatt* – VP_{SK} [hPa] illetve a *tüdőfelszínen* – VP_C [hPa] is közel van a szaturációs (telítési) értékhez. Ez kb. 47,5 hPa gőznyomást jelent az előbbi, míg 67 hPa-t az utóbbi esetében (*WMO 1992*). (Az átlagos bőrhőmérsékletnek és maghőmérsékletnek megfelelő 33 és 37°C-os értékekkel számolva a gőznyomás telítési értéke rendre 50,2 hPa és 62,5 hPa: **2.5. ábra**).

Minthogy az emberi szervezet nedvességtartalma általában elegendően magas ahhoz, hogy lehetővé tegye az evaporatív hőcserét, a **levegő parciális gőznyomása** (**pára-nyomás**) – VP [hPa] határozza meg, hogy a tüdő, illetve a bőr felszínére kerülő nedvesség elpárologhat-e. Fontos megjegyezni, hogy e folyamatok meghatározó tényezője nem a **relatív nedvesség** – RH [%], hanem az abszolút nedvességtartalom. Előbbi a levegő aktuális és az adott hőmérsékleten lehetséges maximális páratartalmának arányát fejezi ki %-os formában, s mint ilyen, a léghőmérséklettől függ (**2.5a. ábra**). Magas hőmérsékleten a levegő több nedvességet képes légnemű halmazállapotban tartani, ezért ugyanaz az RH érték melegebb levegőben több gőz halmazállapotú nedvességet jelent, ami kevesebb verejték elpárolgását teszi lehetővé (*HAVENITH 2005*).



2.5. ábra A léghőmérséklet, a gőznyomás és a relatív nedvesség kapcsolatrendszere (**a**), valamint a látens hőveszteség aránya (szövegbuborékokban) néhány kitüntetett léghőmérséklet-légnedvesség kombináció esetén (T_{mrt}=T_a, v=0m/s) (**b**)

A hőmérséklet emelkedésével a hőleadási folyamatok közül a látens tényezők szerepe egyre inkább felértékelődik az érzékelhetőek rovására. Például, 20°C-os környezeti hőmérséklet és 60-70%-os relatív nedvesség (VP=14-16,3 hPa) mellett a hőleadás mintegy 30%-át teszi ki a látens komponens. Ez az érték 30°C-on – ugyancsak 60-70%-os RH esetén (VP=25,4-29,6 hPa) – már 80%, míg 33°C-os környezeti hőmérséklet felett ez az egyetlen mechanizmus, amely biztosítja a szervezet hőleadását (**2.5b. ábra**). Ezért különösen megterhelőek azok a szituációk, amikor a magas léghőmérséklet (T_a>33°C) mellett a környezet gőznyomása huzamosabb ideig meghaladja a 30-35 hPa-os kritikus értéket (fülledtség), hiszen ekkor a nedvesség elpárolgása, s így az evaporatív hőleadás – mint a test egyetlen hővesztési csatornája – is nehézségekbe ütközik (*WMO 1992*). Amennyiben a magas léghőmérséklet száraz levegővel jár együtt, úgy, a bőrfelszínre kerülő nedvesség azonnal elpárologhat, s ez könnyen a szervezet kiszáradásához vezethet. Ilyen körülmények közt feltétlenül oda kell figyelni a megfelelő folyadékutánpótlásra (*WMO 1992*).

A **légmozgás** valamennyi áramlásos hőcsereformára befolyással bír; mind az érzékelhető, mind a látens tényezőkre (Q_C, Q_{RE}, Q_D, Q_{SW}).

A (testfelszínhez viszonyított relatív) **szélsebesség** – v [m/s] emelkedésével a testfelszíni hőáramlás (Q_C, Q_D, Q_{SW}) hatékonyabbá válik, ami normál esetben (T_a<T_{SK}, VP<VP_{SK}) segíti a szervezetben megtermelt hő leadását. A magas szélsebesség azonban kellemetlen, sőt, akár veszélyes mértékű érzékelhető hővesztést (Q_C) is eredményezhet,

amennyiben túl alacsony léghőmérséklettel párosul; ilyenkor megfelelő hőszigetelésű ruházat hiányában a test gyorsan kihűlhet. Extrém meleg és nedves levegőben az intenzív légmozgás épp ellenkezőleg hat: a test felmelegedését segíti. Nagyon forró, de száraz környezetben pedig a szél által megnövelt érzékelhető hőnyereséget (Q_C) kiegyenlítheti az evaporatív (Q_D, Q_{SW}) hőveszteség (*WMO 1992, Havenith 2005*).

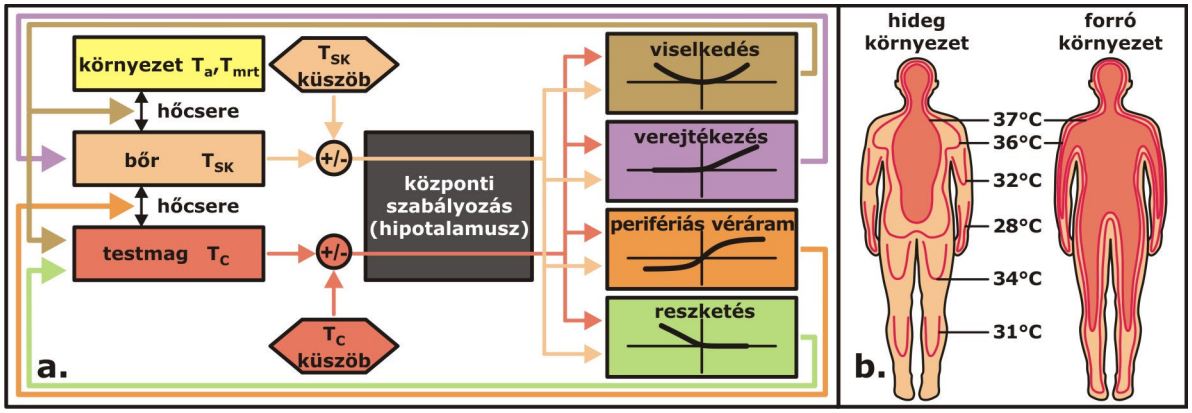
A légutakon keresztüli száraz hőcserét (Q_{RE} érzékelhető része) illetve párolgást (Q_{RE} látens része) a belélegzett levegő hőmérséklete, páratartalma, valamint a *légcsere* (időegység alatt belélegzett levegőmennyiség – RTM [kg/s]) mértéke együttesen határozzák meg: minél kisebb a belélegzett levegő hőmérséklete és vízgőztartalma, illetve minél nagyobb a légcsere, Q_{RE} értéke annál nagyobb.

Az eddig tárgyalt személyes- és meteorológiai paraméterek hatása az energiaegyenleg egyes tényezőire függvényszerűen a következőképp foglalható össze (*Höppe 1999, Ali-Toudert 2005*): $Q^* = f(T_{SK},T_{mrt})$; $Q_C = f(T_{SK},T_a,v)$; $Q_D = f(VP_{SK},VP,v)$; $Q_{SW} = f(VP_{SK},VP,v)$; $Q_{RE} = f(T_C,T_a,VP_C,VP, RTM)$.

2.2.3 Az emberi szervezet hőszabályozó mechanizmusai

A hőszabályozási mechanizmusok egyrészt a test automatikus fiziológiai válaszai a megváltozott termikus viszonyokra, másrészt akaratunktól függő reakciók (viselkedés).

Az **automatikus hőszabályozás (termoreguláció)** – idegrendszeri mechanizmusai alapján – negatív visszacsatoláson alapuló szabályozás. A bőr és testmag aktuális hőmérsékleteiről (T_{SK}, T_C) jelzések jutnak az agyi hőszabályozást irányító központba (hipotalamusz), ahol összevetésre kerülnek a nekik megfelelő referenciaértékekkel (**2.6.a ábra**). Az aktuális hőmérséklet és a referenciaérték eltérése alapján különböző válaszreakciók lépnek működésbe. A „hideg" jelzések (az adott testhőmérsékletek alacsonyabbak a küszöbértékeknél) csökkentik a hőleadást és növelik a hőtermelést, a „meleg" jelzések pedig fokozzák a hőleadási mechanizmusokat, viszont nem csökkentik a hőtermelést. A **2.6.a ábra** jobb oldalán szereplő diagramok a különböző nagyságú hibajelzések (x tengely) és a rájuk adott reakciók (y tengely) közti összefüggéseket szemléltetik. A legjelentősebb automatikus hőszabályozási folyamatok közt a didergést, a verejtékezést, valamint a perifériás vererek összehúzódását és elernyedését (vazomotorikus folyamatokat) tartjuk számon. Utóbbi, melynek számszerűsítésére a *bőr keringési vérárama* – v_b [(l/s)/m^2] szolgál, a testmag és a bőr közti hőszállítást, s ezáltal a test hőmérsékleti mezőinek alakulását befolyásolja (**2.6.b ábra**; *Höppe 1993a, Havenith 2005*).



2.6. ábra A legfontosabb hőszabályozási folyamatok (**a**; *Havenith 2001* nyomán), valamint a test hőmérsékleti mezői hideg és forró környezetben (**b**; *Höppe 1993a, Schuh 2009* nyomán)

A környezet lehűlésekor a bőr ereinek összehúzódása (**vazokonstrikció**) révén csökken a perifériára kiáramló vér mennyisége, s ezáltal a bőrhőmérséklet, ami testfelszínhez kötődő érzékelhető hőleadás (Q^*, Q_C) mérséklését vonja maga után. Ezzel egyidőben fokozódik az anyagcsere folyamatok intenzitása (M) is. Ha ez utóbbi nem tud lépést tartani a hőszükséglettel, a test **dideregni** kezd, vagyis a különböző izomcsoportok összehúzódásával végzett (zéró hatásfokú) munkát használja fel hőtermelésre. A *reszketés által termelt hőmennyiség* – M_{SHIV} [W] mértéke elérheti az alap metabolikus ráta négyszeresét is (*Lányi 1990, Höppe 1993a, Havenith 2005*). Az ún. libabőrösség is a szőrszálakat mozgató apró simaizmok összehúzódása révén jön létre, melyek a megfelelő inger hatására a szőrtüszőt a bőrfelszín felé emelik, s felegyenesítik a szőrszálakat. A szőremelő izmok munkája egyrészt hőt termel, másrészt a felborzolt szőrszálak segítenek a test közelében tartani a meleg levegőt. Míg e folyamat fontos fiziológiai szerepet tölt be a bundával rendelkező állatok hőszabályozásában, addig az ember esetében lényegében haszontalan dologgá vált az evolúció során.

Túl meleg termikus viszonyok esetén a helyzet bonyolultabb, a hőtermelést ugyanis nem képes egy bizonyos alapszint alá csökkenteni a szervezet, így csakis a hőleadás fokozásával kerülheti el a túlmelegedést. Ilyenkor a bőr erei kitágulnak (**vazodilatáció**), ezáltal több meleg vér kerül a test felszínének közelébe. A megnövekedett bőrhőmérséklet elősegíti az érzékelhető hőleadást (Q^*, Q_C) mindaddig, amíg a környezeti hőmérséklet el nem éri a kritikus 33°C-os értéket. A bőr felső rétegeiből állandóan párolgó víznek köszönhető látens hőveszteség (Q_D) szintén arányos a bőr véráramlásával (*Lányi 1990, WMO 1992, Fonyó 1998*). A test által elveszített hőmennyiség megnövelésének másik lehetősége a **verejtékezés**, melynek intenzitását a *verejtékprodukciós ráta* – SR [kg/s] írja le. A verejtékmirigyek váladéka a bőr felszínére kerül, hogy ott elpárologjon belőle a víz, ami jelentős mértékű hőelvonással (Q_{SW}) jár. Magas környezeti hőmérséklet vagy az aktivitáshoz kapcsolódó intenzív hőtermelés esetén a verejtékezés biztosítja a szervezet hőleadásának legnagyobb részét (*Höppe 1993a, Fonyó 1998*).

Az akaratunktól független hőszabályozási reakciókat tudatos, tanult mechanizmusok egészítik ki, ezek összessége jelenti a **magatartási** vagy **viselkedési hőszabályozást**.

A **tevékenységforma** illetve az **aktivitásszint** változtatásával tudatosan hozzájárulhatunk a testünkben termelődő hő (M) növeléséhez (**2.1. táblázat**). Míg meleg környezetben az aktivitásszint lecsökken, addig hidegben az akarattól független izomtevékenységet aktív munka kíséri, pl. toporgás, vagy karmozdulatok (*Fonyó 1998*).

A test és környezete között lejátszódó hőcserefolyamatok nagyságát, illetve a különböző hőátadási formák egymáshoz viszonyított arányát nagymértékben meghatározza az egyes környezeti paramétereknek (pl. napsugárzásnak, huzatnak) való **kitettség** mértéke. A területi **elhelyezkedés** (**pozíció**), valamint a **testhelyzet** (**pozitúra**) módosítása által – a helyszín kialakításától és az adott szituációtól függő mértékben – lehetőségünk lehet a kellemetlen paraméternek való kitettségünk megváltoztatására. A különféle testhelyzetek esetén például jelentősen eltér az egyes hőcsereformák szempontjából aktívnak számító testfelületek (A_{conv} [m^2] a *hőáramlás*, A_{rad} [m^2] a *hősugárzás*, A_{cond} [m^2] pedig a *hővezetés szempontjából effektív testfelület*) értéke (*Kurazumi et al. 2008*).

Amellett, hogy az aktivitásszint fokozásával növelhető a belső hőtermelés, a megfelelő **ruházkodás** is lehetőséget ad a test hőveszteségének szabályozására. Az öltözet alapvető funkciója ugyanis a bőr és a környezet közti hő- és nedvességtranszport gátlása. A *ru-*

ház hőszigetelésének mértékét – I_{cl} általában **ruházati egységekben** [clo] adják meg, melyre a **2.2. táblázat** mutat be néhány példát. 1 clo = 0,155 K/(W/m^2) olyan mértékű szigetelést jelent, amely egy átlagos, egészséges, nyugodtan ülő (1 met aktivitású) személy számára komfortos közérzetet biztosít egy meghatározott paraméterekkel (18-22°C-os környezeti hőmérséklet, 60-70%-os relatív légnedvesség, szélcsend) rendelkező környezetben, s nagyjából egy könnyű utcai öltözet vagy öltöny hőszigetelő képességének felel meg (*WMO 1992, ISO 2005*).

2.2. táblázat Különféle öltözetek hőszigetelő képessége (*FANGER 1972* és *VDI 1998* nyomán)

Ruházat	I_{cl} [K/(W/m^2)]	I_{cl} [clo]
nincs	0	0
rövidnadrág	0,0155	0,1
tipikus trópusi ruházat	0,0465-0,062	0,3-0,4
könnyű nyári ruházat	0,0775-0,093	0,5-0,6
tipikus utcai illetve üzleti öltözék	**0,155**	**1**
tipikus utcai illetve üzleti öltözék pamutkabáttal	0,2325	1,5
vastag ruházat télikabáttal	0,31	2
tipikus sarkvidéki ruházat	0,465-0,62	3-4

Testünk kihűlhet, ha nem fedi kellő hőszigetelést nyújtó ruházat, vagy ezek eloszlása egyenetlen, mert így a testhő könnyen „elszökik” a környezetbe. A túlmelegedés elkerülése kicsit összetettebb probléma. Minthogy a túlzott hő-, illetve nedvességszigeteléssel bíró ruhadarabok gátolják mind az érzékelhető, mind látens hő áramlását, praktikusnak tűnhet, ha kevesebb ruhával fedjük testünket. Ekkor ugyanis megnő a szabad bőrfelületek, s ezzel együtt A_{conv} aránya. Ugyanakkor A_{cond} és A_{rad} felületek mértéke is megemelkedik, amely kellemetlen érzéshez, sőt, akár égési sérülésekhez is vezethet túl meleg felszínnel érintkezve, vagy tűző napon állva. A megoldást az egész testet fedő, ugyanakkor lenge ruházat jelenti, mely az áramlásos hőcsereformákat lehetővé teszi, ugyanakkor védi a bőrt a forró felszínektől és a közvetlen (nap)sugárzástól. Meleg körülmények esetén emellett célszerű a világosabb, tehát a rövidhullámú tartományra nézve jó visszaverőképességű (és alacsony elnyelőképességű) öltözék.

2.2.4 A termikus komfort állapota

A **termikus komfort** állapotának számos meghatározása létezik annak pszichikai, energetikai, és termofiziológiai aspektusai alapján.

Definiálható egyrészt olyan tudatállapotként, amely az egyénnek a termikus környezettel való elégedettséget tükrözi. Ennek feltétele, hogy semleges (neutrális) hőérzetet vált ki belőle a környezet, sem hidegebbre, sem melegebbre nem vágyik (*BÁNHIDI 1976, HÖPPE 2002*).

A humán energiaegyenleg egyensúlyán alapuló megközelítés szerint abban az esetben beszélhetünk termikus komfortról, amennyiben a testben metabolikusan generálódó és a környezetből felvett hőmennyiség összegét (energianyereség) kiegyensúlyozza a környezetbe leadott energia. Hogyha ez az egyensúly felborul, hideg (ΔQ_S negatív), avagy hőség (ΔQ_S pozitív) általi termikus diszkomfort (kellemetlen hőérzet) áll elő (*FANGER 1972, HÖPPE 2002*).

Amennyiben termofiziológiai szempontból nézzük, az energiamérleg egyensúlya valóban szükséges, de nem elegendő feltétele a termikus komfortnak. Az energiaegyenleg

(**2.2.1. fejezet**) tényezői ugyanis úgy is eredményezhetik a test hőtárolásának változatlanságát ($\Delta Q_S=0$), s így a maghőmérséklet állandóságát, hogy mindeközben jelentős megterhelést rónak szervezetre pl. intenzív verejtéktermelésre, vagy épp reszketésre késztetve azt (**2.2.3. fejezet**). Fiziológiai szempontból akkor beszélünk komfortos állapotról, ha a bőrben és a hipotalamuszban elhelyezkedő termo-receptorok ingerületi állapota minimális, így a szervezet homeosztázisának fenntartása a legkisebb mértékű (az automatikus termoregulációs mechanizmusok működtetésére fordítódó) energia-befektetéssel jár (*WMO 1992*, *Höppe 2002*).

Például, egy átlagos, egészséges, nyugodtan ülő (M=1 met) és könnyű ruházatot viselő (I_{cl}=1 clo) személy számára a következő környezeti viszonyok számítanak termofiziológiai szempontból terhelés-mentesnek, s így ezek teremtenek lehetőséget a komfortos állapothoz:

- 18-22°C-os környezeti hőmérséklet ($T_a=T_{mrt}$) ,
- közepes nedvességtartalmú levegő (RH=60-70%; VP=14-16,3 hPa),
- szélcsend (v=0 m/s).

Ilyen körülmények fennállásakor a metabolizmus során megtermelt hőmennyiség olyan arányoknak megfelelően távozik a környezetbe az egyes hőleadási csatornákon keresztül, amely nem jelent megterhelést sem a verejtékmirigyekre, sem pedig a tüdőre nézve (*WMO 1992*):

- 42% sugárzás révén (Q*),
- 26% érzékelhető hőáramlás útján (Q_C),
- 18% a bőrfelszíni párolgásnak köszönhetően (Q_D, Q_{SW}),
- 14% pedig a belélegzett levegő felmelegítésére (2%), illetve annak nedvesítésére (12%) fordítódik (Q_{RE}).

2.3 A TERMIKUS KOMPLEXHEZ KÖTŐDŐ BIOKLIMATOLÓGIAI MÉRŐSZÁMOK

Levegőkörnyezetünk termofiziológiai szempontú értékelése a humán bioklimatológia egyik legtöbb kutatót foglalkoztató problémaköre. Az idők folyamán számos olyan mérőszám (index) született, melyek a légköri környezet által okozott fiziológiai stressz nagyságát (stressz indexek) illetve a komfortérzetre gyakorolt hatását (komfort indexek) hivatottak minél pontosabban visszatükrözni és számszerűsíteni (*WMO 1992, Unger 1995, 1997*). A korábbi tanulmányokban fellelhető ún. **empirikus indexek** csupán egy-egy meteorológiai paramétert, vagy ezek egyszerű kombinációit vették figyelembe (*Ali-Toudert 2005*).

A hideg környezet értékelésére kifejlesztett ún. *„windchill" indexek* az érzékelhető hőáramra fókuszálnak; ezek az alacsony hőmérsékletekkel kombinálódó erős szelek csípősségének hatását számszerűsítik (*Dixon and Prior 1987, Jendritzky et al. 2001*). Észak-Amerikában az időjárás jelentés napi gyakorlatában is alkalmazott képviselőjük a *szélcsípősségi hőmérséklet* (*Wind Chill Temperature*) [°C], mely azt mutatja meg, hogy milyen értékű léghőmérséklet váltana ki ugyanolyan (hideg) hőérzetet szélcsendes viszonyok mellett, mint amilyet az aktuális hőmérséklet–szélsebesség kombináció eredményez.

A meleg termikus viszonyok fennállása esetén alkalmazott indexek – a látens hőáram szignifikáns szerepét hangsúlyozandó – általában a léghőmérséklet és a légnedvesség kombinációjából állnak. Többségük a fent leírttal analóg módon egy olyan léghőmérséklet értékként értelmezhető, amely az aktuális léghőmérséklet–légnedvesség viszonyok által kiváltottal ekvivalens hőérzetet eredményez, illetve a fiziológiai alkalmazkodás ugyan-

azon nehézségeit okozza. Ilyen mérőszámok például a *termohigrometrikus index* (*Thermohygrometric Index*), a *hőstressz index* (*Heat Strain Index*), a *hőség index* (*Heat Index*) [°C], vagy a *fülledtség index* (*Humidex*) [°C] (*Thom 1959, WMO 1992, Unger 1995*).

Az empirikus indexek legnagyobb hátránya, hogy alkalmazásuk nem terjeszthető ki a termikus viszonyok teljes tartományára, ugyanis nem veszik számításba valamennyi releváns meteorológiai paramétert; különösképp a sugárzási komponensek hatását leíró T_{mrt}-t. Nem számolnak továbbá a ruházattal, az emberi aktivitás mértékével, és az olyan személyes adatokkal sem, mint a magasság, a súly, a kor és a nem. Ebből kifolyólag nem képesek testünk termofiziológiai szempontból fontos paramétereinek (pl. SR, T_C, T_{SK}) számszerűsítésére.

Erre a problémára kínálnak megoldást a testfelszín és a környezet közti hőcserefolyamatokat számszerűsítő, **energiaegyenleg alapú modellek**, valamint a belőlük levezethető ún. **racionális indexek**. Ellentétben az egyszerű mérőszámokkal, ezek már alkalmasak a környezet „termofiziológiai szempontból szignifikáns értékelésére". Ez annyit jelent, hogy adott indexértékkel jellemzett környezet mindig ugyanazokat a fiziológiai reakciókat váltja ki, függetlenül attól, hogy az index a felhasznált input meteorológiai paraméterek milyen kombinációjaként adódott (*Höppe 1993a, Jendritzky et al. 2001*).

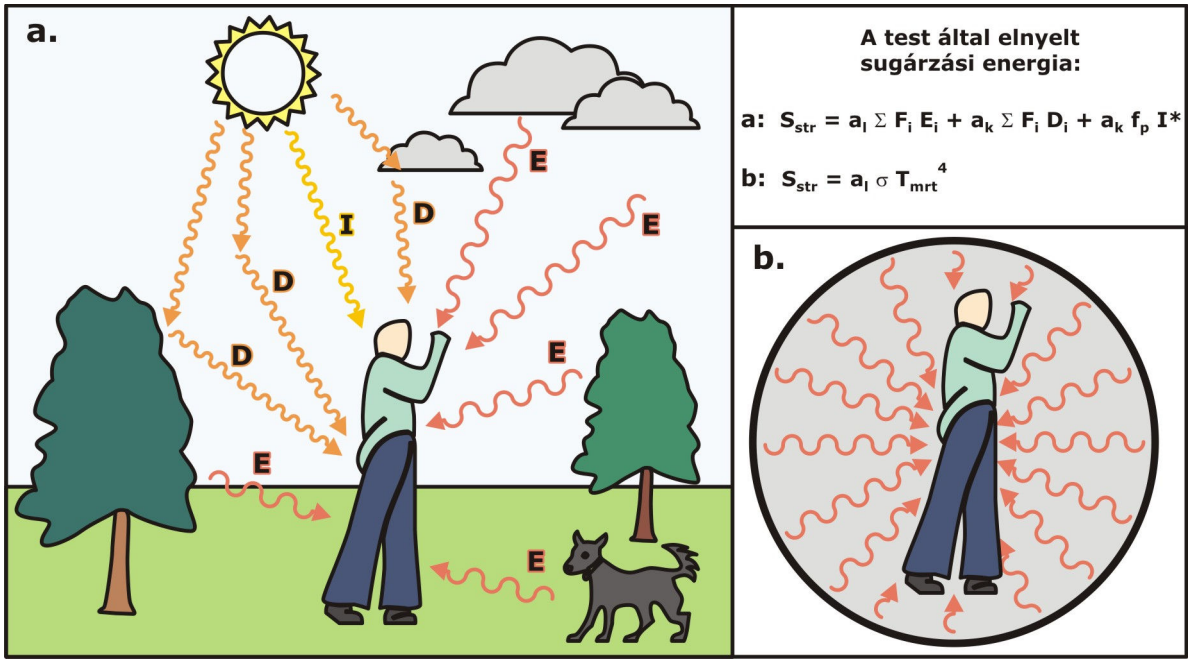
Bár az első – Büttner nevéhez fűződő – publikációk az emberi szervezet energiaegyenlegéről az 1930-as években jelentek meg, mégis majdnem 40 évet kellet rá várni, hogy az energiaegyenleg alapú modellezés széles körben alkalmazott módszerré válhasson a humán bioklimatológia területén (*Höppe 1993a*). A számítástechnika dinamikus fejlődése tette lehetővé a racionális indexek hátterében álló, egyre bonyolultabb, s így egyre nagyobb számításigényű modellek megalkotását. Az első modelleket beltéri környezetre fejlesztették ki, de ezek közül is született néhánynak később szabadtéri körülményekhez igazított változata. A korábbi modelleken az idők folyamán számos módosítást hajtottak végre, hogy minél valósághűebben szimulálják a termofiziológiai folyamatokat (*Höppe 1993a, 1997, Jendritzky 2002*).

A számos modell kimenetéül egy sereg racionális index nyerhető (*Gulyás 2009*), melyek közül – a dolgozat terjedelmi korlátaiból kifolyólag – csupán néhányat áll módomban részletesen bemutatni. A mérőszámok közti válogatás során fontosnak tartottam az olyan tipikus mérőszámok tárgyalását, melyek a termikus hatáskomplex racionális értékelésének időbeli fejlődése során jelentős szemléletbeli újítást hozó mérföldköveknek tekinthetőek. Egy másik fontos kritériumként az indexek nemzetközi (különösen a közép-európai) és a hazai termikus komfortvizsgálatokban való előfordulása szerepelt. Ezek alapján döntöttem a PMV, a SET*, a PET és az UTCI indexek részletes bemutatása mellett.

Meteorológiai input paraméter oldalról tekintve mindegyikük számításba veszi a termikus hatáskomplex mind a négy kulcsparaméterét: a léghőmérsékletet (T_a), a légnedvességet (RH vagy VP), a szélsebességet (v), valamint a hőhatású sugárzási fluxusok összességét. Utóbbiak kiemelkedő jelentőségűek a szabadtéri termikus viszonyok bioklimatológiai vizsgálata során – közepes földrajzi szélességeken a nyári időszak nappali óráiban talán a legfontosabbak. Számszerűsítésük ugyanakkor az összetett felszíngeometriával és változatos anyagi minőségű felületekkel rendelkező városi környezetekben a város-bioklimatológia legproblémásabb területe, ezért az említett indexekkel foglalkozó fejezeteket megelőzi a sugárzási viszonyok számszerűsítésére szolgáló T_{mrt} bemutatása.

2.3.1 T_{mrt} – hőmérsékleti mérőszám a sugárzási viszonyok leírására

Szabadtéri tartózkodás alkalmával – különösen napsütéses körülmények esetén – a sugárzási viszonyok befolyásolják leginkább a test energiaegyenlegét. A többkomponensű, hosszú- és rövidhullámú tényezőket is tartalmazó sugárzási tér hatásainak egy mérőszámban való összegzésére vezették be – a **2.2.2. fejezetben** már megemlített – **átlagos sugárzási hőmérséklet** (**Mean Radiant Temperature**) – $\mathbf{T_{mrt}}$ [°C, K] nevű paramétert. Definíció szerint ez annak a képzeletbeli, feketetestként sugárzó (emisszivitása ε=1) buroknak az egységes hőmérséklete, amely ugyanolyan sugárzási energiabevételt eredményezne a benne lévő emberi testre vonatkozólag, mint annak valóságos környezete (**2.7. ábra**). Az értéke beltérben általában megegyezik a léghőmérséklettel, szabadban viszont akár 30°C-kal is meghaladhatja azt (*VDI 1998*).



2.7. ábra A testet érő sugárzási komponensek, s a belőlük elnyelt energia a valós környezetben (**a**) és a fiktív zárt burokban (**b**)

A T_{mrt} meghatározása szempontjából a következő rövid-, valamint hosszúhullámú sugárzási fluxusok játszanak jelentős szerepet (**2.7. ábra**, **2.3. táblázat**):

- napsugárzás (rövidhullámú sugárzás):
  - a napkorong irányából érkező közvetlen sugárzás (I)
  - a légköri részecskéken szóródott diffúz sugárzás (D)
  - a napsugárzásnak a környező tereptárgyakról verődött része (D)
- a Föld-légkör rendszerre jellemző (hosszúhullámú) sugárzás:
  - a légköri visszasugárzás (E)
  - a környező (élő és élettelen) objektumok hősugárzása (E) (*Höppe 1992, VDI 1998*).

A T_{mrt} elméleti kiszámítása azon alapul, hogy a testet körülvevő teljes környezetet n darab, önmagában egységes hőmérsékletű (izotermális) felszínre osztjuk, beleértve az égbolt látható részét is. Az egyes *felszínek hőmérséklete* – $\mathbf{T_i}$ [K], *emisszivitása* (*kibocsátóképessége*) – $\boldsymbol{\varepsilon_i}$, $\mathbf{F_i}$ pedig a hozzájuk tartozó ún. *láthatósági faktor* vagy *térszögrészesedés* (i=1, …, n). Utóbbi egy olyan súlytényező, amely az adott térrészről eredetileg kiinduló fluxushoz viszonyítja az ebből az emberi testre érkező fluxust. Ennek a paraméternek a jelentősége abban rejlik, hogy a környezettel való sugárzás útján tör-

ténő hőcserét erőteljesen befolyásolja, hogy testünk a környező felszíneket milyen térszög alatt „látja”.

Az említett izotermális felszínek mindegyike (mind a légkör, mind a környező objektumok) egyrészt sugárzást bocsát ki a hosszúhullámú tartományban; másrészt szórja (égbolt), vagy visszaveri (környező tereptárgyak) a rövidhullámú sugárzást. Az *egyes felszínek által kibocsátott hosszúhullámú sugárzás* – $\mathbf{E_i}$ [W/m^2] a Stefan-Boltzmann törvény „nem feketetest-sugárzókra” való kiterjesztése alapján számítható: $E_i=\varepsilon_i\cdot\sigma\cdot T_i^4$, ahol $\boldsymbol{\sigma}$ a *Stefan-Boltzmann állandó* (σ = 5,67·10^{-8} W/m^{2}K^4). A *különböző felszínekről kiinduló szórt, ill. szóródva visszavertnek tekintett rövidhullámú fluxusok* – $\mathbf{D_i}$ meghatározásához az egyes felszínek *albedójának* (rövidhullámú sugárzásra vonatkozó *visszaverőképességének*) ismerete szükséges. Az egyes E_i és D_i energiaáramokat a felszínek irányultságának megfelelő F_i faktorokkal, mint súlytényezőkkel szorozzuk, majd összegezzük, hogy megkapjuk a testet elérő energiamennyiségeket (**2.3. táblázat**, **2.7. ábra**).

2.3. táblázat A testet körülvevő sugárzási tér paraméterei és ezek hozzájárulása az emberi testre vonatkozó sugárzási energianyereséghez

Sugárzási fluxusok		testet érő fluxus	test által elnyelt fluxus
direkt napsugárzás intenzitása a beesésre merőleges felületen	I^*	$f_p\cdot I^*$	$a_k\cdot f_p\cdot I^*$
szórt és a környező felszínekről szóródva visszavert napsugárzás	D_i	$\Sigma F_i\cdot D_i$	$a_k\cdot\Sigma F_i\cdot D_i$
légköri és a környező felszínekről kibocsátott hosszúhullámú sugárzás	E_i	$\Sigma F_i\cdot E_i$	$a_l\cdot\Sigma F_i\cdot E_i$

A sugárzási tér másik jelentős rövidhullámú komponense a nap irányából érkező *direkt sugárzás*, melynek a *beesési felületre merőleges intenzitását* $\mathbf{I^*}$ [W/m^2] jelöli. A hozzá tartozó $\mathbf{f_p}$ súlytényező azt tükrözi, hogy a testfelület mekkora hányadát éri a közvetlen napsugárzás. Ez az ún. *vetületi faktor* egyrészt a beeső napsugárzás irányától (napmagasságtól), másrészt a testhelyzettől (ülő, álló vagy fekvő) függ. A humán bioklimatológia gyakorlatában általában egy forgásszimmetrikusnak tekintett álló, vagy sétáló személyre vonatkoztatják az értékeit (**2.4. táblázat**).

2.4. táblázat Az f_p vetületi faktor értékei forgásszimmetrikusnak tekintett álló (vagy sétáló) emberre különböző napmagasságok esetén (*VDI 1998*)

Napmagasság	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
f_p	0,308	0,304	0,292	0,271	0,237	0,205	0,174	0,140	0,108	0,082

A test az őt érő egyes energiafluxusokat a *rövid-* illetve a *hosszúhullámú sugárzásra vonatkozó abszorbanciájának* (*elnyelőképességének*) – $\mathbf{a_k}$ illetve $\mathbf{a_l}$ függvényében nyeli el, melyek tipikus értékeit az **2.5. táblázat** tartalmazza. A rövidhullámú sugárzásra vonatkozó elnyelőképesség standard értéke kb. 0,7, a hosszúhullámra vonatkozó elnyelőképességé (amely Kirchoff törvényének értelmében megegyezik a *kibocsátóképességgel* – $\boldsymbol{\varepsilon_p}$) pedig 0,97.

2.5. táblázat A különböző sugárzásra vonatkozó elnyelési együtthatók (*Höppe 1992*)

Abszorpciós koefficiens		Emberi bőr	Ruházat	Standard érték
hosszúhullámú sugárzásra	a_l	0,99	0,95	0,97
rövidhullámú sugárzásra	a_k	0,55-0,85	0,4-0,9	0,7

Ezek alapján a valós környezetből érkező és a *test által elnyelt sugárzási energia áramsűrűsége* – $\mathbf{S_{str}}$ [W/m^2]:

$$S_{str} = a_l\cdot\Sigma F_i\cdot E_i + a_k\cdot\Sigma F_i\cdot D_i + a_k\cdot f_p\cdot I^*$$

A T_{mrt} értelmezését segítő alapfeltevés az volt, hogy az emberi test által elnyelt sugárzási energia nagysága a valós környezetben megegyezik azzal, mint amit a képzeletbeli környezetben kap. Ez a fiktív, T_{mrt} [K] hőmérséklettel rendelkező, feketetestként sugárzó burok $\sigma \cdot T_{mrt}^4$-nek megfelelő energiát bocsát ki, melyből a benne tartózkodó emberi test a következő energiamennyiséget nyeli el:

$$S_{str} = a_l \cdot \sigma \cdot T_{mrt}^4 = \varepsilon_p \cdot \sigma \cdot T_{mrt}^4$$

Az egyenletet T_{mrt}-re rendezve és S_{str} valós környezetben számolt értékét behelyettesítve ebbe a képletbe könnyen levezethető a T_{mrt} témakörével foglalkozó irodalomban (pl. *VDI 1998, Matzarakis et al. 2007a, 2010a*) használatos formula:

$$T_{mrt} = \sqrt[4]{\frac{S_{Str}}{\varepsilon_p \cdot \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{\sum_{i=1}^{n} F_i \cdot a_l \cdot E_i}{\varepsilon_p \cdot \sigma} + \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i \cdot a_k \cdot D_i}{\varepsilon_p \cdot \sigma} + \frac{f_p \cdot a_k \cdot I^*}{\varepsilon_p \cdot \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{1}{\sigma} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(E_i + \frac{a_k \cdot D_i}{\varepsilon_p} \right) \cdot F_i + \frac{f_p \cdot a_k \cdot I^*}{\varepsilon_p \cdot \sigma}}$$

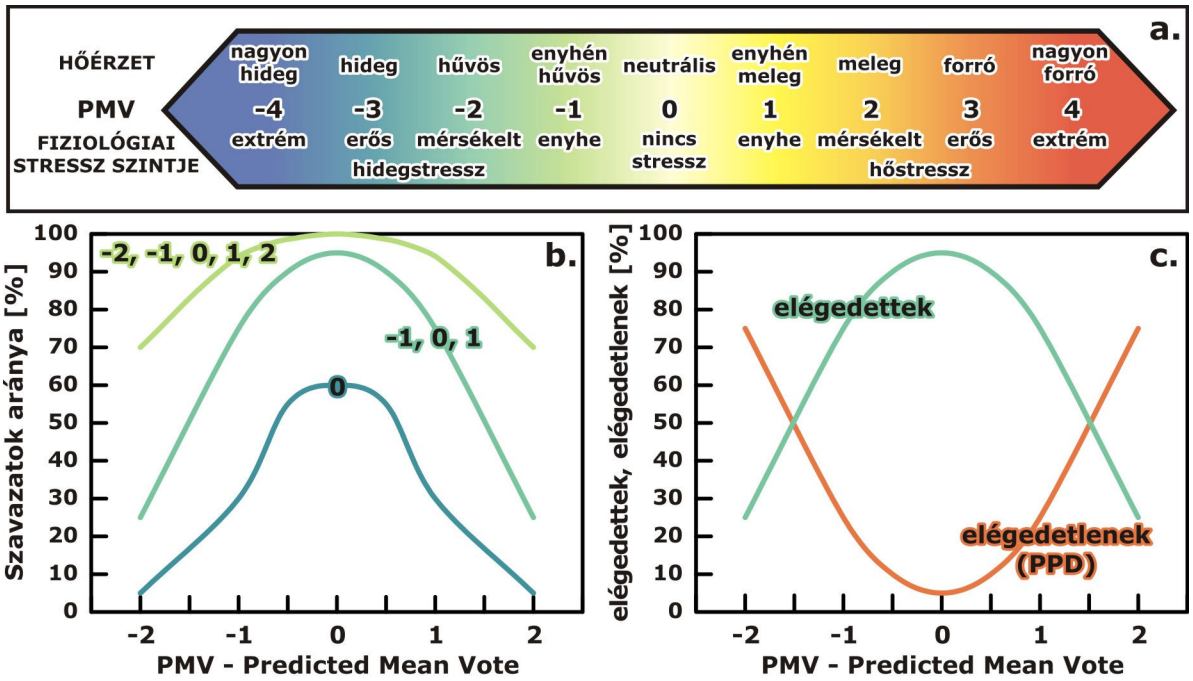
2.3.2 PMV – a „hőérzet várható értéke”

Az emberi szervezet energiaegyenlegén alapuló modellek igazi úttörőjének a dán származású **Fanger** tekinthető, aki beltéri körülmények esetén alkalmazható **komfort-egyenletének** levezetéséhez több száz alany közreműködésével elvégzett klíma-kamra kísérletek eredményeit használta fel (*Fanger 1972*). A klíma-kamra olyan zárt helyiség, melyben tetszőlegesen változtathatók a klímaparaméterek értékei. A vizsgálatsorozat egyes kísérleteit változatlan termikus környezetnek való hosszúidejű kitettség, valamint konstans aktivitás és ruházat mellett végezték, tehát a levezetett egyenlet a steady-state modellek csoportjába tartozik (*Höppe 1993a, Bánhidi et al. 2008*). (Az ún. steady-state (vagy statikus) modellek azzal az alapfeltevéssel élnek, hogy a vizsgálati személy hőleadása egyensúlyt tart a szervezetben termelt és az oda érkezett energiaösszeggel, így a test érzékelhető hőtárolását változatlannak tekintik – $\Delta Q_S=0$).

A komfort-egyenletből levezetett mérőszám az 1990-es évek (és részben napjaink) egyik legszélesebb körben alkalmazott indexe. Célja annak számszerűsítése, hogy az emberek egy nagyobb csoportja átlagosan milyen értéket választana hőérzetének jellemzésére egy standard skálán egy adott termikus változókkal – léghőmérséklet (T_a), testfelszínhez viszonyított relatív szélsebesség (v), légnedvesség (VP), átlagos sugárzási hőmérséklet (T_{mrt}) – jellemezhető beltéri környezetben, adott aktivitás (M) és ruházat (I_{cl}) esetén (*Fanger 1972, Mayer 1993a, Mayer and Matzarakis 1998, Hamdi et al. 1999*). Az index értéke egy eredetileg 7-pontos, hidegtől forróig (-3-tól +3-ig) terjedő hőérzetskálán megmutatja, hogy az adott beltéri klíma mennyire megfelelő az ott tartózkodók számára, ebből kifolyólag kapta a „**hőérzeti szavazatok várható értéke**” (**Predicted Mean Vote**) **– PMV** nevet. A 0 PMV érték felel meg a neutrális hőérzethez köthető komfortos termikus viszonyoknak, az ettől eltérő értékek fokozódó hideg, illetve meleg általi diszkomfortot jelentenek (**2.8.a ábra**).

Fanger munkájának átvételével az Amerikai Épületgépész Mérnökök Egyesülete (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – ASHRAE) által kiadott 55-ös szabvány, valamint a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (International Organization for Standardization – ISO) által kiadott 7730-as szabvány egy olyan komfort / diszkomfort szintet kifejező hőérzet indexet szolgáltatott a beltéri, mérsékelt termikus környezetek értékelésére, mely a termoregulációnkat befolyásoló 6 legfontosabb paramétert (T_a, VP, v, T_{mrt}, M, I_{cl}) számításba veszi (*ASHRAE 2003, ISO 2005*).

Természetesen 100%-os bizonyossággal nem állítható, hogy egy adott PMV értékkel jellemezhető környezet mindenkiből ugyanazt hőérzetet váltja ki, de statisztikailag kimutatható, hogy miként változik az emberek hőérzet-szavazatainak aránya a PMV függvényében (2.8.b ábra). Például, PMV=0 esetén nem érzi ugyan mindenki kellemesen magát, de mindazok aránya, akik túl melegnek, vagy túl hűvösnek tartják a környezetet (vagyis nem -1, 0, vagy 1-es hőérzet-szavazatot adnak) egy adott populációra nézve csupán 5% körüli (2.8.c ábra). Ezt az arányt nevezik a szakirodalomban a termikus viszonyokkal kapcsolatos „**várható elégedetlenségi aránynak**" (**Predicted Percentage of Dissatisfied**) – **PPD** [%] (*Fanger 1972*). Az ASHRAE és az ISO ajánlása szerint a 0 PMV érték felel meg komfortos beltéri klímának, átlagosan 0,5-es toleranciatartománnyal (*Hamdi et al. 1999, Olesen and Parsons 2002, ASHRAE 2003, ISO 2005*).



2.8. ábra A PMV értékek értelmezését segítő (kibővített) hőérzet skála a hozzá köthető fiziológiai terhelési szintekkel (**a**) valamint az egyes hőérzet-szavazatok (**b**) illetve a termikus viszonyokkal való elégedetlenség (**c**) arányainak alakulása a PMV függvényében (*VDI 1998* és *ISO 2005* nyomán)

Fanger eredeti komfort-egyenlete az 1970-es évek óta számos módosításon és továbbfejlesztésen esett keresztül. A Német Meteorológiai Szolgálat (Deutscher Wetterdienst) által ma is alkalmazott „**Klima-Michel**"**-modell** (**KMM**) a szabadtéri viszonyok értékelése érdekében az eredeti komfort-egyenlet mellett tartalmaz egy sugárzási modult, amely magában foglalja a hosszú- és a rövidhullámú sugárzás paraméteres leírását is (*Jendritzky et al 1979*). A KMM modellre alapozott PMV elméletileg alkalmazható a különféle kültéri (pl. városi) környezetek termikus viszonyainak értékelésére. Mivel az index szabadtéri felhasználása során több ízben is az eredeti 7-fokozatú skála határain túllépő értékeket tapasztaltak, ezért szükségessé vált annak kibővítése egy-egy „szélsőséges" (nagyon hideg illetve nagyon meleg) kategóriával (2.8.a ábra).

A 2000-es évek elején azonban több – szubjektív módszereket is alkalmazó – termikus komfort vizsgálat kimutatta, hogy a PMV index nem felel meg a rendkívül változatos és változékony szabadtéri termikus viszonyok, illetve a szabadban kialakuló hőérzet és a hozzá köthető termikus komfortérzet jellemzésére (pl. *Nikolopoulou et al. 2001, Höppe 2002, Thorsson et al. 2004*). Ennek hátterében elsősorban az áll, hogy bár Fanger komfort-modellje a maga nemében forradalminak tekinthető, mégsem alkalmas az energiaegyenleg egyes

hőáramainak és a testet jellemző fiziológiai paraméterek valós értékeinek kiszámítására, ugyanis azzal a feltételezéssel él, hogy a verejtékprodukciós ráta (SR) és a bőrhőmérséklet (T_{SK}) az adott klimatikus viszonyoktól független, csupán a metabolikus aktivitás függvényeként előálló komfortos értékek. Ez, továbbá a modell steady-state jellege olyan átlagos, komfortoshoz közeli beltéri környezetek értékelésére teszi csupán alkalmassá az indexet, amelyben nem várható a termikus viszonyok és a személyes tényezők hirtelen, nagymértékű megváltozása.

Ezzel összefüggésben a 7730-as ISO szabvány az egyes bemeneti paraméterek következő értéktartományai mellett ajánlja a PMV alkalmazását (*ISO 2005*):

- M: 0,8 – 4 met (46 – 232 W/m^2)
- I_{cl}: 0 – 2 clo (0 – 0,31 K/(W/m^2))
- T_a: 10 – 30°C
- T_{mrt}: 10 – 40°C
- v: 0 – 1 m/s
- VP: 0 – 27 hPa

A szabadtéri adoptálás ellenére tehát a PMV elsősorban a zárt terek klimatikus méretezésének mérőszáma maradt, míg a bioklimatológia szabadtéri alkalmazási területein (pl. időjárás előrejelzések, hőérzet térképek) célravezetőbb más jellegű indexek alkalmazása.

2.3.3 Az „ekvivalens hőmérséklet" típusú indexek

Az emberi szervezet termikus környezetre adott reakcióit hitelesen leíró mérőszámok hátterében olyan modellek állnak, melyek:

- tükrözik a bőrfelszín és a környezet közti hőcserefolyamatokat (**2.2.1. fejezet**)
- figyelembe veszik az olyan alapvető hőszabályozási mechanizmusokat, mint a verejtékezés, a vazomotorikus folyamatok és a reszketés (**2.2.3. fejezet**)
- magukban foglalják a testfelszín két jellemző paraméterének – vagyis az átlagos bőrhőmérséklet (T_{SK}) és a verejtékezés okozta bőrnedvességi arány (w_{SK}) – hatását a „hideg-meleg", illetve a „komfort–diszkomfort" érzetre.

Az ilyen energiaegyenleg modellek a szervezetet általában két koncentrikus hengerre egyszerűsítik: a belső a védendő hőmérsékletű testmagot, a külső pedig a pufferzónaként szolgáló köpenyt szimbolizálja. Mivel e két szegmens (leegyszerűsítve) egy-egy csomópontnak felelnek meg a modellezési folyamatban, a szakirodalom „**kétcsomópontos**" („**two node**") **modellként** említi ezeket a modelleket (*Gagge et al. 1971, 1986, Höppe 1984, 1993a*). A bennük foglalt egyenletek rendszere lehetővé teszi valamennyi releváns energiamennyiség (Q, Q_C, Q_D, Q_{SW}, Q_{RE}) és testhőmérséklet (T_C,T_{SK}) reális értékeinek kiszámítását, amennyiben rendelkezésre áll a 4 meteorológiai kulcsparaméter (T_a, VP, v, T_{mrt}), a ruházat hőszigetelő képessége (I_{cl}), továbbá a metabolikus hőtermelés (M) kiszámításához szükséges személyes tényezők: a kor, a nem, a testsúly, a magasság, és az aktivitás általi hőtermelés (*Mayer and Höppe 1987, Höppe 1993a*).

A modell eredményeire igényt tartó felhasználók (városklimatológusok, mérnökök, döntéshozók) azonban általában kevés ismerettel rendelkeznek a termofiziológia területén, így számukra nem elég informatívak az olyan paraméterek, mint pl. a bőrhőmérséklet, a verejtékprodukciós ráta, vagy a verejtékezés okozta bőrnedvességi arány. Az eredmények gyakorlati felhasználhatósága szempontjából ezért kedvezőbb, ha a humán bioklimatológiai értékelés olyan mérőszámokkal történik, melyek könnyen összevethető-

ek a személyes tapasztalatokkal (*Mayer and Höppe 1987*). Erre kínál alternatívát a különböző „**ekvivalens hőmérséklet**" **típusú indexek** igen népes tábora.

Az alapötlet a következő: vonatkoztassuk az aktuális termikus környezetet egy több paraméterében standardizált fiktív környezetre, melyben ugyanaz a termikus terhelés érné a szervezetet (illetve ott ugyanolyan hőérzet alakulna ki), mint a valóságos esetben. Az index ekkor ennek a képzeletbeli környezetnek a léghőmérsékleteként értelmezhető. A különféle ekvivalens hőmérséklet típusú mérőszámok alapvetően a fiktív referenciakörnyezetet jellemző tényezők (légmozgás, légnedvesség) és a benne tartózkodó személyre vonatkozó paraméterek (aktivitás, ruházat) értékeiben különböznek. Egy standard paraméterükben azonban megegyeznek: nem számolnak sugárzás általi többlet hőterheléssel, vagyis az átlagos sugárzási hőmérsékletet mindegyikük egyenlőnek feltételezi a léghőmérséklettel ($T_{mrt}=T_a$), amely egyben az index értékét is megadja.

ET*, SET*, OUT_SET* – az effektív hőmérséklet „leszármazottai"

Az első ilyen – 2-csomópontos modellen alapuló – ekvivalens hőmérséklet típusú index a beltéri használatra kifejlesztett ET*, amely egy korábbi empirikus mérőszám, az *effektív hőmérséklet* (*Effective Temperature*; *Houghton and Yaglou 1923*) „felújított", „racionalizált" változatának tekinthető. A **Gagge-féle 2-csomópontos modell** (*Gagge et al. 1971, 1986*) eredményéül nyerhető **új effektív hőmérséklet** (**New Effective Temperature**) – **ET*** [°C] egy olyan fiktív beltéri környezet léghőmérsékletét jelenti, melyben $T_{mrt}=T_a$, RH=50%, a v pedig az aktuális (beltéri környezetre jellemző alacsony) értéknek felel meg. A vizsgálatok alanyául szolgáló személyre igaz, hogy ugyanolyan *bőrfelszíni nettó hőveszteségе* – Q_{SK}, továbbá *bőrnedvességi aránya* – w_{SK} alakul ki ebben a referenciakörnyezetben tartózkodva, mint amelyet a termikus körülményeket leíró 6 fő paraméter (T_a, T_{mrt}, VP, v, M, I_{cl}) aktuális értékei eredményeznek a valós környezetben (**2.1. MELLÉKLET**). Az index könnyű ruházat és enyhe aktivitásszint (alacsony I_{cl} és M értékek) esetén alkalmazható sikerrel (*Spagnolo and de Dear 2003a, 2003b*).

Minthogy az adott T_a, T_{mrt}, VP és v kombináció eredményéül kapott ET* más és más lehet vizsgálati személyenként (vagyis különböző M és I_{cl} értékek esetén), ez az index kiválóan alkalmazható olyan esetekben, mikor különböző vizsgálati alanyok személyes reakcióit tanulmányozzuk a termikus viszonyok függvényében. Ugyanezen okból kifolyólag azonban az ET* alkalmazása a „termikus viszonyok objektív mérőszámaként" (pl. hőstressz-térképek készítése a városklimatológia számára) nehézségekbe ütközik, hisz a kapott érték nem általánosítható mindenkire. Továbbfejlesztett változatai, vagyis a (beltéri) **standard effektív hőmérséklet** (**Standard Effective Temperature**) – **SET*** [°C], valamint a szabadtéri használatra is alkalmas **szabadtéri standard effektív hőmérséklet** (**Outdoor Standard Effective Temperature**) – **OUT_SET*** [°C] úgy oldják fel ezt a problémát, hogy a referenciakörnyezet tényezőin túl lestandardizálják az emberre jellemző paramétereket is. Teszik ezt oly módon, hogy a fiktív alany ruházatát az aktivitáshoz igazítják: $I_{cl}=f(M)$. A referenciakörnyezetre vonatkozó szélsebesség kevesebb, mint 0,15 m/s, vagyis tipikus beltéri értéket reprezentál (*Pickup and de Dear, 2000, de Dear and Pickup 2000, Spagnolo and de Dear 2003a;* **2.1. MELLÉKLET**).

PET – fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet

A **fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet** (**Physiologically Equivalent Temperature**) **– PET** [°C] index a gyakorlati felhasználást tekintve az egyik legnépsze-

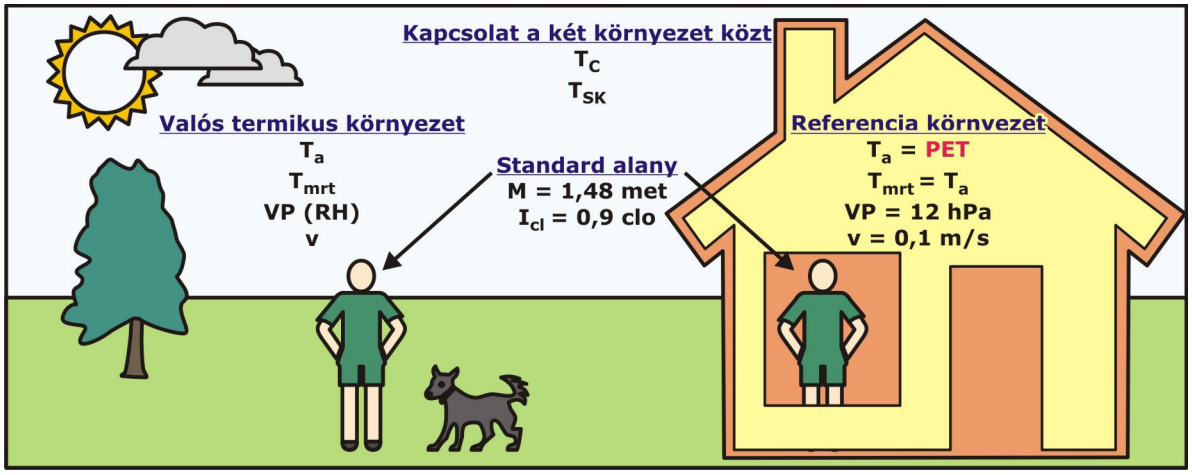
rűbb ekvivalens hőmérséklet típusú mérőszám, mely **Höppe 2-csomópontos** modelljéhez köthető. A **Munich Energy-balance Model for Individuals (MEMI**; *Höppe 1984*) nevet viselő stacionárius modellel, vagy ennek dinamikus változatával (**Instationary Munich Energy-Balance Model – IMEM**; *Höppe 1985*) számítható. Az indexet kifejezetten szabadtéri alkalmazásra fejlesztették ki, ugyanakkor tipikus beltéri körülményeket tükröző referenciaértékek tartoznak hozzá:

- $T_{mrt}=T_a$
- v=0,1 m/s (alig van légmozgás)
- VP=12 hPa (ami T_a=20°C esetén RH=50%-ot jelent).

Az értékelés egy ugyancsak „standardizált" fiktív személyre vonatkozik:

- 35 éves, 1,8 m magas, 75 kg-os férfi (testfelülete 1,95 m^2, alap-metabolizmusa 85 W)
- irodai munkának megfelelő értékkel (80 W) növeli metabolikus rátáját, így belső hőtermelése összesen M=165 W (ami testfelület-egységre vonatkoztatva 85 W/m^2-nek, vagyis 1,48 met-nek felel meg)
- vékony öltönynek megfelelő ruhát visel (I_{cl}=0,9 clo).

Ez esetben a PET azon léghőmérsékletként értelmezendő, melynél a feltételezett beltéri környezetben adódó hőcserefolyamatok a kültéri viszonyokkal ekvivalens fiziológiai válaszokat (vérerek összehúzódása / elernyedése, verejtékezés, reszketés) váltanak ki a szervezetből. Ez a testet jellemző paraméterek szintjén azt jelenti, hogy a standard alanynak ugyanaz lenne bőrhőmérséklete (T_{SK}) és a maghőmérséklete (T_C), mint az aktuális kültéri állapotok mellett (*Mayer and Höppe 1987, Höppe 1999;* **2.9. ábra; 2.1. MELLÉKLET**).



2.9. ábra A valós termikus környezet leírására szolgáló PET index értelmezése egy tipikus beltéri környezet léghőmérsékleteként

2.6. táblázat Néhány tipikus környezet PET értéke (*Höppe 1999*)

Szituáció	T_a [°C]	T_{mrt} [°C]	v [m/s]	VP [hPa]	PET [°C]
Nyár, napos utcaoldal	30	60	1	21	43
Nyár, árnyékos utcaoldal	30	30	1	21	29
Tipikus beltéri környezet	**21**	**21**	**0,1**	**12**	**21**
Tél, napos utcaoldal	-5	40	0,5	2	10
Tél, árnyékos és szeles utcaoldal	-5	-5	5	2	-13

A meteorológiai paraméterek különféle tipikus kombinációinak összhatásaként eredményezett PET értékekre a **2.6. táblázat** szolgál példákkal. A definíció szerint, valamint az általános termofiziológiai tapasztalatok alapján, a 20°C körüli PET értékek felelnek meg a komfortos állapotnak. Az ennél nagyobb értékek egyre magasabb szintű hőstresszt, míg

az alacsonyabbak hideg (lehűlés) okozta terhelést jeleznek (*Mayer and Höppe 1987, Höppe 1999*). Összehasonlításképpen a **2.7. táblázat** megmutatja, hogy mely PET értékek feleltethetőek meg a korábban megismert PMV index hőérzetre és termikus stressz-szintre vonatkozó határértékeinek (a PET index standard alanyával számolva: I_{cl}=0,9 clo és M=1,48 met; *Matzarakis and Mayer 1996*).

2.7. táblázat A PET és a PT indexek PMV-nek megfeleltetett értéktartományai az emberi hőérzet és a fiziológiai stressz mértéke alapján. PET esetén: M=1,48 met és I_{cl}=0,9 clo (*Matzarakis and Mayer 1996*); PT esetén M=2,3 met és I_{cl} = 0,5-1,75 clo (*Jendritzky et al. 2000*)

PET [°C]	PT [°C]	PMV	Hőérzet	Fiziológiai stressz
41 <	38 <	3,5 <	nagyon forró	extrém hőstressz
35 → 41	32 → 38	2,5 → 3,5	forró	erős hőstressz
29 → 35	26 → 32	1,5 → 2,5	meleg	mérsékelt hőstressz
23 → 29	20 → 26	0,5 → 1,5	enyhén meleg	enyhe hőstressz
18 → 23	**0 → 20**	**-0,5 → 0,5**	**neutrális**	**nincs termikus stressz**
13 → 18	-13 → 0	-1,5 → -0,5	enyhén hűvös	enyhe hidegstressz
8 → 13	-26 → -13	-2,5 → -1,5	hűvös	mérsékelt hidegstressz
4 → 8	-39 → -26	-3,5 → -2,5	hideg	erős hidegstressz
< 4	< -39	< - 3,5	nagyon hideg	extrém hidegstressz

Összehasonlítva a PMV-vel – amely egy elvont mérőszám – a PET (és a többi ekvivalens hőmérséklet típusú index) értékeinek értelmezése jóval egyszerűbb, hiszen a kapott hőmérséklet érték könnyűszerrel összevethető a személyes tapasztalatokkal. Például PET=30°C esetén bárki el tudja képzelni, hogyan érezné magát egy 30°C-os léghőmérsékletű szobában (*Mayer and Höppe 1987, Matzarakis et al. 1999*). Mivel a standard alanyra vonatkoztatott mérőszámok (pl. SET*, PET) konstans clo és met értékekkel dolgoznak, az indexértékek változásaiért egyértelműen a termikus viszonyok felelősek. Éppen ezért rendkívül alkalmasak ún. hőérzet-térképek készítésére (*Matzarakis et al. 2010b*). Ugyanakkor az indexek szabadtéri felhasználása során felmerül, hogy a valóságban az emberek a terhelés elkerülése érdekében viselkedésükkel alkalmazkodnak a termikus viszonyokhoz. Ennek a legszembetűnőbb példája a ruházat változtatása (*Jendritzky et al. 2000, 2001*). E megfontolás szolgál alapjául azon ekvivalens hőmérséklet típusú indexeknek, melyekben a standard alanyhoz rendelt ruházat (I_{cl}) nincs állandó értéken tartva.

PT – érzethőmérséklet

A **KMM** modellen alapuló **érzethőmérséklet** (**Perceived Temperature**) – **PT** [°C] nevű index egy olyan referencia környezet léghőmérséklete, melyre a következő meteorológiai paraméterek érvényesek: $T_{mrt}=T_a$, a légmozgás gyenge, a légnedvesség pedig megegyezik az aktuális környezetre jellemző értékkel; és amelyben ugyanaz a hőérzet (ugyanaz a PMV) várható, mint a valós helyzetben (**2.1. MELLÉKLET;** *Jendritzky et al. 2000, Staiger et al. 2012*). A PT értékek PMV-nek való megfeleltetéséhez (**2.7. táblázat**) a szimulációkat egy 35 éves, 1,75 m magas, 75 kg-os, képzeletbeli férfire, „Klima-Michel”-re végezték (alap-metabolizmusa 84 W, testfelülete 1,91 m^2). Klima-Michel aktivitása (4 km/h sebességű séta) révén 174 W-tal növeli metabolikus rátáját, így összességében 135 W/m^2-nek (M=2,3 met) felel meg belső hőtermelése; ruházatát pedig a környezetnek megfelelően változtathatja nyári és téli ruha közt (I_{cl}=0,5-1,75 clo). Ezek alapján a PT referencia-körülményei sokkal inkább tekinthetők kültérinek, szemben az előző indexekével (**2.1. MELLÉKLET**). Az eredményül kapott, hőérzet- és stressz-szinteknek megfelelő PT-tartományokról a **2.7. táblázat** nyújt áttekintést.

2.3.4 UTCI – az „univerzális termikus klíma index”

Az eddig bemutatott indexek csupán a jéghegy csúcsának tekinthetőek a XX. sz. utolsó 3-4 évtizedében kifejlesztett humán bioklimatológiai mérőszámok tengerében. Mindazonáltal egyikük sem teljesíti maradéktalanul azt az indexekkel szemben támasztott követelményt, hogy minden egyes értékhez egyedi termofiziológiai hatás tartozik, függetlenül attól, hogy az a kezdőparaméterek milyen kombinációjaként adódott. A másik probléma a nemzetközi tanulmányok eredményeinek összevethetősége körül kristályosodott ki: az eltérő értékelési módszerek alkalmazása révén a különböző vizsgálatok eredményei nem hasonlíthatóak össze, s ez mind tudományos, mind gyakorlati oldalról nézve nehézségeket okoz (*Jendritzky et al. 2001, 2010, Németh 2009*).

E két fontos ok miatt a Nemzetközi Biometeorológiai Társaság (ISB) a 2000-es évek elején úgy döntött, indítványozza egy új, az eddigieket kiváltó (szabadtéri) termikus bioklíma index létrehozását, mely „univerzálisan” alkalmazható a humán bioklimatológia olyan (mindennapi, valamint speciális) területein (*UTCI 2012*), mint például:

- időjárás jelentések
- figyelmeztetés a várható, termikusan terhelő körülményekre (hőség illetve hidegriadó)
- tanácsadás az adott termikus feltételeknek leginkább megfelelő tevékenységgel és ruházattal kapcsolatban
- bioklimatikus térképek készítése bármely léptékben
- javaslattétel várostervezéshez, fejlesztéshez, s különböző városi struktúrák kialakításához
- lakhelytanácsadás (bizonyos érzékeny csoportok, pl. idősek számára)
- környezetegészségügyi–epidemiológiai tanulmányok (levegőkörnyezetünk termikus hatáskomplexével összefüggő mortalitás illetve megbetegedések vizsgálata)
- klimatikus hatástanulmányok (egy lehetséges klímaváltozás hatásainak értékelése).

Ennek az **univerzális termikus klímaindexnek** (**Universal Thermal Climate Index**) – **UTCI** [°C] a kifejlesztésére az ISB külön albizottságot hozott létre a humán bioklimatológia legnevesebb nemzetközi képviselőiből (Commission on UTCI ISB Commission 6), mely a következő követelményrendszert állította fel:

- az index levezetéséhez szükséges szimulációk a legmodernebb több-csomópontos modellekből származzanak, melyek
  - termofiziológiai szempontból szignifikáns módon lefedik a hőcserefolyamatok teljes tartományát (meleg és hideg termikus környezet esetén is alkalmazhatók) és számításba veszik valamennyi fontos termoregulációs folyamatot
  - alkalmas mind a teljes testre, mind pedig annak egyes részeire vonatkozó fiziológiai változások előrejelzésére (előbbire példa a hipo- és hipertermia, vagy a hőség és hideg által előidézett diszkomfort, míg utóbbira példa az arc, a kezek vagy a lábak lehűlése, elfagyása)
- hőmérséklet-skálájú index legyen, mely egy olyan referenciakörnyezet hőmérsékleteként értelmezhető, mely az aktuális környezetben tapasztalhatóval ekvivalens termikus stresszhatást jelent (*Németh 2009, UTCI 2012*).

A széleskörű felhasználhatóságot elősegítendő szükségszerű, hogy az index független legyen a személyes paraméterektől, vagyis egyfajta standard alanyra kell vonatkoznia. Ugyanakkor az is fontos, hogy tükrözze az átlagos városi népesség termikus szituációkhoz kötődő ruházkodási szokásait. Az értékelés alapjául szolgáló fiktív egyénnek a PT in-

dexnél bemutatott paraméterekkel rendelkező alanyt választották (1,75 m, 75 kg, 35 éves férfi), aki 4 km/h-ás sebességgel sétál sík terepen, s összességében M=2,3 met a belső hőtermelése. A PT-hez viszonyított fő különbség abban áll, hogy ez az alany a léghőmérséklettől (nem lineárisan) függő mértékben változtatja ruházatát úgy, hogy annak hőszigetelő képessége végül I_{cl}: 0,4 és 3 clo közötti tartományban mozoghat.

A projekthez szükséges termofiziológiai háttérként **Fiala** dinamikus, **több-csomópontos** (**„multi node”**) **humán fiziológia modelljét** választották, mely a szervezetet két, egymással kölcsönhatásban álló termoregulációs alrendszerre osztja: az irányító aktív, és a kontrollált passzív rendszerre. Utóbbiban minden modell-szegmenshez (testrészhez) külön termofizikai és termofiziológiai sajátosságokat rendel, s e szegmenseken belül több modellezési csomópontot is elkülönít. A szervezet belsejében és felszínén végbemenő hőszállítási folyamatok szimulálásánál figyelembe veszi a különböző testrészek anatómiai, termikus és fiziológiai sajátosságait. Továbbá, a különböző testrészek hőveszteségét a test felszínén jelentkező hőmérsékletek és termoregulációs reakciók inhomogenitását számításba véve modellezi. Az egész testre vonatkozó termofiziológiai jellemzők előrejelzésén túl képes kiszámítani olyan lokális jellemzőket is, mint pl. az egyes testrészek bőrhőmérséklete (*Huizenga et al. 2001, Jendritzky et al. 2002*).

Az UTCI-számítás hátteréként tehát ezt a modellt fejlesztették tovább oly módon, hogy az 12 szegmensen belül összesen 187 csomóponttal rendelkezik (*Błażejczyk et al. 2011, Fiala et al. 2011*). Következő lépésként pedig egy adaptív ruházati modellt integráltak (*Havenith et al. 2011*), mely figyelembe veszi:

- az átlagos városi populáció ruházatának (szigetelőképességben kifejezett) megváltozását az aktuális léghőmérséklethez való viselkedési alkalmazkodás eredményeként
- a ruházat inhomogén eloszlását, s az ebből adódó, testrészenként eltérő hő- és nedvességszigetelés mértékét
- az öltözék szigetelőképességének a szélsebesség, illetve a viselő mozgása által indukált csökkenését.

Ekvivalens hőmérsékletként az UTCI egy olyan fiktív referencia-környezet hőmérsékleteként értelmezhető, amelyben (*Bröde et al. 2011, Błażejczyk et al. 2011*):

- az átlagos radiációs hőmérséklet megegyezik a léghőmérséklettel (T_a=T_{mrt})
- a szél enyhe (10 m-en mérve 0,5 m/s, ami az emberi test tömegközéppontjának magasságára redukálva kb. 0,3 m/s-nak felel meg)
- a légnedvesség pedig a következőképp alakul: T_a<29°C esetén a relatív nedvesség (RH=50%), míg 29°C fölött a gőznyomás (VP=20 hPa) vesz fel konstans értéket.

Ellentétben a korábbi indexeknél látottakkal, a valós és a referenciakörnyezet között kapcsolatot teremtő modellezett élettani válaszok ez esetben dinamikusak és több tényezőt is érintenek (**2.1. MELLÉKLET**). A szervezet multi-dimenziós válasza magában foglalja a maghőmérséklet (T_C), az átlagos bőrhőmérséklet (T_{SK}), az arcon mért bőrhőmérséklet ($T_{SK\text{-}face}$), a verejtékezési ráta (SR), a bőrnedvességi arány (w_{SK}), a reszketés által termelt hő (M_{SHIV}), valamint a bőrfelszíni vérellátás ($v_{b\text{-}SK}$) két-két értékét, melyek az adott környezeti paramétereknek való kitettség 30. és 120. percére vonatkoznak. E kétszer 7 értékből számított 1-dimenziós terhelés-indexszel jellemezhető mind a valós, mind pedig a referenciakörnyezet által előidézett stressz mértéke.

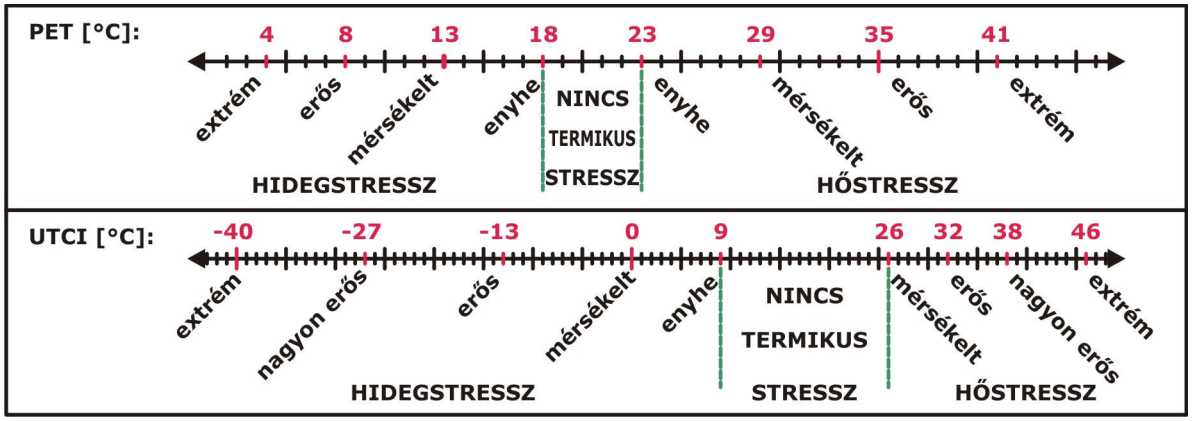
Az UTCI-hoz kapcsolódó értékelési skála 10 különböző stressz-kategóriát tartalmaz, melyek határai a modellből nyert szimultán fiziológiai válaszok alapján kerültek megálla-

pításra (**2.8. táblázat**). Az eddig megismert ekvivalens hőmérséklet típusú indexekkel ellentétben az UTCI nem tartalmazza az enyhe hőstressz kategóriáját, azonban beiktat egy-egy plusz tartományt az erős és az extrém termikus stressz-szintek közé – mind a skála hideg, mind pedig a meleg vége esetén (vö. **2.7. táblázattal**).

2.8. táblázat Az UTCI ekvivalens hőmérséklet egyes értéktartományaihoz rendelhető stresszkategóriák (*Bröde et al. 2011, UTCI 2012*)

UTCI [°C]	Fiziológiai stressz
46 <	extrém hőstressz
38 → 46	nagyon erős hőstressz
32 → 38	erős hőstressz
26 → 32	mérsékelt hőstressz
9 → 26	**nincs termikus stressz**
0 → 9	enyhe hidegstressz
-13 → 0	mérsékelt hidegstressz
-27 → -13	erős hidegstressz
-40 → -27	nagyon erős hidegstressz
< -40	extrém hidegstressz

A **2.10. ábrára** tekintve szembetűnő, hogy az UTCI értékei mintegy kétszer akkora skálán értelmezhetőek, mint a PET értékei. Ennek hátterében egyrészt a választott referenciakörnyezet (PET – beltéri, UTCI – kültéri), másrészt a standard alany „alkalmazkodóképessége" (PET – konstans ruházat, UTCI – változtatható ruházat) áll.



2.10. ábra A PET és az UTCI indexeken alapuló termikus stressz skálák összevetése

2.4 A bioklíma-indexek fő felhasználási területei

A **2.3. fejezetben** bemutatott indexek elméleti és gyakorlati felhasználására számtalan példa található a szakma nemzetközi irodalmában, s jó pár hazai tanulmány is született már a szerteágazó humán bioklimatológiai értékelések bizonyos részterületein. A következő bekezdésekben ezekről igyekszem rövid áttekintést nyújtani.

Mindennapi élet → időjárás jelentések

Annak köszönhetően, hogy a racionális, ekvivalens hőmérséklet típusú indexek a laikusok számára is könnyedén értelmezhető, °C dimenziójú mérőszámok, alkalmasak az **időjárás jelentések** napi gyakorlatában történő felhasználásra. A régebbi, empirikus indexekkel ellentétben – melyek vagy csak a téli évszak során (ill. hideg égövben), vagy csak nyáron (ill. meleg klímájú területeken) alkalmazhatók – ezek az egész év során felhasználhatók, hiszen a forró és hideg termikus viszonyok értékelése egyaránt megtehető

a segítségükkel. Például, a Német Meteorológiai Szolgálat a PT, egy privát német időjárás szolgálat pedig a PET indexet használja az emberi szervezetet terhelő termikus hatások (hideg- vagy hőstressz) előrejelzésekor (*Höppe 1999, Jendritzky et al. 2000, DWD 2012*).

Az UTCI ezirányú felhasználásával kapcsolatosan fontos megjegyezni, hogy mivel a numerikus időjárás-előrejelzések több millió szimulációt igényelnének napi szinten, a számítási idő hossza kizárja, hogy minden szimuláció az UTCI levezetésének gerincéül szolgáló Fiala-modellel történjen. Ezért a gyakorlatban olyan regressziós függvények alapján számítják az UTCI értékekeit a hozzáférhető meteorológiai paraméterekből, melyek több százezer lehetséges (globális léptékben a legextrémebb szituációkat is tartalmazó) kombinációjuk által eredményezett UTCI értékeken alapulnak (*Bröde et al. 2011*).

Ugyancsak érdemes említést tenni arról, hogy az empirikus indexek alkalmazása sem ment még ki a divatból, hiszen számításuk nem igényel túl nagy számítógépes kapacitást, a szükséges input-paraméterek pedig viszonylag könnyen beszerezhetőek a hivatalos országos hálózatok adatbázisaiból. Földünk több országában (pl. Kanada, USA, Ausztrália) a Wind Chill Temperature, a Heat Index, vagy a Humidex értékei, mint „látszólagos hőmérséklet" (Apparent Temperature) alapján rendelnek el **hőség**, vagy **éppen hidegriadót** (pl. *BOM 2012, EC 2012*).

Gazdasági vonatkozású értékelések → turizmus, rekreáció

A termikus viszonyok bioklimatikus értékelése egy-egy régió, vagy település hosszabb klimatológiai adatsora alapján gazdasági szempontból is jelentős információkkal szolgál. Különösképpen igaz ez a **turizmus** és **rekreáció** területén, de akár a **klímaterápiával** illetve **lakhelytanácsadással** kapcsolatban is számottevő lehet (*WMO 1992, Schuh 2009*).

Görögország általános termikus klímájára vonatkozólag *Matzarakis and Mayer* (*1997*) végeztek elemzéseket a Görög Meteorológiai Szolgálat 12 szinoptikus állomásának 1980-1989-es meteorológiai adatsoraiból számított PMV indexek segítségével. Turisztikai szempontból illetve nagyobb sportesemények (pl. Olimpia, VB) rendezését tekintve különösen fontos a hőstresszel járó periódusok, valamint az alacsonyabb termofiziológiai terheléssel jellemezhető időszakok elkülönítése. Ezzel összhangban *McGregor et al.* (*2002*) a nyári diszkomfortos időszak kezdetét, időtartamát, valamint a termikus komfort napi és szezonális változásait vizsgálta Athén 30 éves (1966-1995) klimatikus adathalmaza alapján. *Spagnolo and de Dear* (*2003b*) az 1961-90 közti 30-éves adatsorból előállított, heti felbontású OUT_SET* értékeket használta fel annak kimutatására, hogy Sydney szubtrópusi klímája az évnek mely szakaszában és a nap mely időszakaiban milyen szabadtéri aktivitásformáknak kedvez, illetőleg mikor és mely tevékenység esetén számíthatnak az emberek komolyabb fiziológiai terhelésre.

A turisztikai kérdésekhez kapcsolódó széleskörű humán bioklimatológiai munka (pl. *de Freitas 2003, de Freitas et al. 2008, Scott et al. 2009*) koordinálásáért nemzetközi szinten az ISB „Klíma, Turizmus és Rekreáció" albizottsága (ISB Commission on Climate, Tourism and Recreation) felel. A turisztikai és rekreációs célokra kifejlesztett „**klíma-turizmus információs séma**" (*Matzarakis 2007, Matzarakis et al. 2007b*) nem csupán az éghajlat termikus komponensét (PET) foglalja magában, hanem fizikai (csapadék, szél) és esztétikai (napfénytartam, égboltviszonyok) tényezőket is. A hagyományos értékeléssel szemben az effajta integrált szemléletmód nem pusztán klimatológiai átlagértékek segítségével jellemzi egy terület klíma-vonatkozású turisztikai potenciálját, hanem bizonyos kategóriahatárok közé eső értékek gyakoriságával is. Fontos megjegyezni, hogy az egyes PET hőérzet-

tartományok turisztikai szempontú értelmezése eltér a **2.7. táblázatban** bemutatott kategóriáktól (pl. *Çalişkan et al. 2012, Farajzadeh and Matzarakis 2012*). Különösen igaz ez merőben eltérő klímazónák esetén. Például, a tajvani Sun Moon Lake turizmus-klimatológiai jellemzéséhez felhasznált PET-kategóriahatárokat teljes egészében újraértelmezték a helyiek termikus környezetre adott reakciói alapján (*Lin and Matzarakis 2008*). A hazai vizsgálatok – melyek elsősorban a Balaton, mint kiemelkedő jelentőségű turisztikai régió kutatására fókuszálnak (*Holicska 2008, Németh et al. 2007, 2008*) – a megszokott, közép-európai személyekre kifejlesztett skálát adoptálták annyi módosítással, hogy beiktattak egy újabb, -4°C alatti extrém hideg hőérzet-tartományt.

A termikus viszonyok térbeli mintázata impresszíven szemléltethető a különböző léptékben előállítható **bioklíma-térképeken**. A bioklimatikus és földrajzi információkat összekapcsoló illusztrációk mutathatják a termikus indexek átlagértékeinek földrajzi eloszlását egy adott időszakra vonatkozóan (pl. egy hónap meghatározott napszakában), de ábrázolhatják egy bizonyos mértékű termofiziológiai terhelést elérő napok számának térbeli mintázatát is. Utóbbira példa Görögország PMV értékekre (PMV>3) alapozott „hőstressz-térképe" (*Matzarakis and Mayer 1997*). Egy másik görög bioklíma-térkép az átlagos júliusi 12 órás (UTC) PET értékek térbeli eloszlását szemlélteti (*Matzarakis et al. 1999*). Magyarország első bioklíma-térképei a PET havi átlagainak térbeli eloszlását mutatják (*Matzarakis and Gulyás 2006, Gulyás and Matzarakis 2007, 2009*). A hasonló ország-, illetve regionális léptékű térképek felhasználhatóak turisztikai célokra, s segítséget nyújtanak a klímaterápia szempontjából szóba jövő területek, vagy a lakhely kiválasztásánál. Ausztria bioklíma-térképei például kifejezetten turisztikai céllal készültek (*Matzarakis et al. 2010b*).

A globális **klímaváltozás** regionális hatásainak előrejelzése is számos turisztikai vonatkozású **bioklimatológiai hatástanulmányt** hívott életre. A DNy-németországi Fekete-erdő (Schwarzwald) klíma-turisztikai potenciáljának XXI. sz. során várható változásával kapcsolatban számos publikáció született az utóbbi években (pl. *Endler et al. 2010, Endler and Matzarakis 2011a, 2011b, 2011c*) – a termikus viszonyok változásait ugyancsak a PET index alapján értékelve.

Környezet-egészségügy → epidemiológiai vizsgálatok

A termikus viszonyok rövid és hosszú távú bioklimatikus értékelése környezet-egészségügyi szempontból is jelentős információkkal szolgál. A mért és modellezett bioklíma-indexekre alapozott elemzések lehetőséget biztosítanak a termikusan terhelő időszakok időbeli változásában bekövetkező olyan trendek felfedezésére, mint pl. a nyári **hőhullámok** tartósságának, intenzitásának és számának növekedése (*McGregor et al. 2002, Matzarakis and Nastos 2011*). Az extrém időjárási eseményekkel terhelt évek (mint pl. a 2003-as, hőhullámokkal többszörösen tűzdelt nyár) termikus komfortérzetünkre kifejtett hatásainak elemzésén túl (pl. *Matzarakis et al. 2009*) egyre jelentősebbé válnak az egészségügyi (**mortalitási** és **morbiditási**) mutatókkal való összevetések (*Jendritzky and Grätz 1998, WHO 2004, Matzarakis et al. 2011*).

Városklimatológia → városi bioklímavizsgálatok

Az urbanizált területek **lokális** (illetve mezo) **léptékű** klimatikus viszonyokra gyakorolt módosító hatásának vizsgálata az egyik legkutatottabb témakör a városklimatológia területén, melynek általános gyakorlata egy karakterisztikusan **városi**, és egy városi hatásoktól mentes **vidéki mérőállomás** hosszú távú adatsorának **összehasonlító elem-**

zésén alapul. A város és a külterület eltérő termikus viszonyairól született számos összevetés többsége az esti / éjszakai városi hőmérsékleti többlet (városi hősziget jelenség) témakörében íródott (pl. *Unger et al. 2001a, 2001b, 2004, 2010a, 2010b, Unger 2004*). A légkör fizikai állapotjelzőinek és folyamatainak statisztikai leírása azonban nem feltétlenül nyújt közvetlenül felhasználható információkat a preventív várostervezéshez, ahhoz ugyanis a klimatikus információk humán bioklimatológiai (emberi egészségre, közérzetre, s teljesítőképességre való tekintettel történő) értékelése szükséges (*Jendritzky and Grätz 1998, Mayer 1986, 1993*). A racionális indexekre (pl. PET) alapozott város-bioklimatológiai elemzések ezért jóval több információval szolgálnak a puszta léghőmérséklet értékek összevetésénél (*Matzarakis et al. 2009, Gulyás et al. 2009, 2010, Gulyás és Unger 2009, 2010*).

A **városi** léptékben előállított **bioklimatikus térképek** hatékonyan felhasználhatók a várostervezőkkel, rendezőkkel folytatott tárgyalások során, hiszen segítségükkel könnyen lokalizálhatóak a települések „kritikus pontjai", vagyis azok a városi struktúrák, melyek sürgős beavatkozásra szorulnak a termikus komfortviszonyok által okozott stresszhatás csökkentése érdekében. Németország városaira (pl. Karlsruhe, Berlin) az UBIKLIM (Urbanen BIoKLImaModell) nevű városi bioklíma modell segítségével készítettek több, a termikus terhelés térbeli eloszlását mutató térképet, melyek előállítása a területhasználati típusok valamint a városi felszínmorfológia részletes (50, ill. 10 m-es felbontású) digitális adatbázisán alapult (*Jendritzky and Grätz 1998, Matzarakis 2001, Berlin város 2012*).

Numerikus szimulációkkal az is előrejelezhető, hogy a jövőben várható klimatikus viszonyok milyen kihívások elé fogják állítani az emberi szervezet hőháztartását városi környezetben, s hogy a potenciális stresszhatások milyen várostervezési intézkedésekkel mérsékelhetőek. Freiburg jövőben várható bioklímájával kapcsolatban például *Matzarakis and Endler 2010* készített értékelést, az 1961-90-es periódusra jellemző PET értékekhez viszonyítva a 2071-2100-as időszakra szimulált értékeket.

A tradicionális és a humán bioklimatológiai szempontú városklíma kutatások egy másik fontos különbsége a vizsgálatokra jellemző tipikus lépték kérdése. Mivel az emberek a városi légkör alsó, épületek közt elhelyezkedő részét (az ún. „városi tetőréteget") veszik igénybe szabadtéri tevékenységeikhez, ezért ennek bioklimatikus viszonyaira érdemes elsősorban fókuszálni. E légréteg tulajdonságait **mikroskálájú** folyamatok irányítják, melyeket nagyfokú heterogenitás jellemez. Az épületek közt húzódó utcák, utak, a körbehatárolt udvarok, a részben zöld terek, vagy a vegetációval dúsan borított parkok mind sajátos, sokszor önmagukban is összetett mikroklimatikus jellemzőkkel bírnak. Ezek a kisléptékű éghajlatok kifejezetten változékonyak, kifejlődésük egy adott időjárási helyzethez kötődik (*Unger és Sümeghy 2002, Unger et al. 2012*). Hogy ezek a jellegzetességek, illetve emberi szervezetre gyakorolt hatásuk kimutatható legyen (és ne vesszen el a különféle klimatológiai átlagok mögött), a termikus tényezők humán-komfort szempontú vizsgálatát célszerű mikroklimatikus szinten (kis idő és térbeli léptékben) elvégezni – legyen szó akár modellezésről, akár műszeres mérésekről. Ugyancsak a mikroskálájú kutatások mellett szól az a tény is, hogy a teljes városszerkezet átalakítása az optimális bioklíma elérése érdekében gazdasági és várostörténeti okokból többnyire megvalósíthatatlan, ellenben igenis kivitelezhető kis, individuális városi struktúrák esetén. *Mayer and Höppe* (*1987*) szerint a termikus viszonyok kvantitatív analízisére alapozottan a várostervezők könnyebben meggyőzhetőek arról, hogy például fasorok telepítésével jelentősen javíthatóak egy-egy kevésbé komfortos közterület (pl. utca vagy tér) mikro-bioklimatikus viszonyai.

A Német Mérnöki Kamara (Verein Deutscher Ingenieure – VDI) 3787-es irányelve elsősorban a PMV és a PET indexeket ajánlotta a városklíma (illetve mikroklíma) termikus komponensének értékelésére, valamint a városszerkezeti-, területhasználati változtatások hatásainak előrejelzésére (*VDI 1998, Höppe 1999*). Számos helyszíni mérésen illetve modell-szimuláción alapuló városklimatológiai esettanulmány született az évek során a különböző városi mikrokörnyezeteket termikus komfort- illetve stresszviszonyainak ezen indexekre alapozott összehasonlításáról. A német STADTKLIMA BAYERN (1981-85), KLIWUS (1989) és a későbbi KLIMES (2006-09) projektek folyamán München és Freiburg különböző városszerkezeti elemeiben végeztek méréseket mobil és stacionárius bioklimatológiai állomásokkal 1,1 m magasságban (*Mayer and Höppe 1987, Höppe und Mayer 1987, Mayer 1988, 1993, 1996, 2008, Matzarakis et al. 1999, Matzarakis 2001, Mayer et al. 2008*). Szerte a világban több tanulmány vizsgálta a felszíngeometria termikus komfortérzetre kifejtett hatásait: pl. *Masmoudi and Mazouz* (*2004*) a forró és száraz klimatikus háttérrel rendelkező Biskra (Algéria), *Ali-Toudert* (*2005*) Freiburg és Beni-Isguen (Algéria), *Johansson and Emmanuel* (*2006*) pedig a forró és nedves klímával jellemezhető Colombo (Sri Lanka) városaiban lévő mintaterületek alapján. Hazai viszonylatban a racionális indexekre alapozott esettanulmányok elsőként Szegeden kerültek fel a városklimatológiai vizsgálatok palettájára (*Gulyás et al. 2003, 2006, Gulyás 2005, Unger et al. 2005*). A lefolytatott vizsgálatok egyik közös megállapítása, hogy a bioklíma-indexek alakulása forró, nyári napok folyamán a sugárzási viszonyokat leíró T_{mrt} index napi ingadozásaival mutatja a legnagyobb hasonlóságot.

Mivel dolgozatom a témáját (városi közterületek termikus komfortviszonyainak értékelése) tekintve a mikro-léptékű város-bioklimatológiai vizsgálatok tárgykörétbe tartozik, ezért a következő fejezetben ennek legfontosabb gyakorlati tudnivalóit mutatom be.

2.5 VÁROSI KÖZTERÜLETEK TERMIKUS KOMFORTVISZONYAINAK VIZSGÁLATA

Mind a mai napig rengeteg vizsgálat készül légkondicionált és szabad-szellőzésű épületek, pl. irodák (*Baker and Standevem 1996, Morgan and de Dear 2003, Huizenga et al. 2006, Mui and Wong 2007, Kuchen and Fisch 2009*), iskolai osztálytermek (*Wong and Khoo 2003*), vagy éppen lakások (*Han et al. 2007, Indraganti 2010*) termikus komfortviszonyainak felmérésére, s számos átfogó publikáció, ajánlás vagy szabvány megjelent már a témában (pl. *Bánhidi 1976, McIntyre 1976, de Dear and Brager 2001, ASHRAE 2003, ISO 2005*). A zárt területek termikus komfortviszonyai – a szabadtéri környezetekkel ellentétben – már hosszú ideje az érdeklődés középpontjában állnak, ami *Spagnolo and de Dear* (*2003a*) szerint a következő négy fő okra vezethető vissza:

- a fejlett országok lakosai életük legnagyobb részét beltéri környezetekben töltik,
- a munkahelyi környezetek esetében direkt kapcsolat feltételezhető a termikus komfort és a produktivitás közt, tehát gazdaságilag is indokolt az alkalmazottak számára a megfelelő termikus környezet definiálása és biztosítása,
- a zárt terek termikus viszonyai sokkal könnyebben tervezhetőek és kontrolálhatóak, ellentétben nyílttéri megfelelőikkel,
- a szabadtéri területek tulajdonviszonyai, s a hozzájuk kapcsolódó felelősség nem határozható meg olyan egyértelműen, mint a zárt terek esetén.

Az ezredforduló óta azonban jelentősen megszaporodtak a szabadtéri vizsgálatok is, hiszen számos érv sorakoztatható fel a nyílttéri termikus komfortviszonyokkal kapcsolatos ismeretanyag bővítésének indokaként (*Spagnolo and de Dear 2003a, Nikolopoulou and Lykoudis 2006, 2007, Mayer 2008*):

- az urbanizált környezetben elhelyezkedő legalább részben zöld területek (parkok, terek, sétányok, játszóterek) fontos szerepet kapnak a helyi lakosok és a városban dolgozók szabadtéri tevékenysége, rekreációja, szociális életbe való bekapcsolódása szempontjából, ezáltal jelentős befolyást gyakorolnak a városi életminőségre;
- a korábbi nézetekkel ellentétben megfelelő módszerekkel a szabadtéri mikroklimatikus viszonyok is hatékonyan befolyásolhatók, s így elkerülhetőek az extrém kellemetlen termikus szituációk;
- nagymértékben növekszik a szabadtéri területek előnyeit kiaknázó vállalkozások (pl. kerthelyiséggel rendelkező kávézók, éttermek, félig-szabadtéri üzletek) száma, melyek forgalma érzékenyen reagál az időjárás változásaira;
- számos szabadtéri tevékenység (pl. olimpiai játékok, vidámparkok, kulturális események, vásárok) jelentős kereskedelmi vonzattal is rendelkezik.

2.5.1 A mikro-bioklimatikus viszonyok objektív felmérése

A városi közterületek mikro-bioklimatológiai értékelésével kapcsolatos elsőként megoldandó feladat az indexek kiszámításához szükséges meteorológiai adatbázis előállítása. A termikus viszonyok korrekt értékeléséhez az alapadatok – léghőmérséklet (T_a), légnedvesség (RH vagy VP), szélsebesség (v), valamint a rövid- és hosszúhullámú sugárzás integrált hatását kifejező átlagos radiációs hőmérséklet (T_{mrt}) – 1,1 m magasságban történő megadása szükséges. Ez a magasság ugyanis megfelel egy (europid nagyrasszba tartozó) átlagos testalkatú, álló felnőtt ember súlypontjának (*Mayer and Höppe 1987*).

Meteorológiai alapparaméterek mérése

A terepi adatgyűjtésre kifejezetten a mikro-bioklimatológiai vizsgálatok céljából összeállított, könnyen mobilizálható **városi bioklíma-állomások** kínálják a legjobb megoldást (pl. *Spagnolo and de Dear 2003a, Mayer 2008*). Ezek a műszeregyüttesek a megfelelő magasságban, finom időbeli felbontással (pl. 1-percenként) rögzítik a szükséges paraméterek értékeit. Mivel az ilyen szerkezetek meglehetősen drágák, ezért sok termikus komfortkutatás **telepített meteorológiai állomások** adatsorának felhasználására szorítkozik (pl. *Gulyás et al. 2003*). E módszer hátránya, hogy a műszerpark szenzorai nem 1,1 m-es magasságban helyezkednek el.

A standardok szerint általában 2 m-en mért T_a és RH (vagy VP) értékek gond nélkül felhasználhatók a termikus komfortkutatásokhoz; a városi határrétegen belül ugyanis olyan hatékony az átkeveredés (különösen annak alsó, utca szintjében található régiójában), hogy a hőmérsékleti és légnedvességi mező homogénnek tekinthető ilyen kis magasságkülönbség (1,1 m – 2 m) esetén (*Nunez and Oke 1997*). A szélsebesség és a hősugárzás térbeli eloszlása ezzel szemben nagyon változatos és időbeli lefutásuk is változékony. Éppen ezért, az általában 10 m magasságban mért v értékek mindenképp korrekcióra szorulnak (*Höppe 1999*). A városi termikus komfortvizsgálatok témájával kapcsolatos szakirodalom a következő képletet használja a szélsebesség 1,1 m-re történő redukálásához:

$$v_{1,1} = v_h \cdot (1,1/h)^{\alpha}, \qquad \alpha = 0,12 \cdot z_0 + 0,18$$

ahol $\mathbf{v_h}$ [m/s] a szélsebesség **h** [m] magasságon mért értéke, $\boldsymbol{\alpha}$ pedig egy empirikus kitevő, ami a felszíni érdességet jellemző $\mathbf{z_0}$ érdességi magasság függvénye (*Spagnolo and de Dear 2003a, 2003b, Gulyás et al. 2006, Nikolopoulou and Lykoudis 2007, Matzarakis et al. 2009*).

A legnagyobb problémát a T_{mrt}, illetve a kiszámításához szükséges rendkívül komplex sugárzási viszonyok detektálása jelenti, hiszen a hősugárzási fluxusok értékei pontról

pontra igen jelentős mértékben változnak az összetett felszíngeometriával rendelkező városi környezetben. A természetes és mesterséges tereptárgyak egyrészt irányuk és szerkezetük szerint redukálják a szervezetet érő direkt rövidhullámú sugárzást (a Nap helyzetének függvényében), másrészt önmaguk is hőforrásként szolgálnak: felszínhőmérsékletüktől, emisszivitásuktól, s a vizsgált személy pozíciójától függően eltérő hosszúhullámú energiabevételt jelentenek a szervezet számára (*Höppe 1992*).

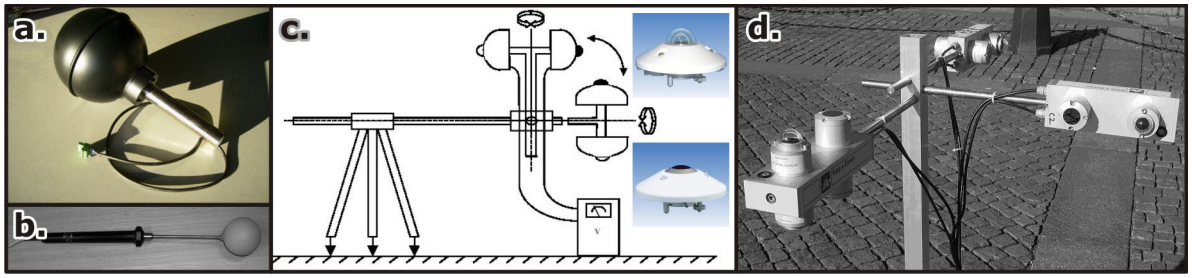
A T_{mrt} számításakor (**2.3.1. fejezet**) az egyes sugárzó felszíneknek a testhez viszonyított irányultságát kifejező láthatósági súlytényezők (F_i) meghatározása, valamint az egyes sugárzási fluxusok külön-külön történő mérése jelentik a legnagyobb nehézséget. Nagykiterjedésű lapos felszínen elhelyezkedő mérőpont esetén elegendő lenne egy alsó és egy felső félgömbként felfogni a sugárzási teret, s mindkettőhöz 0,5-es F_i-értéket rendelni súlytényezőként (*VDI 1998*); ez azonban nem lehetséges az olyan összetett geometriájú környezetek esetén, mint amilyenek a városi közterületek. Ezért a gyakorlatban általában bizonyos egyszerűsítéseket alkalmaznak a terepi mérések során, vagy számítógépes szoftverekkel oldják meg a T_{mrt} kiszámításának problémáját.

A T_{mrt} meghatározása helyszíni mérések alapján

A T_{mrt} mérés-alapú gyakorlati meghatározására az integrált sugárzásmérő szerkezetek nyújtanak ésszerű lehetőséget. Egy ilyen, eredetileg beltéri alkalmazásra kifejlesztett eszköz pl. a **gömbhőmérő** – egy olyan hőmérő, melynek érzékelője egy mattfekete festékréteggel bevont, 150 mm átmérőjű, 0,4 mm falvastagságú üres rézgömb közepében helyezkedik el (**2.11a ábra**). A T_{mrt} [°C] egy empirikus képlet szerint számítható a róla leolvasott gömbhőmérsékletből:

$$T_{mrt} = \sqrt[4]{\left(T_g + 273{,}15\right)^4 + \frac{h_{Cg}}{\varepsilon \cdot d_g^{\,0,4}} \cdot (T_g - T_a)} - 273{,}15$$

ahol $\mathbf{T_g}$ [°C] a gömb- és $\mathbf{T_a}$ [°C] a levegő hőmérséklete; a gömb kibocsátóképességét $\boldsymbol{\varepsilon}$, átmérőjét $\mathbf{d_g}$ [mm], konvekciós koefficiensét pedig $\mathbf{h_{Cg}}$ jelöli. Utóbbi a szélsebesség (**v** [m/s]) függvényeképp áll elő: $h_{Cg} = 1{,}1 \cdot 10^8 \cdot v^{0,6}$ (*Thorsson et al. 2007a*).



2.11. ábra Egy eredeti gömbhőmérő (**a**), egy szabadtéri vizsgálatokhoz továbbfejlesztett szürke gömbhőmérő (**b**), a piranométer és pirgeométer forgatható kombinációjának vázlata (**c**), és a tér 6 irányából való szimultán mérést lehetővé tévő műszeregyüttes 3 nettó sugárzásmérővel (**d**)

A gömb belsejében mért hőmérséklet valójában a sugárzásos és konvektív hőcserefolyamatok együtteseként alakul ki, így T_g a tényleges T_{mrt} és T_a egyfajta súlyozott átlagának tekinthető. Minél erősebb a légmozgás, T_g annál közelebb esik T_a-hoz, s csupán szélcsendes esetben egyezik meg T_{mrt}-vel. Nagyobb higanyzsákú hőmérővel a szél hűtőhatása, s így a konvektív tag szerepe csökkenthető, ez viszont jócskán megnöveli a műszer beállási idejét.

Annak ellenére, hogy a gömbhőmérők viszonylag olcsó és egyszerűen kivitelezhető (mobil) méréseket tesznek lehetővé, alkalmazásuk mégsem vált széles körben elfogadott módszerré szabadtéri termikus komfortvizsgálatok során (pl. *Nikolopoulou et al. 2001*), ami a következőkkel indokolható (*Ali-Toudert 2005, Thorsson et al. 2007a*):

- Alakja folytán az eszköz csupán az ülő ember sugárzási környezetének modellezésére alkalmas. Álló személy esetén az oldalirányból érkező sugárzási nyereség nem egyenlő a felülről, vagy alulról érkezővel, hanem azoknál jóval nagyobb.
- Integrált jellege miatt nem különíthető el a rövid- és a hosszúhullámú sugárzásból elnyelt energia mennyisége, s fekete színének köszönhetően több rövidhullámú sugárzást nyel el, mint az emberi test. Ez különösen a szabadban jelent problémát, ahol – szemben egy zárt helyiséggel – a sugárzó környezet nem tekinthető homogénnek, s jelentős a rövidhullámú komponensek aránya.
- Relatíve hosszú idő (15-20 perc) szükséges, míg a műszer beáll a megfelelő értékre. Mivel a szabadban ennél gyorsabban változnak a termikus viszonyok, a gömbhőmérő nem képes teljesen elérni az egyensúlyi állapotát, ami a számítandó T_{mrt} érték nagyobb bizonytalanságát okozza.

Alternatívaként használható helyette egy kisebb gömb a rövidebb reakcióidő érdekében. Ezáltal azonban a konvektív hőszállítási tényező megnövekszik, így a sugárzás hatása az eredményül kapott hőmérsékletre arányaiban lecsökken, ami rontja a T_{mrt} számítás pontosságát. Az optimális méret kiválasztásához tehát mérlegelni kell a beállási időt és a pontosságot is. A fekete színből származó probléma is korrigálható, amennyiben a fekete gömböt szürkével helyettesítjük, mivel a szürke szín nagyobb összhangban van a ruházat elnyelési együtthatójával. Egy svéd vizsgálat (*Thorsson et al. 2007a*) során például egy 38 mm átmérőjű, 1 mm falvastagságú, mattszürkére festett üres akrilgömböt alkalmaztak, Pt100 típusú hőmérsékletszenzorral (**2.11b ábra**). Az ilyen eszközök validálására azonban mindenképp szükség van a gömb anyagi minőségének, színének és méreteinek megfelelő h_{Cg} konvekciós együttható meghatározása végett.

A T_{mrt} szabadtéri meghatározásának legelfogadottabb és legpontosabb módszere a humán bioklimatológiával foglalkozó kutatók körében mai napig a *Höppe (1992)* által kifejlesztett méréstechnika – ezt javasolja a Német Mérnöki Kamara 3787-es irányelve is (*VDI 1998*). Mindazonáltal, a hozzá szükséges műszerek révén ez a gyakorlatban alkalmazott legköltségesebb és legkomplexebb eljárás. Az emberi alakot hengerre egyszerűsítve kezeli, s környezetét hat részre osztja a négy fő égtáj, valamint az alsó és felső irány szerint. Az egyes irányokhoz a **2.9. táblázatban** összefoglalt W_i súlytényezőket rendeli.

2.9. táblázat A W_i láthatósági súlytényező értékei az egyes irányok szerint, forgásszimmetrikusnak tekintett álló vagy ülő testhelyzetű emberre (*Höppe 1992*)

	kelet	dél	nyugat	észak	fent	lent
álló	0,220	0,220	0,220	0,220	0,060	0,060
ülő	0,185	0,185	0,185	0,185	0,130	0,130

Ez a technika külön méri a rövid- és a hosszúhullámú sugárzási fluxusokat: az előbbieket **piranométerrel**, utóbbiakat **pirgeométerrel**. A „költséghatékonyabb” műszerösszeállítás esetén a két sugárzásmérő egymásnak háttal, egy vertikálisan és horizontálisan is elforgatható rúdra van rögzítve a földfelszíntől számított 1,1 m magasságban (**2.11c ábra**; pl. *Oliveira and Andrade 2007*). Ez az elforgatás teszi lehetővé, hogy az emberi szervezetet érő sugárzásról háromdimenziós képet kapjunk. Kevesebb vesződséggel jár a

terepi mérés, amennyiben a műszeregyüttes 6-6 db pirano- és pirgeométerből (avagy 3 nettó sugárzásmérő készülékből) tevődik össze, hiszen ezek a megfelelő elrendezésben lehetővé teszik a tér hat, egymásra merőleges irányából érkező rövid- és hosszúhullámú sugárzási fluxusok szimultán mérését (**2.11d ábra**; pl. *Thorsson et al. 2007a, Mayer et al. 2008*).

Az így mért 12 sugárzási fluxus segítségével meghatározható az emberi test felület-egysége által elnyelt átlagos sugárzási energia – $\mathbf{S_{Str}}$ [W/m^2], amelyből a Stefan-Boltzmann törvény felhasználásával kifejezhető a T_{mrt} [°C]:

$$S_{Str} = \sum_{i=1}^{6} W_i \cdot (a_k \cdot K_i + a_l \cdot L_i), \qquad T_{mrt} = \sqrt[4]{\frac{S_{Str}}{\varepsilon_p \cdot \sigma}} - 273{,}15$$

ahol $\mathbf{K_i}$ [W/m^2] a rövidhullámú, $\mathbf{L_i}$ [W/m^2] pedig a hosszúhullámú sugárzási fluxusokat jelöli a hat, egymásra merőleges mérési irányban, melyekhez $\mathbf{W_i}$ láthatósági súlytényezők tartoznak (i=1, …, 6). Az $\mathbf{a_k}$ a rövidhullámú és $\mathbf{a_l}$ a hosszúhullámú sugárzásra vonatkozó elnyelőképesség, $\boldsymbol{\varepsilon_p}$ pedig az emberi test kibocsátóképessége (*Höppe 1992, VDI 1998*).

A T_{mrt} kiszámításához szükséges ismeretlen paraméterek modellezése

A körülményes (költséges és időigényes) helyszíni mérések kiváltására a T_{mrt} számításához szükséges sugárzási fluxusok modellek segítségével is megbecsülhetők a levegő hőmérséklete és nedvességtartalma, a felhőborítottság mértéke valamint a légréteg zavarossága, továbbá a pontos földrajzi helyszín és időpont (nap- és évszak) alapján. Mindezek mellett ismerni kell a felszíngeometriát, vagyis az égboltláthatóságot (Sky View Factor – SVF), a környező felszínek láthatósági tulajdonságait (View Factor – VF); továbbá a felszín és a környező objektumok (pl. fák, épületek) sugárzásos energiacsere szempontjából jelentős tulajdonságait, úgymint albedó – α (rövidhullámú sugárzásra vonatkozó visszaverő képesség), emisszivitás – ε (hosszúhullámú sugárzásra vonatkozó kibocsátó képesség), illetve áteresztőképesség – τ (*VDI 1998*).

Az évek során számos szoftvert kifejlesztettek a város összetett geometriai viszonyai által kialakított bonyolult sugárzási tér illetve a T_{mrt} modellezésére. Ilyenek pl. a TownScope (*Teller and Azar 2001*), a RayMan (*Matzarakis et al. 2007a, 2010a*), az ENVI-met (*Bruse 1999, 2003, Huttner and Bruse 2009*) valamint a SOLWEIG (*Lindberg et al. 2008, Lindberg and Grimmond 2011*). Felhasználóbarát kezelőfelülete (és ingyen hozzáférhetősége) révén a VDI 3789-es és 3787-es irányelvei (*VDI 1994, 1998*) alapján kifejlesztett RayMan szoftver a kutatók és várostervezők körében leggyakrabban alkalmazott sugárzás és bioklímamodell.

A **RayMan** felhasználóbarát mivoltát tükrözi, hogy a (sugárzási viszonyokat alapvetően meghatározó) felszíni struktúra adathalmaza többféle formában is bevihető a modellbe. Megadhatóak egyrészt a vizsgált területre vonatkozó *topográfiai jellemzők* (földrajzi hosszúság, szélesség, tengerszint feletti magasság), melyek elsősorban a rövidhullámú sugárzási fluxusok szempontjából meghatározóak. A RayMan legnagyobb – a városi mikro-környezetek vizsgálata során jelentkező – előnye a benne grafikusan megjeleníthető és szerkeszthető részletes *felszíngeometriai adatbázis*, ami a mérőpont környezetében elhelyezkedő épületek és a fás vegetáció 3D-s adatait tartalmazza (a sugárzási tulajdonságaik mellett). Az említett tereptárgyak – vizsgálati ponthoz viszonyított – x, y koordinátáit valamint magassági értékeit tartalmazó adathalmaz a szoftverben is elkészíthető egy gridhálózat segítségével, de betölthető már létező adatbázisból is (ami szükség esetén a modellben tovább szerkeszthető). Amennyiben nem áll rendelkezésre a vizsgálati pont környezetéről részletes 3D-s adatbázis, a modellben lehetőség nyílik a *horizontkor-*

látozási poligon szabadkézi megszerkesztésére, vagy beimportált *halszemoptikai fotó* alapján történő megrajzolására is (*Matzarakis et al. 2007a, 2010a*). A szoftver az egyes sugárzási fluxusok és a T_{mrt} kiszámításán túl számos előnnyel szolgál:

- kiszámítja és grafikusan (halszemoptikai nézetben) megjeleníti a vizsgálati napra vonatkozó napjárási görbét,
- megmutatja a betáplált mesterséges és természetes tereptárgyak okozta árnyékoló hatást bármely napszak esetén az év bármelyik napjára,
- napi bontásban megadja a napfényes időszak hosszát horizontkorlátozással és a nélkül,
- felhasználóbarát felületet nyújt a PMV, SET*, PET és UTCI indexek kiszámításához.

Németországi és tajvani validációs tanulmányok szerint a modellezéssel nyert T_{mrt} erős korrelációt (R>0,9) mutat a helyszíni mérésekből származó T_{mrt} értékekkel (*Matzarakis et al. 2007a, Lin et al. 2010*). *Thorsson et al.* (*2007a*) azonban rámutatott, hogy a modellezett értékek jelentősen vesztenek realitásukból alacsony napállás esetén, ami közepes földrajzi szélességeken a reggeli és az esti órákat érinti, magas földrajzi szélességeken viszont a nyarat leszámítva szinte egész évben gondot okozhat.

Numerikus szimulációk felhasználása valamennyi alapparaméter modellezésére

Bizonyos modellek lehetővé teszik nem csupán a sugárzási viszonyok (illetve a T_{mrt}), de a bioklíma indexek alapadatbázisául szolgáló többi paraméter (hőmérséklet, légnedvesség, légáramlás) numerikus szimulációját is, feltéve, ha rendelkezünk a szimulációhoz szükséges részletes felszínmorfológiai adatbázissal. A számos mikroskálájú modell közül Európában az **ENVI-met** szoftvert (*Bruse 1999, 2003, Huttner and Bruse 2009, Chow et al. 2011*) alkalmazzák leggyakrabban város-bioklimatológiai célokra. Az előző bekezdésekben bemutatott RayMan szoftverrel szemben – melyben a modellkörnyezet viszonylag egyszerűen felépíthető, s hosszabb időszak adatsorai is gyorsan lefuttathatóak a terület egy-egy kiválasztott pontjára – az ENVI-met sokkal több paraméterre kiterjedő modellkörnyezetének felépítése hosszabb időt vesz igénybe, s a futtatási idő akár több napig is eltarthat. Ez az ára ugyanis annak, hogy az igen részletes 3 dimenziós modellterület minden egyes cellájára az egyes meteorológiai paraméterek komplett adatsorával rendelkezzünk, melyek a szomszédos cellák értékeivel kölcsönhatásban alakulnak a szimulált időszakban.

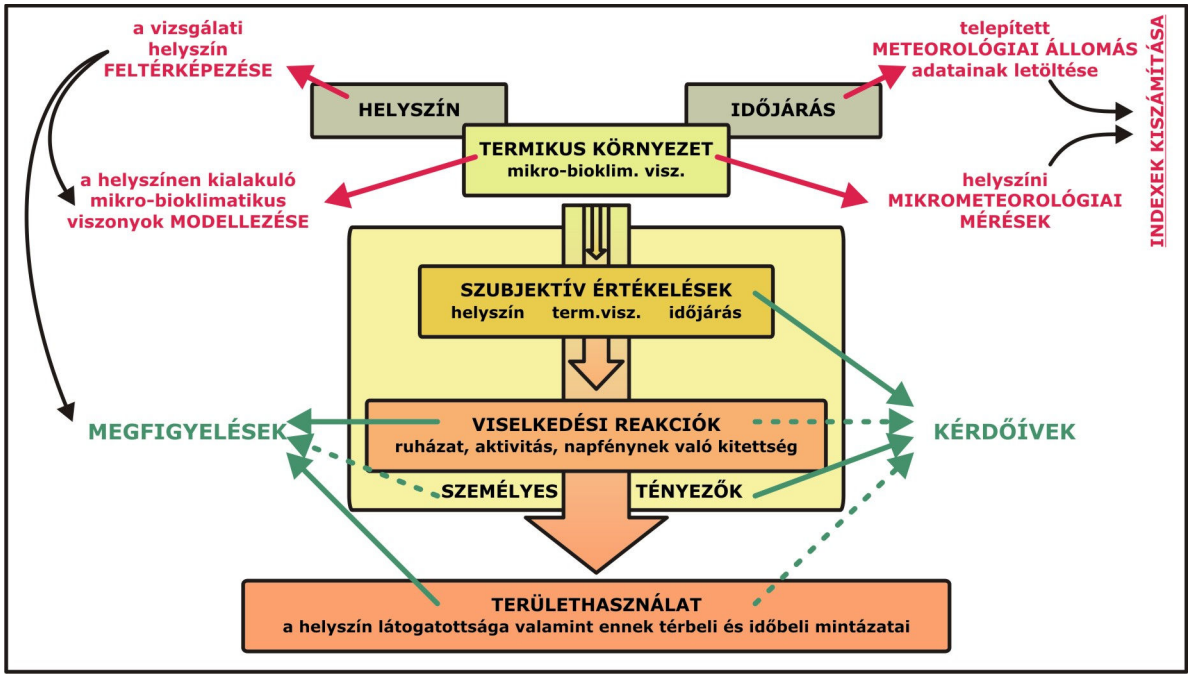
Mivel a futtatások létező és fiktív városi környezetek, valamint különböző meteorológiai peremfeltételek (pl. jelenlegi és jövőben várható klimatikus viszonyok) mellett is elvégezhetőek (*Huttner et al. 2008*), jelentős potenciált rejtenek magukban a várostervezőkkel való kooperáció során. Nagy jelentőségűek ugyanis az ilyen modellekkel előállítható finom felbontású bioklimatikus térképek, melyek segítségével még a tervezett területrendezési változtatások (pl. felszínborítás módosítása, új épület felépítése, különböző fajtájú fasorok ültetése) előtt „leellenőrizhetők” és összehasonlítók azok humán komfortérzetre kifejtett hatásai. Éppen ezért az ENVI-met-re illetve más hasonló modellekre épülő szimulációk az alkalmazott város-bioklimatológia egyik legdinamikusabban fejlődő irányvonalaként szerepelnek külföldön. Sőt, az ENVI-met egy csatolt modellnek köszönhetően (BOTworld) lehetőséget nyújt a termikus viszonyok függvényében kialakuló területhasználat szimulálására is (*Bruse 1998, 2002, 2009, Dostal et al. 2009*).

A numerikus modellek tehát praktikus választásnak tűnnek a termikus viszonyok finom tér- és időbeli felbontásban történő, viszonylag egyszerű előállítására, s alkalmasak fiktív szituációk (területrendezési változtatások, vagy a jövőben várható terhelő hőség-

napok) hatásainak tesztelésére. Ugyanakkor fontosnak érzem leszögezni, hogy a szimulált adatok nem váltják ki a – térben és időben korlátozott – helyszíni méréseket, melyek jóval hitelesebb eredményeket nyújtanak, mint a szükségszerű egyszerűsítéseket alkalmazó modellezési eljárások.

2.5.2 Humán monitoringgal kiegészített komplex vizsgálatok

Visszautalva a bevezetésben szereplő 1.2. ábrára, ha egy tanulmány célja annak felmérése, hogy egy városi közterület megfelelő viszonyokkal szolgál-e a felfrissüléshez, egyfelől részletes információk szükségesek magáról a vizsgált helyszínről (H), illetve az ott kialakuló termikus körülményekről (TK) lehetőleg minél több időjárási (I) szituáció esetén. Másrészt figyelmet kell fordítani magára a helyszín igénybevételére (területhasználat – TH), valamint a területet használó emberek tényleges szubjektív reakcióira (viselkedési reakciók – VR és szubjektív értékelések – SzÉ) illetve speciális jellemzőire (személyes tényezők – SzT). Egy komplex vizsgálatnak ezért a környezeti paraméterek objektív vizsgálatán túl a humán monitoring is szerves részét kell, hogy képezze (2.12. ábra).



2.12. ábra Egy átfogó szabadtéri termikus komfortvizsgálat főbb módszertani elemei (pirossal jelölve a környezet leírására szolgáló objektív módszereket, s zölddel a humán monitoringot)

Az előző fejezetben láttuk, hogy a termikus viszonyok felmérésének legegzaktabb módját a speciálisan város-bioklimatológiai használatra kifejlesztett könnyen mobilizálható állomásokkal kivitelezett **helyszíni mikrometeorológiai mérések** jelentik (2.12. ábra). Ha az így mért „on-site" adatokat összevetjük a mérés idejére vonatkozó, legközelebbi **hivatalos meteorológiai állomás** adatsorával, kvantitatív leírást adhatunk arról, hogy az adott helyszín miképp változtatja meg a meteorológiai alapparaméterek értékeit, illetőleg összességében a bioklimatikus viszonyokat különböző időjárási háttér esetén. A vizsgált terület pontos **feltérképezése** emellett lehetővé teszi a kérdéses mikro-bioklimatológiai viszonyok **szimulálásához** nélülözhetetlen modellkörnyezet felépítését, valamint a vizsgálat humán monitoring részéhez szükséges munkatérképek előállítását.

A terület igénybevételéről, illetve a területhasználó emberek viselkedési reakcióiról legegyszerűbben **megfigyelések** révén gyűjthetünk adatokat, míg szubjektív, egyéni értékeléseik felmérése kizárólag **kérdőívek** (strukturált interjúk) alkalmazása révén lehet-

séges (2.12. ábra). Az észrevétlen megfigyelések során adott időintervallum alatt sokkal több emberről szerezhetünk adatokat; az alkalmazkodási reakcióikon túl néhány könynyebben megállapítható személyes paramétert (pl. nem, korcsoport) is ideértve. Az interaktív kérdőívezéssel szemben a megfigyeléses módszer nem készteti az embereket természetes viselkedésmintáik megváltoztatására, azonban a személyes tényezők részletgazdag felmérésérére – melyek jóval többrétűvé tehetik az adatok későbbi feldolgozását – a kérdőívezés tekinthető megfelelőbb eljárásnak (*Thorsson et al. 2004*). A klímaparaméterek helyszíni illetve helyszínközeli mérésével párhuzamosan végzett humán monitoring lehetővé teszi a „terület – bioklimatikus viszonyok – humán reakciók" komplex kapcsolatrendszerének tanulmányozását, melynek segítségével a városrendezés / városrendezés gyakorlatában hasznosítható összefüggésekre világíthatunk rá.

Kérdőívekre alapozott vizsgálatok

A fentebb említetteknek megfelelően az utóbbi másfél évtizedben igen sok – alapvetően kérdőívek elemzésére építő – publikáció született a témához kapcsolódóan szerte a világon, akár egy esettanulmány, akár egy helyi, vagy nemzetközi projekt, illetve annak bizonyos eredményeinek bemutatására (2.2. MELLÉKLET).

A vizsgálatok jellegéből adódóan az alkalmazott kérdőívek központi eleme minden esetben az adott helyszínen kialakuló **termikus környezet szubjektív értékelése** (SzÉ_tk); egyrészt „összesített formában", mint az interjúalanyban kialakuló szubjektív hőérzet, másrészt külön-külön az egyes alapparaméterek szerint. A kérdezett egyén tényleges, ***szubjektív hőérzetét*** felmérő, nominális kategóriákkal ellátott speciális szemantikus differenciál skálákra az egyes szerzők, mint „Thermal Sensation" – TSN (pl. *de Freitas 1990*), „ASHRAE scale" – ASH (pl. *Spagnolo and de Dear 2003a*), „Actual Sensation Vote" – ASV (pl. *Nikolopoulou et al. 2001, Thorsson et al. 2004, Tseliou et al. 2010*), vagy „Thermal Sensation Vote" – TSV (pl. *Lin 2009, Monterio and Alucci 2009*) hivatkoznak (2.2. MELLÉKLET). A továbbiakban a ***TSV*** betűszót alkalmazom a szubjektív hőérzet rövidítésére, függetlenül a meghivatkozott szerzőktől, illetve attól, hogy hány fokozatú (5, 7 vagy 9) skálát alkalmaztak. Bizonyos tanulmányokban a hőérzet helyett, illetve mellett a szerzők az egyes időjárási tényezők szeparált szubjektív értékelésére helyezték a hangsúlyt, ugyancsak teljesen változatos fokbeosztású (3, 4, 5 vagy 7) skálák segítségével. Ezen a ponton érdemes különbséget tenni az egyes meteorológiai paraméterek (hőmérséklet, légnedvesség, szélsebesség, napsugárzás) érzete, vagyis a ***percepció*** – ***perc*** és a velük kapcsolatban kívánt ideális állapot, vagyis a ***preferencia*** – ***pref*** közt (*Stathopoulos et al. 2004, Oliveira and Andrade 2007*). Ugyancsak fontosnak érzem megjegyezni, hogy néhány tanulmány kérdőíve (pl. *de Freitas 1990, Nikolopoulou and Lykoudys 2006*) a tisztán elkülöníthető percepció- illetve preferencia-skálák helyett a kettő közti valamiféle átmenetet tartalmazott (2.2. MELLÉKLET).

Bizonyos kutatások nem csupán a termikus környezet, de az **időjárási viszonyok-** és a **helyszín szubjektív értékelésére** (SzÉ_i és SzÉ_h) vonatkozó kérdéseket is alkalmaztak (pl. *Stathopoulos et al. 2004, Thorsson et al. 2007b*); továbbá külön kitértek az egyéni **területhasználatra** (TH), vagyis a látogatás okára, gyakoriságára, valamint idejére (pl. *Thorsson et al. 2004, 2007b, Nikolopoulou and Lykoudys 2006, 2007, Oliveira and Andrade 2007, Lin 2009*). A kérdőívek szinte mindegyike tartalmazott olyan blokkokat, melyek a termikus viszonyok szubjektív értékelését (illetve a területhasználatot) feltételezhetően befolyásoló különféle **személyes tényezők** (SzT), valamint a ruházat, az aktivitás, s a kitettség – mint a **vi-**

selkedési alkalmazkodás (VR) elemeinek – felmérésére irányultak (2.2. MELLÉKLET). A témáról alkotott kép teljesebbé tétele érdekében a 2.3-2.8. MELLÉKLET néhány külföldi tanulmányban közölt kérdőívet tartalmaz.

Az interjúalanyok pontos **termikus környezetének** (TK) rögzítése céljából általában helyszíni mikrometeorológai mérések kísérték a kérdőíveket, lehetőséget teremtve az aktuális szituáció pontos, bioklimatikus indexek (pl. PMV, PET, OUT_SET*) általi jellemzésére (2.2. MELLÉKLET). Az egy-két napos esettanulmányokat általában megoldották külön kezelendő műszerekkel, vagy más célra tervezett stacionárius meteorológiai állomásokkal; ezzel szemben a nagyobb projektekhez egyedileg összeállított, speciálisan a városi területek termikus komfortviszonyainak felmérésére szolgáló, közös tápegységgel és adathordozóval ellátott, mobil vagy könnyen mobilizálható műszeregyütteseket alkalmaztak. Ezek közül szemléltet néhány összeállítást a 2.9. MELLÉKLET.

A témával kapcsolatos **városi projektek** közül említést érdemelnek a következők:

- az 1997-es cambridge-i (UK) vizsgálat, mely 4 helyszínről 1431 interjút eredményezett (*Nikolopoulou et al. 2001*);
- az 1998 júliusa és 2000 augusztusa közt zajló ausztrál felmérések során 1018 alannyal töltettek ki kérdőívet Sydney néhány szabadtéri és ún. „részben-szabadtéri" városi környezetében – pl. felszíni vasútállomáson, focipályán, buszpályaudvaron, utcákon, valamint több parkban (*Spagnolo and de Dear 2003a*);
- az elsősorban tavasszal és ősszel kivitelezett montreali (Kanada) vizsgálatok révén 7 helyszínről 466 kérdőív született (*Stathopoulos et al. 2004*);
- a göteborgi (Svédország) Slottskogen parkban, 2002 júliusa és októbere közt megkérdezett mintegy 300 látogató 95%-a hajlandó volt interjút adni (*Thorsson et al. 2004*);
- a lisszaboni (Portugália) projekt bevezető napjain (2006. márc. 12. és ápr. 23.) kivitelezett 91 interjú (*Oliveira and Andrade 2007*) 2007 nyarára 943-ra bővült (*Andrade et al. 2011*);
- 2007 áprilisa és 2008 februárja közt került sor arra az 505 interjúra, melyek a Taichung Cityben (Tajvan) kivitelezett vizsgálat gerincéül szolgáltak (*Lin 2009*).

Egyes helyi vizsgálatok (pl. *Nikolopoulou et al. 2001, Thorsson et al. 2004*) továbbfejlesztéséből országos-, kontinens-, de akár globális szinten is mérvadó **óriás-projektek** nőtték ki magukat. 2001 júliusa és 2002 szeptembere között 5 európai ország 7 városának (Athén – GR, Thesszaloniki – GR, Milánó – IT, Fribourg – CH, Kassel – DE, Cambridge – UK, Sheffield – UK) részvételével zajlott az ún. **RUROS** (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces) projekt, ami az EU5-ös keretprogram „Energia, Környezet és Fenntartható Fejlődés" alprogramjának részét képezte (*Nikolopoulou and Lykoudis 2006, 2007, RUROS 2011*). A városi környezet jobbá tételét, illetve a társasági élet revitalizálását célzó projekt addig példa nélkül álló széleskörű összefogáson és az egyes országokban azonos szempontrendszer és módszertan szerint kivitelezett terepi felméréseken (elsősorban mikrometeorológiai mérésekkel kísért interjúkon, s részben megfigyeléseken) alapult. A vizsgálatok nemcsak a városi környezetek termikus komfortviszonyainak jobb megismerésére és a területhasználat feltérképezésére irányultak, hanem olyan, mindaddig nem vagy kevéssé érintett szegmenseket is vizsgáltak, mint a városi terek vizuális vagy akusztikus komfortja. Az európai kontinensen átívelő jellegének, valamint a közel 9200 db kérdőívnek köszönhetően mind a mai napig ez a kutatási program rendelkezik a legátfogóbb adatbázissal (2.2. MELLÉKLET).

A fent vázolt nagyszabású vizsgálatsorozatból kimaradt, 50° szélességnél északabbra elhelyezkedő észak-európai városok projektszerű tanulmányozása sem váratott magára sokáig. 2003-ban kezdetét vette az **UCS** (Urban Climates Spaces) elnevezésű multi- és interdiszciplináris kutatási program, mely unikális módon három tudományterület (klimatológia, pszichológia és építészet) kutatóinak kollaborációján alapult (*Thorsson et al. 2007b, Thorsson 2008, UCS 2012*). A projekt fókuszában az időjárás, a helyszíni termikus viszonyok és az emberi viselkedés komplex kapcsolatrendszerére vonatkozó ismeretanyag bővítése, valamint ennek a fenntartható várostervezésbe történő integrálási lehetőségei álltak. Az egyazon vizsgálati protokollt követő terepi felmérések eredendően két svéd városban zajlottak (Göteborg és Luleå), de egy párhuzamos japán vizsgálatnak (Matsudo) köszönhetően a projekt internacionális jelleget öltött. Mintaterületül 9, tipikusan szabadtéri városi közterület szolgált (parkok, terek, vízparti sétányok), ahol kérdőíves formában kivitelezett interjúk, megfigyelések, mikro-meteorológiai és meteorológiai mérések révén igyekeztek átfogó, és részletes képet kapni az emberek szabadtéri aktivitásáról (TH, VR), a meteorológiai viszonyokra és helyszínre vonatkozó szubjektív értékeléseikről (SZÉ_i, SzÉ_h), továbbá a kialakult érzelmei állapotukról. A 60 mérési nap során mintegy 6000 interjúra és 620 megfigyelésre került sor (**2.2. MELLÉKLET**).

Az elméleti háttér és a gyakorlati alkalmazás kapcsolatát hivatott erősíteni a klímaváltozás városi népességre gyakorolt várható hatásainak előrejelzésére törekvő németországi **KLIMES** (Planerische Strategien und städtebauliche Konzepte zur Reduzierung der Auswirkungen von klimatischen Extremen auf Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen in Städten) projekt is (*Mayer 2008, Mayer et al. 2008, KLIMES 2012*). A 2006-ban indult kutatási programban nagy hangsúlyt kap a hőhullámok városi környezetben tapasztalt hatásainak vizsgálata: egyrészt gondosan összeállított műszerparkkal, forró nyári napokon kivitelezett helyszíni mérések és kérdőívek, valamint a termikus viszonyok extrém hőterheléssel járó napokra történő numerikus szimulációja révén. A kedvezőtlen hatások mérséklése érdekében a projekt célul tűzte ki a humán bioklimatológiai szempontok bevezetését a várostervezési stratégiák kidolgozásánál, mégpedig oly módon, hogy az ne járjon a környezet túlzott megterhelésével.

Megfigyeléseken alapuló vizsgálatok

A városi népesség tényleges szabadtéri aktivitásáról gyűjtött információk szintén hozzátartoznak a komplex város-bioklimatológiai értékelésekhez. A témával kapcsolatban felmerülő egyik legfontosabb kérdés arra irányul, hogy a tipikus helyi időjárási helyzetek (s azok termikus hatású komponensei) miként befolyásolják az embereket különféle kültéri tevékenységeikben (I→TH, VR). Másrészt azt is fontos tanulmányozni, hogy a helyi klimatikus adottságok figyelembevételével milyen közterület-kialakítás kedvez leginkább a változatos szabadtéri aktivitásformáknak (H→TH, VR). E kérdések megválaszolása érdekében a korábban vázolt nagyszabású városi projektek a kérdőíves adatgyűjtés kiegészítéseként több esetben is tartalmaztak a **területhasználat** (TH), illetve a látogatók **viselkedésmintáinak** (VR) felmérésére irányuló megfigyeléseket (**2.2. MELLÉKLET**).

A legegyszerűbb megfigyelési módszer a terület ***pillanatnyi látogatottságának*** meghatározott időpontokban történő detektálása. Ezzel könnyedén meghatározható mind a teljes látogatószám, mind pedig a különböző viselkedési mintát mutató személyek száma (elkülönítve aktivitás, vagy napfénynek való kitettség szerint; pl. *Thorsson et al. 2007b*). A számítás nem csupán a teljes területre végezhető el, hanem bizonyos – funkci-

onális vagy felszínmorfológiai szempontból előre lehatárolt – területegységek szerinti bontásban is (pl. *Nikolopoulou and Lykoudys 2007*). A pillanatnyi területhasználat utólag is meghatározható a területen készített fotók alapján (pl. *Thorsson et al. 2004, Lin 2009*). E módszer egyszerűsége azonban azzal a hátulütővel jár, hogy megnehezíti azon személyek kiválogatását, akik csak átkelnek a területeten, azokkal szemben, akik tartósan – a terület rekreációs potenciáljának kihasználása miatt – tartózkodnak ott.

Kicsit körülményesebb, de mindenképp pontosabb módszer a ***kumulatív látogatottság*** bizonyos ***intervallumokban*** történő felmérése (pl. *Nikolopolou et al. 2001*). A felmérési intervallum hosszát, valamint a felmérni kívánt viselkedési reakciókat (pl. aktivitás, kitettség, ott-tartózkodás ideje) és esetleg a ránézésre is könnyedén megállapítható személyes paramétereket (pl. nem, korcsoport, társas/egyedüllét) a vizsgált terület jellegétől és funkciójától függően érdemes megválasztani. A módszer gyenge pontjai nagykiterjedésű mintaterületeken, illetve olyan helyszíneken jelentkeznek, ahol túl sok mozgó személy található; ezek a tényezők ugyanis jelentősen megnehezítik egyrészt a tartózkodási idő, másrészt a területi elhelyezkedés pontos behatárolását. A pillanatnyi látogatottság fényképek alapján történő meghatározásának analógiájára a kumulatív látogatószám illetve a látogatók viselkedésének és személyes paramétereinek felmérésére megoldást jelenthet a megfelelő helyzetű térfigyelő kamerák felvételeinek kiértékelése – persze figyelembe véve a személyiségi jogok sérülésének elkerülését.

Kellő számú megfigyeléssel nyert adatbázisból kirajzolódhat a területhasználat időbeli és térbeli mintázata, illetve ezek függése az időjárási illetve termikus viszonyoktól (I, TK → TH). Fontosnak érzem leszögezni, hogy az objektív paraméterek (pl. T_a, PET), amelyekkel a megfigyelési adatok összevetésre kerülnek, ideális esetben **fix helyzetű meteorológiai állomásról** származnak (pl. hivatalos városi állomásról, vagy a terület egy jellemző pontjára elhelyezett stacionárius mikrometeorológiai állomásról; **2.2. MELLÉKLET**).

Ezen a ponton említést érdemel, hogy a területen tartózkodás gyakoriságára és időtartamára vonatkozóan pontosabb képpel szolgálnak a kérdőíves felmérések, ezért a területhasználat mélyreható bemutatásához kombinált kérdőíves-megfigyeléses humán monitoring szükséges. Létezik példa azonban kifejezetten megfigyelés-bázisú vizsgálatokra is; pl. Ohio fővárosában *Suminski et al.* (*2008*) végzett részletes megfigyeléseket annak kiderítésére, hogy az egyes időjárási paraméterek mely szabadtéri aktivitásformára vannak szignifikáns hatással április és augusztus közt között. Külön megfigyelési protokollt dolgoztak ki a lakóövezetekre, az iskolák környékére, valamint a sportpályák igénybevételének felmérésére.

Az emberek szabadtéri aktivitásával kapcsolatos vizsgálatok általában a melegebb évszakokhoz és a nappali órákhoz kötődnek, mindemellett azonban vannak példák a hideg termikus viszonyoknak való kitettség vizsgálatára is (pl. *Mäkinen et al. 2006*). A hidegexpozíció tanulmányozása azokon a területeken indokolt elsősorban, ahol az évnek jelentős hányadában számítani kell alacsony hőmérsékletekre (pl. Észak-Európa, Észak-Amerika), vagyis ahol a hideg – a foglalkozás típusától, a munkába járás módjától és a szabadidős szokásoktól függő mértékben – a mindennapi élet része (*Mäkinen et al. 2006*). Ugyancsak elképzelhetőek olyan kültéri (vagy inkább félig-kültéri) vizsgálatok is, melyeknek a célja egy-egy kerthelyiséggel, vagy szabadtéri teraszrésszel rendelkező étterem, kávézó vagy cukrászda igénybevételének tanulmányozása az esti termikus viszonyok függvényében. Rekreációs városi közterületek (terek, parkok, játszóterek) megfi-

gyelését azonban célszerű a nappali órákban és csapadékmentes napokon elvégezni, mert ilyenkor jobban kimutatható a termikus komplex egyes alapparamétereinek hatása a fizikai aktivitásra illetve a területhasználatra.

A komplex felmérések elemzésének fő irányvonalai és következtetései

A fentebb tárgyaltak értelmében tehát város-bioklimatológia területén tevékenykedő nagyobb kutatócsoportok egyrészt a városi közterületek termikus komfortviszonyaival kapcsolatos ismeretanyag gazdagítását, másrészt az eredmények gyakorlatba való átültetését tűzték zászlajukra.

Az egyes helyszíneken kialakuló **területhasználat** (TH) illetve **viselkedési minták** (VR) jellegzetességeiről megfigyelési adatok és kérdőívek közös kiértékelése révén nyerhető átfogó kép. Míg a kérdőívek feldolgozásával fény deríthető arra, hogy milyen társadalmi csoportok, milyen gyakorisággal, s a terület mely funkcióját szem előtt tartva veszik igénybe leginkább az adott helyszínt (pl. *Thorsson et al. 2004, 2007b, Knez and Thorsson 2006, 2008, Lin 2009*), a terület látogatottságának tényleges térbeli és időbeli mintázatáról a megfigyelési adatok körültekintő értékelése nyújthat reális képet (*Nikolopoulou and Lykoudys 2007*). Értékes többletinformációval szolgálhat a témában a látogatók területi elhelyezkedésének és bizonyos viselkedési reakcióiknak (pl. tevékenységüknek) GIS módszerekkel történő illusztrálása (*Golicnik and Thompson 2010*).

Számos vizsgálati eredmény jelent már meg városi közterületek látogatottságának, s a látogatók viselkedési reakcióinak a termikus viszonyoktól függő alakulásáról (I, TK → TH, VR; **2.10. MELLÉKLET**). Ezek egyértelmű bizonyítékkal szolgáltak arra, hogy az emberek egy bizonyos szintű termikus terhelés esetén tudatosan vagy sem, de javítanak a komfortviszonyaikon: megváltoztatják a ruházatukat, illetve a terület más termikus körülményeket nyújtó (pl. árnyékos) részét választják (pl. *Thorsson et al. 2004*). A regressziós analízisekben függő változóként szereplő összlátogatottság és a napfénynek való kitettségi arány kiszámítása szinte mindig megfigyeléseken, a ruházatból számított clo-értékek pedig rendszerint kérdőíves humán monitoringon alapultak.

Svéd eredmények alapján a szabadtéri területhasználat varianciájának 47%-ért tehető felelőssé az időjárás (*Eliasson et al. 2007*). A legtöbb vizsgált helyszín igénybevétele általában emelkedett a hőmérséklet növekedésével és a tisztább égboltviszonyokkal, viszont a szél erősödésével csökkenést mutatott. Minden területre meghatároztak egy-egy léghőmérsékleti küszöbértéket (8–15°C), mely felett a terület igénybevétele hirtelen megemelkedett, ill. amely felett e paraméter domináns szerepét átvették az égboltviszonyokat leíró ún. „Clearness Index" – CI, valamint a szélsebesség.

A szabadtéri területhasználattal kapcsolatos ismeretanyagot bővítendő a svéd kutatócsoport jelentős energiát fordított a látogatók **helyszínnel és az időjárási viszonyokkal kapcsolatos szubjektív értékeléseire** (SzÉ_h, SzÉ_i), valamint az időjárás (I) ezekre, s az emocionális állapotra (SzT) való hatásaira (*Thorsson et al. 2004, Eliasson et al. 2007, Knez et al. 2009*). Magasabb léghőmérséklet esetén általában szebbnek ítélték a látogatók az egyes területeket; a szélsebesség hatása viszont helyszínfüggőnek bizonyult. Kimutatták továbbá a magasabb léghőmérséklet és a tiszta égboltviszonyok jókedvre gyakorolt pozitív hatásait. A svéd és japán mintaterületekről származó, neutrális termikus viszonyok mellett kivitelezett kérdőívek elemzése révén pedig megkísérelték feltárni a kultúra, valamint az ún. városi-vidéki attitűd (SzT) szerepét az egyes szubjektív értékelések kialakulásában (*Knez and Thorsson 2006, 2008*).

A 2.2. MELLÉKLETBEN felsorolt tanulmányok elemzéseinek többsége a **termikus viszonyok szubjektív értékelésére** (SzÉ_tk), főképp a **hőérzetre**, s a vele összefüggésben lévő általános **komfortérzetre** fókuszált. A hőérzettel kapcsolatos szubjektív értékelések felhasználásával több tanulmány is kísérletet tett az ún. neutrális hőmérséklet illetve preferált hőmérséklet meghatározására: *Nikolopoulou et al.* (*2001*) valamint *Nikolopoulou and Lykoudys* (*2006*) a léghőmérséklet (T_a), *Spagnolo and de Dear* (*2003a*) ezen kívül különféle indexek (ET*, OUT_SET*, PT, PET), *Lin* (*2009*) pedig a PET index értékeiben kifejezve. Megemlítendő, hogy a neutrális és preferált hőmérsékletekre vonatkozó definíciók néhány esetben összemosódtak az említett publikációkban, s kiszámításukra is eltérő módszert alkalmaztak. **Neutrális hőmérséklet – T_{neutr}** alatt az a (valamely °C-dimenziójú mérőszámban kifejezett) hőmérsékleti érték értendő, mely esetén az emberek hőérzete semleges, tehát nem fáznak, s melegük sincs. A **preferált hőmérséklet – T_{pref}** pedig azt a hőmérséklet értéket jelöli, mely esetén az emberek nem vágynak sem hidegebb, sem melegebb viszonyokra. Ebből következően T_{neutr} a szubjektív hőérzet-szavazatok (TSV), T_{pref} pedig a termikus preferencia-szavazatok felhasználásával számítható ki (*Newsham and Tiller 1995*).

A helyszíni mérésekből számított **bioklímaindexek összevetése az interjúalanyok szubjektív termikus értékeléseivel** meglepő eredményekre vezetett. A PMV indexről például kiderült, hogy meglehetősen alkalmatlan a változékony szabadtéri viszonyoknak kitett személyek hőérzetének jellemzésére (*Nikolopoulou et al. 2001, Becker et al. 2003, Thorsson et al. 2004*). Továbbá, annak ellenére, hogy a termikus viszonyok ezt nem minden esetben indokolták, a RUROS projekt mintegy 9200 megkérdezettjének több mint ¾ része érezte összességében kellemesen magát (*Nikolopoulou and Lykoudys 2006*). Hasonló eredményekre jutott *Oliveira and Andrade* (*2007*) is: a változatos termikus viszonyok ellenére mind a 91 interjúalanyuk komfortosan érezte magát. A szubjektív értékelésekkel kapcsolatos eredmények az **alkalmazkodás** evidens, **fizikai** ágensei (ruházat és aktivitásforma évszakos változása) mellett felhívták a figyelmet az ugyancsak kardinális szerepet játszó **pszichológiai** hatótényezőkre is. Utóbbiak olyan (**objektív és személyes paraméterek által meghatározott**) kollektív és individuális tényezőkkel hozhatók összefüggésbe, mint például a hosszabb és rövidebb távú termikus tapasztalatok, az elvárások, a kültéri klimatikus viszonyok feletti kontroll hiánya, valamint az ott-tartózkodás önkéntes mivolta (*Nikolopoulou and Steemers 2003, Becker et al. 2003, Thorsson et al. 2004*).

Valamennyi említett vizsgálat alátámasztani látszik *Höppe* (*2002*) azon megállapítását, miszerint e termikus viszonyokkal való szubjektív megelégedettséget elsősorban az határozza meg, hogy milyenek a vele kapcsolatos elvárásaink. Ezekre az elvárásokra erős hatást gyakorolnak a korábbi termikus tapasztalatok, legyen szó akár az egészen hosszútávú, az adott terület klimatikus viszonyait érintő tapasztalatokról, akár a rövidebbtávúakról, pl. a megelőző nap időjárásáról. A tapasztalatok, illetve elvárások szerepét jelzi a T_{neutr} (és a T_{pref}) vizsgálati helyszíntől függő évszakos, az adott szezon átlagos léghőmérsékletének megfelelő eltolódása. A lakóhely földrajzi fekvésének megfelelően az emberek ugyanis más és más klímához vannak szokva, s az eltérő évszakok esetén eltérő termikus viszonyokra számítanak (*Spagnolo and de Dear 2003a, Nikolopoulou and Lykoudys 2006, Lin 2009*).

A termikus tapasztalatok hatása egészen rövidtávon is fontos lehet; például a szabad levegőn illetve az adott területen eltöltött idő hossza bizonyítottan befolyásolja az embe-

rek termikus érzékenységét, vagyis azt, hogy milyen mértékben képesek érzékelni a termikus környezet változásait (*Thorsson et al. 2004*). *Spagnolo and de Dear* (*2003a*) szerint a szabadtéri elvárások (a beltériekkel szemben) sokkal változékonyabbak mind térben és időben, hiszen az emberek tisztában vannak vele, hogy a természetesen változó kültéri termikus viszonyokat nincs módjuk kontrollálni (szemben például egy klimatizált beltéri helyiséggel). Ez a komfortzónák jelentős kiszélesedéshez és következésképpen – a szokásos értelemben vetthez képest – kisebb szintű diszkomforthoz vezet a szabadban. Ezzel hozható összefüggésbe *Eliasson et al.* (*2007*) azon megállapítása is, hogy az emberek a fizikai környezet változásaival szemben toleránsabbnak olyan esetekben, mikor nagyarányú természetes elem (pl. sok fa) található a vizsgált a területen, feltéve, ha az említett változások természetes módon következtek be.

Ugyancsak kedvezőbb irányba tolja el a terület, valamint a termikus viszonyok szubjektív értékelését az a tény, ha az emberek önként teszik ki magukat a szabadtéri körülményeknek (pl. saját döntésükből tartózkodnak ott, s nem a munkájuk révén), s ha a terület kialakítása folytán azt érezhetik, hogy bármikor lehetőségük van komfortviszonyaik javítására területi elhelyezkedésük módosítása (pl. árnyékba húzódás) által. Tehát a változatos kialakítású szabadtéri területek nem csupán az alkalmazkodás fizikai folyamatait könnyítik meg, de áttételesen pozitív hatással vannak annak pszichológiai aspektusára is (*Nikolopoulou and Steemers 2003, Thorsson et al. 2004*).

Annak érdekében, hogy az objektív mérőszámok jobban tükrözzék a személyes reakciókat, felmerült néhány index módosításának, illetve újraskálázásának ötlete. Az eddigi index-számítási metódus megtartásával a kategóriahatárok megváltoztatása mellett döntött pl. *Lin and Matzarakis* (*2008*), akik a PET indexet skálázták át a tajvani interjúknak megfelelően. *Köppe and Jendritzky* (*2005*) a rövidtávú termikus tapasztalatok hatásait szem előtt tartva javasolta a PT index hőérzet-tartományainak napról-napra történő újraszámítását, az adott napra jellemző átlagos PT figyelembevételével. *Tseliou et al.* (*2010*) pedig a hosszútávú klimatikus tapasztalatok (adott helyszínre jellemző 30-éves klimatikus átlaghőmérséklet) alapján korrigálná a már kiszámított indexek (többek közt a PET) értékeit, az eredeti skála-tartományok megtartása mellett.

A fejezet zárásaként szeretném kiemelni a bemutatott vizsgálatok azon közös konklúzióját, miszerint a racionális bioklíma-indexek – az erős termofiziológiai alapok ellenére – önmagukban nem képesek a termikus környezet által kiváltott hőérzet illetve komfortérzet pontos megbecslésére. Ebből kifolyólag rengeteg olyan további vizsgálat szükséges, mely a termikus környezethez való fizikai (viselkedési) és mentális (pszichológiai) alkalmazkodás tényezőinek és hatásmechanizmusainak pontos megismerésére irányul. A városi népesség szabadtéri termikus környezettel kapcsolatos reakcióinak megértéséhez tehát a személyes tényezők és területi viselkedés mélyreható tanulmányozása szükséges.

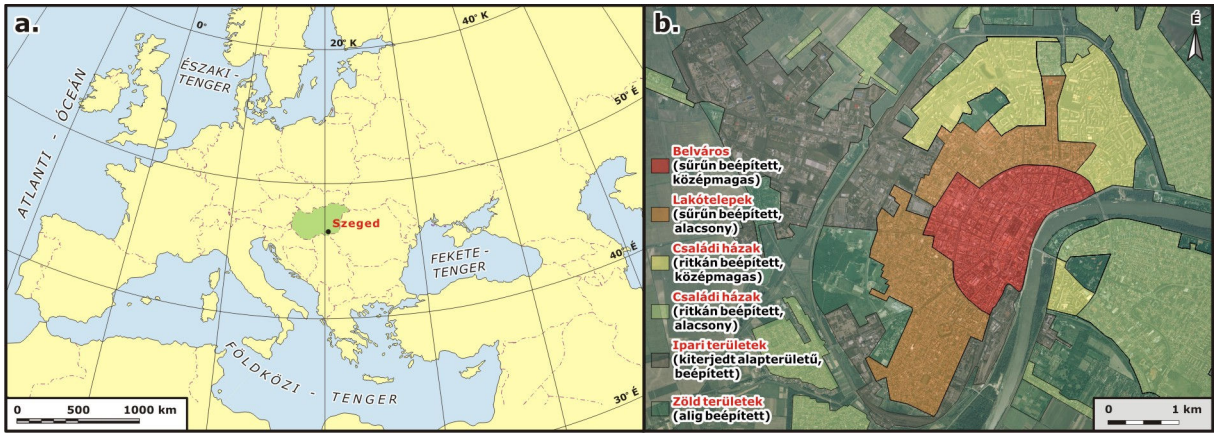
3 A SZEGEDI VIZSGÁLATSOROZAT – ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

PhD éveim folyamán az volt a célom, hogy ismereteket szerezzek arról, mi módon jutnak érvényre az 1.2. és 2.12. ábrán vázolt összefüggések (azok közül is elsősorban a termikus viszonyokra adott humán reakciók) magyar viszonylatban. E komplex ok-okozati rendszer feltárása érdekében egy olyan többoldalú kültéri vizsgálatsorozatba kezdhettem Szegeden az SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszékének égisze alatt, mely az évek során az itteni városklíma-munkacsoporton belül önálló város-bioklíma projektté nőtte ki magát. Ebben a fejezetben ennek a projektnek a területi és metodológiai vonatkozásait mutatom be; feltüntetve a dolgozatom szempontjából kardinális részeket

3.1 MINTATERÜLETEK SZEGEDEN

3.1.1 Dióhéjban Szegedről

Szeged a Dél-Alföldi régió legnagyobb települése, Csongrád megye megyeszékhelye, országunk kiemelkedő kulturális és kereskedelmi központja. A város lakóinak száma 2010-ben megközelítette a 170.000 főt, de lévén Magyarország egyik legjelentősebb felsőoktatási központja, a szorgalmi időszakban ezt a számot jelentősen megemeli a kb. 25.000 egyetemista. Szeged az északi szélesség 46° és a keleti hosszúság 20° körénél helyezkedik el (3.1a. ábra). Természetföldrajzi szempontból az ország legalacsonyabban fekvő régiójához, az Alsó-Tiszavidékhez tartozik, és tengerszint feletti magassága 78-85 m között alakul. A várost a Tisza folyó szeli ketté K-Ny-i, majd éles kanyarulat után É-D-i irányban; s Szeged beépített területeinek nagy része a folyó jobb partján terül el (3.1b. ábra).



3.1. ábra Szeged elhelyezkedése Európában, illetve Magyarországon (a), valamint a város főbb beépítettségi típusainak lehatárolása (b) (*GÁL 2009*)

A globális éghajlati felosztást tekintve, az ország nagyobbik része – így Szeged is – a Köppen-féle Cf (meleg-mérsékelt éghajlat, egyenletes évi csapadékeloszlással), vagy más felosztás szerint a Trewartha-féle D.1 (kontinentális éghajlat, hosszabb meleg évszakkal) klíma-övezetbe tartozik. Az országon belüli finomabb felosztáshoz a víz- és energiaellátottság különbözőségeit figyelembevevő osztályozási rendszert felhasználva, Szeged környékére meleg-száraz klíma adódik: a nyár meleg, aszályra hajlamos, bőséges a napfénytartam, aránylag kicsi a páratartalom és a felhőzet; télen kevés a hócsapadék és emiatt vékony a hótakaró (*UNGER ÉS SÜMEGHY 2002*).

Az 1961-1990 közti 30-éves időszak klímanormái alapján az átlagos évi középhőmérséklet 10,5°C; 16°C-os átlagos maximum és 5,6°C-os átlagos minimum hőmérséklettel.

Az átlagos szélsebesség 3,4 m/s, a csapadékmennyiség 495 mm, a relatív nedvesség 75%, a páranyomás pedig 9,8 hPa. A napsütéses órák száma 2023, s a globálsugárzás éves összege általában meghaladja a 4400 MJ/m^2-t (*WMO 1996, UNGER 1997*).

Bár Szeged közigazgatási területe meghaladja a 281 km^2-t, a ténylegesen városias területek kiterjedése ennél jóval alacsonyabb (25-30 km^2), s a jelentős beépítettségű területek nagy része Szeged árvízvédelmi körtöltésén belül helyezkedik el. A város főbb szerkezet-morfológiai típusaival (**3.1b. ábra**) kapcsolatban az alábbi megállapítások tehetők:

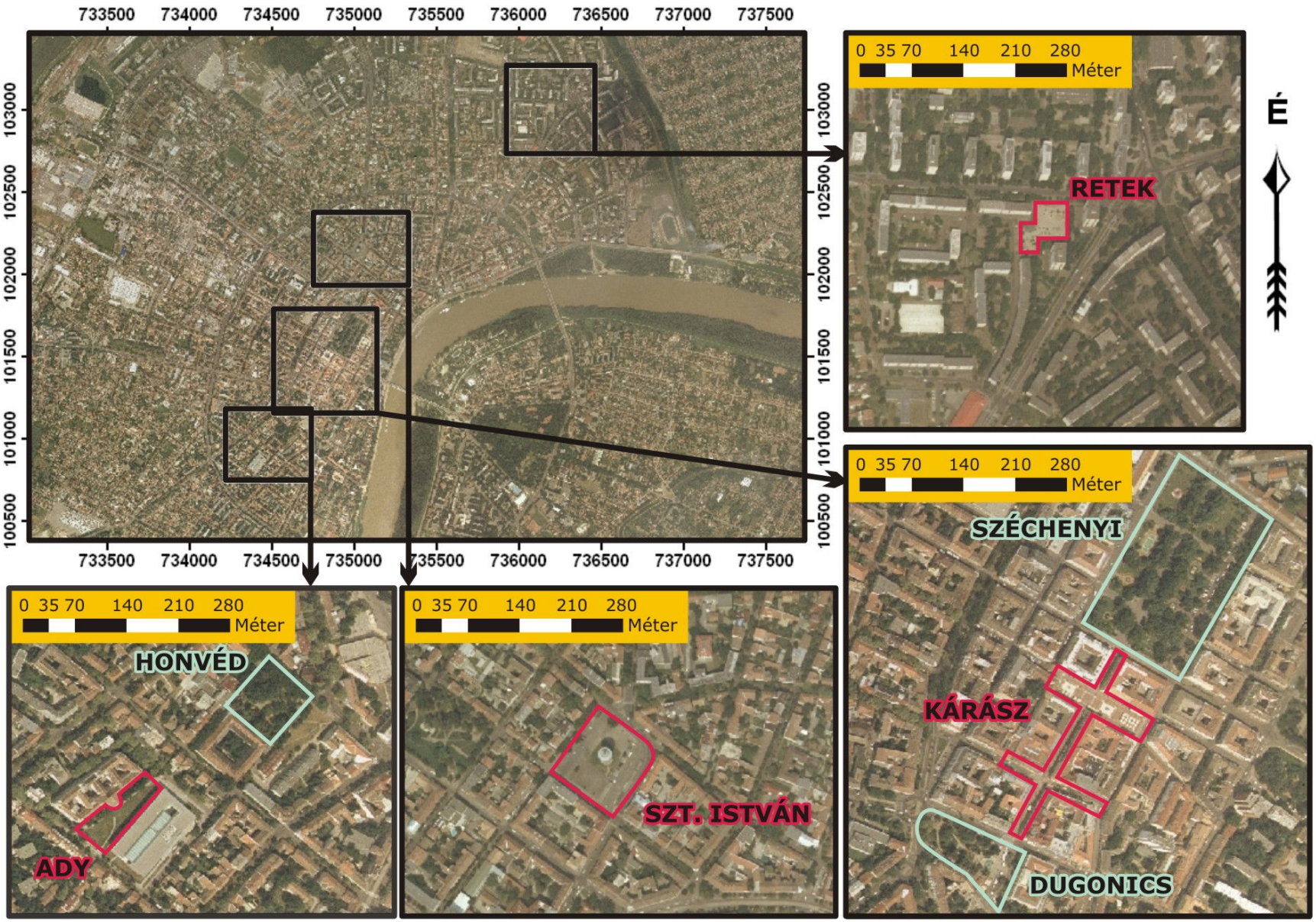
- A 2-4 emeletes házakkal viszonylag sűrűn és egységesen beépített ***belvárosra*** többségében keskeny utcák jellemzőek, melyek oldalain gyakorta 20-30 éves, jól fejlett lombkoronájú fákból álló utcai fasorok futnak. (Az utóbbi néhány év belvárosi közterület-felújítási munkálatainak több ilyen, 20-30 m magas lombhullató fa, illetve fasor is áldozatául esett.)
- A város ***panel-lakótelepeit*** 4-10 emeletes uniformizált épületek jellemzik, melyek közt – a panelházak viszonylag szellős elhelyezése folytán – nagy kiterjedésű, nyílt zöldterületek (pl. játszóterek, zöld udvarok) találhatók. Szeged régebbi építésű lakótelepein jelentős a fás vegetáció aránya.
- Szeged ***családi házas*** övezetét kis alapterületű, 1-2 szintes magánházak alkotják, melyek közt kiterjedt nyílt területek találhatók – főként kerti lágyszárúakkal és fákkal.
- Ezzel szemben az ***ipari és raktárházas*** körzetek nagy alapterületű csarnoképítményei között a felszín szinte teljes egészében szilárd burkolattal van fedve.
- Az eddigi felsorolásból kimaradt városi illetve város-környéki ***zöld területek*** (városi parkok, a Tisza partján található galériaerdők) már tipikusan növényzet-borításúak; épület vagy szilárd burkolat csak elenyésző százalékban fedi felszínüket.

3.1.2 A vizsgált közterületek

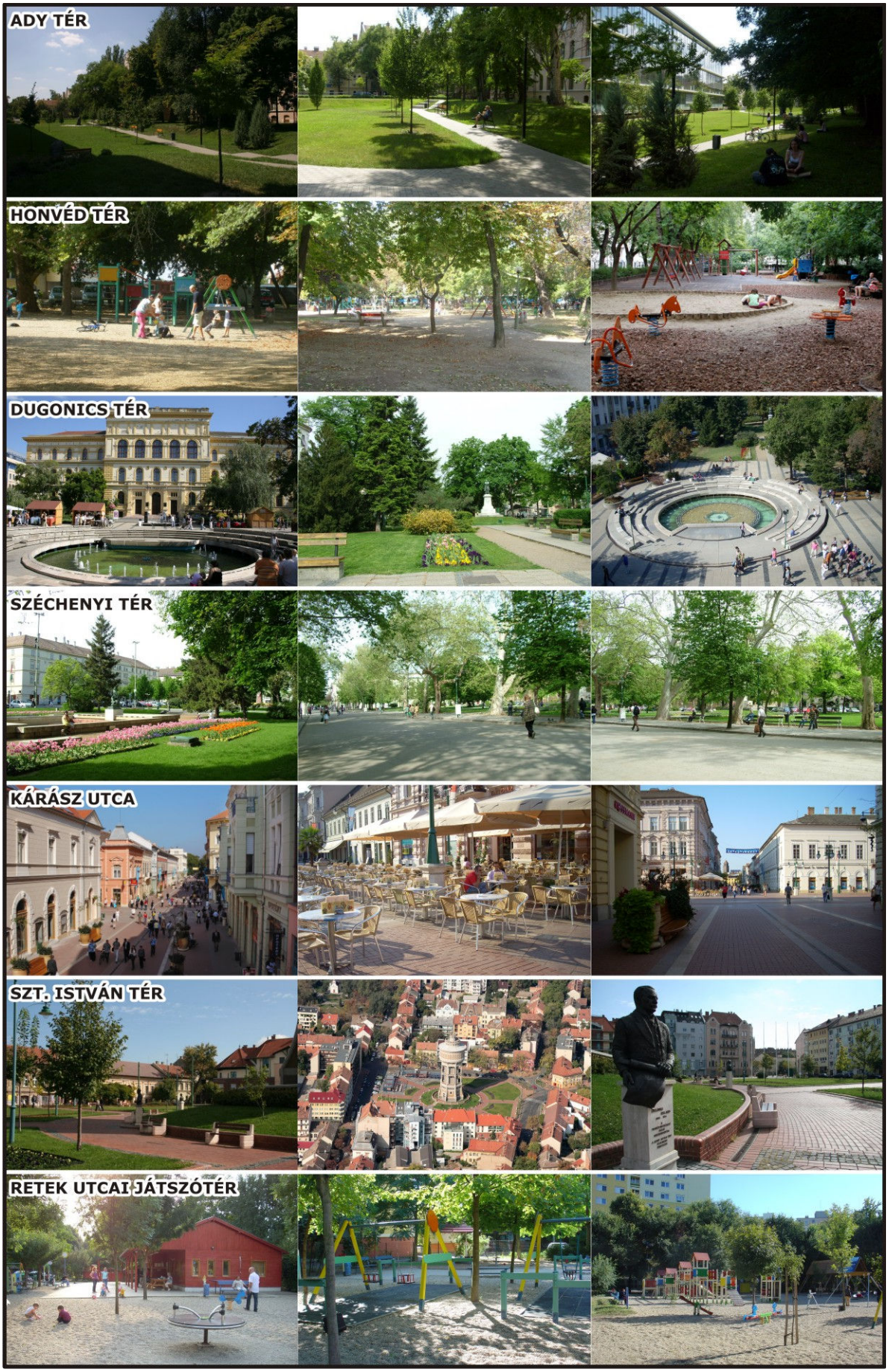
A szegedi város-bioklimatológiai projekt keretein belül az elmúlt pár év során több városi (elsősorban belvárosi) közterület termikus komfortviszonyai is górcső alá kerültek. A vizsgálatok kezdeti szakaszában elengedhetetlen volt az Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék gondjaira bízott belvárosi OMSZ állomás közelsége; a projekt későbbi szakaszában azonban a mobil mérőeszközök már jóval távolabbi helyszíneken is lehetővé tették a vizsgálatokat (**3.2. ábra**).

A mintaterületek rövid jellemzése

Első számú mintaterületként az SZTE **Ady** téri épülete (BTK), valamint a Tanulmányi és Információs Központ (TIK) között elhelyezkedő, mintegy 5000 m^2-es zöld terület szolgált, melyet szorgalmi időszakban nagy számban látogatnak az egyetem hallgatói (**3.2.** és **3.3. ábra**). Az ÉK-DNy „csapásirányúnak” tekinthető, aszimmetrikus kis parkon díszburkolatos járda vezet keresztül, mely középtájban kör alakúvá szélesedik (**3.1. MELLÉKLET**). A terület legnagyobb részét fű borítja, s rajta csupán néhány fiatal fa szolgál gyér árnyékkal. E füves rész, köszönhetően a körülölelő tereplépcsőnek, kb. 1 méterrel alacsonyabban fekszik a környező területeknél. A BTK felőli oldalon számos idős fa található, melyek a napállástól függő mértékben a tereplépcső egy részét is beárnyékolják. A területre rendszerint 10 padot helyez ki a város önkormányzata az év melegebb hónapjaiban: 8-at a járda mellé, 2-t pedig a füves térrész ÉK-i és DNy-i végeire. A mintaterületet közrefogó 20-30 m magas egyetemi épületeknek, valamint különböző fajtájú és korú fáknak köszönhetően a helyszínre érkező embereknek általában lehetőségük nyílik napos, félárnyékos és teljes árnyékban lévő alterületek közül választani.



3.2. ábra A szegedi város-bioklíma projekt eddigi mintaterületeinek városon belüli elhelyezkedése



3.3. ábra A szegedi város-bioklíma projekt eddigi mintaterületei

A vizsgálatok második mintaterületéül a kb. 6000 m^2-es, négyzet alakú **Honvéd** teret választottam, mely pihenőhelyi funkciói mellett elsősorban játszótérként működik (3.2. és 3.3. ábra). Bár az egyetem közelsége révén a látogatók jelentős részét itt is a húszas éveik környékén járó fiatalok teszik ki, az ide látogatók életkora jóval szélesebb spektrumot ölel fel, mint az Ady téren. A koradélutáni órákban a Honvéd tér árnyékolási viszonyai jelentősen eltérnek az első mintaterületétől; itt elhanyagolható a környező épületek árnyékhatása, ezzel szemben a vegetációs periódusban rengeteg magas, idős lombhullató fa szolgáltat szinte mindenütt egységes, félárnyékos viszonyokat (3.2. MELLÉKLET). A felszín nagy részét okker-sárga kavicsburkolat fedi; az emellett található füves borítás a terület nagy részén mára már jelentősen kikopott. A területen több, régebbi típusú pad található, melyek közül a Honvéd teret ÉK-i oldalról határoló utcán elhelyezkedőket nem vettük bele a vizsgálatokba, mivel azok elsősorban az ottani buszmegállóhoz tartoznak, s nem a tér rekreációs funkciói miatt veszik igénybe az emberek.

A 2011-es évvel kezdődően új, az egyetemtől egyre távolabb eső mintaterületek is felmérésre kerültek. A megközelítőleg 7500 m^2 területű **Dugonics** tér nem csupán pihenőhelyszínként szolgál, de jelentős átmenőforgalommal is rendelkeznik (3.2. és 3.3. ábra). E tipikus belvárosi tér legjellemzőbb eleme a rajta található kör alakú szökőkút, melynek karimáját úgy alakították ki, hogy az 3 koncentrikus, lépcsőzetesen emelkedő gyűrűként számos ülőhellyel szolgáljon. S valóban, a szökőkút köré legalább olyan mértékben telepednek le időzni a látogatók, mint a területen található nagyobbacska padokra. A tér szökőkút környéki, kavics-beton járólapokkal kirakott részét szinte egész nap éri a direkt sugárzás, míg a döntően füves felszínborítású, virágágyásokkal, sövényekkel, s elszórtan fákkal tarkított Ny-i oldalának árnyékviszonyai jóval változatosabbak (3.3. MELLÉKLET).

A projekt céljaira kiválasztott mérési helyszínek közül eddig – 35.000 m^2-es területével – a **Széchenyi** tér számít a legnagyobbnak (3.2. és 3.3.g-h ábra). A téglalap alakú tér fő tengelyét a DDNy-ÉÉK irányban húzódó, 20-30 m-es idős platánfákkal szegélyezett széles betonút jelöli ki, melynek mindkét oldalán gondozott füves blokkok helyezkednek el, köztük beton, vagy térkő borítású gyalogutakkal (3.4. MELLÉKLET). E nagyrészt nyitott füves részek közül többnek is szobor helyezkedik el a központjában, de az egyik ilyen egység egy téglalap alapterületű szökőkutat rejt. A Széchenyi téren rengeteg pad található, melyek közül a legtöbb a központi betonút mentén, az idős lombhullató fák árnyékában helyezkedik el. Mind a Dugonics, mind pedig a Széchenyi tér több ízben szolgál évente különféle kirakodóvásárok helyszínéül.

E két teret Szeged legismertebb sétálóutcája, a vörös térkővel borított **Kárász** utca köti össze (3.2. és 3.3. ábra). A hozzá kötődő mintaterület az ugyanazon felszínborítással rendelkező, rá merőleges Klauzál teret és Kölcsey utcát is magában foglalja, de a továbbiakban csak az utca nevével fogok rá hivatkozni. E sétálóövezetet restaurált műemlék épületek szegélyezik, melyek földszinti részén egymást érik a különféle üzletek, butikok és vendéglők kirakatai. Megfelelő időjárási viszonyok esetén számos étterem és cukrászda alakít ki kiülő teraszt a sétálóutcán. Az utcabútorok szabályos geometriai rendszerben futnak végig a területen; a Kárász utca mentén például két-két sorban találhatóak padok (a kirakatok, illetve az utca tengelye irányába fordítva), s mindegyik, egymásnak háttal fordított pad-kettős mellé hatalmas kaspókban álló növényeket helyeztek el (3.5. MELLÉKLET). Fontos azonban leszögezni, hogy ezen a mintaterületen egyetlen (számotte-

vő méretű, talajban gyökerező) fa sem található, így árnyékolásáért kizárólag az épületek, valamint a mesterségesen kihelyezett árnyékoló-szerkezetek felelősek.

A szegedi népesség körében víztorony-tér néven emlegetett **Szt. István** teret, valamint a tér szimbólumaként számon tartott víztornyot pár éve újították fel (3.2. és 3.3. ábra). Magyarország első vasbeton víztornya, mint a terület középpontja köré sugárutas-körutas rendszerű gyalogösvényeket alakítottak ki (3.6. MELLÉKLET). A Kárász utca burkolatával megegyező vörös térkővel borított járdák, valamint az általuk közrefogott gondozott zöld gyep felülnézetből igencsak tetszetős mintát rajzolnak ki. A területen nem található számottevő árnyékkal szolgáló vegetáció, csupán néhány fiatal facsemete hordozza a majd évtizedekkel később élvezhető hűsítő árnyék ígéretét.

A többitől eltérően az utolsóként bemutatásra kerülő mintaterület nem a belvárosban, hanem a szellős beépítéssel jellemezhető panel-övezetben található. A **Retek** utcán elhelyezkedő vizsgálati helyszín egy kerítéssel körülzárt modern játszótér, melyet a Máltai Szeretetszolgáltat üzemeltet (3.2. és 3.3. ábra). Alaprajzát tekintve ez a mintaterület két egymásba csúsztatott négyzetnek tekinthető, melynek nagy részét szürke kavics borítja (3.7 MELLÉKLET). A napfényes órákban a változatos játszótéri eszközöknek mintegy felét éri a direkt napsugárzás, hiszen a játszótér legnagyobb részén csupán egy-két, kis lombkoronával rendelkező fiatal fa található. Számottevő árnyék csupán bizonyos részeire jut a területnek DNy-i részen és a kerítésen kívüli idős lombhullató fák, valamint a terület D-i szomszédságában elhelyezkedő 10-emeletes panelház árnyékolása által.

A mintaterületek feltérképezése

A konkrét helyszíni vizsgálatokat megelőzően szükség volt a mintaterületek pontos felmérésére, egyrészt a humán monitoringhoz szükséges munkatérképek elkészítése, másrészt a közterek számítógépes területmodelljének felépítése érdekében (lásd 2.12. ábra).

A vizsgálati helyszínek – mintaterületenként 2-3 segítő közreműködésével zajló, 1-2 napot igénybevevő – **feltérképezése** magában foglalta a mesterséges és természetes tereptárgyak, valamint a különböző felszínborítási típusok pontos koordinátáinak rögzítését (***SOKKIA*** geodéziai mérőállomással), valamint az épületek és a fás vegetáció magasságának felmérését (***Vertex III-***típusú ultrahangos famagasságmérővel). A fák esetében a teljes és törzsmagasságot, a törzskerületet valamint a lombkorona sugarát is feljegyeztük. Ennek a vizsgálatok egy olyan jövőbeli szakaszában vehető majd igazán haszna, mikor helyszíni mérések hiányában vagy azokat kiegészítve mikroskálájú modellekkel (RayMan, ENVI-met) szimuláljuk a területeken kialakuló sugárzási folyamatokat, illetve meteorológiai paramétereket.

A mintaterületek **geokódolt térképei** az ***ArcView GIS*** geoinformatikai szoftver segítségével készültek el. A felmért objektumok a program View ablakában jeleníthetők meg grafikusan, ahol az egyes felszínborítási típusokat, valamint az épületek pontos határait poligonok reprezentálják, a fák helyét pedig pontmarkerek jelölik. A közterek felmérése során rögzített adatokat (tehát minden egyes objektum koordinátáit, illetve pontos méreteit) a poligonokat és pontokat tartalmazó rétegekhez tartozó attribútumtáblázatok tartalmazzák. Az ArcView programból kiexportált képek alapján a ***CorelDRAW*** grafikai szoftverrel készítettem el a mintaterületek (Ady és Honvéd tér) felmérési térképeit, melyek a humán monitoring során a látogatók elhelyezkedésének feljegyzésére szolgáltak.

3.2 HELYSZÍNI VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Az általam választott vizsgálati elrendezés – a komplex humánkomfort vizsgálatok főbb módszertani elemeit összegző **2.12. ábra** alapján – a helyszínen kialakuló termikus viszonyok numerikus szimulálásával szemben a terepi információgyűjtésre helyezte a hangsúlyt, kiaknázva annak valamennyi metodológiai csoportját. Ez objektív részről a vizsgált mintaterületek mikro-bioklimatológiai kondícióinak **mobil állomással** történő **helyszíni felmérését** jelentette; míg az adatgyűjtés humán monitoring oldala egyrészt **megfigyeléseken**, másrészt **kérdőíves** formában kivitelezett interjúkon alapult. Valamennyi módszer előzetes próbavizsgálatok keretein belül került kifejlesztésre, melyekhez az Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék munkatársai nyújtottak segítséget.

2008 tavaszán kezdetét vette az első 6-hetes vizsgálatsorozat, melyet azóta számos másik követett. Időközben a módszerek sokat finomodtak a terepi tapasztalatok alapján, valamint a rendelkezésre álló műszerpark és a humán erőforrások bővülése lehetővé tette a kezdeti vizsgálati kérdéskör kiszélesítését. A 2011-es évtől kezdve a vizsgálatok fókuszpontjának áthelyeződése révén az alkalmazott módszer-csoportok egymás közti aránya jelentősen eltolódott, ezért célszerűnek látom két nagy mérési kampányra osztani az eddigi felmérési periódusokat. Ezek főbb jellemvonásait röviden a **3.1. táblázat** összegzi.

3.1. táblázat A szegedi város-bioklíma projekt során kivitelezett olyan vizsgálati napok száma, melyek pillanatnyi megfigyelések (pM), kumulatív megfigyelések (kM), és helyszíni mérésekkel kombinált kérdőíves felmérések (K + VK) tekintetében érdemi adatokkal szolgáltak. A dolgozatom **4.1.**, **4.2.** és **4.3.** fejezeteiben látható eredmények előállításához a különféle színekkel kiemelt adathalmazokból indultam ki

Helyszín	I. kampány: 12:00 - 15:00				II. kampány: 10:00 - 18:00		
	2008 tavasz	2009 tavasz	2009 ősz	2010 tavasz	2011 tavasz	2011 nyár	2011 ősz
Ady	13 pM, 14 kM	15 pM, 14 kM	14 pM, 15 kM 9 K + VK-1	17 pM, 17 kM 7 K + VK-1			
Honvéd		15 pM, 15 kM	15 pM, 15 kM 5 K + VK-1	18 pM, 18 kM 8 K + VK-1		2 pM 2 K + VK-1,2	
Széchenyi					12 pM 12 K + VK-1		
Dugonics					12 pM 12 K + VK-2		
Szt. István						2 pM 2 K + VK-1,2	
Retek						2 pM 2 K + VK-1,2	6 pM 6 K + VK-1,2
Kárász						2 pM 2 K + VK-1,2	5 pM 5 K + VK-1,2

Az **I. kampány** 2008, 2009 és 2010 tavaszát, valamint 2009 őszét öleli fel. Helyi idő szerint **déltől délután 3 óráig** tartottak a felmérések heti 3 munkanap (kedd, szerda, csütörtök) az átmeneti évszakok szabadtéri aktivitásra alkalmas hónapjaiban (általában 6 héten keresztül április legelejétől május közepéig, valamint szeptember második hetétől október második hetéig). Kezdetben a tanszék nem rendelkezett helyszíni mikrometeorológiai méréseket lehetővé tévő mobil állomással, s ez egyrészt erős hatást gyakorolt a mintaterületek kiválasztására, másrészt pedig **megfigyelés**-alapú módszerekre korlátozta a felmérések humán monitoring oldalát (melyek viszont emiatt kifejezetten hangsúlyosan szerepeltek; **3.2.1. fejezet**). A vizsgálati helyszínek kijelölésénél nagyon fontos volt az egyetem Ady téri épületéhez **telepített belvárosi meteorológiai állomás** közelsége; ezért esett a választás elsőként a teljesen kézenfekvő **Ady** téri zöldterületre (**3.2. ábra**).

A megfigyelési protokoll 2008-as, Ady téri kifejlesztését és racionalizálását követően 2009 tavaszától párhuzamos mérések vették kezdetüket az Ady, és hozzá meglehetősen közel eső a **Honvéd** téren (3.2. ábra). 2009 nyarának végére megérkezett a tanszék által rendelt egyedi konstrukciójú, könnyen mobilizálható **város-bioklimatológiai állomás** (továbbiakban VK-1 állomás; 3.2.3. fejezet), s ez lehetővé tette a helyszíni mérésekkel kísért **kérdőíves** felméréseket is az év őszétől. A megfigyelésekkel ellentétben – lévén csak egy VK állomás – a kérdőívezés egyszerre csak az egyik mintaterületen folyhatott (3.1. táblázat).

A **II. mérési kampány** azután vette kezdetét, miután megérkezett a **második város-bioklimatológiai állomás** (VK-2; 3.2.3. fejezet), ami egyrészt lehetővé tette párhuzamos helyszíni mérések lefolytatását különböző mintaterületeken (avagy egyazon mintaterület két jelentősen eltérő karakterisztikájú mintapontján), másrészt pedig a **kérdőíves** felvételezés hangsúlyosabb szerepeltetését (3.2.2. fejezet). Ezzel komplementer módon a **megfigyelések** jelentősen leegyszerűsödtek (3.1. táblázat). E kampány során már helyi idő szerint **10:00-től 18:00-ig** folytak a felvételezések: 2011 tavaszának és őszének 6-6 hetén keresztül (egyetemi szorgalmi időszak) a hét első két munkanapján, nyáron pedig ennél kicsit rapszodikusabb kivitelezésben, de ugyancsak hétköznapokon.

2011 tavaszán a **Széchenyi** és a **Dugonics** téren – mint két, meglehetősen eltérő kialakítású városi téren – zajlottak párhuzamos mérések 12 napon keresztül (március végétől május közepéig). Ezzel szemben a – június 22-től augusztus 23-ig tartó – nyári periódus során sokkal több városi közterület került felmérésre, s a két VK állomás mindig ugyanazon a mintaterületen tartózkodott; általában annak egy árnyékos (VK-1) és egy direkt napsugárzásnak kitett (VK-2) pontján. A 8 nyári mintanap egyenlő arányban oszlott meg négy helyszín, a **Honvéd** tér, a **Szent István** tér, a **Retek** utcai játszótér, valamint a **Kárász** utcai mintaterület között. Ezek közül a **két utóbbi** lett kiválasztva a 7-hetes (szeptember 12-től október 25-ig tartó) őszi periódushoz, hasonlóképp kettő VK-állomás/mintaterület mérési elrendezés szerint. A többször is mostoha időjárási körülmények miatt a Retek utcai játszótéren 6, a Kárász-Klauzál mintaterületen pedig csupán 5 felmérési napot sikerült teljesíteni.

Az egyes felmérési periódusokba tervszerűen belefoglalt, s gyakorlatilag megvalósított mérési napokat a 3.8. MELLÉKLET listázza. A szorgalmi időszakba eső párhuzamos mérések kivitelezésében az egyetem számos hallgatója közreműködött, akik egy szabadon választható kurzus révén vettek részt a vizsgálatok humán monitoring (megfigyelés, kérdőívezés) részében – természetesen megfelelő előzetes módszertani ismertető, s rendszeres felügyelet mellett. A következő fejezetekben a terepi felmérések során alkalmazott vizsgálati protokollt ismertetem a 3 fő módszertani egység szerinti bontásban (3.2.1. fejezet: megfigyelések, 3.2.2. fejezet: kérdőívek, 3.2.3. fejezet: helyszíni mikroklíma-mérések).

3.2.1 Megfigyelések

Humán monitoring oldalról tekintve a 2008-2010 közti időszak vizsgálatait, a megfigyelés-bázisú módszerek szerepeltek igen hangsúlyosan az egyetemi meteorológiai állomás tőszomszédságában fekvő Ady téren, valamint a hozzá közel eső Honvéd téren. Az **I. kampány** során alkalmazott megfigyelési protokoll egy, a nemzetközi vizsgálatokhoz mérten szélesebb körű adatbázis létrehozására irányult, legalábbis a felmért változók tekintetében. Megfigyeléseink ugyanis nem csupán az egyetem közeli terek összlátogatottságára (pillanatnyi látogatószámára), mint a területhasználat (TH) legegysze-

rűbb mutatójára fókuszáltak, hanem a területen tartózkodó emberek viselkedési reakcióinak (VR) és néhány személyes jellemzőjüknek (SzT) a részletes, meghatározott időintervallumokban történő detektálására is. Fontos megjegyezni, hogy a megfigyelések során eltekintettünk azoktól a személyektől, akik csupán átkeltek a mintaterületen.

A **pillanatnyi látogatószám** 10 percenként történő feljegyzése az Ady téri mintaterület esetén a látogatók napfénynek való ***kitettsége*** (nap / félárnyék / árnyék), a Honvéd téren pedig ***tevékenységük*** aktív / passzív jellege alapján történt (**3.2. táblázat, 3.9. MELLÉKLET**). A felvételezési szempontokat az első tér esetében a változatos árnyékolási viszonyok, a másodiknál az eredendően játszótéri funkció indokolták.

3.2. táblázat Az I. kampány pillanatnyi és részletes megfigyelései során felmért tényezők

	ADY		**HONVÉD**	
Pillanatnyi látogatószám	*minden **10.** percben* kitettség szerint (nap / félárnyék / árnyék)		*minden **10.** percben* tevékenység szerint (aktív / passzív)	
Kumulatív látogatószám + viselkedési és személyes jellemzők **táblázata**	***félórás** intervallumokban*		***negyedórás** intervallumokban*	
	elhelyezkedés nem korosztály ruházat tevékenység kitettség	ID számmal jelölve térképen férfi / nő gyerek / fiatal / középkorú / idős részletes felmérés → 3 kategória <0,45 clo / 0,45-0,9 clo / 1 clo< aktív / passzív nap / félárnyék / árnyék	elhelyezkedés nem korosztály ruházat	pad számát feljegyezve férfi / nő gyerek / fiatal / középkorú / idős részletes felmérés → 3 kategória <0,45 clo / 0,45-0,9 clo / 1 clo<
			(*csak a padon ülő látogatók – szinte mindegyik pad félárnyékban volt*)	

A 10-percenkénti aktuális látogatószám mellett az Ady téren napi 6, egyenként félórás időtartam alatt jóval **részletesebben is felvételeztük** a területen időző személyeket. Ez magában foglalta minden olyan egyén elhelyezkedésének **térképi** rögzítését (a **3.1. MELLÉKLET**-ben látható a felmérési térképen), aki az adott félóra alatt legalább pár percre a területen tartózkodott. Ennek eredményeként minden 12:00 és 15:00 óra közötti félórás időintervallumra rendelkeztünk egy térképpel, melyen a sorszámmal (ID) ellátott látogatók pontos helyét (TH) ábrázoltuk, illetve egy **táblázattal**, ami a térképre vitt személyek nemét, korcsoportját (SzT), ruházatát, aktivitását és pozícióját (VR) tartalmazta (**3.2. táblázat**). Minden félóra 1. ID-számmal indult, ezáltal rögtön megkaptuk, hány látogatója volt a mintaterületnek az adott periódusban (**kumulatív látogatószám**).

A megfigyelésekhez használt táblázatok (**3.10. MELLÉKLET**) kitöltése minden esetben a dátum, az aktuális időtartam (vizsgálati félóra), s a megfigyelés napjának (kedd / szerda / csütörtök) megadásával kezdődött. A sok információ viszonylag rövid idő alatt kivitelezhető feljegyzését elősegítendő, a megfigyelést végző személyeknek csupán bekarikázniuk kellett a soron következő egyénre vonatkozó paraméterek rövidítéseit a felvételi ív szélén feltüntetett, könnyedén megtanulható jelkulcs alapján. Az első féléves tapasztalatok alapján az ID számok térképi feltüntetése mellett 2009 tavaszától a személyes paraméterek táblázata is tartalmazott egy, a látogatók ***területi elhelyezkedésére*** vonatkozó részt. Ide vagy az ülőhelyül szolgáló pad **3.4. ábrán** feltüntetett sorszáma került, vagy az előzetesen lehatárolt alterületek (lásd később – **4.12. ábra**) valamelyike lett kiválasztva. A kezdeti, 2008-as megfigyelési táblázat két olyan személyes tényezőt is tartalmazott (*színkomplex* és *testalkat*), melyek megítélése túlságosan szubjektívnek bizonyult, ezért a későbbi vizsgálatok folyamán eltekintettünk ezek felmérésétől.

A felmért ***tevékenység***-típusokat a későbbi feldolgozás során két csoportra osztottam: aktívnak számítottak a területen játszó és sétálgató (pl. telefonáló, kutyát sétáltató,

gyereket kísérő) személyek, míg az egyhelyben álló, ülő és fekvő látogatók a passzív kategóriába kerültek. Minden olyan esetben, amikor azt a napfényviszonyok lehetővé tették, feljegyeztük a vizsgált személyek ***kitettségét*** (napon / félárnyékban / árnyékban). A ***nem*** megadása után a következő – ránézésre megállapítható – ***korkategóriákba*** soroltuk a látogatókat: gyerek / fiatal / középkorú / idős. A ***ruházat*** pontos, és részletes feljegyzéséből később a humán bioklimatológiában használatos clo-egységeket számoltam (a látható ruházaton túl megfelelő alsóöltözéket feltételezve), s három csoportot különítettem el: < 0,45 clo / 0,45-0,9 clo / 1 clo < (viszonyításként lásd a **2.2. táblázatot**).

Az előzőekben vázolt megfigyelési módszer leginkább „pihenőhelyi viszonyok", s zömében passzív látogatók esetén alkalmazható. Mivel a nagyszámú aktív látogató (főként gyerek) területi elhelyezkedésének jelölése, s pontos jellemzése nehézségekbe ütközött volna, a játszótérként (is) funkcionáló Honvéd téren csupán a padokon helyet foglaló személyek felmérése mellett döntöttünk. Ennek időszükséglete azonban jóval kisebb; az előzetes próbavizsgálatok alapján a negyedórás intervallumok bizonyultak a legmegfelelőbbnek (**3.2. táblázat**).

A Honvéd téren végzett megfigyelések során nem volt szükség a látogatók térképi jelölésére, a felvételező személyeknél lévő térkép (**3.2. MELLÉKLET**) csupán a padok sorszámának meghatározására szolgált. A felmért egyének térbeli ***elhelyezkedését*** ugyanis az általuk elfoglalt padok számának feljegyzésével rögzítettük a felvételi íven (**3.11. MELLÉKLET**). Az Ady téri megfigyelésekhez hasonlóan ez esetben is a dátum, a nap és a vizsgálati negyedórás intervallum kitöltésével kezdődött a felmérés, s ez esetben is karikázós módszerrel jelöltük a negyedóránként 1. ID számmal kezdődő látogatók ***nemét***, ***korcsoportját***, valamint ***ruházatát***. A megfigyelési táblázatból (**3.2. MELLÉKLET**) ez esetben kimaradt a kitettségre vonatkozó rész, köszönhetően a tér általában egységesen félárnyékos padjainak.

Az I. kampány idején végzett pillanatnyi és kumulatív jellegű megfigyelésekre a nap legmelegebb (koradélutáni) óráiban került sor, melyek feltételezésünk szerint egybeesnek a legmagasabb humán aktivitást mutató időszakkal – figyelembe véve a vizsgált átmeneti évszakokat. Bár a felmért változók tekintetében kifejezetten átfogó adatbázist eredményeztek az I. kampány megfigyelései, azok mégsem használhatóak a területhasználat időbeli, csupán térbeli mintázatának jellemzésére.

A szegedi közterület-használat napi és szezonális jellegzetességeinek feltárására a **II. mérési kampány** időben kibővített felmérései által nyílik lehetőség. Mivel ekkor már nem a megfigyeléseken volt a hangsúly, azok leszűkültek a pillanatnyi látogottság felvételezésére, melyekre félóránként került sor, minden nap 10:00 és 18:00 között. A látogatók száma egyrészt előre meghatározott, vizsgálati helyszínenként eltérő alterületek (szektorok), másrészt a napfénynek való ***kitettség*** alapján került megállapításra. A számolás a legtöbb mintaterület esetén a következő, funkcionális alapon elkülönített ***szektorok*** alapján történt: padok, füves térrész, járda (**3.12. MELLÉKLET**). Amennyiben a mintaterület szökőkúttal, vagy játszótéri eszközökkel is rendelkezett, az esetben ezek is a szektorok közé lettek sorolva. A Kárász utca óriási átmenőforgalma teljesen ellehetetlenítette a területen pusztán áthaladó, illetve az ott sétálgató és nézelődő látogatók elkülönítését. Hogy a megfigyelések ésszerűen rövid idő alatt kivitelezhetők legyenek, ezen a területen csupán az ülő látogatók felmérése mellett döntöttünk; külön jegyezve a terület padjain ülő látogatókat és a kávézókban helyet foglaló vendégeket.

3.2.2 Kérdőíves felmérések

A helyszíni termikus viszonyokra adott szubjektív reakciók és a területhasználatot befolyásoló objektív és szubjektív paraméterek pontosabb megértése érdekében a megfigyeléseken túl kérdőíves formában kivitelezett interjúk készültek a mintaterületek látogatóival. Egy-egy ilyen irányított beszélgetés általában **3-5 percet** vett igénybe. A megfigyelések módszertanához hasonlóan némileg a kérdőívek is változtak az évek során, köszönhetően néhány olyan részeredménynek, melyet a mérési periódusok közti szakaszos feldolgozásuk révén kaptam. Az I. kampány idején alkalmazott kérdőívet, valamint a javítások által előállt jelenlegi verziót a **3.13. MELLÉKLET** szemlélteti. Ezek közül az újabb változatot mutatom be, de a szakmai korrektség jegyében felhívom majd a figyelmet néhány, a kezdeti interjúk idején elkövetett, de azóta már kiküszöbölt adatfelvételezési hibára is.

A kérdőíveken elsőként az interjú kezdetének időpontja, valamint az égboltviszonyokra vonatkozó rész került kitöltésre. Ezután azoknak a **szubjektív alapparamétereknek** a feljegyzése következett (SzT: *nem, kor, magasság, testsúly*; VR: *pozíció, testhelyzet, aktivitás, ruházat*), melyek fizikai-termofiziológiai úton közvetlen befolyással bírnak a szubjektív hőérzetre, s melyeket ezért szinte mindegyik nemzetközi szakirodalomban közölt kérdőív rögzített valamilyen formában (lásd **2.2-2.8. MELLÉKLET**eket).

Ezt a részt néhány egyéb, feltételezhetően fiziológiai és pszichológiai síkon hatást kifejtő személyes tényező (SzT) felmérése követte – az **életmódra**, **egészségi állapotra**, s a **pillanatnyi közérzetre** irányuló általános és specifikus kérdések sorozatán keresztül (**3.13. MELLÉKLET**). A válaszadását több esetben is olyan szemantikus differenciál típusú mérőskálák segítették, melyeken a skálaértékek nem voltak feltüntetve, de a 7-fokozatú skála két oldala az adott kérdésnek megfelelő, ellentétes értelmű válaszlehetőségeket jelentett. Az interjúalany saját kezű jelölésének távolsága a skála középpontjához képest, nemcsak válaszának irányultságát, de véleményének intenzitását is kifejezte (*ROZGONYINÉ 2001*). Ilyen skálák segítségével mértük fel a kérdezett személyek ***általános egészségi állapotát*** (*rossz–jó*), ***közérzetét*** (*fáradt–kipihent*, *szomorú–boldog*, *ideges–nyugodt*), továbbá szabadidejének eltöltési helyére vonatkozó ún. ***környezeti attitűdjét*** (*városi–vidéki*).

A következő kérdéscsokor az egyének **személyes területhasználatával** (TH), s a vele feltételezhetően szorosan összefüggő személyes tényezőkkel foglalkozott. Itt kérdeztünk rá például a *területre látogatás indokára* és *gyakoriságára,* a *mintaterület megközelítésének módjára,* s a *helyszínen eltöltött idő hosszára*.

Ezután következett a kérdőív – vizsgálataimat tekintve – legjelentősebb része a **termikus környezet szubjektív értékelésének** (SzÉ_tk) különböző aspektusaival kapcsolatban. Az interjúalanyok egy olyan speciális szemantikus differenciál skála segítségével nyilatkoztak saját, ***egyéni hőérzetükről*** (***TSV***), mely a PMV és PET bioklíma-indexek hőérzet-tartományaival ekvivalens – nagyon hidegtől nagyon melegig terjedő – 9 kategóriát tartalmazott (**3.13. MELLÉKLET**). A nemzetközi példákkal (lásd **2.2-2.8. MELLÉKLET**eket) ellentétben az általam használt kérdőíven – mintegy újításként – a hőérzet tizedesjegy pontossággal való jelölésére is lehetőség nyílt. A hőérzet után a látogatók egy 7-fokozatú szemantikus differenciál skála segítségével ***általános komfortérzetükről*** számoltak be. Ezt követte az egyes meteorológiai elemek (léghőmérséklet, légnedvesség, szélsebesség, napsugárzás) szubjektív megítélése percepció és preferencia formájában. A ***percepció***

(érzet) felmérésére 4 db 7-fokozatú szemantikus differenciál skála szolgált, a ***preferencia*** esetén pedig 3 opció közül választhattak a látogatók, melyek tükrözték, hogy az interjúalany szeretne-e változást bármelyik tényezőben, s ha igen, akkor milyen irányú módosulás idézné elő, hogy kellemesebben érezze magát (**3.13. MELLÉKLET**). Külön kérdés szolgált annak felmérésére, hogy hány °C-nak érzi a kérdezett személy a hőmérsékletet (***"érzett hőmérséklet" – $T_{érz}$***).

A termikus viszonyok szubjektív értékeléseit kettő, a látogatók **viselkedési alkalmazkodására** (VR) vonatkozó kérdés követte. Arra kértük az interjúalanyokat, hogy válasszanak ki az előre felsorolt opciók közül maximum 3-3-at, mellyel akkor élnének, ha túl hideggé, avagy túl meleggé válnának számukra a körülmények (**3.13. MELLÉKLET**). A legutolsó kérdéscsokor a **mintaterület szubjektív értékelésére** (SzÉ_h) vonatkozó általános és specifikus kérdéseket tartalmazott.

A későbbiek folyamán a kérdőívek 7-fokozatú szemantikus differenciál skáláira (egészségi állapot, közérzet, környezeti attitűd, helyszínértékelés és a termikus viszonyok percepciója) adott válaszokat minden esetben -3-ról +3-ig terjedő egész számokkal kódoltam. A preferencia-szavazatokat 0-val jelöltem, ha az interjúalany nem kívánta az adott paraméter megváltozását, -1-gyel amennyiben a csökkenését (gyengülését), +1-gyel, pedig ha a növekedését (erősödését) szerette volna. A szubjektív hőérzet-skálára adott válaszokat tizedesjegy-pontossággal konvertáltam át -4-től (nagyon hideg) +4-ig (nagyon forró) terjedő számokká.

A kérdőív összeállításakor sok ötletet merítettem *Spagnolo and de Dear* (*2003a*), *Stathopoulos et al.* (*2004*), *Nikolopoulou and Lykoudys* (*2006*), *Knez and Thorsson* (*2006*), *Thorsson et al.* (*2007b*), valamint *Lin* (*2009*) munkáiból. Az általuk alkalmazott kérdéseket illetve skálákat kisebb-nagyobb mértékben módosítottam *Rozgonyiné* (*2001*) munkája és saját ötletek alapján. Már a 2010 tavaszától alkalmazott kérdőívek is némiképp kibővültek az első félév (2009 őszének) interjúkon alapuló helyszíni vizsgálataihoz képest: az életvitelre, valamint az érzett hőmérsékletre vonatkozó kérdések csak ekkortól szerepelt a kérdőíveken. A 2011-es év ennél jóval nagyobb változásokat hozott: jelentősen átalakult például a területhasználattal (TH) kapcsolatos kérdéscsokor, a helyszín szubjektív értékelésére vonatkozó kérdések (SzÉ_h) pedig sokkal konkrétabbá váltak, valamint külön blokkba kerültek a kérdőív végére (**3.13. MELLÉKLET**).

Ennél is fontosabb kiemelni, hogy az említett szemantikus differenciál skálák tipikus két-végpontos elnevezése csupán 2011 tavaszától valósult meg. A korábban használt változatban a végpontok helyett a skálák egy-egy középső-szélső válaszlehetősége volt felcímkézve (**3.13. MELLÉKLET**). Ez a kérdőív első oldalán szereplő, a helyszín értékelésével kapcsolatos skálák esetén sajnos túlzott mértékben magára irányította az interjúalanyok figyelmét, akik emiatt csak ritkán választották a legszélső, vagy a középtájt elhelyezkedő értékeket. A termikus viszonyok percepciójára vonatkozó négy 7-fokozatú skála azonban szerencsére már a kérdőív korábbi verziójában is könnyen értelmezhető volt, s nem okozta bizonyos értékek aránytalanul nagy választási gyakoriságát. Az általános komfortérzet tekintetében 2010 tavaszán még csupán két lehetőség közül választhattak a látogatók: kellemetlenül / kellemesen érzik-e maguk az adott pillanatban (**3.13. MELLÉKLET**).

A kérdőívezésbe bevont személyek elhelyezkedésének térképi jelölésére, valamint ID számuk feltüntetésére a kérdőíven az interjú végeztével került sor, a humán monitoringot koordináló (és a mobil mérőműszert kezelő) személy által. Ez a 2009-2010-

es vizsgálatok idején – amikor 12:00-15:00 közt általában 2-3 egyetemi hallgató végezte a kérdőívezést – többnyire én magam voltam, vagy egy tanszéki demonstrátor. 2011-től kezdődően a hosszabb vizsgálati időből (10:00-18:00) kifolyólag a kérdőívezést (valamint a pillanatnyi megfigyeléseket) végző személyek kétórás blokkokban váltották egymást a különböző mintaterületeken. A két állomással történő párhuzamos helyszíni mérések felügyeletének illetve a mintaterületek közt megosztott hallgatók irányításának ellátásához ekkor már több emberre volt szükség.

Az I. kampány idején fontos volt, hogy a mintaterületen időző látogatók közül csak azokat kértük fel az interjúkra, akik a mobil állomás napfénynek való kitettségével ekvivalens pozícióban helyezkedtek el. Ennek indoka, hogy a vizsgált tavaszi és őszi koradélutáni órákban szervezetünk energiaegyenlegére általában a sugárzási viszonyok fejtik ki a legnagyobb hatást, s ezen belül is a direkt napsütésnek való kitettség.

3.2.3 Helyszíni mikrometeorológiai mérések

2009 őszétől a terepi vizsgálatok mobil város-bioklíma állomással (VK) kivitelezett helyszíni meteorológiai mérésekkel egészültek ki. Az Ady téri mérések esetén – az akkor még csak egyedüli – VK-1 állomást általában 2-3-szor áthelyeztük a felmérések mintegy 3 órás időtartama alatt. Ezzel szemben a későbbi kampány, illetve a többi helyszínen kivitelezett mérések során igyekeztünk mindig ugyanazokra a pontokra felállítani az állomásokat, hogy lehetőség nyíljon megvizsgálni, hogy az időjárás függvényében milyen mikro-bioklimatikus viszonyok alakulnak ki a különböző, egymáshoz viszonylag közel elhelyezkedő mérőpontokon, s ez miként változik az idő előrehaladtával.

Az első és második VK állomást, melyek a humán bioklimatológia irányelveivel összhangban az emberi test súlypontjának magasságában rögzítik a szükséges paramétereket, a **3.4. ábra** szemlélteti. Az egyedi konstrukciójú mérőegységek a pontos és gyors adatfelvételnek, valamint a könnyű mozgathatóságnak köszönhetően rendkívül alkalmasak a kis és közepes méretű városi területek termikus viszonyainak, illetve a területen elhelyezkedő egyes személyek szűk termikus környezetének felmérésére.

Az összecsukható alumínium-lábakra helyezhető állomások 2-2, már önmagukban is műszeregyüttesnek számító, percenkénti átlagadatokat szolgáltató részből tevődnek össze (**3.3. táblázat**). A Vaisala gyártmányú automata mérő- és távadóállomás a termikus komfortindexek számításához szükséges ***léghőmérséklet*** T_a [°C], ***relatív légnedvesség*** RH [%], és ***szélsebesség*** v [m/s] értékek mellett *légnyomás*, valamint *csapadékmérő* szenzorokkal is rendelkezik. A Kipp & Zonen sugárzásmérő egység (a VK-2 állomás esetén egy újabb típusú változat) egy több állásba forgatható karon keresztül csatlakozik az állomás törzséhez. Ez teszi lehetővé a fenti és lenti irányokból, valamint 4 fő égtáj felől érkező rövid- és hosszúhullámú sugárzási fluxusok (K_i és L_i [W/m^2], i = 1,...,6) elkülönített mérését, s a belőlük történő ***átlagos sugárzási hőmérséklet*** T_{mrt} [°C] kiszámítását a leginkább ajánlott T_{mrt} meghatározási módszernek megfelelően (*Höppe 1992, VDI 1998*; lásd a **2.5.1. fejezetet**). A terepi vizsgálatok folyamán a 2, egymásnak háttal álló piranométerből és a 2, hasonló elrendezésű pirgeométerből álló sugárzásmérőt 3 percenként forgattuk új, az előzővel derékszöget bezáró állásba (tekintetbe véve a műszer beállási idejét). A T_{mrt} későbbi – álló és ülő testhelyzetre történő – kiszámításához mindhárom mérőállás esetén az utolsó mért értéket használtam fel, s az egyes sugárzási fluxusokat a **2.9. táblázatban** feltüntetett W_i láthatósági tényezőkkel súlyoztam a mérési irányoknak megfelelően (lásd a **2.5.1. fejezetet**).

3.4. ábra A helyszíni mérésekhez felhasznált város-bioklíma állomások (VK-1 és VK-2), valamint az egyetemi telepített meteorológiai állomás (OMSZ állomás) műszerparkja

3.3. táblázat A meteorológiai mérőállomások szenzorai, valamint azok működési magassága

Paraméter		OMSZ állomás	VK-1 és VK-2 állomás	
léghőmérséklet	T_a [°C]	HMP 35D hőmérő és légnedvességmérő *Vaisala*, 2 m	THERMOCAP hőmérő	WXT 520, *Vaisala*, 1,2 m
relatív nedvesség	RH [%]		HUMICAP légnedvességmérő	
szélsebesség	v [m/s]	WAA 15A kanalas szélmérő, *Vaisala*, 26 m	WINDCAP ultrahangos szélmérő	
rövid-hullámú sugárzási fluxusok, globálsugárzás	K_i [W/m^2] G = K↓	CM 11 piranométer, *Kipp & Zonen*, 18 m	CM 3 piranométer	CNR 1 ill. CNR 2, *Kipp & Zonen*, 1,1 m
hosszúhullámú sugárzási fluxusok	L_i [W/m^2]		CG 3 pirgeométer	
adatrögzítés		MILOS 500, Vaisala	pendrive	
átlagolási időtartam		10 perc	1 perc	

3.3 TOVÁBBI ADATOK, ADATFELDOLGOZÁS, ADATKEZELÉS

3.3.1 Belvárosi meteorológiai állomás adatsorának letöltése

Vizsgálataimhoz az egyes mintaterületeken mért mikrometeorológiai paramétereken kívül az aktuális időjárási (I) viszonyokat jellemző meteorológiai adatokat is felhasználtam. A ***léghőmérséklet*** T_a [°C], a ***relatív nedvesség*** RH [%], a ***szélsebesség*** v [m/s], valamint a ***globálsugárzás*** G [W/m^2] 10-perces átlagértékeit az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) Szeged belvárosában üzemelő állomásának adatbázisából töltöttem le. Az állomás léghőmérséklet és légnedvesség szenzorai utcaszinten, 2 m magasságban helyezkednek el az egyetem épülete mellett felállított hőmérő-házikóban (**3.4. ábra**; **3.3. táblázat**). Ezzel szemben a globálsugárzást mérő piranométer, valamint a kanalas szélsebességmérő az egyetemi épület tetején, a talajszint felett mintegy 18, illetőleg 26 m magasságban üzemel.

A tetőn mért szélsebesség adatokat később a humán bioklimatológiai irányelveknek megfelelő 1,1 m-es magasságra redukáltam a **2.5.1 fejezetben** említett:

$$v_{1,1} = v_{26} \cdot (1,1/26)^{\alpha}, \qquad \alpha = 0,12 \cdot z_0 + 0,18 = 0,42$$

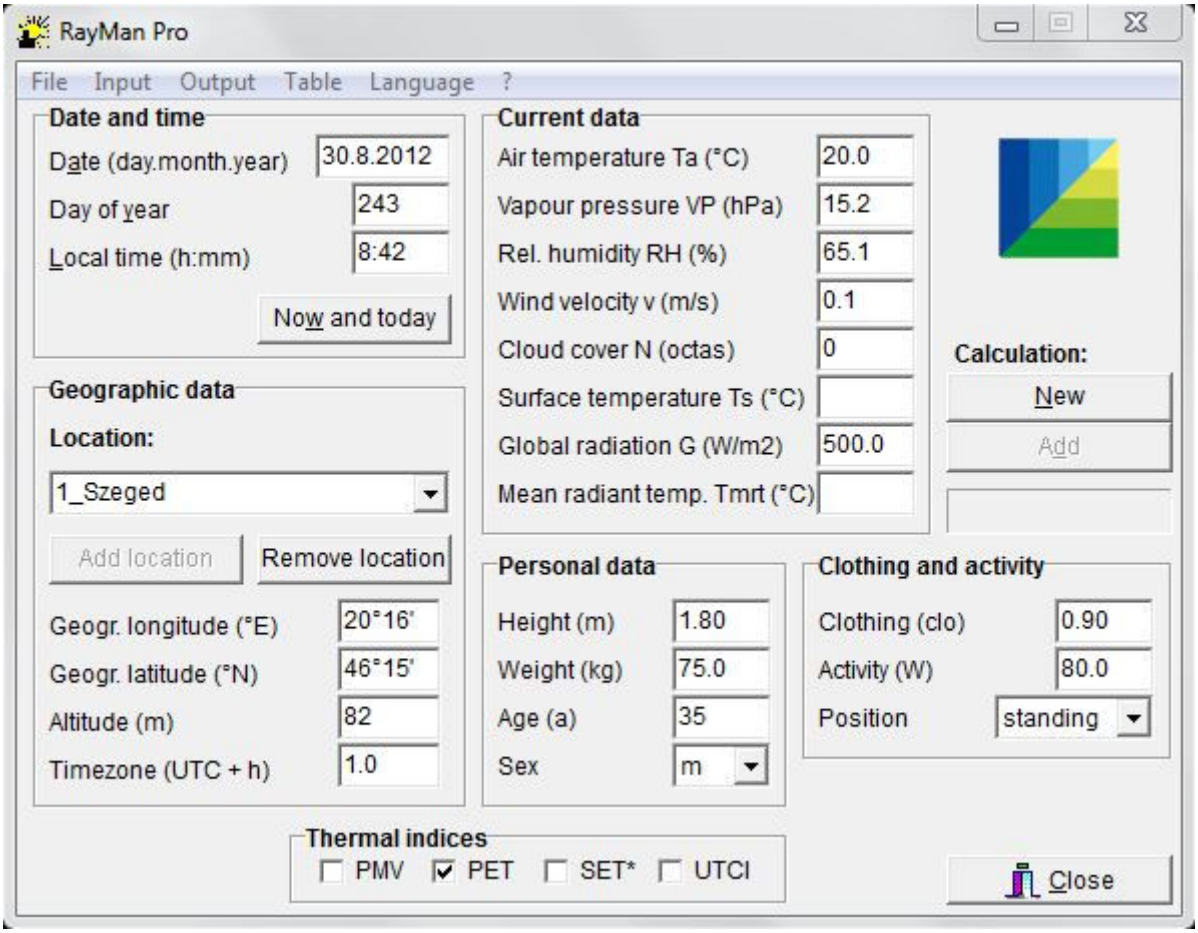
összefüggés alapján, ahol v_{26} [m/s] az egyetem tetején álló szélmérőtorony 26 m magasságában mért szélsebesség. Mivel a mérőállomás a sűrűn beépített belvárosi régióban található, magas fákkal a környezetében, az érdességi magasság esetén a z_0 = 2,0 értéket alkalmaztam (*PROBÁLD 1981, MATZARAKIS ET AL. 2009*).

3.3.2 Bioklimatológiai mérőszámok kiszámítása

A telepített állomás adatsorából letöltött és a helyszínen mért meteorológiai paraméterekből a **RayMan** modell (*MATZARAKIS ET AL. 2007B, 2010B*) segítségével állítottam elő a humán hőérzet, illetve komfortérzet objektív mérőszámául szolgáló bioklíma-indexeket (**3.5. ábra**). Ezek közül a ***PET*** és az ***UTCI*** – már definíciójából adódóan is – a városbioklimatológiai vizsgálatokban szokásos „standard emberre" vonatkozik; vagyis egy 1,8 m magas, 75 kg súlyú, 35 éves, egyenesen álló férfire, aki alapmetabolizmusán túl 80 W energiát termelő tevékenységet végez, és olyan ruházatot visel, melynek hőszigetelőképessége 0,9 clo (**2.3. fejezet**). A ***PMV*** esetében lehetséges volt a nem standard alanyra történő számítás is (pl. interjúalanyonként külön-külön) azáltal, hogy a RayMan személyes paraméterekre vonatkozó bemeneti ablakának alapbeállításait megváltoztattam. A nemzetközi tapasztalatokhoz hasonlóan azonban én is túl extrém PMV értékeket nyertem, melyeket úgy döntöttem, nem használok fel az elemzésekhez.

Az **OMSZ állomás adataiból** történő számításokhoz az utcaszinten mért T_a, RH, az 1,1 m-re redukált v, valamint az égboltkorlátozástól mentes G értékekből indultam ki. Az index-kalkuláció során nem éltem a RayMan szoftver kínálta lehetőséggel, mely szerint az egyetem tetején, gyakorlatilag 100%-os égboltláthatóság mellett mért globálsugárzás értékeket az előírt 1,1 m-es magasságra redukálhattam volna az egyes mérési pontokra jellemző felszíngeometriai adatok alapján. Ennek oka az volt, hogy az OMSZ állomás adatsorát, s a belőle számított indexeket, mint időjárási hátteret (I) kívántam felhasználni a helyszíni mérések és a megfigyelések révén nyert adatokkal történő összevetésekhez. Egyrészt tehát ahhoz, hogy kimutassam, mely mintaterületek milyen módosító hatással bírnak az egyes termikus paraméterekre (H, I → TK). Másfelől kíváncsi voltam rá, hogy miként alakul a szabadtéri területhasználat, a látogatók nem és kor szerinti össze-

tétele, valamint viselkedési alkalmazkodása (pozíció, aktivitás, ruházat), s mindezek térbeli megoszlása az aktuális időjárási viszonyok függvényében (I → TH, VR).



3.5. ábra A RayMan software (2010-es verziójának) kezdőablaka

A **VK-1** ill. **VK-2 állomásokkal** (1,1-1,2 m magasságban) mért helyszíni adatokat, illetve a belőlük számított mérőszámokat (TK) egyrészt az időjárási háttérrel (I), másrészt a kérdőívnek a termikus környezet szubjektív értékelésére vonatkozó (SzÉ_tk) válaszaival kívántam összevetni.

3.3.3 Objektív és szubjektív információk összekapcsolása, feldolgozása

A humán monitoring során gyűjtött adatok, vagyis a 10 illetve 30 percenként felmért pillanatnyi látogatószámok, a negyed- és félórás periódusokban megfigyelt szubjektív jellemzők, valamint a kérdőíveken feljegyzett információk ***Microsoft Excel*** munkafüzetbe kerültek. A **megfigyelések** eredményéül kapott digitális táblázatokat az **OMSZ állomás** termikus paramétereivel (T_a, RH, v, G, PET) illetve a belőlük képzett 30 perces átlagértékekkel bővítettem. Az **interjúk** pontos idejének ismeretében pedig minden kérdezett személy adatsorához hozzácsatoltam a hozzá időben legközelebb eső – **VK állomással** mért – mikro-bioklimatológiai adathalmazt (T_a, RH, v, T_{mrt}, PET, UTCI). Mivel 2011-nyarán és őszén már két VK állomás teljesített szolgálatot ugyanazon terület két pontján (**3.1. táblázat, 3.8. MELLÉKLET**), a napfénynek való kitettség alapján döntöttem el, hogy melyik állomás adatsorát melyik interjúalanyhoz illetve alanyokhoz rendelem hozzá.

Az egyesített objektív és szubjektív adatbázisok statisztikai vizsgálatához az ***SPSS***, illetve a ***PASWStatistics*** szoftvert alkalmaztam. A különböző úton (mérés, megfigyelések, valamint kérdőívezés által) nyert paraméterek a **3.14. MELLÉKLET**-ben közölt táblázat

szerint lettek „scale” (skála), „ordinal” (ordinális vagy rangsor) valamint „nominal” (nominális vagy névleges) adattípusként kezelve az egyes statisztikai próbák során. Nominális (avagy egy nominális és egy ordinális) típusú változók közti kapcsolat leírására a Cramer-féle **V**, és a kontingencia koefficiens (**C**) elnevezésű mérőszámokat használtam; ordinális adatok esetén pedig a Kendall-féle tau-b (τ_b), valamint a Spearman-féle rho (ρ) statisztikákákkal fejeztem ki a változók közti kapcsolat erősségét.

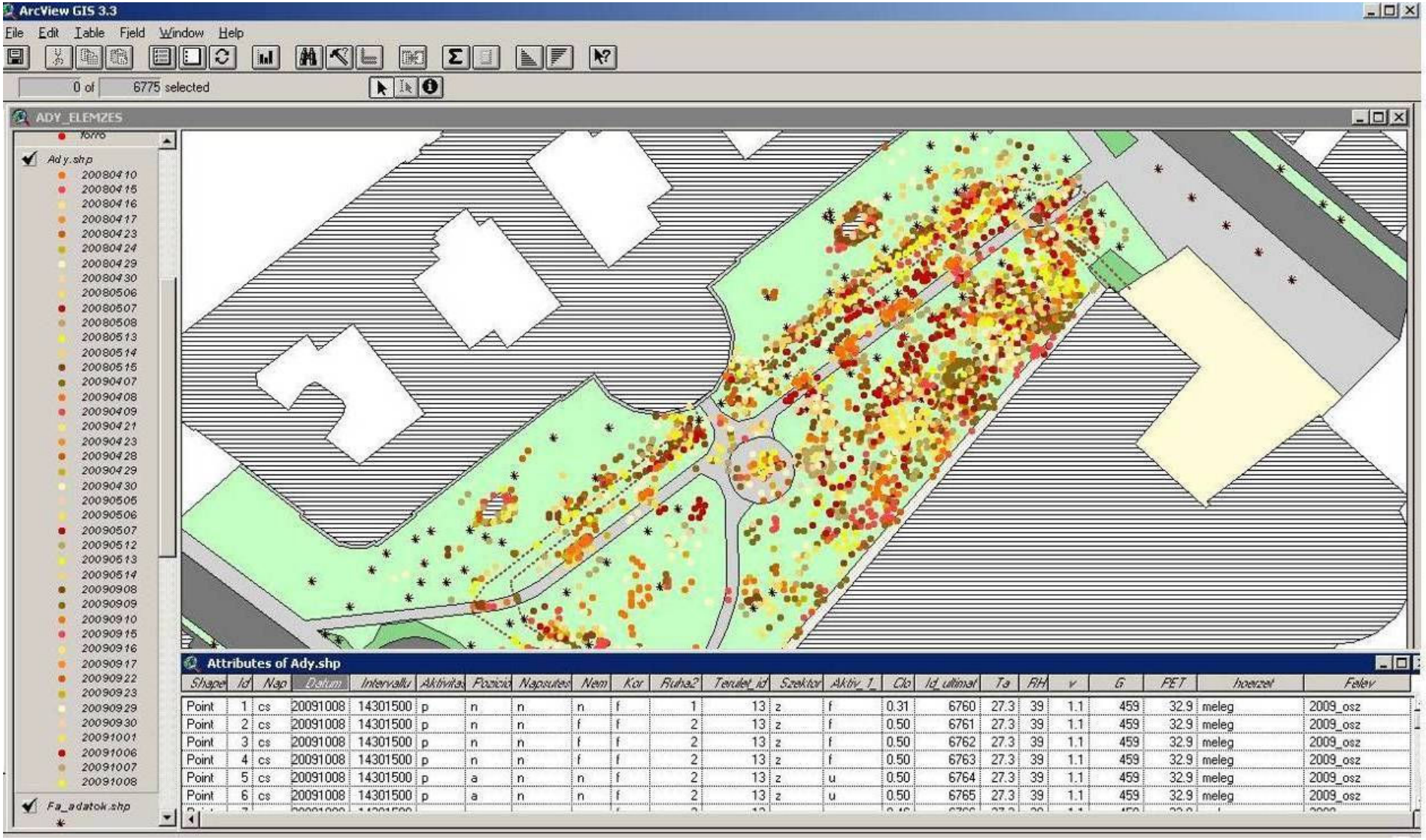
A skála típusú változók teljes adatbázison végzett korrelációs vizsgálatakor is inkább a ρ mellett döntöttem a „szokásos” Pearson féle korrelációs együttható (**R**) helyett, ugyanis szinte sosem teljesült az R használatának alapvető feltétele, vagyis az adatok normál eloszlása. Az is a jóval robusztusabb statisztikai mérőszám mellett szólt, hogy szemben az R-rel, amely az adatok közti lineáris összefüggés erősségét vizsgálja, a ρ mint rangkorrelációs koefficiens a két változó közti monoton kapcsolat erősségét fejezi ki; az elemzett objektív-szubjektív változópárok közt pedig sok esetben beszélhetünk monoton, ámbár nem lineáris kapcsolatról. Az összefüggések erősségét kifejező különböző statisztikai mérőszámok mellett minden esetben közlöm az elemszámot (**N**), valamint a szignifikanciaszintet (α).

Ezeknél a vizsgálatoknál szinte minen esetben a mérések révén nyert termikus alapparaméterek, illetve a belőlük számított indexek szolgáltak független (prediktor) változóként, míg a termikus környezet módosulására adott humán reakciók (szubjektív értékelések, viselkedési reakciók), valamint a területhasználat szerepeltek függő (prediktandusz) változóként. A tisztábban kirajzolódó összefüggések érdekében több esetben átlagoltam a termikus viszonyok értékelésére illetve a területhasználatra vonatkozó szubjektív adatokat az objektív paraméterek (T_a, RH, v, T_{mrt}, PET, UTCI) kis értéklépcsői alapján, majd regressziós analízissel vizsgáltam a két változó közti függvénykapcsolatot. A függvény meredeksége megmutatja, hogy az adott értéktartományon az emberek milyen érzékenyen reagálnak a termikus viszonyok egységnyi megváltozására, a determinációs koefficiens ($\mathbf{R^2}$) pedig az illeszkedés jóságát jellemzi.

3.3.4 Térképi adatok digitalizálása és megjelenítése

Az Ady téri részletes **megfigyelések** (I. kampány) révén nyert felmérési térképeket mérési periódusonként az ***ArcView GIS***-ben digitalizáltam (a humán monitoringban részt vevő néhány hallgató segítségével). Az így kapott pontokat tartalmazó rétegekhez a felmért személyek ID száma alapján kapcsoltam az Excel táblázatban korábban egyesített objektív és szubjektív adatokat. Valamennyi, a mérési periódusok látogatottságára és időjárási viszonyaira vonatkozó információt egy, az ArcView-val kezelhető fájlba mentettem (**3.6. ábra**). Ennek az integrált adatfeldolgozásnak köszönhetően bármely látogató kiválasztható, s megmondható róla, hogy milyen személyes tulajdonságokkal (SzT, VR) rendelkezett, mikor volt a területen, és az adott időszakot az időjárási paraméterek és a bioklíma-indexek milyen értékei jellemezték (I).

Az ArcView lehetőséget adott arra, hogy az attribútum táblázatban található bármely tulajdonság, vagy ezek kombinációi alapján látogatókat jelöljek ki, csoportosítsam, s leválogassam őket az ezt követő statisztikai vizsgálatokhoz. A kiválasztást bizonyos esetekben a felmért személyek elhelyezkedése alapján tettem meg – a látogatókat szimbolizáló pontmarkerek kijelölésével.



Shape	Id	Nap	Datum	Intervallu	Aktivitás	Pozíció	Napsütés	Nem	Kor	Ruha2	Terület_id	Szektor	Aktív_1	Clo	Id_ultinal	Ta	RH	v	G	PET	hőérzet	Évszak
Point	1	cs	20091008	14301500	p	n	n	n	f	1	13	z	f	0.31	6760	27.3	39	1.1	459	32.9	meleg	2009_osz
Point	2	cs	20091008	14301500	p	n	n	f	f	2	13	z	f	0.50	6761	27.3	39	1.1	459	32.9	meleg	2009_osz
Point	3	cs	20091008	14301500	p	n	n	f	f	2	13	z	f	0.50	6762	27.3	39	1.1	459	32.9	meleg	2009_osz
Point	4	cs	20091008	14301500	p	n	n	f	f	2	13	z	f	0.50	6763	27.3	39	1.1	459	32.9	meleg	2009_osz
Point	5	cs	20091008	14301500	p	a	n	n	f	2	13	z	u	0.50	6764	27.3	39	1.1	459	32.9	meleg	2009_osz
Point	6	cs	20091008	14301500	p	a	n	n	f	2	13	z	u	0.50	6765	27.3	39	1.1	459	32.9	meleg	2009_osz

3.6. ábra Az Ady téri mintaterület részletes intervallum-megfigyelési eredményeinek megjelenése az ArcView programban

4 EREDMÉNYEK–I: A SZEGEDI FELMÉRÉSEK LEGFONTOSABB EREDMÉNYEI

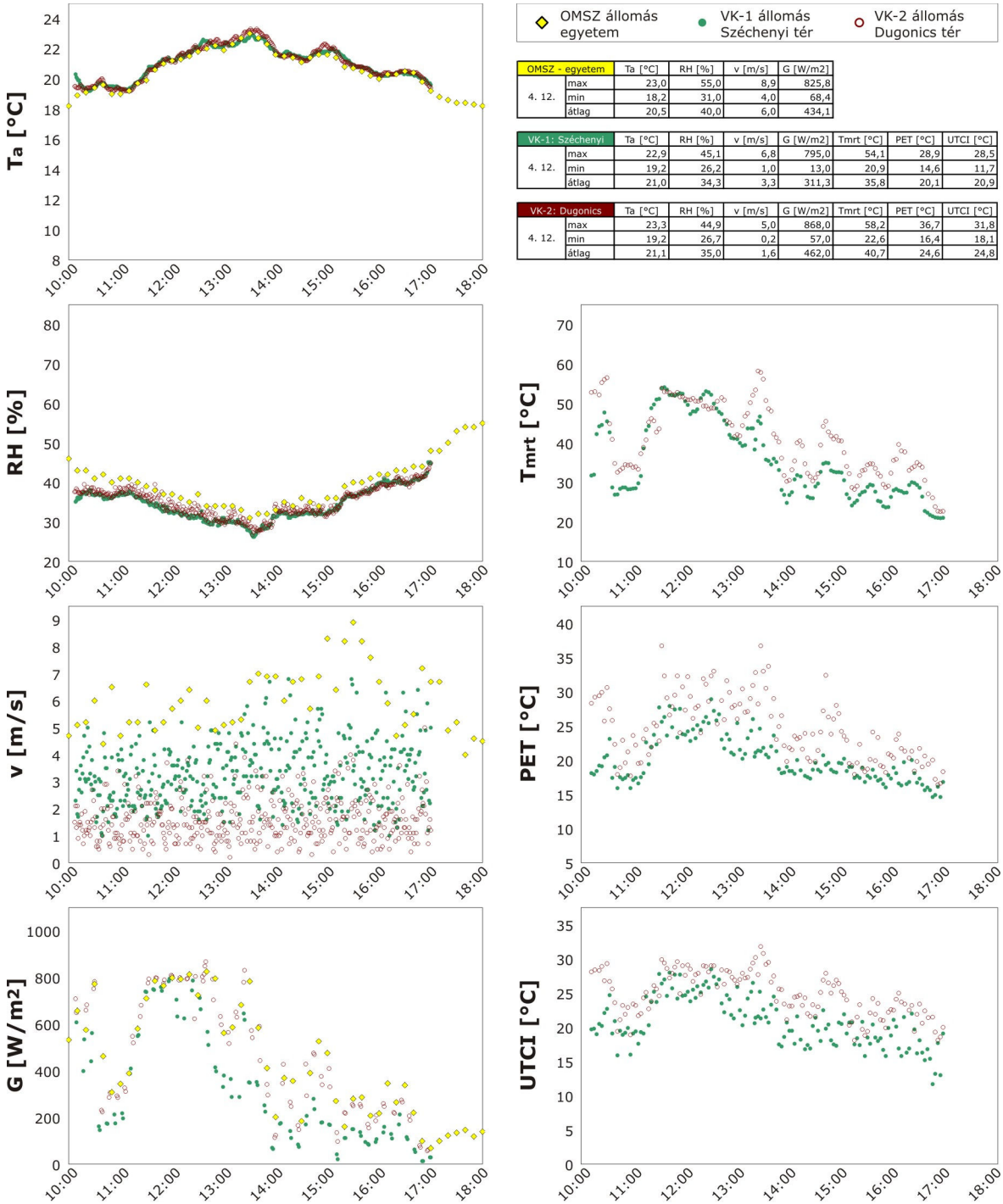
Ebben a fejezetben a szegedi projekt eddig feldolgozott adatbázisából előállított saját eredményeimet mutatom be, melyek a célkitűzéseimmel (**1.3. fejezet**) összhangban a következő 3 nagy kérdés megválaszolására irányulnak:

- Milyen termikus (mikro-bioklimatikus) környezet alakul ki a különböző kialakítású mintaterületeken adott időjárási háttér esetén (I, H → TK)? A kérdés megválaszolásához a VK-1 és VK-2 állomásokkal végzett helyszíni mérések adatait vetettem össze az OMSZ állomás adatsorával (**4.1 fejezet**).
- Miként alakul a szabadtéri területhasználat mintázata és az emberek viselkedése az időjárás termikus paramétereinek függvényében (I → TH, VR)? Erre a kérdésre a megfigyelések révén gyűjtött szubjektív információknak az egyetemi OMSZ állomás adataival való összevetésével kerestem a választ (**4.2. fejezet**).
- Mennyire szoros a kapcsolat a termikus viszonyok szubjektív értékelése és a termikus viszonyok objektív mérőszámai közt (TK → SzÉ_tk)? Az erre vonatkozó elemzéseimet a helyszíni mikroklíma mérésekkel kísért kérdőívekre alapoztam (**4.3. fejezet**).

4.1 KÉT SZEGEDI KÖZTERÜLET MIKRO-BIOKLIMATIKUS VISZONYAI – HELYSZÍNI MÉRÉSEK ALAPJÁN

A termikus alapparaméterek, valamint a belőlük számolt bioklimatológiai mérőszámok területi és időbeli változékonyságának szemléltetéséhez a **két VK állomás 2011 tavaszi** adatsorát használtam fel. A hat héten keresztül (összesen 12 napon át) tartó szimultán helyszíni mérések a **Széchenyi** tér és a **Dugonics** tér egy-egy jellemző pontján (**3.2.** és **3.3. MELLÉKLET**) történtek, minden nap 10:00-től 18:00 óráig (**3.1. táblázat**)

A termikus viszonyok területi jellegzetességeit elsőként egy áprilisi és egy májusi nap adatsorainak grafikus ábrázolása révén mutatom be (**4.1.** és **4.2. ábra**). Április 12. kifejezetten szelesnek, s jelentősen felhősebbnek bizonyult, mint május 11. – ez tisztán látszik a két nap v és G grafikonjain. Az áprilisi napon a két téren mért léghőmérséklet értékek szorosan együtt futottak, feltehetően a magasabb szélsebességnek köszönhető hatékony átkeveredés miatt (**4.1. ábra**). Május 11-én a T_a-görbék egyértelmű szétválása tapasztalható a délutáni órákban, a különbség azonban mindössze 1°C (**4.2. ábra**). Ennél sokkal drasztikusabb eltérést mutatnak a két helyszín – sugárzási viszonyait jellemző – T_{mrt} értékek, melynek hátterében a mintaterületek kardinálisan eltérő árnyékolási viszonyai állnak. Míg a VK-2 állomást a Dugonics tér egy jellemző, nyitott pontjára állítottuk, addig a VK-1 állomás a Széchenyi tér idős platánfái alatt kapott helyet, melyek jelentős mértékben redukálták a műszer szintjéig jutó globálsugárzás mennyiségét. Azáltal, hogy itt a lombkorona fogta fel a napsugárzás nagy részét, a felszínburkolat nem tudott oly mértékben felmelegedni, mint a Dugonics tér esetén, s így kevésbé hatékony (hosszúhullámú) hőforrásként szolgálhatott. (A hosszúhullámú sugárzásra vonatkozó értékek nem szerepelnek az ábrákon.) VK-1 alacsonyabb összesített (szoláris és hosszúhullámú) sugárzási bevételéért, s következésképp az alacsonyabb T_{mrt} értékekért tehát végsősoron a Széchenyi tér fái „tehetők felelőssé”. Ez a hatás azonban a lombfakadás előtt, illetve annak korai szakaszában még nem jut érvényre, amely tisztán látszik április 11. G illetve T_{mrt} grafikonjain (**4.1. ábra**). Bár a globálsugárzás értékei alacsonyabbak áprilisban, mint májusban, ennek éppen az ellenkezője látszik a VK-1 állomás Széchenyi teret jellemző adatsorán (vö. a Szévhenyi tér globálsugárzásra vonatkozó adatait **4.1.** és **4.2. ábrákon**).



OMSZ - egyetem		Ta [°C]	RH [%]	v [m/s]	G [W/m2]
4. 12.	max	23,0	55,0	8,9	825,8
	min	18,2	31,0	4,0	68,4
	átlag	20,5	40,0	6,0	434,1

VK-1: Széchenyi		Ta [°C]	RH [%]	v [m/s]	G [W/m2]	Tmrt [°C]	PET [°C]	UTCI [°C]
4. 12.	max	22,9	45,1	6,8	795,0	54,1	28,9	28,5
	min	19,2	26,2	1,0	13,0	20,9	14,6	11,7
	átlag	21,0	34,3	3,3	311,3	35,8	20,1	20,9

VK-2: Dugonics		Ta [°C]	RH [%]	v [m/s]	G [W/m2]	Tmrt [°C]	PET [°C]	UTCI [°C]
4. 12.	max	23,3	44,9	5,0	868,0	58,2	36,7	31,8
	min	19,2	26,7	0,2	57,0	22,6	16,4	18,1
	átlag	21,1	35,0	1,6	462,0	40,7	24,6	24,8

4.1. ábra A termikus viszonyok időbeli alakulása 2011. április 12-én a Széchenyi és a Dugonics téren, a belvárosi OMSZ állomás adatsorához viszonyítva.

T_a [°C]: léghőmérséklet

RH [%]: relatív nedvesség

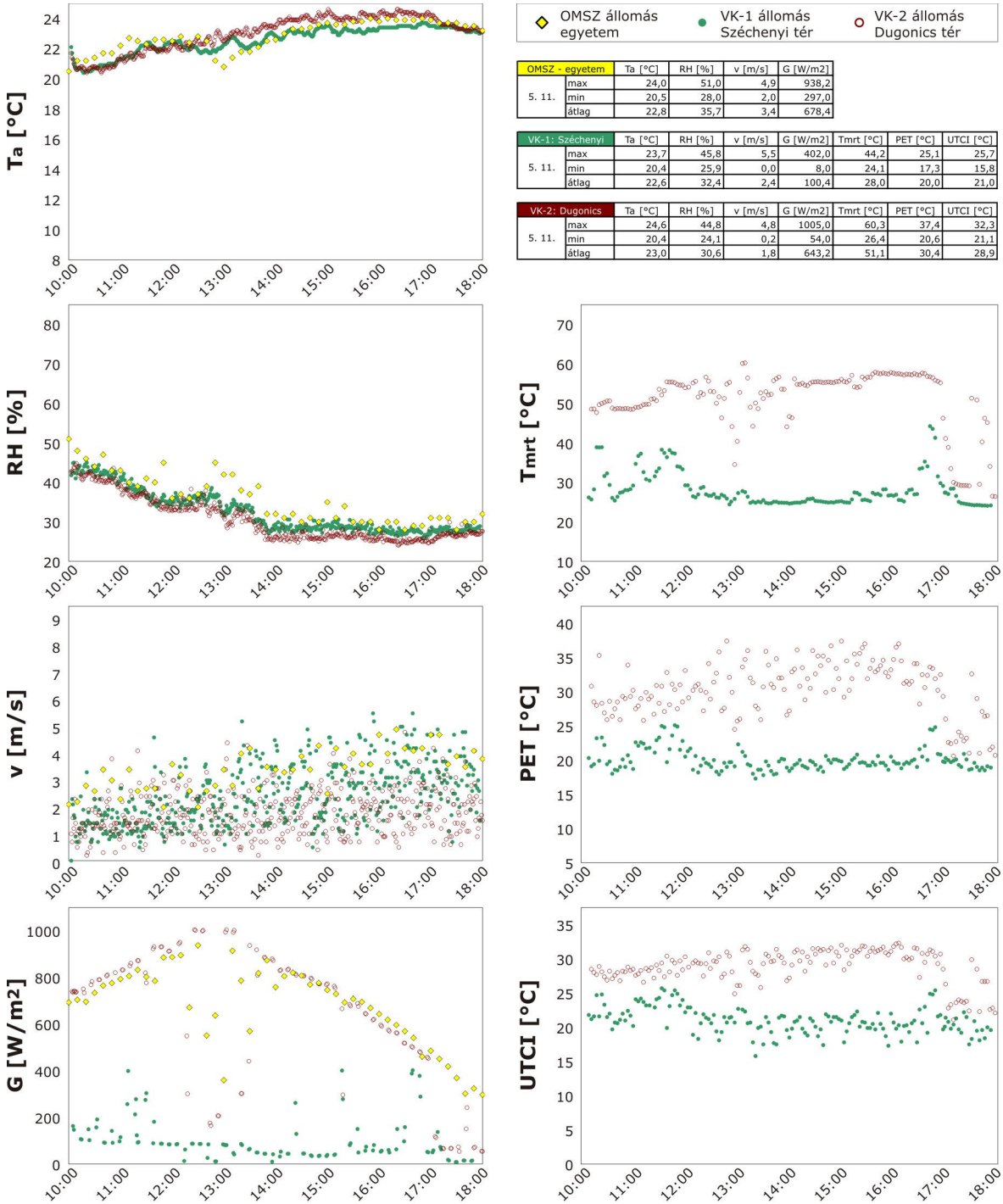
v [m/s]: szélsebesség

G [W/m^2]: globálsugárzás

T_{mrt} [°C]: átlagos sugárzási hőmérséklet

PET [°C]: fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet

UTCI [°C]: univerzális termikus klíma index



OMSZ - egyetem		Ta [°C]	RH [%]	v [m/s]	G [W/m2]
5. 11.	max	24,0	51,0	4,9	938,2
	min	20,5	28,0	2,0	297,0
	átlag	22,8	35,7	3,4	678,4

VK-1: Széchenyi		Ta [°C]	RH [%]	v [m/s]	G [W/m2]	Tmrt [°C]	PET [°C]	UTCI [°C]
5. 11.	max	23,7	45,8	5,5	402,0	44,2	25,1	25,7
	min	20,4	25,9	0,0	8,0	24,1	17,3	15,8
	átlag	22,6	32,4	2,4	100,4	28,0	20,0	21,0

VK-2: Dugonics		Ta [°C]	RH [%]	v [m/s]	G [W/m2]	Tmrt [°C]	PET [°C]	UTCI [°C]
5. 11.	max	24,6	44,8	4,8	1005,0	60,3	37,4	32,3
	min	20,4	24,1	0,2	54,0	26,4	20,6	21,1
	átlag	23,0	30,6	1,8	643,2	51,1	30,4	28,9

4.2. ábra A termikus viszonyok időbeli alakulása 2011. május 11-én a Széchenyi és a Dugonics téren, a belvárosi OMSZ állomás adatsorához viszonyítva.

T_a [°C]: léghőmérséklet

RH [%]: relatív nedvesség

v [m/s]: szélsebesség

G [W/m^2]: globálsugárzás

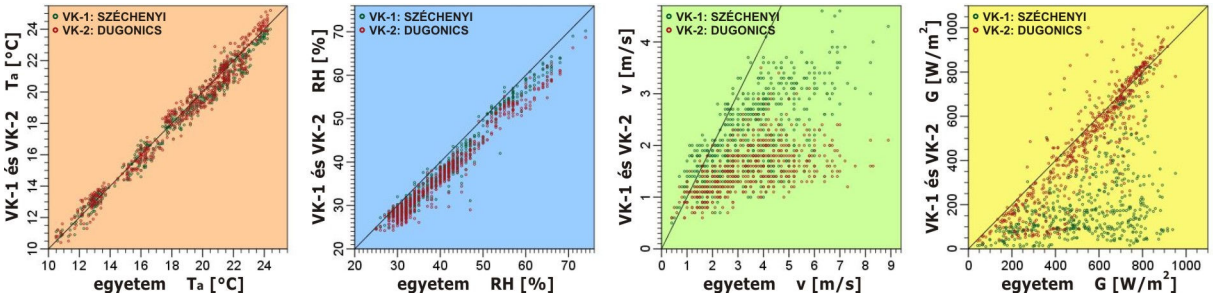
T_{mrt} [°C]: átlagos sugárzási hőmérséklet

PET [°C]: fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet

UTCI [°C]: univerzális termikus klíma index

Bioklíma-indexek tekintetében mindkét nap során a Dugonics teret jellemzik magasabb, melegebb termikus környezetet jelentő értékek. PET értékeiben kifejezve a két helyszín közti átlagos eltérés április 12-én 4,5°C, míg május 11-én már több mint 10°C. Az első nap mérsékeltebb eltérését a két tér különböző mértékű szélredukáló képessége okozza: az egyetemi állomáson (26 m magasságban) mért szélsebességhez képest a Széchenyi téren átlagosan a felére, míg a Dugonics téren kb. negyedére csökkentik a tereptárgyak a v értékeit (**4.1. ábra**). A második nap sokkal nagyobb PET-különbségeit, melyek a délutáni órákban akár két hőérzet-kategóriányi eltérést is jelentenek, már elsősorban a mintaterületek sugárzási viszonyaiban tapasztalható különbségek okozzák (**4.2. ábra**). A bioklimatikus különbségek az UTCI értékeiben is kifejezhetők, ám mivel az UTCI rendre alacsonyabb volt a neki megfelelő PET értékeknél, a két terület közti különbség némiképp enyhébbnek mutatkozott (**4.1.** és **4.2. ábra**).

A bemutatott két nap helyszíni T_a és RH adatsoraiban felfedezhető egy kis rendellenség az OMSZ állomáson mért adatokhoz képest, ami a felmérés első 10-15 percét érinti (**4.1.** és **4.2. ábra**). Mivel ez a diszkrepancia több nap esetén is tapasztalható volt, ezért a következő elemzésekből kizártam a mérések első 20 percét. Annak érdekében, hogy a helyszíni mérések összevethetők legyenek az egyetemi állomás adatsorával a teljes mérési periódusra nézve, 10-perces átlagértékeket számoltam a VK állomások adataiból. A **4.3. ábra** a belvárosi OMSZ állomás adatainak, mint időjárási háttérnek a függvényében szemlélteti a két mintaterület mikrometeorlógiai alapparamétereit, a **4.4. ábra** pedig a két tér termkus mérőszámainak gyakorisági eloszlásában jelentkező különbségeket mutatja.



4.3. ábra A Széchenyi és a Dugonics tér termikus alapparaméterei az egyetemi állomás megfelelő adatainak függvényében (adatforrás: 2011 tavaszi kampány, 10:20 – 18:00; 10-perces átlagértékek)

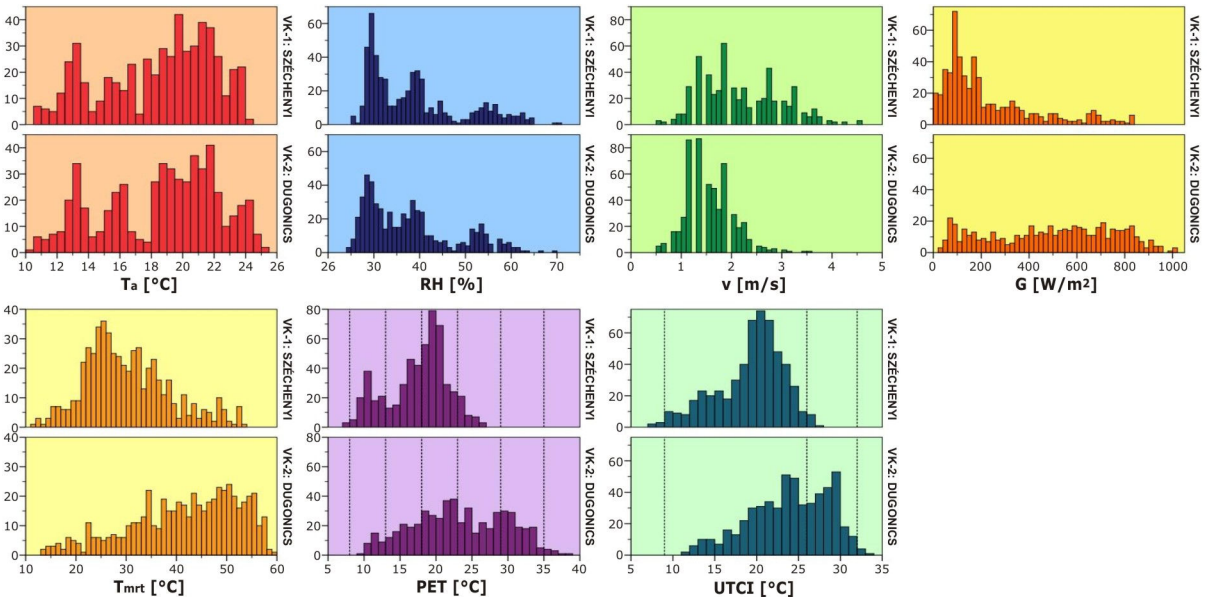
Nem látható nagy eltérés a vizsgált területeken mért illetve az egyetemi (belvárosi) állomás **hőmérséklet** adatai között (**4.3. ábra**). Mind a Széchenyi, mind a Dugonics téri ponthalmazra olyan egyenes lenne illeszthető, melyek nagyon közel vannak az y=x függvényhez (meredekségük közel 1). Enyhe különbség csupán a melegebb napok esetén látszik, ekkor a Dugonics téri hőmérséklet értékek szemmel láthatóan magasabbak mind a Széchenyi téren, mind pedig az egyetemi állomás által mért értékeknél, de a különbség ekkor is csak 1°C – hasonlóképpen ahhoz, mint ami a **4.2. ábrán** látható. A két mintaterület tavaszi T_a hisztogramjai nagyon hasonlítanak egymáshoz (**4.4. ábra**).

Légnedvesség tekintetében mind a két tér szárazabbnak adódott, mint az egyetem melletti mérőpont (**4.3. ábra**), amely elsősorban a felszínborítás különbségeivel, illetve a vegetációval indokolható. Az egyetemi állomás füves térrészen helyezkedik el, s környezetében több idős, kiterjedt lombkoronájú fa található (**3.2. ábra**). A vizsgált közetületeken a VK állomásokat mesterséges burkolatra állítottuk fel: a Dugonics téren kavicsbeton járólapokra a szökökút ÉNy-i oldalán, a Széchenyi tér esetén pedig a tér ge-

rincének tekinthető széles betonsétányra (3.3. és 3.4. MELLÉKLET). A Széchenyi téri fáknak (illetve a transpirációjuk melléktermékeként a levegőbe jutó vízgőznek) köszönhető, hogy az ottani légnedvesség jobban megközelítette az egyetemi állomáson detektált értékeket. Túl nagy különbség azonban nem alakult ki a két mintaterület RH értékei között (4.4. ábra), ami valószínűleg a Dugonics téri szökőkútnak köszönhető; párolgó vize ugyanis kompenzálhatta a fák távolabbi elhelyezkedését.

A helyszíni **szélsebesség** már jelentős változásokat mutat az egyetemi állomáshoz képest (4.3. ábra), melynek oka az állomási kanalas anemométer 26 m-es magasságában keresendő, szemben a vizsgált területek 1,1-1,2 m magasan elhelyezett ultrahangos légmozgás szenzoraival. A két állomás közti különbség is tisztán látható, a Széchenyi téren ugyanis sokkal gyakrabban mértünk magasabb szélsebesség értékeket (4.4. ábra). Ez a tér nagyobb területével indokolható, melyen a levegő könnyebben felgyorsulhat, mint az épületekkel jobban szegélyezett Dugonics tér esetén.

A légmozgás mellett a másik legnagyobb változást mutató alapparaméter a **globálsugárzás** (4.3. és 4.4. ábra). Itt egyértelműen megmutatkozik a Széchenyi téri fás vegetáció árnyékoló hatása, különösen a magasabb globálsugárzás értékek esetén. A Dugonics téri nyílt mérőpont a legtöbb esetben az egyetemi (égboltkorlátozástól mentes) globálsugárzáshoz hasonló értékeket mutatott (4.3. ábra). A néha előforduló nagyobb értékek hátterében az állhat, hogy a környező tereptárgyakról visszavert rövidhullámú sugárzásmennyiség felülmúlja azt a diffúz sugárzásmennyiséget, mely az égbolt bizonyos részének kitakarása által elvész.



4.4. ábra A Széchenyi és a Dugonics tér termikus viszonyai (adatforrás: 2011 tavaszi kampány, 10:20 – 18:00; 10-perces átlagértékek)

Mivel a nyitottab Dugonics tér nagyobb szoláris bevételben részesül, ezért felmelegedő felszínei hatékonyabb hőforrásként szolgálnak, s így a Dugonics téri VK-2 állomás nettó hosszúhullámú és rövidhullámú nyeresége többnyire nagyobb, mint a Széchenyi téri mérőponté. A sugárzási viszonyok összesített hatása jelenik meg az **átlagos sugárzási hőmérséklet** értékeiben, melyek sokkal gyakrabban vettek fel magas értékeket a Dugonics téren, mint az árnyékosabb Széchenyi téri megfelelőik (4.4. ábra).

A termikus alapparaméterek után azt is megnéztem, hogy ezek a hatások összességében mit eredményeztek a **bioklíma-indexek** szintjén. Mivel T_a és RH különbségei szinte

elenyészők a két terület közt, ezért az indexértékek jól látható eltérése elsősorban a légmozgás, s a sugárzási viszonyok erősen helyszín-specifikus értékeinek köszönhető (4.4. ábra). A két hatás, vagyis hogy v nagyobb, G pedig alacsonyabb a Széchenyi téren, egymást erősítik abban, hogy erre a mintaterületre alacsonyabb PET és UTCI index-értékeket rajzoljanak ki.

Amennyiben az indexértékeket átkonvertáljuk a közép-európaiakra jellemző hőérzet illetve hőstressz kategóriákra (2.7. és 2.8. táblázat), akkor még szembetűnőbbek lesznek a különbségek. A neutrális hőérzet-kategóriának megfelelő **PET** értékek (18-23°C) nagyobb gyakorisággal fordulnak elő a Széchenyi téren. Ezen a mintaterületen az enyhén meleg kategória (23-29°C) aránya elenyésző, viszont sok esetben fordultak elő enyhén hűvös (13-18°C) és hűvös (8-13°C) viszonyok. A Dugonics téren ezzel szemben jóval gyakoribb volt az enyhén meleg és meleg (29-35°C) kategória, s itt néha a forró (35-41°C) tartományba is estek PET értékek (4.4. ábra).

Az **UTCI**-hoz rendelhető hőstressz-kategóriákban szintén kifejezhető a különbség. Ez esetben a Széchenyi téri UTCI értékek szinte kizárólag termikus terhelés nélküli tartományba (9-26°C) estek. Bár ez a kategória dominál a Dugonics téren is, itt emellett jelentős a mérsékelt hőstressz aránya (26-32°C), sőt, néhány esetben erős hőstresszről (32-38°C) is beszélhetünk (4.4. ábra).

4.2 TERÜLETHASZNÁLAT ÉS A LÁTOGATÓK VISELKEDÉSE – MEGFIGYELÉS-BÁZISÚ EREDMÉNYEK

Miután bemutattam, hogy a terület kialakításának hatására milyen eltérő termikus viszonyok alakulhatnak ki egymáshoz közel fekvő városi közterületeken, most a különböző **megfigyeléses** módszerekkel nyert adatbázisokból kiindulva arra keresem a választ, hogy mindezek miképp jelennek meg a látogatók területhasználatában, illetve viselkedésében (TH, VR). Ezt a kérdéskört három fejezetre osztva tárgyalom:

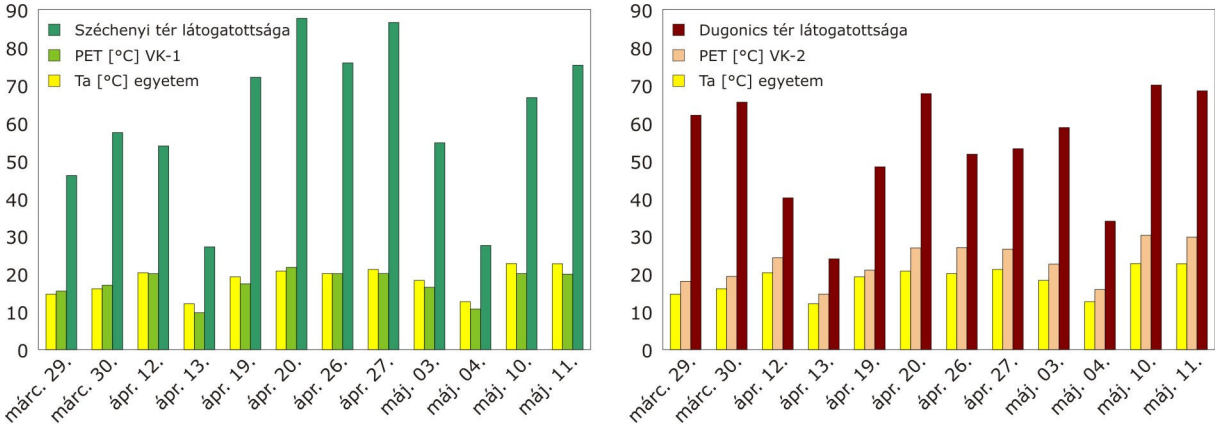
- A 4.2.1. fejezetben a látogatottság **időbeli mintázatával** foglalkozom a Széchenyi és Dugonics téri, pillanatnyi látogatószámra vonatkozó adatsorok elemzésével.
- A 4.2.2. fejezetben az Ady és a Honvéd tér pillanatnyi és részletes megfigyeléseire alapozva azt vizsgálom, hogy a klíma **termikus komponensei** miképp befolyásolják a **területhasználatot**, s a látogatók **viselkedési** reakcióit.
- Végül a 4.2.3. fejezetben az előbbiek **térbeli** vonatkozásait mutatom be az Ady téri részletes megfigyelések térképi illusztálásával.

4.2.1 A területhasználat időbeli mintázata

Az egyes terek látogatottságában megjelenő időbeli jellegzetességek feltárását olyan területhasználati adatsorok elemzése révén tartottam célszerűnek, melyek kellően hosszú időszakon keresztül a lehető legjobban lefedték a napfényes órákat. Ennek a kritériumnak a – termikus viszonyaik szempontjából már jellemzett – **Széchenyi** és **Dugonics** terek **2011-es pillanatnyi megfigyelési adatsora** felelt meg, mely 12 tavaszi nap 10:00 és 18:00 közé eső, félóránkénti látogatottsági értékeit tartalmazta (3.1. táblázat). Bár mind a két tér jelentős átmenőforgalmat bonyolít le nap, mint nap, csak azokat a személyeket mértük fel, akik rekreációs célzattal használták a területet, vagyis huzamosabb ideig jelen voltak.

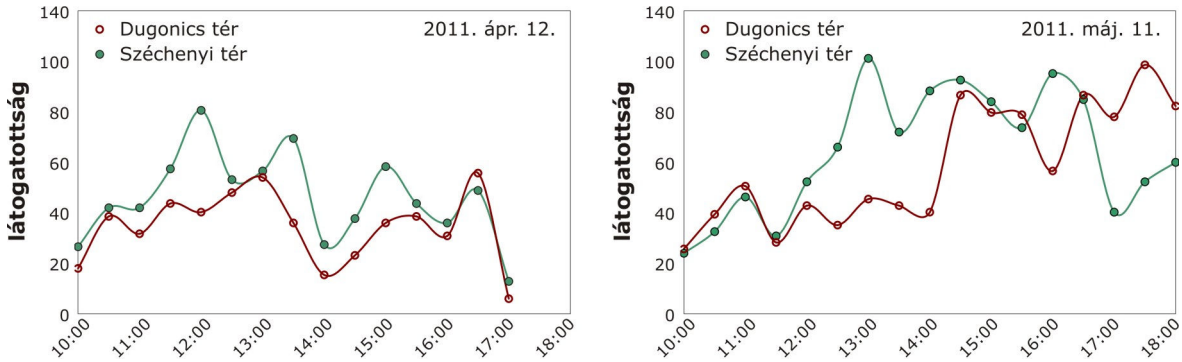
Központi jellegükből és méretükből kifolyólag viszonylag magas átlagos látogatószám jellemzi mind a két mintaterületet. A márciusi és májusi mérések alkalmával a Dugonics,

áprilisban pedig a Széchenyi tér igénybevétele adódott magasabbnak (**4.5. ábra**). Alacsonyabb látogatószám minkét helyszínen a hidegebb termikus viszonyokkal jellemezhető napokon fordult elő, például április 13-án és május 4-én. Az ábrán feltüntetett átlagos hőmérsékletértékekkel kapcsolatban érdemes megfigyelni, hogy a Dugonics téri esetekben a PET kivétel nélkül magasabb értékeket mutatott, mint a léghőmérséklet, míg a Széchenyi téren általában pont fordított volt a helyzet; köszönhetően a szelesebb és árnyékosabb környezetnek (lásd **4.1. fejezet**).



4.5. ábra A Széchenyi és a Dugonics tér átlagos napi látogatottsága [fő], valamint a felmérési időszakra jellemző átlagos léghőmérséklet és a helyszínen mért átlagos PET értékek

A pillanatnyi látogatószám mind a két helyszín esetén rapszodikus napi járást mutatott. A 12 felmérési nap idősorai közül a **4.1. fejezetben** is példaként választott április 12. és május 11. adatait mutatom be a **4.6. ábrán**. A délelőtti órák során mind az egyes napok, mind pedig az egyes terek látogatószáma hasonlóan alakult, szemben a déli és délutáni időszak jelentősebb különbségeivel. A meleg és napos májusi alkalommal (**4.2. ábra**) mind a két közterület igénybevétele magasabb volt, mint a szeles és borús április 12-én (**4.1. ábra**), amikor a szemerkélő eső miatt kénytelenek voltunk egy órával hamarabb befejezni a méréseket.



4.6. ábra A Széchenyi és a Dugonics tér látogatottságának [fő] napi alakulása 2011 két tavaszi napján

Valamennyi mérési napot alacsonyabb délelőtti látogatottság jellemezte, míg a délutáni órák során – a hűvös-borús napok kivételével – többnyire magasabbnak adódott a mintaterületek igénybevétele. Mivel a területhasználat jellegzetességeinek kialakulása során egymásra rakódik az időjárási háttér hatása, valamint az emberek napi életritmusából adódó időbeli mintázat, ezért ahhoz, hogy feltárjam az időjárás egyes termikus paramétereinek jelentőségét, a további vizsgálatokat a 12:00 és 15:00 közé eső koradélutáni órákra szűkítettem.

4.2.2 A termikus viszonyok hatása a látogatottságra és a viselkedésre

A termikus tényezők területhasználatot és viselkedési reakciókat formáló hatásának kimutatására az I. mérési kampány 12:00 és 15:00 közé eső **pillanatnyi** és **részletes megfigyelési** adatsora a legalkalmasabb. Az egyetemi meteorológiai állomás közelében – az **Ady** és a **Honvéd** téren – kivitelezett mérések közül a **2008** és **2009 tavaszi**, valamint a **2009 őszi** adatokat használtam fel (**3.1. táblázat**) e fejezet megírásához.

A 3 vizsgálati periódus során (mivel néhány észlelés kimaradt) összesen 737 pillanatnyi megfigyelés történt az Ady téren, a Honvéd téri két megfigyelési időszakban pedig 538. Az Ady téri 30-perces intervallumokban kivitelezett megfigyelések összesen 6775 látogató komplett adatsorával szolgáltak, a Honvéd téri 15-perces megfigyelések révén pedig 5668 (padokon helyet foglaló) látogató személyes jellemzőit jegyeztük fel.

A terület látogatói és a felmérési időszakok termikus jellemzői

A részletes megfigyelések során felmért személyek **nem** szerinti megoszlása azt mutatja, hogy mintegy kétszer annyi nő látogatta az Ady téri mintaterületet, mint férfi, s a Honvéd téri 3:2 arány is a gyengébb nem javára alakult (**4.1. táblázat**). Az első számú mintaterületen felmért **tevékenységtípusok** alapján megerősítést nyert, hogy ezt a területet sokkal inkább pihenőhelyként veszik igénybe az emberek; az aktív látogatók aránya mindössze 1,6%.

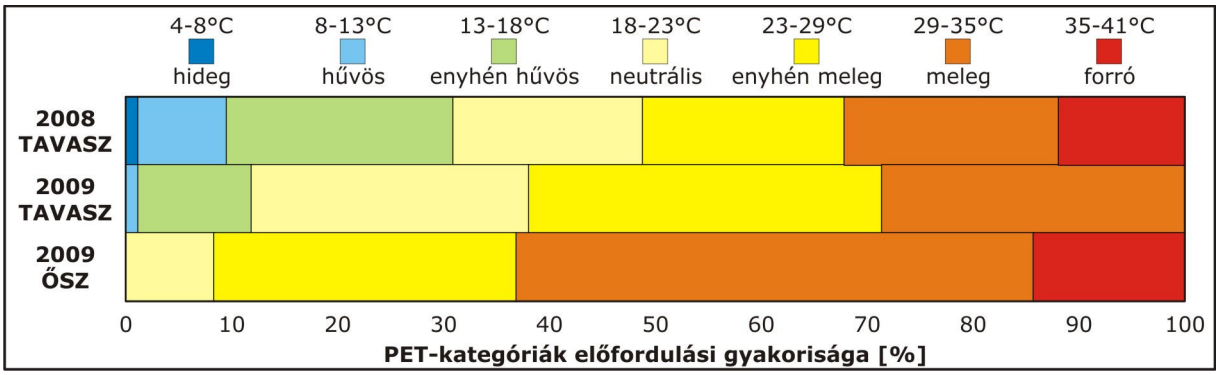
Megvizsgálva a két mintaterület látogatóinak **korcsoport** szerinti megoszlását, szembetűnő az egyetem közelségének, s a terek alapvető funkciójának a látogatók összetételére kifejtett hatása. Míg az egyetemi épületek (BTK, TIK) közt elhelyezkedő területen szinte kizárólag fiatalok fordultak elő a (szorgalmi időszakban zajló) megfigyelések koradélutáni óráiban, addig a játszótérként is működő, kicsit távolabbi Honvéd téren mérsékeltebb volt a fiatalok aránya, bár továbbra is döntő többséget képviselt (**4.1. táblázat**). Utóbbi területen minden bizonnyal jóval nagyobb lenne a gyermekek száma, amennyiben a 15-perces intervallum megfigyelések nem csupán a padokon ülő látogatók felmérésére szorítkoztak volna (**3.2. táblázat**).

4.1. táblázat Az Ady és a Honvéd téri mintaterületek látogatóinak nem és kor szerinti megoszlása

Helyszín	Nem		Korosztály				Σ
	férfi	nő	gyerek	fiatal	középkorú	idős	
Ady tér	2354 (34,7%)	4421 (65,3%)	58 (0,9%)	6366 (94%)	211 (3,1%)	140 (2,1%)	6775
Honvéd tér	2282 (40,3%)	3386 (59,7%)	356 (6,3%)	3725 (65,7%)	1164 (20,5%)	423 (7,5%)	5668

A 3 felmérési periódus **termikus viszonyait** a félórás intervallumokra számított átlagos PET kategóriák eloszlási gyakorisága alapján jellemzem (**4.7. ábra**). Mindegyik periódus 14 mérési napot és naponként 6 félórás intervallumot tartalmazott, mely így összesen 84 PET adattal szolgált felmérési időszakonként. (Ezeket a PET értékeket a mintateterületek közelében elhelyezkedő egyetemi meteorológiai állomás 2 m-en mért T_a és RH, tereptárgyak által nem redukált G, valamint az egyetem tetején mért és talajszintre redukált v adataiból számítottam.) Hideg termikus viszonyok mindössze egy alkalommal uralkodtak 2008 tavaszán, s csupán ezen mérési periódus során fordult elő jelentősebb arányban mind a hűvös, mind pedig a forró PET tartomány. 2009 tavaszán egyáltalán nem történtek megfigyelések forró termikus viszonyok közt, míg a rá következő ősszel a neutrálisnál hűvösebb PET kategóriák hiányoznak. A három felmérési időszak

közti termikus különbség statisztikailag szignifikáns (α=0,00) és mérsékelten gyenge a Cramer-féle V=0,357 és a kontingencia koefficiens C=0,450 értékei alapján (N=252).



4.7. ábra Az első három felmérési periódus termikus viszonyai (adatforrás: I. kampány, 12:00 – 15:00; félórás átlagértékek)

A területhasználat és a látogatók viselkedési reakcióinak mintázatai

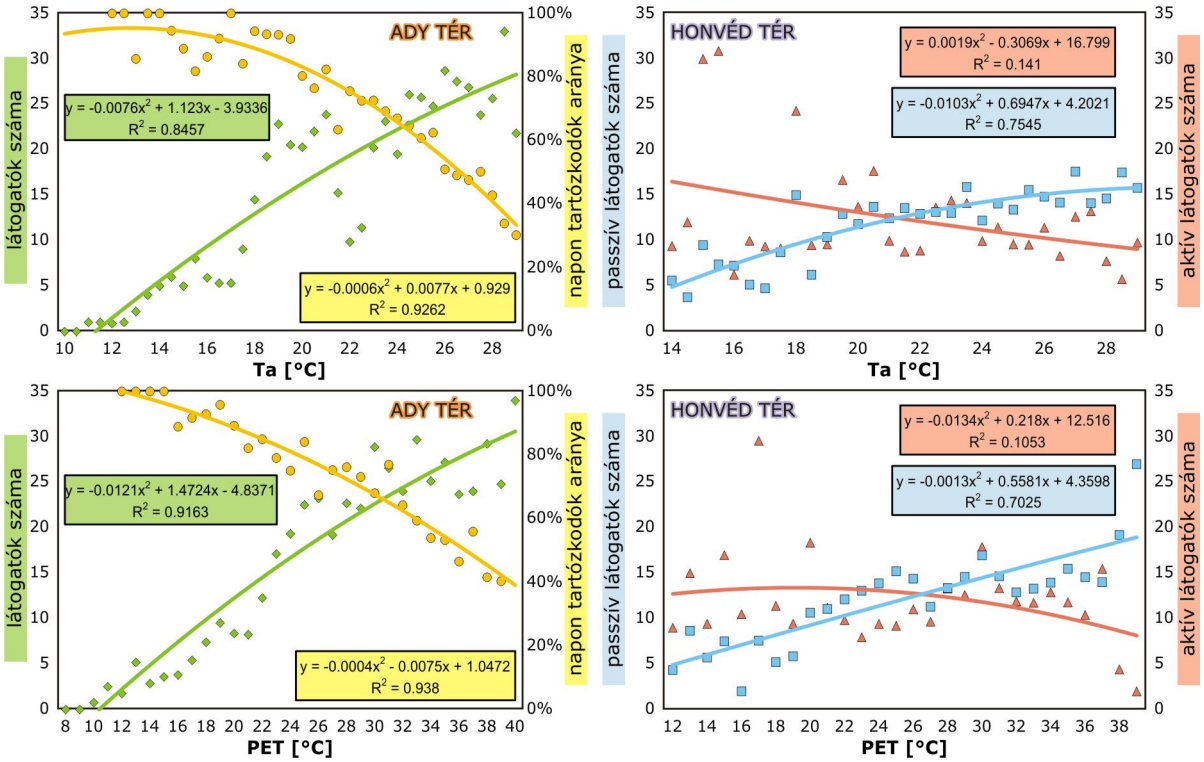
Elsőként a **pillanatnyi látogatottság** alakulását tárgyalom az **időjárás termikus paramétereinek** tükrében (I→TH), melyhez a két mintaterületen gyűjtött 10 percenkénti megfigyelési adatokat, valamint az OMSZ egyetemi állomásáról származó T_a és (a fent leírtak alapján számított) PET értékeket használtam fel. Annak érdekében, hogy a területhasználatban jelentkező tendenciák világosan kirajzolódjanak, a megfigyelési adatokat a T_a esetében 0,5°C-onként, a PET esetében pedig 1°C-onként átlagoltam.

Az így nyert átlagos tavaszi **látogatottság** az **Ady** téren egyértelműen növekvő tendenciát mutat a termikus viszonyok melegedésével, s a legjobban másodfokú görbével közelíthető (**4.8. ábra**). Némiképp erősebb összefüggés mutatkozik a PET (R^2=0,92; N=33), mint a T_a (R^2=0,85; N=39) esetén. Az illesztett függvények maximumértékei bőven kívül esnek a vizsgált hőmérséklet és PET tartományokon, s valószínűleg nagyon forró termikus viszonyok alkalmával számíthatnánk a legmagasabb területhasználatra. Ez részben magyarázható a látogatók olyan alapvető viselkedési alkalmazkodásával, mint például a **direkt napsugárzásnak való kitettség** megváltoztatása (I→VR). Amellett azonban, hogy a napon elhelyezkedő személyek aránya erős csökkenő tendenciát mutat a hőmérséklet értékek emelkedésével (T_a: R^2=0,93; N=36 illetve a PET: R^2=0,94; N=28), még forró termikus viszonyok (PET>35°C) alkalmával is meghaladja a 40%-ot a közvetlen napsugárzásnak kitett látogatók aránya (**4.8. ábra**). Ez a szabadtéri tartózkodás és a napfény utáni vágyakozás pszichológiai hatásának tudható be, ami különösen erős tavasszal a hideg téli időszak után (a témát részletesebben az **5.2.1.** és a **6.1. fejezetben** tárgyalom).

Az Ady térhez képest a **Honvéd** tér átlagos tavaszi **látogatottsága** jóval gyengébb kapcsolatban áll a termikus mérőszámokkal – PET: R^2=0,34; N=28 és T_a: R^2=0,1; N=31. Az adatok nagyobb szórásának hátterében e mintaterület játszótéri mivolta áll; a helyszínre érkező óvodás vagy iskolás gyerekcsoportok ugyanis jóval rapszodikusabbá teszik a területhasználatot. Ha azonban az összlátogatottság helyett külön-külön megvizsgáljuk az „**aktív**" illetve „**passzív**" látogatók számát, az előbbieknél gyenge csökkenő, az utóbbiak esetén viszont ismét erős emelkedő kapcsolat fedezhető fel (**4.8. ábra**). A passzív látogatók számának változását leíró erőteljesebb összefüggés azzal indokolható, hogy hűvösebb viszonyok esetén jóval kevesebben veszik igénybe a helyszínt pusztán pihenőhelyként. Az aktívabb tevékenységformákat viszont kevésbé korlátozzák a termikus vi-

szonyok, legalábbis a vizsgálati időszakokra (tavasz vége, ősz eleje) jellemző hűvös–forró tartományon belül.

Érdemes még szót ejteni arról, hogy a Honvéd téri pihenő látogatók átlagos számának hőmérsékletfüggése – ellentétben az Ady téri szituációval – erősebbnek adódott akkor, mikor a léghőmérséklet szerepelt független változóként (R^2=0,75; N=31), s nem pedig a fiziológiai ekvivalens hőmérséklet (R^2=0,7; N=28). Ennek magyarázata a Honvéd tér szinte egységesen félárnyékos környezetében keresendő; ezen a területen ugyanis – szemben az Ady tér élesen elkülönülő napos és árnyékos alterületeivel – kevésbé érződik a sugárzási viszonyok hatása, tehát a szubjektív humán reakciók jobban korrelálnak az egyszerű léghőmérséklettel, mint a termikus paraméterek összhatását kifejező bioklíma index-szel.



4.8. ábra A területhasználat (látogatottság) változása a termikus mérőszámok függvényében (adatforrás: I. kampány, 12:00 – 15:00, 10 percenkénti pillanatnyi megfigyelési adatokból képzett átlagok)

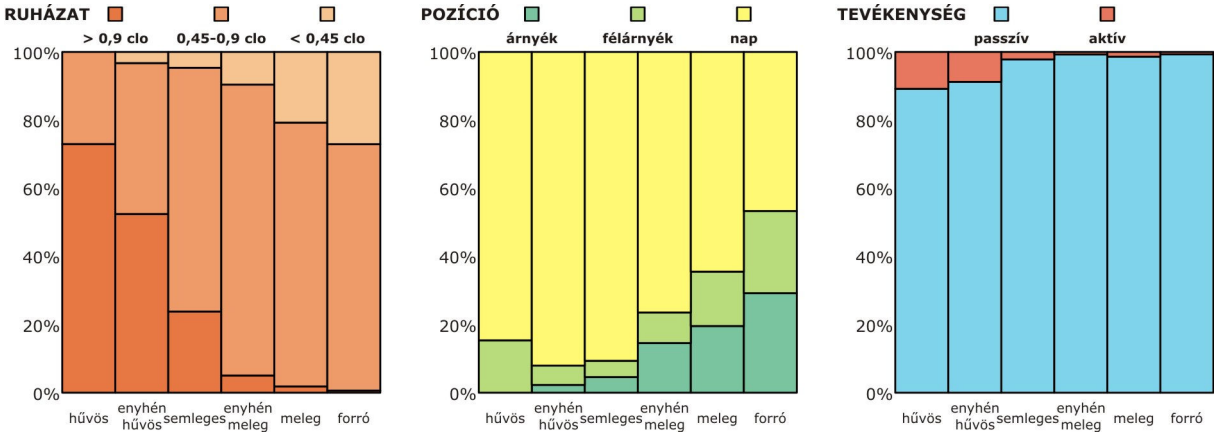
Az **intervallum-megfigyelések** adatai – köszönhetően a látogatók részletesen felmért szubjektív tulajdonságainak – további lehetőségeket rejtenek magukban a változatos termikus környezethez történő viselkedési alkalmazkodás tanulmányozására (I→VR).

Az általános humán reakcióknak megfelelően a területen tartózkodók **ruházatának** hőszigetelőképessége szignifikáns (α=0,00), mérsékelten erős negatív kapcsolatban áll a léghőmérséklettel. Ugyanazt a két megfigyelési periódust (2009 tavasz, 2009 ősz) alapul véve a kapcsolat erősségét jelző Spearman rang-korrelációs koefficiens a Honvéd tér esetén kicsit szorosabb összefüggést jelez (ρ=-0,485; N=5668), mint az Ady téren (ρ=-0,402; N=4327). Hogyha független változóként T_a helyett a PET indexet alkalmazzuk, a korrelációs koefficiens abszolút értéke kisebbnek adódik: -0,450 a Honvéd, és -0,388 az Ady tér esetén. A PET-tel való kissé gyengébb kapcsolat egyrészt azzal magyarázható, hogy az emberek öltözékük megválasztásánál általában a viszonylag állandóbb (lassabban, egyenletesebben változó) léghőmérsékletet veszik alapul, s csak mérsékelten tudnak igazodni a mind időben mind területileg sokkal változékonyabb fiziológiailag ekviva-

lens hőmérsékletethez (az alkalmazkodás lehetőségeit jelentősen behatárolja a ruházat jellege és rétegessége). Másfelől, a számított PET értékek a tetőn mért (tereptárgyak által nem redukált) globálsugárzás adatain alapulnak, s ezért a napsütéses időszakokban nagymértékben meghaladják a pillanatnyi léghőmérsékletet. A 15 perces intervallumokban felmért Honvéd téri látogatók azonban kizárólag az idős fák alatti félárnyékos padokon foglaltak helyet, így az általuk tapasztalt termikus viszonyokat jobban reprezentálják a léghőmérséklet értékek. Mivel az első mintaterületre látogató személyek nagy része napsugárzásnak közvetlenül kitett pozícióban helyezkedett el, az Ady térre számított korrelációs koefficiensek kevésbé különböznek értékükben: T_a esetén R=-0,402 PET esetén pedig -0,388.

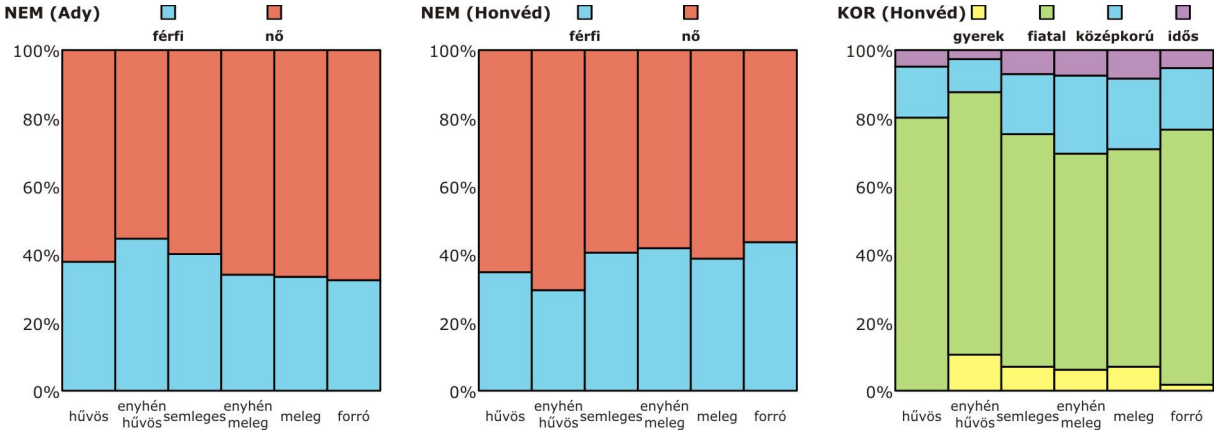
A fizikai alkalmazkodás ruházat változtatásában érvényre jutó formája mellett az emberi szervezetet érő hőterhelést a napnak való kitettség (pozíció), valamint a tevékenység (aktivitásszint) megváltoztatásával is redukálható. A termikus viszonyokhoz való fizikai alkalmazkodás különböző válfajait a **4.9. ábra** szemlélteti az első 3 felmérési időszakban gyűjtött Ady téri adatokra alapozva. A diagramok az egyes felmért viselkedési reakciók alapján kialakított látogatócsoportok relatív jelenlétét illusztrálják a PET kategóriák segítségével kifejezett termikus viszonyok szerinti bontásban.

Az alkalmazkodás normális tendenciáinak megfelelően a magasabb hőérzethez és hőterhelési szintekhez köthető PET kategóriák felé haladva egyre inkább növekszik a könnyebb (alacsonyabb hőszigetelés értékű) **ruházatot** viselő látogatók aránya (**4.9. ábra**). Valamennyi Ady téri adatot alapul véve (N=6775), τ_b=-0,314 és ρ=-0,345 értékei statisztikailag szignifikáns (α=0,00) negatív kapcsolatot fejeznek ki e két ordinális típusú változó (ruházati kategóriák és PET tartományok) közt. Melegebb környezeti viszonyok esetén az emberek gyakrabban választanak félárnyékos és árnyékos területrészeket (**4.9. ábra**), bár a látogatók (N=5761) **pozíciója** és az egyes PET tartományok közti kapcsolat ez esetben némiképp gyengébb: τ_b=-0,215 és ρ=-0,239 (α=0,00). Az egyébként is domináns passzív **tevékenységformák** (ülő és fekvő helyzetben történő pihenés) még gyakoribbá válnak a magasabb PET értékek esetén, míg a területen sétálgató személyek aránya teljesen lecsökken (**4.9. ábra**). Bár a nagy mintaszám révén (N=6775) a kapcsolat szignifikáns (α=0,00), de az eddigieknél is gyengébb (V=0,142 és C=0,141), köszönhetően az aktív látogatók rendkívül alacsony számának, továbbá a forró termikus viszonyok esetén a nagy füves területrészen játszó néhány fiatalnak.



4.9. ábra A termikus viszonyok változására adott viselkedési válaszok az Ady téri mintaterületen (adatforrás: I. kampány, 12:00 – 15:00, félórás intervallum-megfigyelések)

Érdekes tendencia tapasztalható az **Ady** téri látogatók **nem** szerinti megoszlásával kapcsolatban: a termikus körülmények melegebbre fordulásával enyhén lecsökkent a helyszínen időző férfiak aránya (V=0,063 és C=0,063; α=0,00; N=6775; **4.10. ábra**). Az a feltételezés, hogy mindez a nők napfürdőzés iránti magasabb igényével (direkt napsütésnek való kitettségével meleg, s forró termikus viszonyok esetén) van összefüggésben, helytelennek bizonyult; a férfi és női látogatók pozíció szerinti eloszlása közt ugyanis nem találtam szignifikáns különbséget (α=0,058).

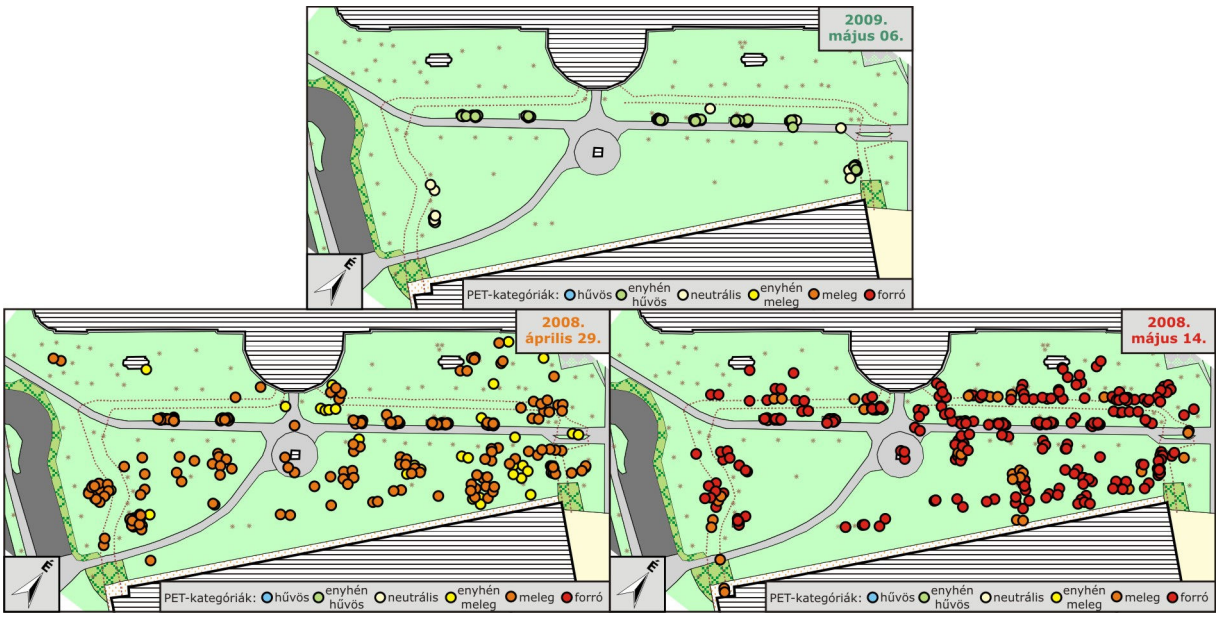


4.10. ábra A területhasználó embercsoportok változása a termikus viszonyok szerint (adatforrás: I. kampány, 12:00 – 15:00, Ady téri félórás és Honvéd téri negyedórás intervallum-megfigyelések)

A **Honvéd** téren éppen ellentétes a nemek szerinti tendencia: itt a női látogatók relatív jelenléte mérséklődött a termikus viszonyok melegedésével, bár a kapcsolat még az Ady térinél is gyengébb (V=0,049; C=0,049; α=0,019; N=5668; **4.10. ábra**). A Honvéd tér életkor tekintetében változatosabb eloszlású látogatóira való tekintettel lehetőség nyílt az egyes **korosztályok** termikus viszonyoktól függő területhasználatát is tanulmányozni. A **4.10. ábra** utolsó diagramján egyrészt a (padon ülő) gyerekek arányának melegebb kategóriák felé történő egyenletesen csökkenése látható, másrészt az, hogy a termikus szélsőségekre érzékenyebb középkorú és idős korcsoport relatív jelenléte enyhén meleg– meleg időjárási viszonyok esetén a legmagasabb. Az egyes látogató-osztályok területhasználatában mutatkozó különbségek kor tekintetében jelentősebbnek adódtak (V=0,065; C=0,112; α=0,00; N=5668), mint a nem szerinti bontásban. A **4.10. ábrán** bemutatott, személyes tényezőket érintő tendenciák hűvös termikus viszonyok esetén tapasztalt torzulása annak a ténynek köszönhető, hogy ilyen esetekben mind az Ady, mind pedig a Honvéd téri látogatók abszolút száma jelentősen alacsonyabb volt, mint a többi PET-kategória esetén.

4.2.3 A területhasználat térbeli mintázata

Az Ady téri intervallum-megfigyelések nem csupán a termikus körülményekre adott viselkedésminták feltárását tették lehetővé, hanem a látogatottság, s az említett fizikai alkalmazkodási mechanizmusok térbeli jellegzetességének kimutatását is. A különböző **mérési napok területhasználati térképeit** – melyeken könnyen felfedezhetőek bizonyos preferált területegységek – a látogatók elhelyezkedésének geoinformatikai feldolgozása révén készítettem el. Példaként szolgáljon a **4.11. ábra**, mely három, jelentősen eltérő termikus viszonyokkal rendelkező nap Ady téri látogatóinak területi eloszlását illusztrálja. Az egyes napok hat darab 30-perces megfigyelési intervalluma idején uralkodó termikus viszonyokat a látogatók elhelyezkedését jelölő markerek PET kategóriák szerinti színezésével szemléltetem.



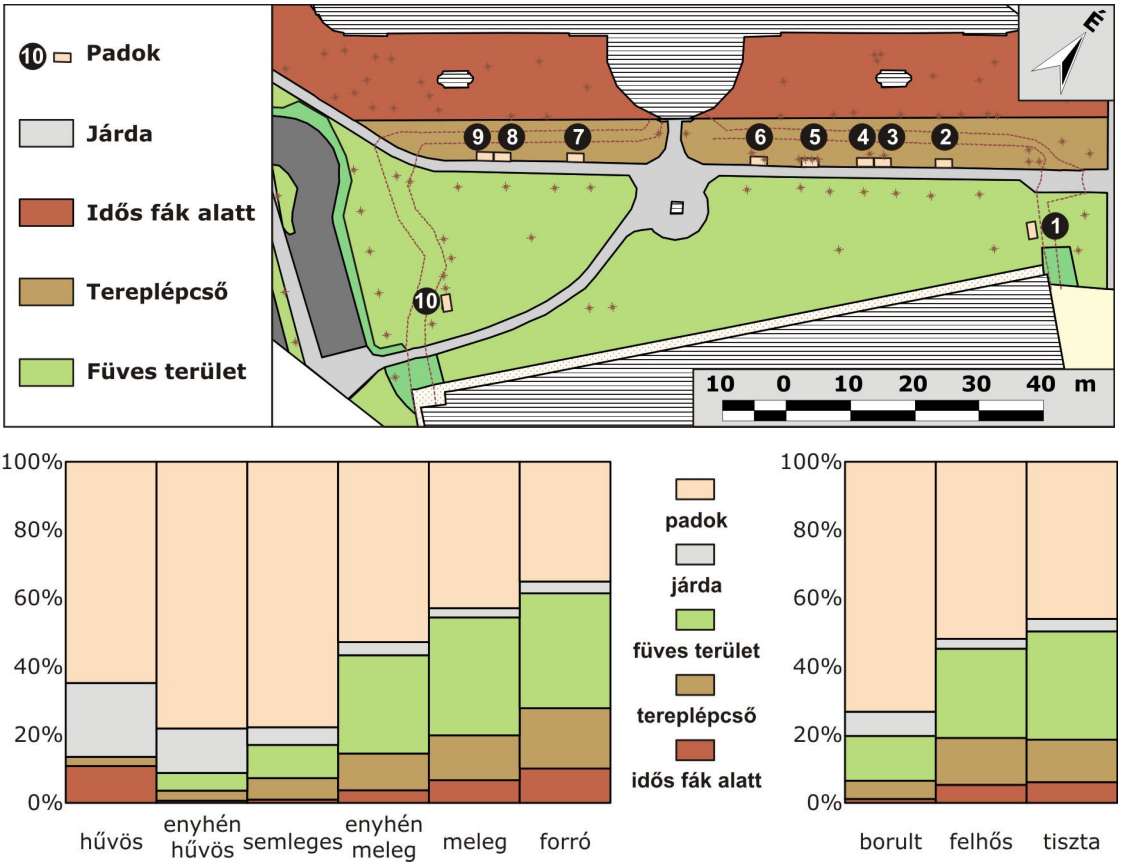
4.11. ábra Az Ady tér látogatottságának térbeli mintázata 3 eltérő termikus viszonyokkal jellemezhető napon (adatforrás: I. kampány, 12:00 – 15:00, félórás intervallum-megfigyelések napi összesítése)

A kora délutáni órákban enyhén hűvös–neutrális termikus viszonyokkal jellemezhető ***2009. május 6***-án csupán néhány látogatója volt a vizsgálati helyszínnek, s szinte mindegyikük a terület padjain foglalt helyet. ***2008. április 29***-én és ***május 14***-én viszont melegebb PET kategóriák domináltak, s a mintaterület látogatottsága is jóval magasabbnak adódott. A helyszínen időző személyek ezeken a napokon a padokon kívül a füves térrészen is nagyobb számban tartózkodtak (főként ülő, vagy fekvő testhelyzetben). Emellett, a forró termikus viszonyokkal jellemezhető május 14-én több látogató a füves részt övező tereplépcső tetején tartózkodott, a mintaterület idős fák árnyékába eső ÉNy-i oldalán (**4.11. ábra**). Mint azt a **4.2.2. fejezetben** már említettem a pillanatnyi látogatottságra vonatkozó adatok elemzésekor, a fiziológiai szempontból terhelő termikus körülmények ellenére a legintenzívebb területhasználat épp az ilyen meleg–forró viszonyokkal jellemezhető napokon fordult elő, amit a látogatók viselkedési alkalmazkodásának különféle lehetőségei csak részben magyaráznak.

A termikus viszonyoktól függő területhasználat térbeli mintázatának részletesebb tanulmányozásához **5 alterületet** különítettem el az Ady téren (**4.12. ábra**). A 3 „természetes” szektor közt szerepel a DK-i oldalon fekvő nagy, ***füves terület***, az ÉNy-i oldalon elhelyezkedő, ***idős fák*** árnyékában lévő rész, és a ***tereplépcső*** azon része (ÉNy), amely fölé árnyékot vet az előbb említett magas fák lombkoronája. A tereplépcső többi szakaszát, minthogy vegetáció általi árnyékolásban nem részesül, a füves térrészhez csatoltam. A területen átvezető ***járdát***, valamint a 10 ***padot*** – merőben eltérő jellegük, funkciójuk miatt – is érdemes volt 2 külön („mesterséges”) szektorként kezelni.

Valamennyi alterületen derült ég és meleg termikus viszonyok esetén fordult elő a legtöbb látogató, az egyes **szektorok relatív látogatottsága** (összlátogatószámhoz viszonyított százalékos aránya) azonban jelentős tendenciát mutatott az **égboltviszonyoknak**, illetve a **PET kategóriáknak** megfelelően (**4.12. ábra**). Felhős–borult, valamint hidegebb körülmények esetén egyértelműen a padok relatív igénybevétele dominált. Az égbolt kitisztulásával (emelkedő globálsugárzás értékekkel) és a termikus viszonyok melegebbé válásával azonban jelentősen megnövekedett a füves szektor látogatottsága. Az emberek meleg–forró viszonyokhoz való fizikai alkalmazkodását jelzi az árnyékos–

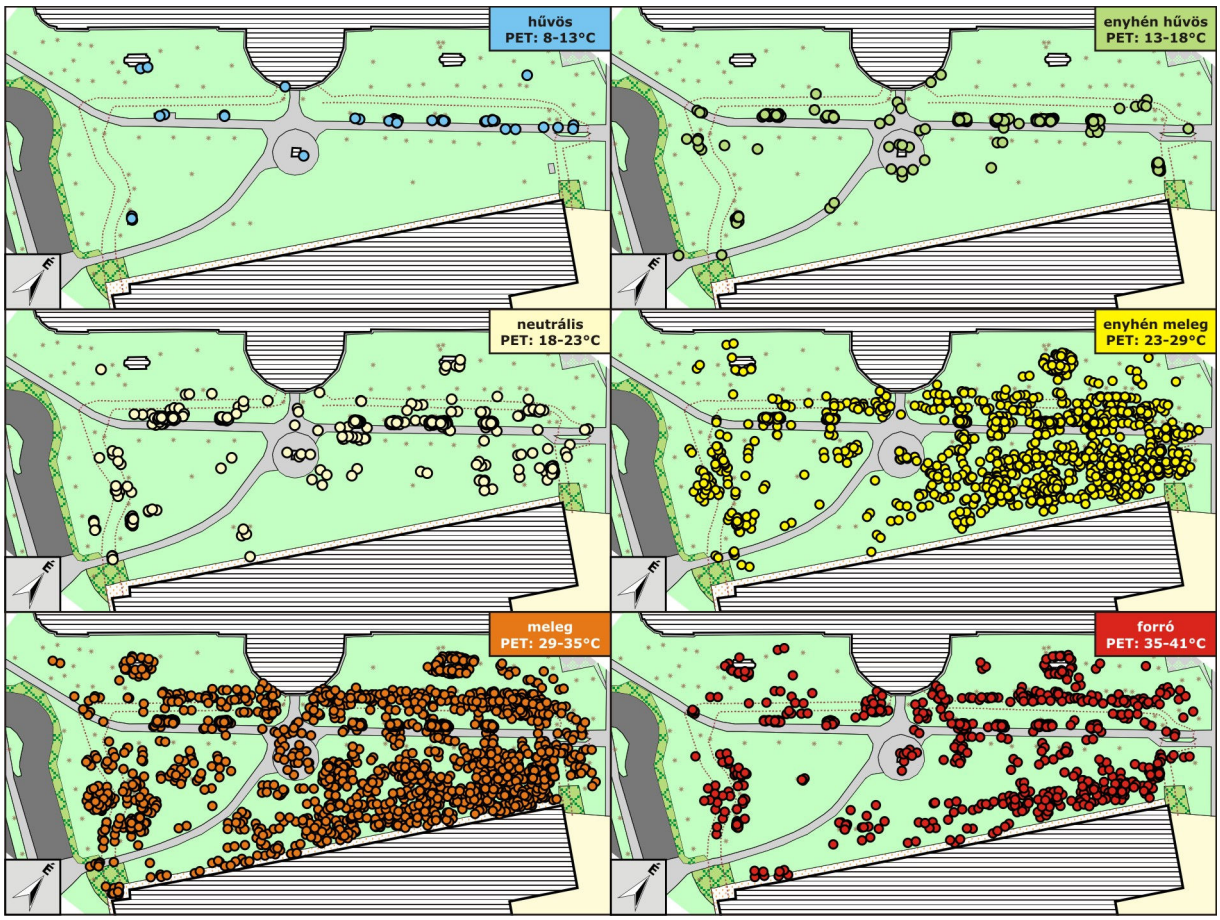
félárnyékos alterületek (idős fák által árnyékolt ÉNy-i rész és tereplépcső) ekkori magasabb relatív látogatószáma. A padok relatív igénybevételének visszaesése egyrészt annak köszönhető, hogy – szemben a többi szektorral – ülőkapacitásuk limitált, így a melegebb szituációk alkalmával (PET>23°C), amikor a terület összlátogatottsága magasabb, egyre többen kénytelenek más alterületen helyet foglalni. Az említett tendenciák PET<13°C (hűvös viszonyok) esetén tapasztalt enyhe torzulását az akkori igen alacsony abszolút látogatószám magyarázza.



4.12. ábra Az Ady tér egyes szektorai, s azok relatív igénybevétele különböző termikus viszonyok illetve égboltviszonyok esetén (adatforrás: I. kampány, 12:00 – 15:00, félórás intervallum-megfigyelések)

A **termikus viszonyoktól függő** (abszolút) **látogatottság térbeli mintázatának** illusztrálására olyan területhasználati térképeket készítettem az ArcView-ban, melyekhez a 3 felmérési időszak során feltérképezett valamennyi látogatót az ott tartózkodásuk idejére jellemző PET kategóriáknak megfelelően csoportosítottam (**4.13. ábra**). A fentiekben definiált 5 területrész igénybevételének különbsége az egyes hőérzettartományok szerint szignifikánsnak mutatkozott (α=0,00), s az uralkodó termikus viszonyok és az egyes területrészek látogatottsága közt mérsékelten gyenge kapcsolatot találtam (V=0,212 és C=0,391; N = 6775).

A következő bekezdésekben a látogatók **személyes tényezői** (neme, kora), és **viselkedési reakciói** (pozíciója, ruházata, aktivitása,) szerint kialakított **látogató-csoportok területhasználatában** lévő különbségeket elemzem. Az idősebb ***korosztályok*** képviselői (középkorú, öreg) szinte kizárólag a padokon foglaltak helyet, illetőleg annak közvetlen közelében álldogáltak a járdán, míg a természetes szektorokat alig vették igénybe (α= 0,00; V=0,114; C=0,194; N = 6775). A leggyengébb (viszont még mindig szignifikáns) területhasználatbeli különbség a ***nemek*** szerinti csoportosítás esetén mutatkozott (α= 0,00; V=0,060; C=0,060; N=6775).



4.13. ábra Az Ady téri területhasználat térbeli mintázata a termikus viszonyok szerinti bontásban

A látogatók ***pozíciója*** esetén várt legerősebb kapcsolatot beigazolták a statisztikai mérőszámok értékei: V=0,415 és C=0,506 (α=0,00). Az egyes szektorok árnyékolási viszonyai ugyanis nagymértékben különböznek, így eredendően eltérő direkt sugárzásnak való kitettséget biztosítanak a látogatók számára. Az elemszám ez esetben csupán N=5761, hiszen a mérési időszak során többször fordult elő olyan eset, mikor az égbolt borultsága következtében nem lehetett megállapítani a látogatók tartózkodási helyének fényviszonyait.

Az említett szektorok igénybevétele szignifikáns, viszont nem túl erős kapcsolatban áll a látogatók ***ruházatával*** (α=0,00; V=0,139; C=0,193; N=6775). A vastagabb, illetőleg több ruházatot (I_{cl}>0,9 clo) viselő emberek főként a padokon foglaltak helyet, vagy mellettük álltak a járdán, s alig vették igénybe a terület „természetes” szektorait. Ennek a legkézenfekvőbb magyarázata az, hogy hűvösebb viszonyok esetén (amikor az emberek melegebb öltözéket viselnek) a talajfelszín túl hideg (esetenként még nedves is) ahhoz, hogy letelepedjenek rá. Másrészről pedig, ilyenkor sokkal kevesebb látogatója volt a területnek. Az aktív és passzív egyének területhasználatának jelentősebb különbségéről tanúskodnak az előbbinél kicsit magasabb, de még mindig csupán mérsékelten gyenge C=0,280 és V=0,269 értékek (α= 0,00; N=6775).

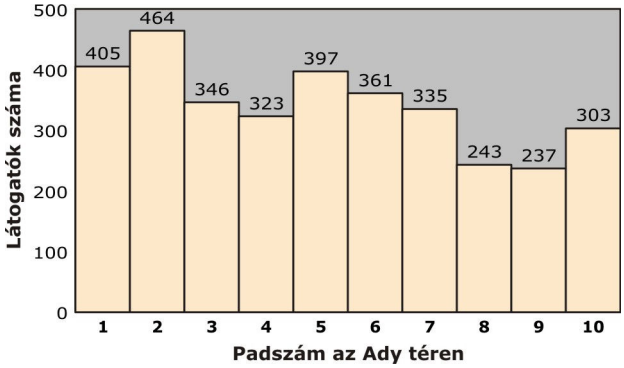
A ***tevékenységtípus*** szerinti csoportosítás esetén kapott eredmény hátterében – azon túl, hogy a padok eredendően ülő tevékenységet tesznek lehetővé – az állt, hogy az aktív látogatók mobiltelefonálás illetve kutyasétáltatás közben a járdán, vagy az idős fák alatt járkáltak fel és alá, illetve a füves területen sportoltak, játszottak.

A következő bekezdésekben néhány, a fent bemutatott térképekről (4.11. és 4.13. ábra) leolvasható jellegzetes **területhasználatbeli preferencia** (a leggyakrabban igénybevett területrészek) magyarázata következik. Eredendő funkciójuk révén a padok számítanak a legkedveltebb ülőhelynek az Ady téren, szinte függetlenül a termikus viszonyoktól. A padon ülő személyekkel társalgó, s így a közelükben álldogáló látogatókon kívül számos ülő személyt mértünk fel a járdák lépcsős részén is. Az idős fák árnyékában található két beton virágágyat is előszeretettel használták ülő alkalmatosságként a terület látogatói, csakúgy, mint a füves térrészt körülölelő tereplépcső tetejét.

Míg a padok magas igénybevételi aránya napsütéses, meleg–forró termikus viszonyok esetén a látogatók gyakori cserélődésének köszönhető, a füves szektor egyrészt annak köszönheti népszerűségét, hogy sokan kifejezetten napfürdőzés céljából érkeztek a területre, másrészt e szektor természete és kiterjedése lehetővé tette a látogatók nagyobb csoportokban történő letelepedését. Amennyiben a felszínhőmérséklet lehetővé tette, az emberek általában hosszabban időztek ezen a területrészen a többi szektorhoz képest.

A bemutatott térképek egyértelműen illusztrálják azt az érdekes tendenciát, hogy az emberek az Ady téri mintaterület ÉK-i oldalról kezdik „feltölteni”, így a területhasználati térképek jobb oldala mutat magasabb látogatottságot (pl. 4.13. ábra). Ez az érdekes mintázat annak tulajdonítható, hogy a vizsgálati helyszín ÉK-i oldala egy élénkebb gyalogosforgalommal jellemezhető utcára nyílik, s ebből az irányból közelítik meg a területet az egyetemi épületet vagy az Információs Központot elhagyó, fő látogatócsoportot képező fiatalok. Ez az ÉK-DNy irányú tendencia valamennyi szektor esetén felfedezhető. A füves alterület bal oldalán kifejezetten alacsony látogatószám adódott a díszburkolatos járda „két karja” illetve a tereplépcső által körülhatárolt térrész feltehetőleg negatív, közrezárt érzetet kiváltó elrendezésének köszönhetően.

A fent említett irányfüggő mintázat az Ady tér padjain helyet foglaló látogatók számából is látszik (4.14. ábra). A füves területrész ÉK-i végén elhelyezkedő 1. számú pad (4.12. ábra) igénybevétele szembetűnően magasabb, mint a vele szemben, a terület átellenes végén elhelyezkedő 10. pad esetén. A terület ÉK-i végétől elindulva a járdamenti padok (2-9.) látogatószáma folyamatosan csökkenő tendenciát mutat. E mintázat különlegessége a dupla padok (3-4. és 8-9.) esetén tapasztalt visszaesés, mely azzal a többnyire spontán viselkedési jellemvonással függ össze, miszerint az emberek a számukra ismeretlen személyektől általában a lehető legtávolabb igyekeznek helyet foglalni. Minthogy a dupla padok nem engednek eléggé kiterjedt személyes teret, a privát szféra iránti igény felülmúlja a távolság hatását, s a területre érkező új látogatók inkább egy, a terület „távolabbi” végén elhelyezkedő, egymagában álló padot választanak ülőhely gyanánt.



4.14. ábra Az Ady téri padok igénybevétele (adatforrás: I. kampány, 12:00 – 15:00, félórás intervallummegfigyelések)

4.3 A TERMIKUS VISZONYOK SZUBJEKTÍV ÉRTÉKELÉSE – KÉRDŐÍVEKRE ALAPOZOTT EREDMÉNYEK

Visszautalva a témát bevezető **1.2. fejezetre**, illetve a vizsgálataim elvi háttérmodelljeként funkcionáló **1.2. ábrára**, a termikus viszonyok függvényeként adódó tényleges látogatottságot az emberek tudatos és tudatalatti szubjektív reakcióinak összessége alakítja ki (TK→SzÉ→VR→TH). A területhasználat mintázataira (TH: pl. látogatók számának és területi eloszlásának változásai), valamint a humán reakciók fizikai szinten is megnyilvánuló formáira (VR: pl. ruházat és napfénynek való kitettség megváltoztatása) a megfigyelési adatok elemzése révén mutattam be példákat a **4.2. fejezetben**. Ebben a fejezetben pedig a **helyszíni mérésekkel** párhuzamos **kérdőívek** objektív és szubjektív adatait használom fel a célból, hogy bemutassam a szubjektív értékelések (SzÉ) kifejlődésében felfedezhető jellegzetességeket. Ezen értékelések közül azokat veszem górcső alá, melyek a termikus viszonyok mentális leképeződésére vonatkoznak (SzÉ_tk: pl. hőérzet, különféle meteorológiai paraméterekre vonatkozó érzetek és preferenciák), s mint ilyenek elsődleges mozgató rugói a termikus viszonyokra adott viselkedési reakcióknak.

Az interjúalanyok és az interjúk mikro-bioklimatológiai háttere

Annak érdekében, hogy következtetéseim a teljes szabadtéri aktivitásra alkalmas időszakban helytállók legyenek, az elemzésbe bevont kérdőívek megközelítőleg egyenlő arányban oszlanak meg három vizsgált évszak közt (**3.1. táblázat**). A koradélutáni órákat lefedő **2009 őszi** és **2010 tavaszi** mérési periódusokból 466 illetve 471 értékelhető kérdőív származik, míg **2011 nyarának** nyolc vizsgálati napjáról (10:00-18:00 közt) mindössze 334. Ez az összesen 1271 interjú a **4.2. tábázatban** feltüntetett módon oszlott meg az egyes mintaterületek közt.

4.2. táblázat A felhasznált 1271 kérdőív megoszlása mérési periódusok és mintaterületek szerint

	Ady	Honvéd	Kárász	Retek	Szt. István	Σ
2009 ősz	303	163	0	0	0	466
2010 tavasz	245	226	0	0	0	471
2011 nyár	0	118	81	76	59	334
Σ	548	507	81	76	59	1271

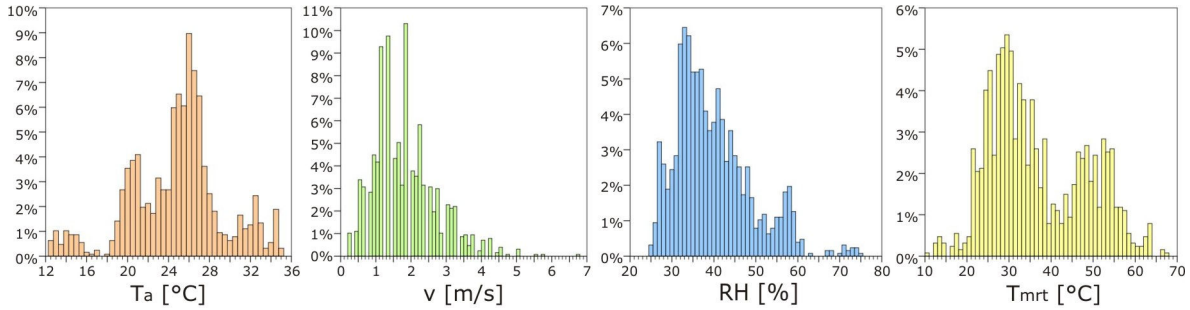
A látogatókat koruk alapján 4 fő csoportba soroltam: gyermekkorúnak számítottak a 15 év alattiak, fiatal munkaképes korúnak a 15–39 évesek, középkorúnak a 40–59 évesek, s időskorúnak a 60. életévüket betöltött személyek (*Polónyi és Tímár 2006*). A megfigyelések adatbázisával konzisztens módon az interjúalanyok közt is kevesebb volt a férfi, s ez esetben is rendkívül magasnak adódott a fiatal felnőttek aránya (több mint 1000!), így a kérdőívekből levonható következtetéseim elsősorban erre a korcsoportra érvényesek.

4.3. táblázat Az Ady és a Honvéd téri mintaterületek látogatóinak nem és kor szerinti megoszlása

	Nem		**Korosztály**				**Σ**
	férfi	nő	gyerek	fiatal	középkorú	idős	
2009 ősz	175	291	24	415	13	14	466
2010 tavasz	185	286	25	417	16	13	471
2011 nyár	111	223	31	200	51	52	334
Σ	471	800	80	1032	80	79	1271

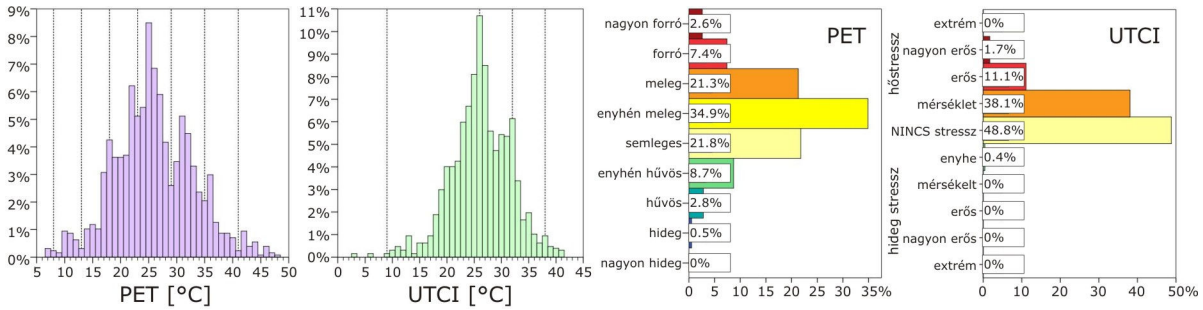
A legtöbb kérdőív 24-27°C-os hőmérséklettel jellemezhető időszakban született, de 15°C alatti és 30°C feletti esetek is előfordultak (**4.15. ábra**). Az interjúalanyok többsége

0,5 és 3,3 m/s közé eső szélsebesség értékeket tapasztalt, míg az igazán szeles alkalmak idején jóval kevesebb kérdőív készült. Relatív nedvesség tekintetében a 25-50%-os értékek domináltak, noha néhány interjú 70-75%-os RH időszakára esett. A változatos sugárzási viszonyoknak megfelelően az átlagos sugárzási hőmérséklet 10-67°C-os tartományt ölel fel, s a T_{mrt} értékek jellegzetes 2-módusú gyakorisági eloszlása az interjúalanyok napos illetve árnyékos pozíciójával függ össze.



4.15. ábra Az interjúk idejére jellemző termikus alapparaméterek %-os gyakorisági eloszlása

A mikrometeorológiai alapparaméterekből számított fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet 6 és 48°C, az univerzális termikus klíma index pedig 3 és 42°C közé tartományt fedett le (**4.16. ábra**). A bioklíma-indexek hisztogramjai – az alapparaméterekhez képest – jobban közelíthetők normál eloszlással; ez azonban nem mondható el kitüntetett, hőérzetnek illetve termikus stressznek megfeleltetett értéktartományaikról; különösen az UTCI esetében.



4.16. ábra Az interjúk idejére jellemző termikus indexek %-os gyakorisági eloszlása, külön feltüntetve az indexekre alapozott hőérzet és hőstressz-kategóriák előfordulási arányát

Az interjúk többségének alkalmával tiszta égboltviszonyok uralkodtak, s kevesebb, mint 10%-uk zajlott teljesen borult időjárási háttér mellett (**4.4. táblázat**). A megállapítható pozíciójú személyek többsége nyáron árnyékban, ősszel félárnyékban, tavasszal pedig a napon tartózkodott (**4.4. táblázat**), amely a megfigyelési eredményeknél részben már említett pszichológiai hatásokkal (főképp a téli periódus utáni fokozott napfény utáni vágyakozással) magyarázható.

4.4. táblázat Az interjúk idejére jellemző égboltviszonyok, valamint a kérdezett személyek napfénynek való kitettsége

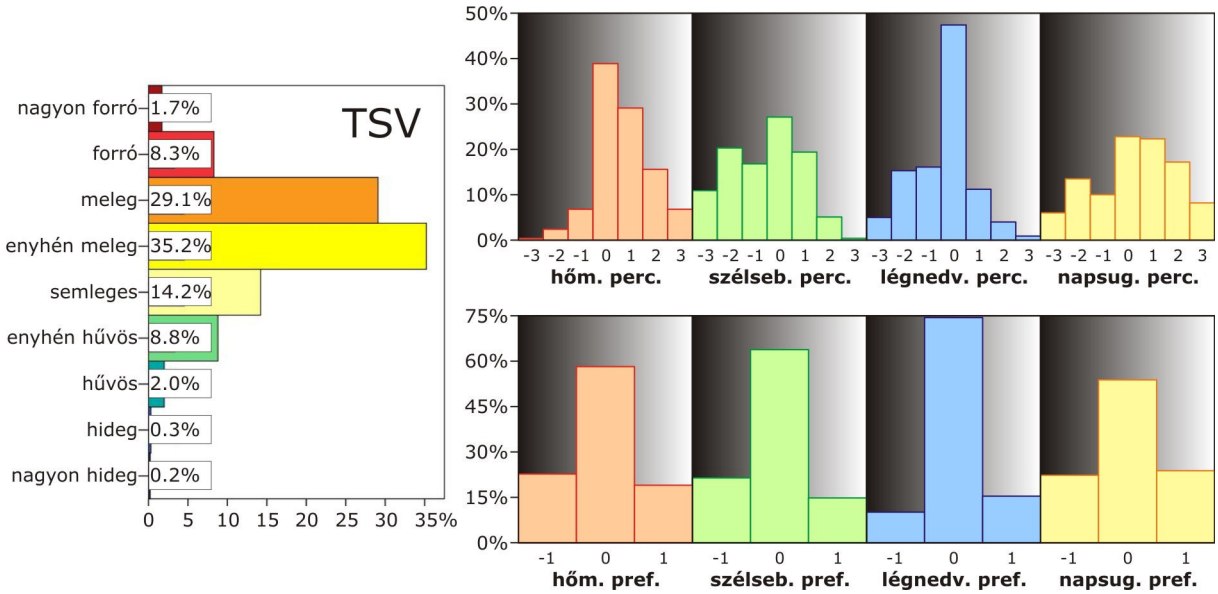
	Égboltviszonyok			Napfénynek való kitettség (pozíció)			
	tiszta	felhős	teljesen borult	nem megál-lapítható	nap	félárnyék	árnyék
2009 ősz	385	48	33	33	149	192	92
2010 tavasz	311	119	41	41	225	170	35
2011 nyár	271	30	33	33	47	42	212
Σ	967	197	107	107	421	404	239

Hasonlóképpen a megfigyelésekre alapozott eredmények tárgyalásához, ezt a fejezetet is felosztottam 3 kardinális kérdésnek megfelelően:

- A **4.3.1. fejezetben** a termikus viszonyok szubjektív értékelésének különböző aspektusai (SzÉ_tk: hőérzet, percepciók, preferenciák) közti kapcsolatokat elemzem.
- A **4.3.2. fejezetben** megvizsgálom, hogy miként alakul a termikus viszonyok szubjektív értékelése a mikro-bioklimatológiai körülmények függvényében (TK→SzÉ_tk), különös figyelmet fordítva a hőérzettel kapcsolatos tendenciákra.
- A **4.3.3. fejezetben** pedig kísérletet teszek az utóbbira szignifikáns hatással lévő személyes tényezők (SzT) feltárására.

4.3.1 A termikus viszonyok szubjektív értékelésének különböző oldalai

A termikus viszonyok együttes hatásának személyes értékelésére vonatkozó skála 9 fő tartománya közül az enyhén meleg (1), s a meleg (2) kategóriát választották legtöbben **szubjektív hőérzetük** jellemzésére (**4.17. ábra**). Ezeken kívül jelentősebb volt még a neutrális (0), enyhén hűvös (-1) és forró (3) TSV értékek aránya is. Mivel a fő TSV osztályok közti pontosabb jelölés lehetőségével csupán 68 interjúalany élt az 1271-ből, ezért a hőérzetre vonatkozó elemzéseim során ordinális változóként kezeltem az ide vonatkozó, egész értékekre kerekített TSV adatokat (**3.14. MELLÉKLET**).



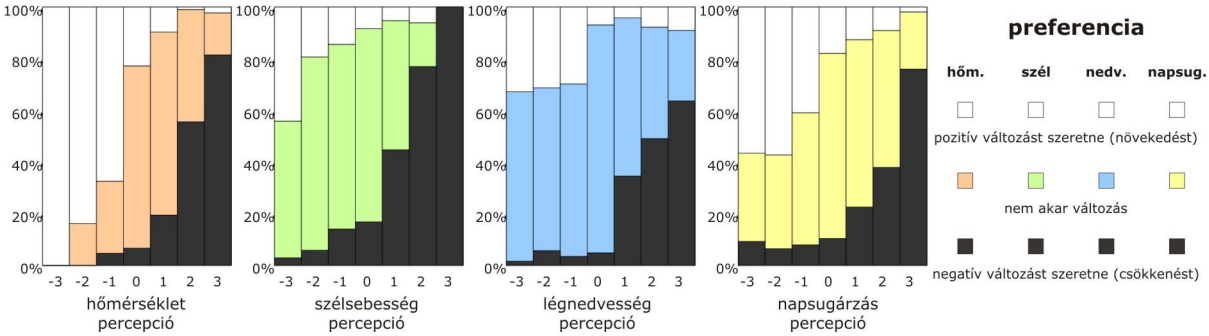
4.17. ábra Az interjúk idejére jellemző termikus környezet szubjektív értékelése hőérzet (TSV), valamint az egyes paraméterekre vonatkozó érzetek (perc.) és preferenciák (pref.) formájában

A termikus alapparaméterek szubjektív megítélésével kapcsolatban szembetűnő a 0-ként dekódolt **percepció**-szavazatok dominanciája; ezzel szemben extrém értékek (-3 vagy 3) ritkán fordultak elő (**4.17. ábra**). A középső percepció kategória előfordulási gyakorisága különösen magas a légnedvesség és a léghőmérséklet esetén. Míg a fennmaradó nem-nulla szavazatok alapján az emberek a levegőt inkább száraznak érezték (gyakoribb -1 és -2 percepció kategória), addig a hőmérséklet-érzet inkább a magasabb értékek (1 és 2) felé tolódott. A szélsebességre és napsugárzásra vonatkozó percepció kategóriák eloszlása kevésbé „csúcsos”, s az előbbi esetében azt jelzik, hogy a légmozgás többnyire gyengének illetve mérsékeltnek (-2-től 1-ig), a napsütés pedig inkább erősnek (0-tól 2-ig) érződött.

A 0 **preferencia**-szavazatok 50-70%-os kiemelkedő aránya azt mutatja, hogy a termikus viszonyok összességében az emberek megelégedésére szolgáltak, s általában nem

vágytak egyik alapparaméter megváltozására sem annak érdekében, hogy kellemesebben érezzék magukat.

A szubjektív értékelések közti kapcsolat feltárása érdekében mindegyik termikus alapparaméter esetén megvizsgáltam, hogy miként változik a különböző preferencia-szavazatok aránya a percepció értékek emelkedésével (**pref vs. perc**; **4.18. ábra**). Az eredmények nem okoztak meglepetést a tekintetben, hogy amennyiben az adott paraméter gyengének (vagy alacsonynak) érződött, akkor a látogatók többsége annak erősödését (emelkedését) kívánta, s természetesen a magasabb percepció értékek felé haladva egyre növekedett az adott tényező gyengülését (csökkenését) jelző preferencia-szavazatok aránya.



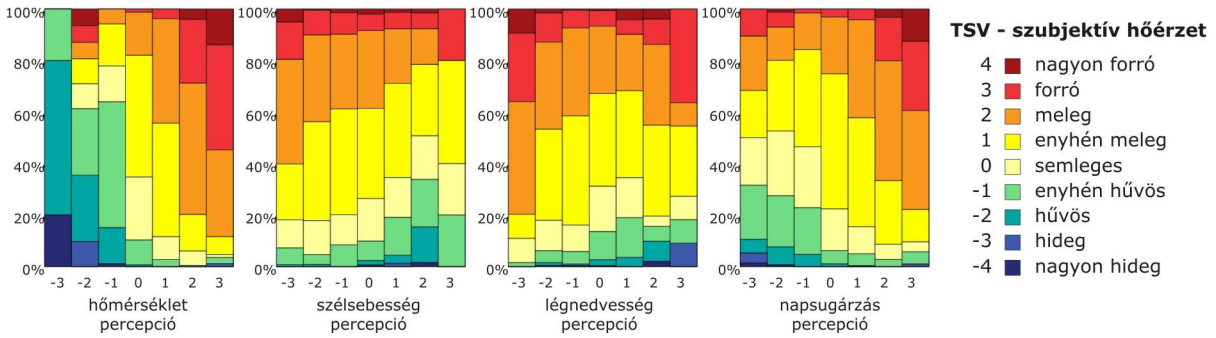
4.18. ábra Az egyes termikus alapparaméterekre vonatkozó percepció- és preferencia-szavazatok közti összefüggések

Valamennyi pref–perc párosítás esetén szignifikáns (α<0,001; N=1271), s mérsékeltnek szoros kapcsolatokat találtam; az összefüggések erősségét és tendenciáját kifejező statisztikai mérőszámokat a **4.5. táblázat** összegzi. A kapcsolat közül a hőmérsékletre vonatkozó bizonyult a legerősebbnek, melyet a napsugárzásra vonatkozó követ. A **4.5. táblázat** további sorai, valamint a következő két ábrán (**4.19.** és **4.20**) feltüntetett diagramok az előbbiek mintájára készült, hőérzet–percepció (TSV vs. perc), valamint hőérzet–preferencia (TSV vs. pref) kapcsolatokat mutatják be.

4.5. táblázat A meteorológiai paraméterek szubjektív értékelései (TSV, perc, pref) közti szignifikáns összefüggéseket (α<0,001; N=1271) kifejező statisztikai mérőszámok (Spearman-féle rho és Kendall-féle tau-b)

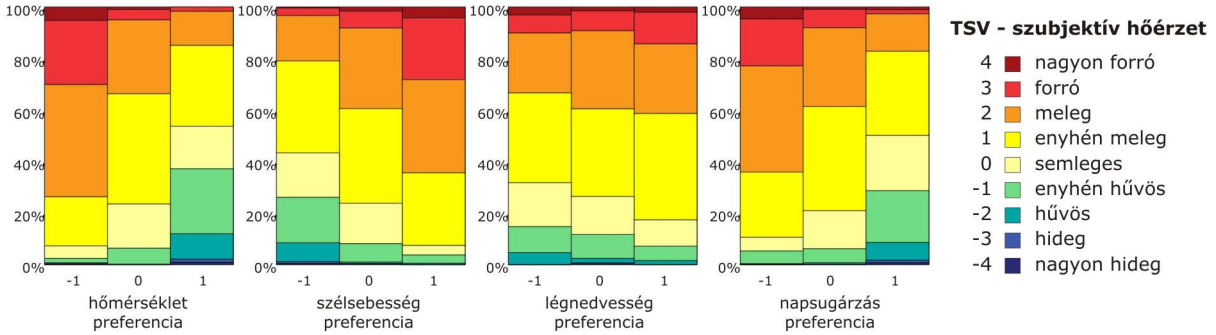
		hőmérséklet	szélsebesség	légnedvesség	napsugárzás
pref vs. perc	ρ	-0,576	-0,454	-0,393	-0,498
	τ_b	-0,522	-0,399	-0,357	-0,434
TSV vs. perc	ρ	0,605	-0,216	-0,179	0,442
	τ_b	0,537	-0,177	-0,152	0,357
TSV vs. pref	ρ	-0,475	0,327	0,073	-0,393
	τ_b	-0,423	0,288	0,064	-0,346

A **TSV–perc** összevetéseket tekintve a szubjektív hőérzet a léghőmérséklet percepcióval mutatja a legszorosabb kapcsolatot, de a napsugárzás érzettel való korrelációja is viszonylag erősnek mondható. Ahogy a hőmérséklet egyre magasabbnak, a napsugárzás pedig egyre erősebbnek érződött, fokozatosan megemelkedett a magasabb TSV kategóriák előfordulási gyakorisága (**4.19. ábra**). Szél- és légnedvesség percepciók esetén kialakult kapcsolatok jóval gyengébbek, s irányuk is ellentétes. Az ábrázolt tendenciákat ugyanis jelentősen rontja az a tény, hogy extrém percepció-szavazatokat nagyon kevesen adtak (**4.20. ábra**), így a 3-as szélsebesség és légnedvesség-csoportokban meglehetősen alacsony az elemszám.



4.19. ábra Az egyes termikus alapparaméterekre vonatkozó percepció-szavazatok és a szubjektív hőérzet közti összefüggések

A **TSV–pref** összefüggések a várakozásoknak megfelelően épp ellenkező tendenciákat mutatnak (**4.20. ábra**), mint az egyes TSV–perc kapcsolatok (**4.19. ábra**), s ennek megfelelően a hőmérséklet és napsugárzás preferencia TSV-vel való korrelációját mutató együtthatók értékei negatívak, míg a szél és légnedvesség esetében pozitívak (**4.5. táblázat**).



4.20. ábra Az egyes termikus alapparaméterekre vonatkozó preferencia-szavazatok és a szubjektív hőérzet közti összefüggések

A korrelációs koefficiensek abszolút értékeit paraméterenként összehasonlítva minden kapcsolattípus (pref–perc, TSV–perc, TSV–pref) esetén ugyanazt a sorrendet (hőmérséklet, napsugárzás, szélsebesség, s légnedvesség) kaptam (**4.5. táblázat**). A perc–TSV összefüggések erősségéhez képest a pref–TSV kapcsolatok a szélsebességet leszámítva valamennyi paraméter esetén erősebbnek bizonyultak.

4.3.2 Szubjektív értékelés vs. objektív mérőszámok

A kérdőívek pusztán szubjektív értékelésein alapuló elemzések után arra irányultak vizsgálataim, hogy feltárjam a mikro-bioklimatikus környezet (T_a, RH, v, T_{mrt}, PET, UTCI) mentális (percepcióként, preferenciaként és hőérzetként való) leképeződésének tendenciáit (**1.2. ábra**: TK→SzÉ_tk). Mivel az interjúalanyok értékelései még teljesen azonos termikus környezet esetén is számottevően eltérhetnek egymástól, ezért a kapcsolatok szemléletese érdekében minden szubjektív adatsorból átlagokat képeztem a prediktorként használt objektív paraméterek kis értéklépcsőinek megfelelően. Ezután az eredményül kapott új adatsorokra lineáris, illetve szükség esetén (ha azok jobban leírták a kapcsolatot) másodfokú függvényeket illesztettem, megadva az egyenes illetve görbe szerinti determinációs koefficiens (R^2) értékét. A kirajzolódó függvények meredeksége megmutatja, hogy az emberek átlagosan milyen érzékenyen reagálnak a termikus viszonyokat leíró paraméterek egységnyi megváltozására.

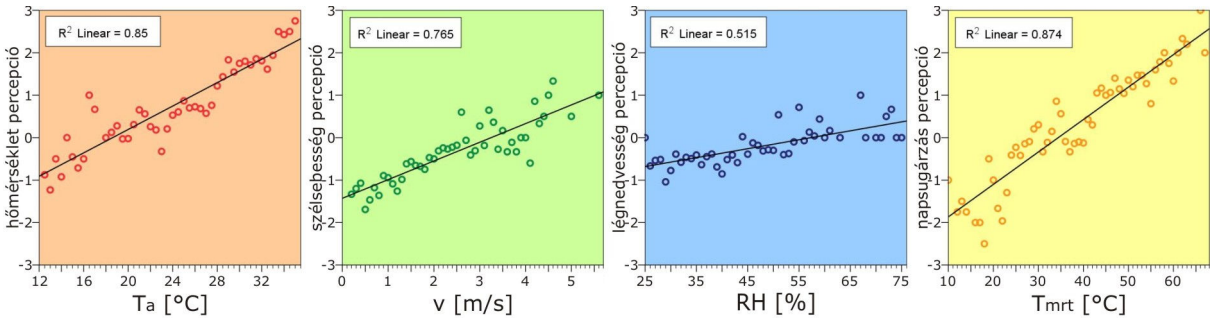
Az egyes mikro-bioklimatológiai mérőszámok esetén alkalmazott szűk átlagolási intervallumok révén a következő elemszámok adódtak:

- T_a 0,5°C N=45
- v 0,1 m/s N=47
- RH 1% N=46
- T_{mrt} 1°C N=54
- PET 1°C N=42
- UTCI 1°C N=35

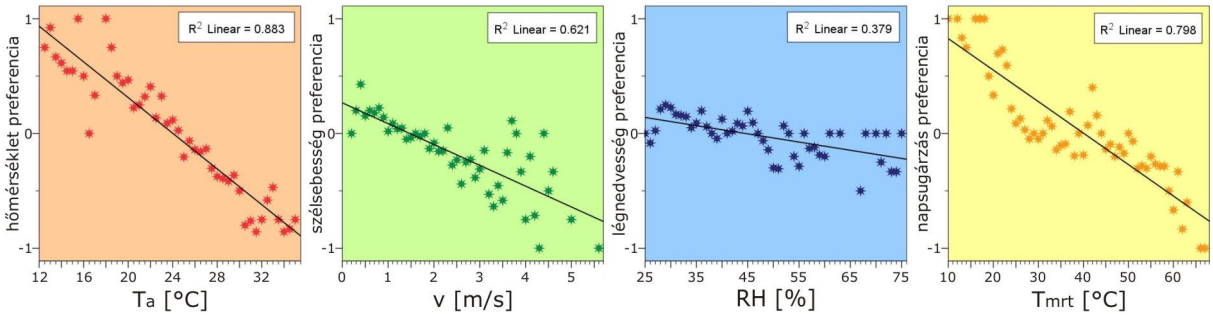
Percepciók és preferenciák

Először az egyes alapparaméterek szerinti szubjektív értékelések (**percepciók, preferenciák**) alakulását vizsgálom a **nekik megfelelő objektív mérőszámok** függvényében (**4.21.** és **4.22. ábra**). Itt jegyzem meg, hogy a napsugárzás értékelésekhez rendelhető objektív paraméterként nem G, hanem T_{mrt} szerepel az ábrákon prediktorként, abból kifolyólag, hogy az emberek szubjektív reakciói szorosabb összefüggést mutattak az átlagos sugárzási hőmérséklet, mint a globálsugárzás értékeivel. A szélsebességgel kapcsolatos grafikonokon v értékei mindössze 5,6 m/s-ig futnak, a rendkívül alacsony esetszámú magasabb v értékek ugyanis a tendenciák jelentős torzulását eredményezték volna.

A **percepciókra** vonatkozó függvények közül a légnedvességre vonatkozóé a legalacsonyabb meredekségű, míg a napsugárzás-percepció átlagos értékei emelkednek legintenzívebben a hozzá tartozó objektív mérőszám változásával; összhangban azzal, hogy az átlagos percepció értékek az előbbinél mozognak a legszűkebb (-1-től 1-ig), s utóbbinál a legtágabb (-2,5-től 3-ig) határok közt (**4.21. ábra**). A legmagasabb R^2 érték a napsugárzás percepció (0,874), valamint a hőmérséklet percepció (0,85) esetén adódott.



4.21. ábra A termikus paraméterekre vonatkozó átlagos percepció-szavazatok összefüggése a nekik megfelelő alapparaméterekkel



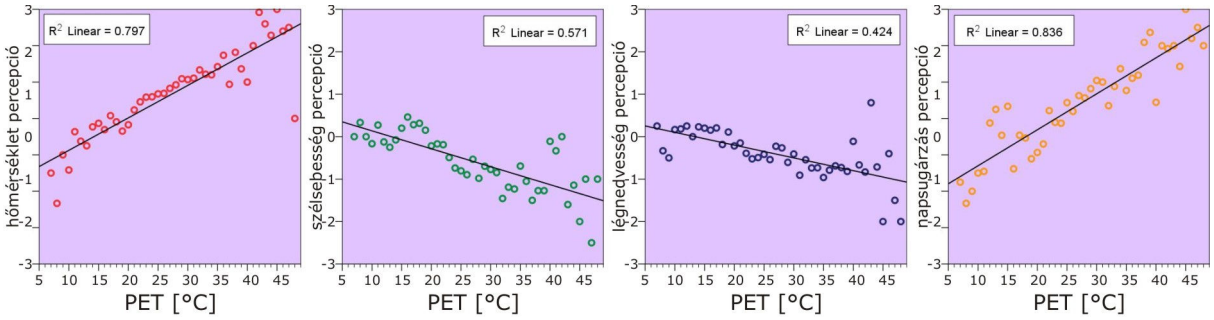
4.22. ábra A termikus paraméterekre vonatkozó átlagos preferencia-szavazatok összefüggése a nekik megfelelő alapparaméterekkel

A várható humán reakcióknak megfelelően az átlagos **preferencia**-szavazatok negatív kapcsolatban állnak a megfelelő objektív mérőszámokkal (**4.22. ábra**). A legszorosabb összefüggésnek a hőmérséklet preferencia–T_a kapcsolat adódott (R^2=0,883), melyet a napsugárzás preferencia–T_{mrt} (R^2=0,798), szélsebesség preferencia–v (R^2=0,621), s végül a légnedvesség preferencia–RH (R^2=0,379) kapcsolat követett. A determinációs koefficien-

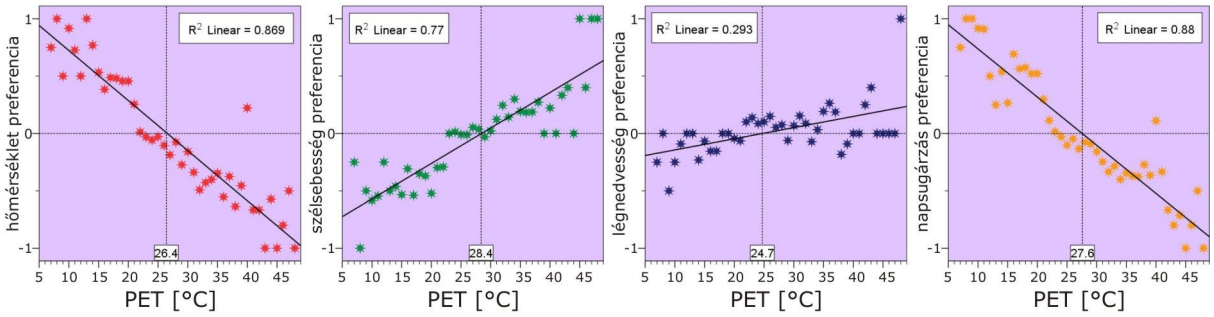
sek alapján a preferencia-szavazatok T_a-val való összefüggése szorosabb volt, mint a percepció-szavazatoké, a többi objektív tényező esetében (T_{mrt}, v, RH) azonban a helyzet épp ennek fordítottja (**4.21.** és **4.22. ábra**).

A következő felmerülő kérdés az, hogy vajon az egyes szubjektív értékelések a nekik megfelelő objektív tényezőkkel állnak-e szorosabb kapcsolatban, vagy az alapparaméterek kombinált hatását kifejező bioklíma-indexekkel? A kérdés megválaszolásához elkészítettem a **4.21.** és **4.22. ábrákon** szereplő valamennyi grafikonnak egy olyan „párját", melyeken független változóként a PET index szerepel (**4.23.** és **4.24. ábra**). A szélsebességre és légnedvességre vonatkozó szubjektív értékelés–PET összefüggések tendenciája épp ellenkező előjelű, mint amikor az eredeti aplapparaméterek szerepeltek az x tengelyen.

A **percepció–PET** grafikonokhoz (**4.23. ábra**) tartozó korrelációs koefficiensek értelmében a bioklíma-index nem bizonyult annyira jó prediktornak, mint az eredeti alapparaméterek. Ennek éppen ellenkezője derül ki a preferenciára vonatkozó függvénykapcsolatok összehasonlításakor, ahol a légnedvességtől eltekintve a **preferencia–PET** összefüggések bizonyultak szorosabbnak (**4.24. ábra**).



4.23. ábra A termikus paraméterekre vonatkozó átlagos percepció-szavazatok alakulása a PET index függvényében



4.24. ábra A termikus paraméterekre vonatkozó átlagos preferencia-szavazatok alakulása a PET index függvényében

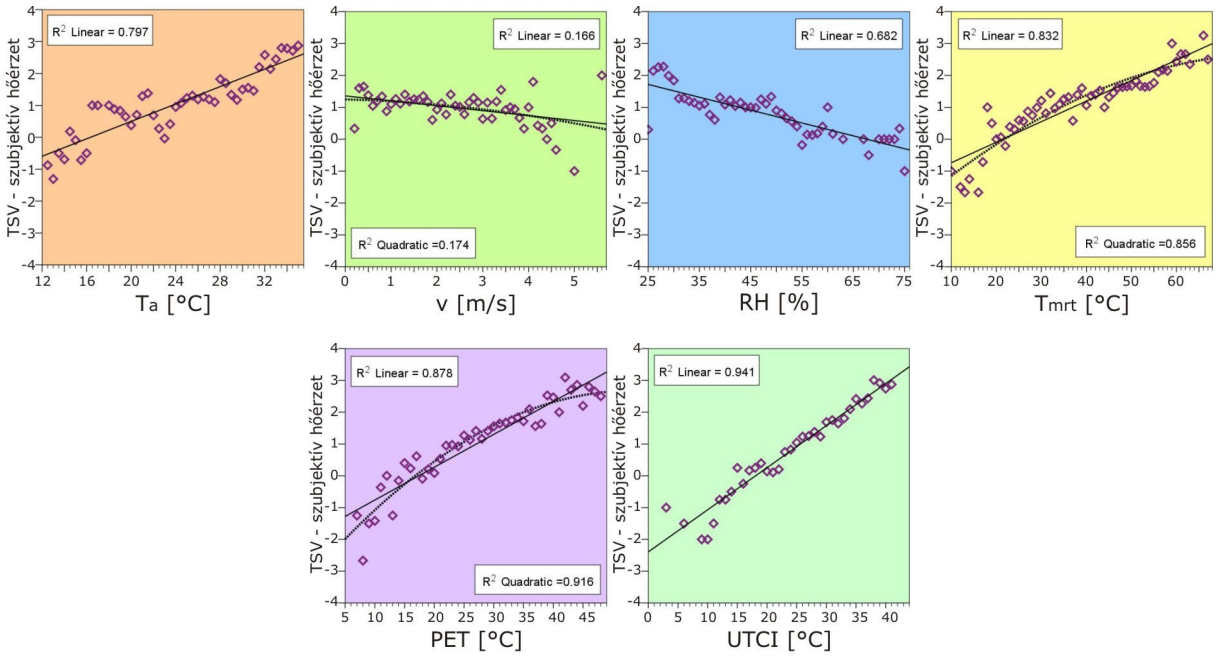
A kapott eredmények hátterében az állhat, hogy bár az emberek átlagosan meglehetősen jól érzik a léghőmérséklet, a szélsebesség vagy a napsugárzás értékeinek változásait, azok emelkedését vagy csökkenését azonban személyes hőérzetükhöz kötődő komfortérzetük (termikus komfortérzet) alapján kívánják. Ehhez a komfortérzethez pedig a termikus tényezők együttesen járulnak hozzá, ezért ezt a komplex hatást kifejező bioklíma-index jobb prediktornak bizonyul a preferenciák esetén. Például, forró hőérzetet eredményező termikus viszonyok nagyobb valószínűséggel váltanak ki az emberekből alacsonyabb hőmérséklet, erősebb szellő, valamint kevésbé intenzív napsugárzás utáni vágyat, mint külön-külön az a tény, hogy a hőmérséklet magasnak, a levegő mozdulatlannak, a napsugárzás pedig erősnek érződik.

Feltehetőleg a szélsebesség preferencia esetén is erősebb összefüggést kaptunk volna a megfelelő alapparaméterrel (v), mint a PET-tel, amennyiben több interjú zajlott volna magas v értékek idején. A szél ugyanis nem pusztán mint termikus paraméter jelentős, de fizikai-mechanikai hatása révén szintén befolyásolja a komfortérzetet. Így például az emberek nem csupán azért kívánhatják a légmozgás mérséklődését, mert a termikus viszonyokat kellemetlenül hűvösnek érzik, hanem az erős szél által okozott kellemetlenségek miatt is.

A **4.24. ábra** adatpárjaira illesztett egyenesek pref=0 egyenessel való metszéspontjai alapján meghatároztam azokat a „kritikus" PET értékeket, melyeknél az emberek átlagos preferencia-szavazatának előjele megváltozik. Ezek szerint 27-28°C-os PET értéket meghaladó enyhe hőterhelés esetén kezdenek az emberek alacsonyabb léghőmérsékletre, erősebb szélre és mérsékeltebb napsugárzásra vágyni, a légnedvesség mérséklődésére vonatkozó igény pedig kb. 25°C-os PET értéktől jelentkezik.

Szubjektív hőérzet (TSV)

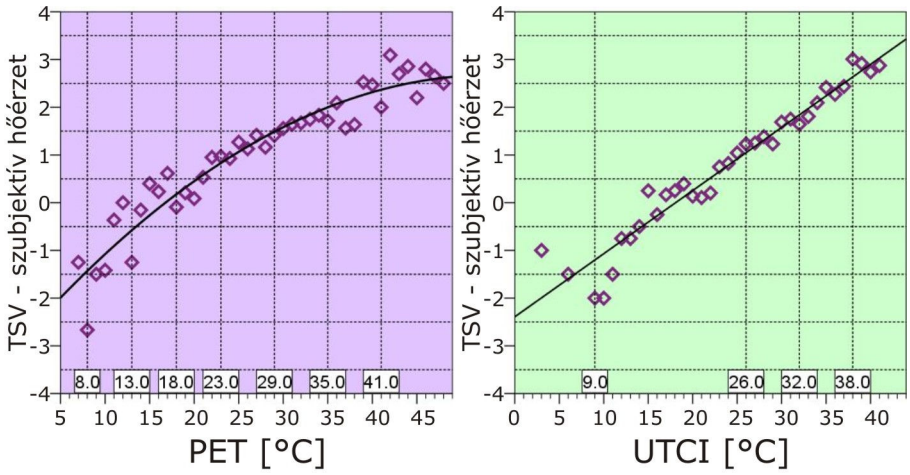
Ebben a szekcióban függő változóként az interúalanyok átlagos hőérzete szerepel (**4.25. ábra**), amely vizsgálati eredményeim szerint valamennyi termikus alapparaméterrel szignifikáns (α<0,001) kapcsolatban áll (mint ahogy az a **4.6. táblázat** teljes adatbázisra vonatkozó statisztikai mérőszámaiból is kiderült). A TSV mikroklíma paraméterekkel való összefüggései közül – összhangban az eddigi eredményekkel – a T_{mrt} és T_a esetén találtam a legerősebb determinációs együtthatót (R^2=0,832 és 0,797). Ennél alacsonyabb R^2 érték, valamint negatív kapcsolat adódott a TSV és RH között (R^2=0,682), s még ennél is enyhébbnek bizonyult a hőérzet v-től való függése (R^2=0,166). Az illesztett függvény meredeksége ez utóbbi esetben volt a legalacsonyabb, amely azt mutatja, hogy önmagában a szélsebesség nagyon kismértékben járul csak hozzá a szubjektív hőérzet kialakulásához; legalábbis a vizsgált adattartományon. Néhány esetben a másodfokú-illesztés jobbnak bizonyult, s magasabb determinációs koefficiens értékeket eredményezett; például a T_{mrt} (R^2=0,856), valamint v (R^2=0,174) esetén (**4.25. ábra**).



4.25. ábra Az átlagos szubjektív hőérzet változása a különböző termikus paraméterek függvényében

Rendkívül szoros összefüggéseket találtam az esetben, amikor a PET és UTCI bioklíma-indexek szolgáltak független változókként (4.25. ábra). TSV–PET adatsorra egyenest illesztve R^2 értéke 0,878, míg másodfokú függvénnyel közelítve a kapcsolatot már 0,916. Az UTCI esetében a 12°C alatti értékeket leszámítva az adatpontok szembetűnően jól illeszkedtek egy egyenesre, ami 0,941 értékű R^2-hez vezetett.

A következő bekezdésekben azzal a fontos kérdéssel foglalkozom, hogy a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott népszerű bioklíma-indexek nevezetes tartományai mennyire reprezentálják megfelelően a szabadban tartózkodó emberek tényleges hőérzetét. Ennek tanulmányozása céljából a **TSV–PET** és a **TSV–UTCI** diagramokon feltüntettem az **indexek eredeti kategória-határait** (4.26. ábra).

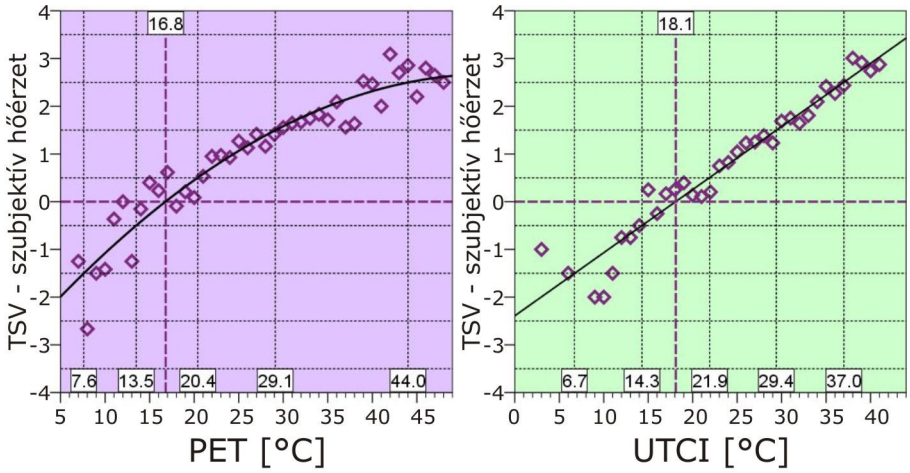


4.26. ábra Az átlagos szubjektív hőérzet változása a PET és az UTCI bioklíma-indexek függvényében, feltüntetve az indexekhez tartozó eredeti (hőérzet illetve termikus stressz) kategóriahatárokat

A neutrális PET-intervallum esetén (18-23°C) az interjúalanyok átlagos szubjektív hőérzete nem csupán neutrális, de enyhén meleg TSV kategóriákat is tartalmazott (4.26. ábra). Az objektív és szubjektív értékelések közti legjobb átfedés a 23 és 35°C közti enyhén meleg, illetve meleg PET-tartományok esetén adódott. Ezen tartományokon kívül jelentősen megnőtt az átlagos TSV adatok szórása az illesztett görbe körül, melynek hátterében valószínűleg az adott PET értékek esetén kivitelezett interjúk csekélyebb mennyisége áll (4.15. ábra). Mindazonáltal az enyhén hűvös (13-18°C) PET-kategóriába eső, illetve az alatta lévő PET értékek esetén az emberek tényleges hőérzete (neutrális vagy ahhoz közeli TSV) általában kedvezőbb volt annál, mint amit a bioklíma-index értéke sugallt volna (4.26. ábra).

A 4.26. ábrán TSV–UTCI grafikonja is tartalmazza a bioklíma-index nevezetes határértékeit, melyek azonban hivatalosan nem a hőérzettel, hanem a szervezetre rótt termikus stresszel kapcsolatosak; 2.8. táblázat). Bár az elvileg stresszmentes szituációt jelentő meglehetősen széles 9-26°C-os UTCI kategóriába alapvetően neutrális szubjektív hőérzet-szavazatok kerültek, a tartomány felső vége felé dominánssá válik az enyhén meleg, alsó végéhez közelítve pedig az enyhén hűvös átlagasos TSV (4.26. ábra). A 26°C és 32°C közti mérséklet hőstressz tartományba enyhén meleg és meleg hőérzetet jelentő TSV értékek kerültek. A 32°C-tól kezdődő, erős hőstresszt jelentő UTCI intervallum szinte kizárólag meleg, az extrém hőstresszt jelölő 38°C feletti tartomány pedig forró hőérzet-szavazatokat tartalmaz. A 9°C alatti enyhe hidegstressz kategóriájában az átlagos TSV értékek jelentős ingadozása tapasztalható, köszönhetően az ottani meglehetősen alacsony esetszámnak, melyből az átlagolás készült.

Ezzel elérkeztem eredményeim egyik legfontosabb részéhez, melyben meghatározom, hogy az eddig feldolgozott (a szabadtéri aktivitás szempontjából legjelentősebb tavaszi, nyári és őszi) felmérési adatok alapján mely **bioklíma-index értékek** jelentik a **magyar** lakosság szubjektív értékeléseivel leginkább összeegyeztethető **hőérzeti kategóriahatárokat**. E kitüntetett határértékek mellett a **4.27. ábrán** bejelöltem egy-egy további nevezetes értéket: a PET és az UTCI értékeiben kifejezett **neutrális hőmérsékleteket**. Minthogy a neutrális hőmérséklet azt a hőmérséklet értéket jelenti, amelynél az emberek átlagosan semlegesen érzik magukat termikus szempontból, meghatározása a TSV–index pontsorokra illesztett egyenesek 0 TSV-vel való metszéspontja alapján történt. Ez PET esetén közel 17°C, míg UTCI-nál kb. 18°C.



4.27. ábra Az átlagos szubjektív hőérzet változása a PET és az UTCI bioklíma-indexek függvényében, feltüntetve az indexekhez tartozó neutrális hőmérsékleteket és módosított hőérzeti kategóriahatárokat

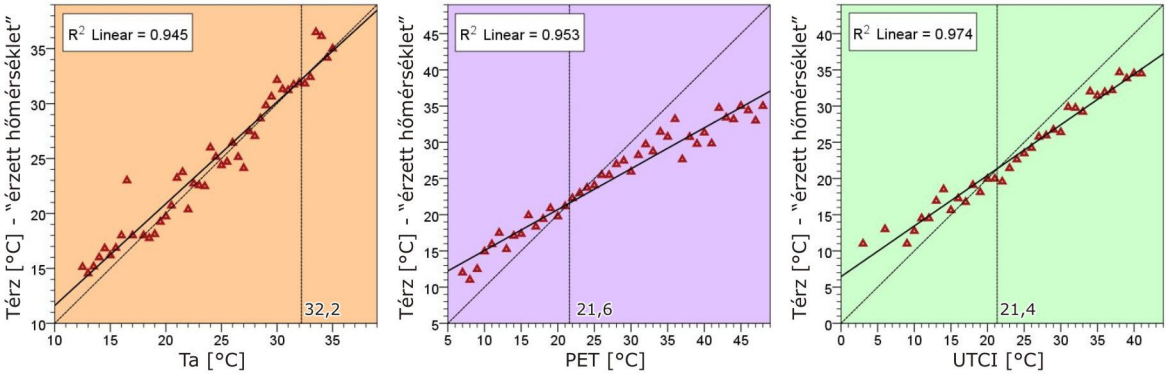
Az eredeti neutrális **PET** tartományhoz képest a jelenlegi tapasztalatok alapján ajánlott új semleges kategória alacsonyabb értékek felé tolódott és szélesebb lett (**4.27. ábra**). A magyarokra vonatkozó meleg tartomány szélessége duplája a hivatalosnak, s a forró kategória jelentősen magasabb PET értéknél (44°C) veszi kezdetét. Az **UTCI** esetén a neutrális kategória az eredeti „nincs termikus stressz" tartomány közepére esik, s minthogy az illesztett függvény lineáris volt, az UTCI értékeiben kifejezett, magyar emberekre reprezentatív hőérzet-kategóriák egyenközűen követik egymást (**4.27. ábra**).

Érzett hőmérséklet ($T_{érz}$)

Az interjúalanyok által **érzett hőmérsékleti érték** ($T_{érz}$ [°C]) a TSV-hez hasonlóan szintén erős szignifikáns kapcsolatban áll az objektív termikus tényezőkkel. Mivel a kérdőív csupán 2010 tavaszától kezdve tartalmazta az erre irányuló kérdést, az ide vonatkozó elemzéseim nem feltétlenül érvényesek az őszi periódusra.

A **4.28. ábra** a 2010 tavaszán és 2011 nyarán készült 805 kérdőívből született, átlagolt $T_{érz}$ értékek alakulását mutatja be a különböző °C mértékegységű objektív paraméterek – T_a, PET, UTCI – függvényében. Mindegyik lineáris kapcsolat meglehetősen erős determinációs koefficienssel jellemezhető. Bár a bioklíma-indexek esetén magasabb R^2 értékek adódtak – köszönhetően a léghőmérséklet fél-fokos intervallumai alapján átlagolt $T_{érz}$ értékek kicsit nagyobb szórásának – az illesztett egyenes meredeksége azonban csupán T_a esetén áll közel az x=y függvényhez. Annak ellenére tehát, hogy az interjúk során felhívtuk rá a látogatók figyelmét, hogy nem arra vagyunk kíváncsiak, meg tudják-e tippelni a léghőmérsékletet, hanem arra, hogy milyennek érződik az a számukra az aktuális helyen

és időben, mégis különösen jó érzékkel találták el a tényleges léghőmérsékleti értéket. Mind a PET, mind az UTCI esetén 21 és 22°C közé esik az a „kritikus” érték, melytől kezdve az emberek által érzett hőmérséklet alulmúlja a bioklíma-indexek szerinti ekvivalens hőmérsékletet (4.28. ábra).



4.28. ábra Az interjúalanyok által érzett átlagos hőmérséklet érték változása a különböző hőmérséklet-dimenziójú mérőszámok függvényében

4.3.3 A személyes tényezők hatása a szubjektív értékelésre

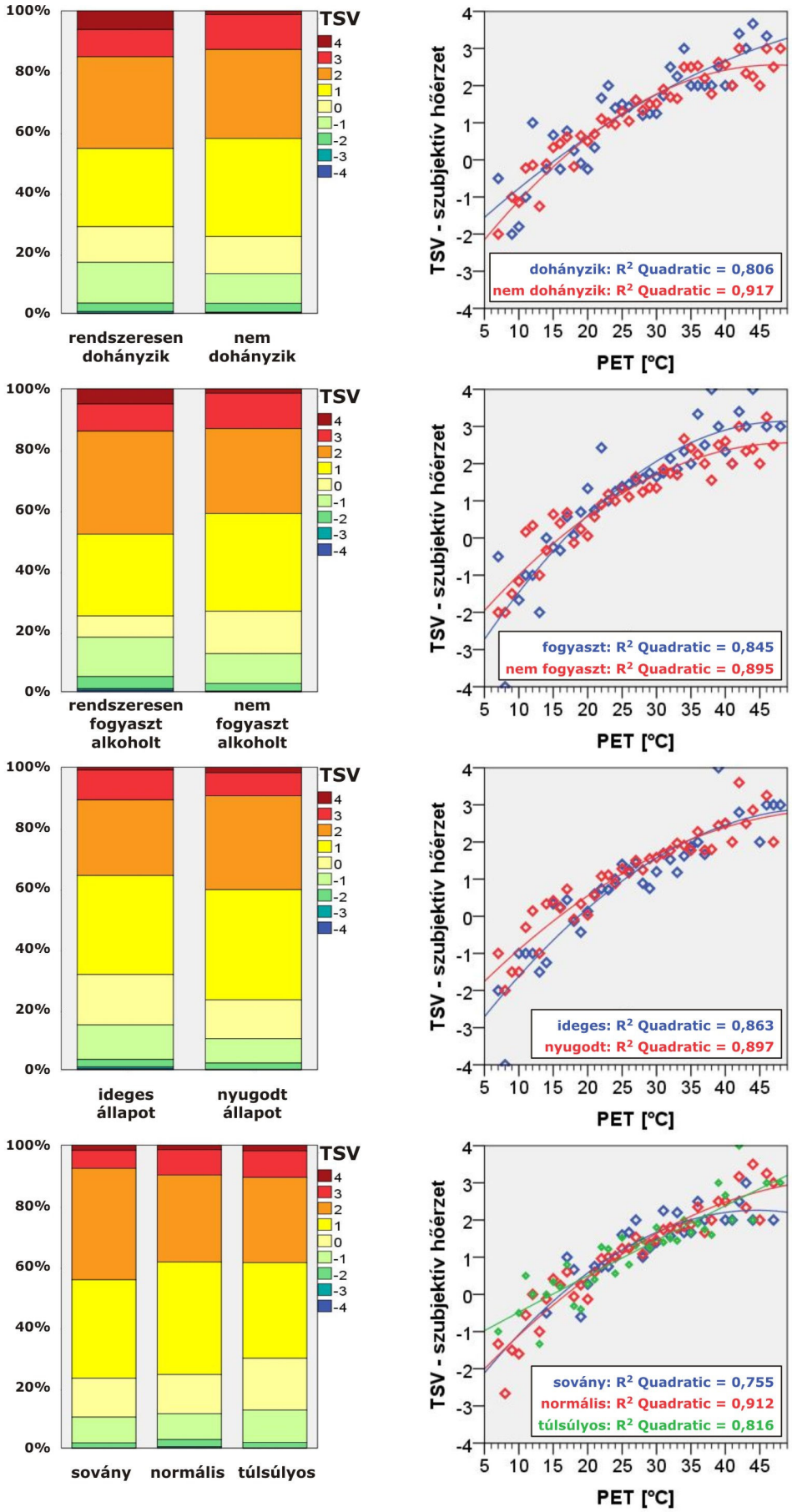
Következő vizsgálataim annak kiderítésére irányultak, hogy vajon az **interjúalanyok személyes tényezői** (SzT) közül bír-e bármelyik is szignifikáns hatással a termikus viszonyok összesített formában történő megítélésére, vagyis az emberekben kialakuló **hőérzetre** (SzT→SzÉ_tk). A vizsgálatba bevont – nominális változókként kezelt – szubjektív paramétereket a 4.6. táblázat listázza, megadva, hogy a kérdőíven feltüntetett választható opciókat mi módon vontam össze, hogy kialakuljanak az elemzéshez szükséges egyszerűsített névleges kategóriák. Bár az általános egészségi állapotra, hangulatra, s a városi–vidéki attitűdre vonatkozó adatokat – szemantikus differenciál skálákon való felvételükből kifolyólag – kezelhettem volna ordinális (rangsor) típusú változókként is, azonban az adatfeldolgozás jelenlegi szintjén úgy ítéltem meg, hogy a mindössze egyezres nagyságrendű kérdőíves adatbázis még túlságosan alacsony elemszámúnak számít e finomabb kategóriák hatásának megnyilvánulásához. Ezt alátámasztotta bizonyos – főleg extrém – szavazatok rendkívül alacsony előfordulási gyakorisága is.

Mivel a vizsgált személyes tényezők számos, az egészségi állapotra, életmódra és hangulatra vonatkozó elemet ölelnek fel, célszerűnek láttam a gyermekkorú (15 év alatti) alanyokat kihagyni ezekből az elemzésekből. Különösen indokolt volt ez a látogatók súlyára és magasságára vonatkozó adatok felhasználásával számított testtömeg index – BMI [kg/m^2], illetőleg a rá alapozott tápláltsági kategóriák esetén (*WHO 2012, OÉTI 2012*). Gyermekek esetén ugyanis nem a 4.6. táblázatban feltüntetett értékhatárok alapján szokás megállapítani az elhízás vagy a soványság tényét, hanem az azonos nemű kortársakkal való összevetés alapján.

A szubjektív tényezők hatásának feltárásához először a Cramer-féle V-t és a kontingencia koefficienst alkalmaztam (4.6. táblázat), s megvizsgáltam, hogy az egyes látogatócsoportok mutatnak-e jelentősebb különbséget a hőérzet-szavazatok relatív gyakorisági eloszlását tekintve (4.29. ábra). Szignifikáns, bár meglehetősen gyenge hatást csupán 5 szubjektív tényező – dohányzás, alkoholfogyasztás, virágporallergia, általános egészségi állapot és nyugodtság – esetén jeleztek az említett statisztikák (4.6. táblázat).

4.6. táblázat A hőérzetre potenciális hatással lévő személyes tényezők vizsgálata során alkalmazott csoportosítás, feltüntetve az egyes látogatócsoportok elemszámát (N), hatásuk szignifikanciaszintjét (α), valamint szignifikáns hatás esetén annak erősségét (V és C értékeit)

SZEMÉLYES TÉNYEZŐ	eredeti csoportok	összevont csoportok	N	α	V ill. C
NEM	férfi	férfi	443	0,252	
	nő	nő	748		
KOR [év]	gyermek (<15)	-	-	0,322	
	fiatal (15–39)	fiatal	1032		
	középkorú (40–59)	idősebb	159		
	időskorú (69≤)				
BMI [kg/m^2]	sovány (<18,5)	sovány (<18,5)	117	0,788	
	normál (18,5–24,9)	normál (18,5–24,9)	811		
	túlsúlyos (25–29,9)	túlsúlyos (25≤)	263		
	elhízott (30≤)				
DOHÁNYZÁS	nem dohányzik	nem dohányzik (gyakran)	571	0,013	0,161 ill. 0,159
	max heti 1-2 szál				
	napi 1-2 szál	rendszeresen dohányzik	178		
	napi 10-20 szál				
ALKOHOL	nem fogyaszt	nem fogyaszt alkoholt (rendszeresen)	549	0,003	0,177 ill. 0,174
	alkalomszerűen				
	hetente	rendszeresen alkoholt fogyaszt	200		
	hetente többször				
KOFFEIN	nem fogyaszt	nem fogyaszt (rendszeresen)	413	0,139	
	alkalomszerűen				
	napi rendszerességgel	rendszeresen fogyaszt	336		
SPORT	nem sportol	nem sportol (rendszeresen)	427	0,692	
	alkalomszerűen sportol				
	hetente sportol	rendszeresen sportol	322		
	hetente többször sportol				
FRONTÉRZÉKENYSÉG	nincs	nincs	788	0,172	
	hidegfront	hidegfront	137		
	melegfront	melegfront	83		
	mindkettő	mindkettő	183		
VIRÁGPORALLERGIA	nincs	nincs	924	0,026	0,121 ill. 0,120
	van	van	267		
LÉGZŐSZERVI BETEGSÉG	nincs	nincs	1108	0,469	
	van	van	83		
KERINGÉSI BETEGSÉG	nincs	nincs	1129	0,824	
	van	van	62		
ÁLTALÁNOS EGÉSZSÉGI ÁLLAPOT	-3-tól 3-ig terjedő skála	általános v. rosszabb (0, -1, -2, -3)	329	0,014	0,127 ill. 0,126
		általánosnál jobb (1, 2 ,3)	862		
FRISSESSÉG	-3-tól 3-ig terjedő skála	általános v. fáradtabb (0, -1, -2, -3)	731	0,351	
		általánosnál kipihentebb (1, 2 ,3)	460		
BOLDOGSÁG	-3-tól 3-ig terjedő skála	általános v. szomorúbb (0, -1, -2, -3)	367	0,363	
		általánosnál boldogabb (1, 2 ,3)	824		
NYUGODTSÁG	-3-tól 3-ig terjedő skála	általános v. idegesebb (0, -1, -2, -3)	324	0,028	0,120 ill. 0,119
		általánosnál nyugodtabb (1, 2 ,3)	867		
ATTITŰD	-3-tól 3-ig terjedő skála	inkább városi beállítottságú vagy közömbös (0, -1, -2, -3)	508	0,339	
		inkább vidéki beállítottságú (1, 2 ,3)	683		



4.29. ábra Az interjúalanyok szubjektív hőérzetére jelentősebb befolyással lévő személyes tényezők

Hogy pontosabb képet nyerjek a személyes paramétereknek a hőérzet kifejlődésére gyakorolt hatásáról, azt is megvizsgáltam, hogy miként változik a különböző látogatócsoportok átlagos TSV értéke a termikus viszonyok függvényében. Ehhez a **4.3.2. fejezetben** bemutatott grafikonok analógiájára elkészítettem valamennyi látogatócsoport átlagos TSV–PET diagramját. A **4.29. ábra** összefoglalja a két megközelítés alapján jelentősnek mutatkozott hatásokat.

A **dohányosok** körében relatíve gyakoribbak voltak a nagyon forró és az enyhén hűvös hőérzet-szavazatok, mint a nem (vagy csak ritkán) cigarettázó csoport esetén, s ezzel összhangban átlagos TSV értékeik magasabbnak adódtak a másik csoporténál 15°C alatti, s 35°C feletti PET értékek idején (**4.29. ábrán**).

Az **alkohollal** nem, vagy csak alkalmanként élő látogatók átlagos TSV értékei szűkebb intervallumban mozognak, vagyis e csoport tagjai kevésbé értékelték szélsőségesen a termikus viszonyokat. Ennek megfelelően jóval kisebb relatív arányban találhatók esetükben nagyon hideg, valamint nagyon meleg hőérzet-szavazatok (**4.29. ábrán**).

Az **idegesebb** és nyugodtabb állapotban lévő interjúalanyok közti különbség elsősorban hűvös–neutrális termikus viszonyok esetén jelentkezik; s a pontdiagram tanúsága alapján a feszült látogatók sokkal érzékenyebben reagálnak ekkor a PET index csökkenésére (**4.29. ábrán**).

A **4.29. ábra** utolsó diagram-párosa egy olyan személyes tényező szerinti csoportosítást illusztrál, mely a statisztikai mérőszámok alapján nincs szignifikáns hatással a kialakuló hőérzetre. Ezzel szemben a pontdiagramon markáns különbségek fedezhetők fel a különböző **testtömeg index**-szel jellemezhető látogatók személyes reakciói közt. A normál súlyú személyekhez képest a túlsúlyos egyének mérsékletebb reakciókat adnak a neutrálisnál hűvösebb környezetben, míg a sovány emberek jobban tolerálják a termikus viszonyokat forró–nagyon forró PET tartományok esetén (**4.29. ábrán**).

A felvillantott – statisztikailag viszonylag gyengének számító – különbségek a jövőben pontosabb tanulmányozást igényelnek. Különösképp igaz ez a dohányzás és a testtömeg index alapján képzett látogatócsoportok termikus környezetre adott reakcióira, hisz az esetükben talált éles különbségek olyan PET-intervallumok esetén jelentkeztek, melyekben alacsonyabb volt az elemszám (**4.15. ábra**). Így ezek bizonyítása további elemzéseket igényel majd egy nagyobb adatbázisból kiindulva, mely nem csupán 17 és 37°C-os PET tartományon belül rendelkezik jelentős elemszámmal.

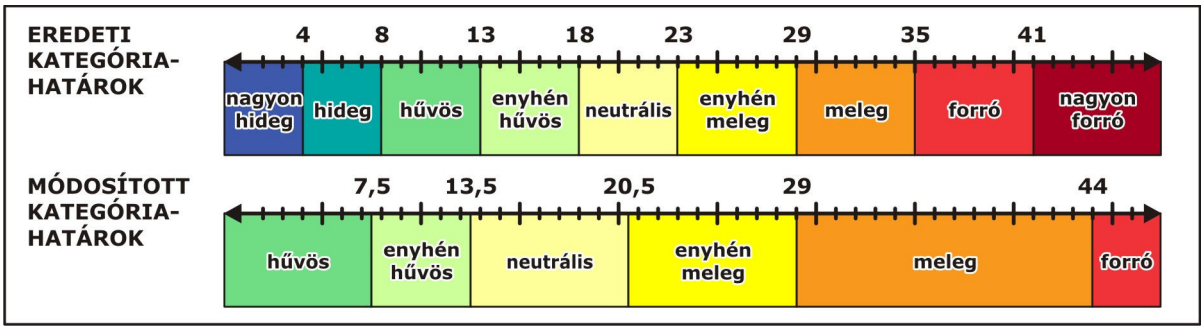
5 EREDMÉNYEK–II: AZ EREDMÉNYEK DISZKUSSZIÓJA ÉS KIBŐVÍTÉSE

Ezt a fejezetet az eddig bemutatott eredményeim helyi és nemzetközi viszonylatban történő tárgyalásának, valamint elmélyítésének szentelem:

- először a különböző felmérési módszerekkel nyert eredményeim összehangolása révén újraértelmezem két szegedi közterület termikus viszonyait, valamint értékelem a látogatók termikus viszonyoktól függő viselkedését (**5.1. fejezet**);
- azután nemzetközi vizsgálatok eredményeivel vetem össze saját – humán monitoringon alapuló – tapasztalataimat (**5.2. fejezet**);
- végül pedig az ún. neutrális hőmérsékletre vonatkozó közös elemzéseket hajtok végre az integrált szegedi és európai RUROS adatbázison (**5.2. fejezet**).

5.1 AZ EREDMÉNYEK TÁRGYALÁSA SZEGED VISZONYLATÁBAN

A **4.3 fejezet** fejezet egyik legfontosabb eredménye a Szegeden kivitelezett interjúk feldolgozása alapján előállított saját **hőérzet-skála** (**5.1. ábra**), melynek fényében újraértelmezem a mérésekre és megfigyelésekre alapozott **4.1**. és **4.2. fejezetek** egy-egy jelentősebb eredményét. Az összevetések megkönnyítése (követhetősége) érdekében az új hőérzet-skálák közül ez esetben csak a PET-re vonatkozót alkalmazom, mivel az eredeti PET kategóriahatárokhoz is tartozott hőérzeti besorolás, ellentétben az UTCI index-szel, amelynél a határok termikus stressz szintekként értelmezhetőek (**2.8. táblázat**).



5.1. ábra A PET index értékhatáraival kifejezett hőérzet-tartományok az eredetileg használt felosztás szerint, valamint a magyar lakosok szubjektív értékelése alapján

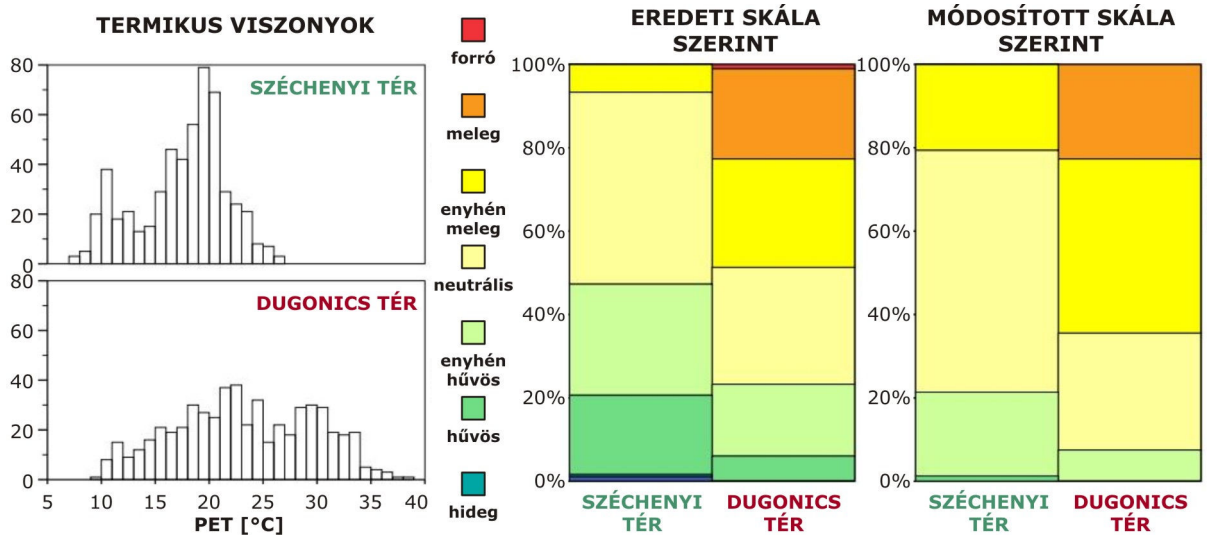
Két szegedi mintaterület termikus viszonyainak újraértelmezése

A 2011 tavaszán kivitelezett helyszíni mérések eredményeként a **4.1. fejezetben** bemutattam a Széchenyi és a Dugonics terekre jellemző termikus környezetet, most pedig a PET index egyes értékeinek előfordulási gyakoriságából kiindulva értékelem e két mintaterületet a látogatók átlagos hőérzeti reakciói alapján. Az **5.2. ábra** megadja mind az új, mind pedig a régebbi kategorizálás szerinti hőérzet-tartományok relatív előfordulási gyakoriságát mindkét helyszín esetén. Természetesen az új kategóriahatárok alkalmazása nem változat azon az alapvető tendencián, hogy a Dugonics tér összességében melegebbnek érződik, mint az árnyékosabb és szelesebb másik mintaterület.

A **Széchenyi** térre jellemző három leggyakoribb termikus tartomány az eredeti felosztás szerint a neutrális, az enyhén hűvös, valamint a hűvös volt (**5.2. ábra**); ez az új kategóriahatárok bevezetésével azonban jelentősen megváltozott. Bár a semleges intervallum továbbra is megőrizte vezető szerepét, a hűvös tartomány szinte teljesen visszaszorult, hogy „helyet biztosítson” az enyhén meleg kategóriának. A terület termikus viszonyai így összességében kedvezőbb, neutrálisként vagy ahhoz közeliként értékelhető irányba mozdultak.

Hasonlóképp, a **Dugonics** térre is mérsékeltebb hőérzeti viszonyokat eredményezett az újfajta kategorizálás, elsősorban a forró és a hűvös kategóriák eliminálása révén (**5.2. ábra**). Itt a neutrális tartomány előfordulási gyakorisága nagyjából változatlan maradt, az enyhén meleg kategória jelentősége azonban duplájára nőtt.

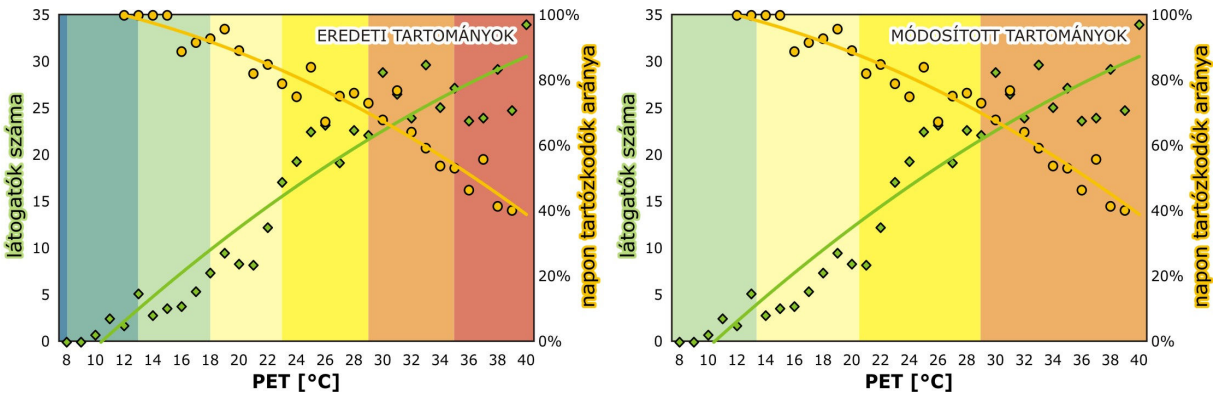
Az új hőérzet-skála alkalmazásával tehát kiszorultak az extrémebbnek érződő termikus viszonyok. Míg ez a Széchenyi téren a skála alacsonyabb PET értékeit érintette, addig a Dugonics téren az eredetileg forrónak titulált tartomány olvadt bele – az átlagos szegedi reakciók alapján – melegnek érződő időszakokba (**5.2. ábra**).



5.2. ábra A Széchenyi és Dugonics terekre 2011 tavasza során jellemző termikus viszonyok objektív és szubjektív értékelése

Az Ady téri területhasználat termikus viszonyoktól való függésének értelmezése

A **4.2.2. fejezetben** bemutattam a területhasználat és a viselkedési reakciók termikus viszonyoktól függő mintázatait a szegedi Ady és Honvéd terek koradélutáni megfigyeléseire alapozva. Az ott felsorolt eredmények közül a **4.8. ábra** egyik részének újbóli bemutatása mellett döntöttem, mert könnyen értelmezhető formában tartalmazza mind a látogatottság (mint a területhasználat legnyilvánvalóbb mérőszáma), mind pedig egy jellegzetes alkalmazkodási mechanizmus (napfénynek való kitettség) alakulását a PET index függvényében. Az **5.3. ábrán** e függvénykapcsolatok hátteréként feltüntettem, hogy az egyes PET-intervallumok átlagosan milyen hőérzeti kategóriákat takarnak. (Emlékeztetőül: az ábra vízszintes tengelyén szereplő PET indexet az egyetemi OMSZ állomás adataiból számítottam, s így egy olyan helyszínt reprezentál, amit zavartalanul ér a napsugárzás.)



5.3. ábra Az Ady tér látogatottsága és a látogatók napfénynek való kitettsége a termikus viszonyok függvényében – a hőérzetet tükröző eredeti és módosított PET tartományok feltüntetésével

A terület magas PET értékek esetén jellemző intenzív látogatottságát jobban alátámasztja a látogatók szubjektív reakciói alapján képzett meleg hőérzeti kategória, mint az eredetileg forróként definiált termikus viszonyok. Ugyanez igaz a napfénynek való kitettség 30°C-ot meghaladó PET értékek esetén jellemző 70-40%-os arányára is, mely azonban még e „mérsékeltebbnek" érzett viszonyokhoz mérve is rendkívül magas. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy nem csupán az (eredendően) neutrális termikus viszonyok nem esnek egybe a ténylegesen semleges hőérzettel, de még a neutrális hőérzet sem jelent feltétlenül komfortos közérzetet. A vizsgált szegedi terület feltehetőleg kellemesebbnek érződik melegebb hőérzetet előidéző termikus viszonyok idején, amely ezért intenzívebb látogatottsággal jellemezhető magas PET értékek alkalmával.

Ezzel kapcsolatban még érdemes megjegyezni, hogy az Ady tér (kiterjedéséhez képest) magas látogatószáma a mintaterület kedvező – a fizikai alkalmazkodást elősegítő változatos mikroklimatikus viszonyokkal szolgáló – kialakításán túl, frekventált (egyetemi épületek közti) helyzetének, könnyű megközelíthetőségének is köszönhető. Másrészt – átmeneti évszakokban kivitelezett megfigyelésekről lévén szó – hosszabb ideig tartó hőséggel (PET>41°C) jellemezhető időperiódusok nem fordultak elő, s a kiváltott rövid idejű fiziológiai stresszt valószínűleg jócskán felülmúlta a szabad levegőn való tartózkodás iránti igény, melyre a meleg, napfényes időszakok kiváló lehetőséget nyújtottak (szemben a tél szabadtéri aktivitásra alkalmatlanabb körülményeivel).

5.2 A SZEGEDI EREDMÉNYEK TÁRGYALÁSA NEMZETKÖZI VISZONYLATBAN

Eredményeim nemzetközi vizsgálatokkal történő összevetését két fejezetre bontom az alkalmazott felmérési módszerek (humán monitoring) alapján: előbb a megfigyelési, később pedig a kérdőíves alapokon nyugvó eredmények tárgyalása következik.

5.2.1 Megfigyelési eredmények összevetése a nemzetközi tapasztalatokkal

Annak érdekében, hogy átfogóbb képet adjak a városi közterületek termikus viszonyoktól függő tendenciáiról, az **5.1. táblázatba** összegyűjtöttem a témával kapcsolatos legjelentősebb (a szakma irodalmában legtöbbször hivatkozott) külföldi eredményeket. Mivel mindegyik vizsgálat más mérőszámot alkalmazott prediktorként, ezért az összehasonlításnak némi objektív alapot szolgáltatva megadtam, hogy az adott vizsgálatok során milyen léghőmérsékleti viszonyok uralkodtak. Ezt, valamint a független változóként használt indexek értéktartományait néhány esetben az egyes publikációkban szereplő grafikonokról kellett leolvasnom.

Az összevetésre kerülő vizsgálatok mindegyike a koradélutáni területhasználatra fókuszált; ez alól csupán a tajvani tanulmány (*Lin 2009*) jelentett kivételt (**5.1. táblázat**). Mintaterületként legtöbbször városi parkok, terek szolgáltak, ahol bizonyos időközönként meghatározták a pillanatnyi látogatószámot (helyszíni megfigyelések, vagy később kiértékelt fotók alapján). A legtöbb munkában – hozzám hasonlóan – külön vizsgálták az egyes termikus tényezők területhasználatra való hatását; egyedül az egész évet felölelő svéd tanulmány (*Eliasson et al. 2007*) vont be egyszerre több prediktort az analízisbe.

A függvénykapcsolatok feltárásához a vizsgálatok többsége – velem ellentétben – napi átlagokat számított a mért paraméterekből (objektív mérőszámokból, s a látogatottságból is), ami valószínűleg emiatt az adatok magasabb szóráshoz vezetett. Ezzel szemben az általam alkalmazott szűk T_a, vagy PET intervallumonként történő átlagolás jóval szorosabb függvénykapcsolatokat eredményezett (**5.1. táblázat**).

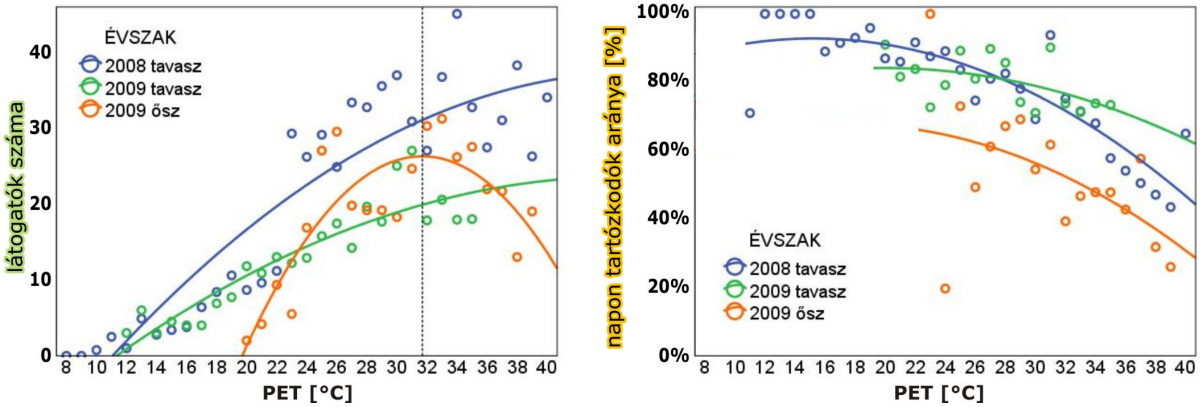
5.1. táblázat A területhasználat termikus viszonyoktól való függésének feltárására irányuló nemzetközi vizsgálatok és az eredményezett függvénykapcsolatok jellemzői (A „predikotor” oszlopban szürkével szereplő értékek a hivatkozott szakcikkekben közölt grafikonokról lettek leolvasva)

Helyszín	Referencia	Napszak	Évszak	Mintaterület	N	Prediktor	Tendencia	Függvény	R^2	T_a tartomány
Cambridge (UK)	*Nikopoulou et al. 2001*	kora du. (2 óra)	tavasz, nyár, tél	park (Laundress Green)	17	T_g (11-36°C)	pozitív	exponenciális	0,63	1 – 29°C
				utca (King's Parade)	14	T_g (8-34°C)	pozitív	másodfokú	0,61	
				tér (Market Square)	14	T_g (2-35°C)	pozitív	exponenciális	0,74	
				vízparti tér (Quayside)	13	T_g (7-28°C)	pozitív	exponenciális	0,72	
Göteborg (SE)	*Thorsson et al. 2004*	13:00 – 15:00	nyár	park (Slottsskogen)	47	T_{mrt} (6-22°C)	pozitív	exponenciális	0,44	6 – 21°C
Göteborg (SE)	*Eliasson et al. 2007*	11:00 – 15:00	teljes év	tér (Gustav Adolfs Torg)	55	T_a (-7-21°C) CI (0,10-0,91) v (0,35-8,2m/s)	CI: pozitív T_a: pozitív	lineáris	0,33	-7 – 21°C
				udvar (Kronhusbodarne)	55	T_a (-8-18°C) CI (0,06-0,89) v (0,55-3,6m/s)	CI: pozitív v: negatív T_a: pozitív	lineáris	0,49	-8 – 18°C
				park (Floras Kulle)	55	T_a (-3-21°C) CI (0,13-0,91) v (0,45-3,9m/s)	v: pozitív T_a: pozitív	lineáris	0,36	-3 – 21°C
				vízpart (Jussi Björlings Plats)	55	T_a (-3-20°C) CI (0,09-0,84) v (0,42-9,4m/s)	v: negatív T_a: pozitív	lineáris	0,22	-3 – 20°C
Matsudo (JP)	*Thorsson et al. 2007b*	11:00 – 15:00	tavasz	tér (Station Square)	180	T_a (7-29°C)	negatív	lineáris	0,03	6 – 29°C
					180	PET (3-42°C)	negatív	lineáris	0,001	
				park (Central Park)	180	T_a (6-28°C)	pozitív	lineáris	0,23	
					180	PET (1-42°C)	pozitív	lineáris	0,24	
Taichung City (TW)	*Lin 2009*	16:00 – 17:00	tavasz, nyár, ősz,	tér (NTMFA múzeum előtt)	37	T_a (21-36°C)	negatív	lineáris	0,53	21 – 36°C
					37	T_{mrt} (22-51°C)	negatív	lineáris	0,62	
					37	PET (21-45°C)	negatív	lineáris	0,67	
			tél		15	T_a (15-26°C)	pozitív	lineáris	0,64	15 – 26°C
					15	T_{mrt} (17-30°C)	pozitív	lineáris	0,46	
					15	PET (15-28°C)	pozitív	lineáris	0,59	
Szeged (HU)	*Jelen dolgozat*	12:00 – 15:00	tavasz, ősz	Ady tér	39	T_a (10-29°C)	pozitív	másodfokú	0,85	10 – 29°C
					33	PET (8-40°C)	pozitív	másodfokú	0,92	
				Honvéd tér (csak a passzív látogatókra)	31	T_a (14-29°C)	pozitív	hatvány	0,75	12 – 29°
					28	PET (12-39°C)	pozitív	hatvány	0,70	

A szakirodalmi publikációk alapján világossá vált, hogy az emberek szabadtéri aktivitása a termikus viszonyok melegebbé válásával (T_a, T_g, T_{mrt} vagy PET értékeinek emelkedésével) fokozatosan növekszik az európai közterületeken (*Nikolopoulou et al. 2001, Thorsson et al. 2004, Eliasson et al. 2007*, jelen vizsgálat), míg az ázsiai tanulmányokból másfajta következtetések vonhatók le (**5.1. táblázat**). A japán vizsgálat nem vezetett értékelhető eredményhez e szempontból – véleményem szerint azért, mert a regressziós analízishez valamennyi adatot felhasználták, mellőzve bármiféle átlagolást. Ez a függvénykapcsolat alapjául szolgáló ponthalmaz jelentős szórását, következésképpen az eredményül kapott függvény nagyobb bizonytalanságát okozta, melyet a determinációs együttható rendkívül alacsony értékei is alátámasztanak (*Thorsson et al. 2007b*).

Lin (*2009*) ennél jóval körültekintőbben járt el tajvani elemzései során: erősen szelektálta a vizsgálatba bevont megfigyelési adatokat (az eredeti 13:00-tól 18:00-ig tartó megfigyelések közül kiválogatta a hétvégi napokra eső, 16:00–17:00 közti értékeket), majd ezekből napi átlagokat számított. Az elemzéseit külön elvégezte a hűvös (tél), valamint a forró (tavasz, nyár, ősz) évszakokra – előbbi esetén az európai eredményekhez hasonlatos pozitív, utóbbinál viszont negatív tendenciát mutatott ki (**5.1. táblázat**). Analízisével kapcsolatban két meglátásom van (melyek érvényesek a többi vizsgálat esetén is). Egyrészt célszerűbbnek tartottam volna a jelentős szórást mutató adatok esetén a lineáristól eltérő függvénykapcsolat választását. Másrészt pedig, elképzelhetőnek tartom, hogy mérsékeltebb lett volna az adatok szórása, amennyiben nem napi átlagolást alkalmaz, hanem az alkalmazott hőmérséklet-dimenziójú mérőszámok 1-2°C-os értéklépcsői szerint végzi el az átlagolást. Mindazonáltal az eredmények évszakos elkülönítése nagyon jó gondolat, melyet magam is érdemesnek tartottam kipróbálásra.

Ezek alapján született az **5.4. ábra**, melyen (a **4.8.** illetve **5.3. ábrák** továbbfejlesztett változataként) az Ady tér átlagos látogatottságának és látogatói pozíciójának PET indextől való függése látható – ezúttal az egyes vizsgálati periódusonként szeparálva. Mivel e téren csupán az I. felmérési kampány időszakából származnak adatok, így az ábra nem alkalmas teljes évre vonatkozó következtetések levonására, de még az egyes átmeneti évszakok közt is jelentős eltérések fedezhetők fel rajta.

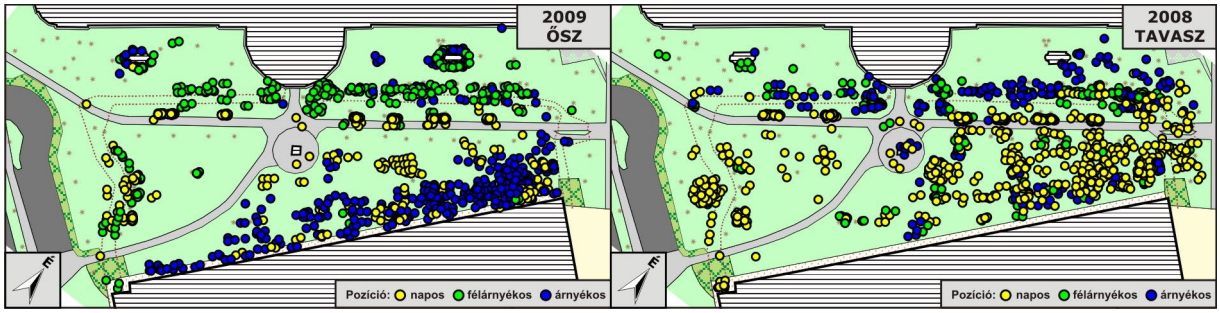


5.4. ábra Az Ady tér területhasználata, s a látogatók napfénynek való kitettsége a termikus viszonyok függvényében a különböző vizsgálati periódusokban

Az **5.4. ábráról** tisztán leolvasható a szabadtéri tartózkodás, illetve a napfény utáni fokozott igény a sötétebb és hidegebb téli évszakot követően. Erre utal mind a látogatottság monoton növekedése a PET index értékeinek emelkedésével, mind pedig a napfénynek való kitettség magasabb aránya a tavaszi periódusokban. Ettől kardinálisan eltérnek

az őszre vonatkozó eredmények, ahol a látogatottság 32°C körüli PET értéknél tetőzik (meleg hőérzet-tartomány – mind az eredeti, mind pedig az új besorolás szerint).

A napfény-preferencia és a meleg termikus viszonyokkal szembeni tolerancia évszakos eltérését bizonyítja az **5.5. ábra** is, melyen az egyik tavaszi és az őszi felmérési időszak magasabb PET értékek (>29°C) idejére vonatkozó területhasználatát szemléltetem, tekintettel a látogatók kitettségére. 2008 tavasza során a meleg–forró termikus viszonyok idején felmért személyek többsége (65%) a napon helyezkedett el, míg 2009 őszén a látogatók többsége félárnyékos, árnyékos pozíciót választott (a napon lévők aránya csupán 43,4% volt).



5.5. ábra A területhasználat és a látogatók viselkedési reakcióinak térbeli mintázatában felfedezhető évszakos különbségek

Ezek a különbségek feltehetőleg a megfigyelési periódusokat megelőző évszakok időjárásával állnak kapcsolatban. A nyári – gyakran huzamosabb ideig – meleg, sőt forró viszonyok után ugyanis az emberek már nem vágynak annyira a szabadba, illetve nem teszik ki magukat akkora mértékben a direkt napsütésnek; noha szervezetük fiziológiai szinten épp ekkorra válik erre alkalmasabbá. (A hosszú, napfényes és meleg nyári periódus után a bőr – UV-sugárzás ellen védelmet biztosító – pigmenttartalma magasabb, s a szervezet hőháztartása is akklimatizálódott, vagyis hozzászokott a fokozottabb hőség általi igénybevételhez). Az ingerszegényebb téli évszak végére viszont általában oly erőssé válik a napfény és a meleg iránti igény, hogy tavasszal az emberek még forró termikus viszonyok esetén is hajlamosak magukat huzamosabb ideig kitenni az aktinikus és termofiziológiai szempontból is terhelő direkt napsütésnek. Ez a tendencia azonban rövidebb időszak esetén is tetten érhető bármely vizsgált évszakban: a napon elhelyezkedő látogatók száma, illetőleg aránya ugrásszerűen megemelkedett a hosszabban elnyúló, szabadtéri aktivitás szempontjából kedvezőtlen időjárási viszonyokkal jellemezhető periódust követő napsütéses, melegebb napok alkalmával (nincs szemléltetve).

Érdemes még összehasonlítani a két tavaszi periódus területhasználatában, illetve a látogatók viselkedési reakcióiban jelentkező különbségeket. Az **5.4. ábra** szerint a terület átlagos látogatószáma következetesen alacsonyabb volt 2009 tavaszán, viszont a napos pozícióban elhelyezkedők aránya 28°C-os PET értékeket meghaladó szituációk során magasabbnak adódott. Számszerűsítve, míg 2008 tavaszán a meleg–forró termikus viszonyok idején felmért 1330 látogató 65%-a (864) a napon helyezkedett el, addig 2009 ugyanezen évszakában 768 emberből 587, vagyis 76% tartózkodott a napon. A két tavaszi periódus területhasználati, illetve pozícióra vonatkozó eltérései az egyes időszakokra jellemző termikus viszonyok előfordulási gyakoriságával magyarázhatók. 2008 tavasza ugyanis jóval változatosabb volt ebből a szempontból; az eredeti PET-kategóriahatárokon alapuló **4.7. ábra** tanúsága szerint kevesebbszer fordult elő a neutrális és enyhén meleg tartomány, s jelentős volt mind a hűvös, mind pedig a forró kategóriák előfordulási gya-

korisága. Ezzel szemben 2009 tavaszának felmérési napjain jóval egységesebbek voltak a termikus viszonyok, s ebből kifolyólag a látogatók rájuk adott reakciói kevésbé intenzívek (az **5.4. ábrán** látható, hogy a 2009 tavaszi görbék meredeksége mérsékeltebb).

A területhasználatra vonatkozó nemzetközi és hazai eredményekben fellelhető tendenciák a termikus tapasztalatok alapvető szerepére irányítják a figyelmet. Azokon a helyszíneken, ahol eredendően hűvösebb a klíma, illetve kevésbé intenzív a napsütés (tipikusan magasabb földrajzi szélességekre jellemző szituáció, pl. Svédországra), valamint azon időszakok után, mikor huzamosabb ideig sötétebb–hidegebb viszonyok uralkodtak (pl. téli évszakot követően), az emberek jóval nagyobb mértékben teszik ki magukat a termikus szempontból eredendően hőstresszként jellemezhető szituációknak. A fokozottabb tolerancia hátterében a szabadtéri környezet, illetve a napfény stimuláló hatásaira való vágyódás magyarázza.

E fejezet lezárásaként még szeretném kiemelni a területhasználat felmérésére irányuló magyar megfigyelési protokoll egy jelentős előnyét a nemzetközi módszerekhez képest. Mivel a látogatók egyszerű megszámlálása helyett részletesebb (nagyobb humán erőforrás igényű) és időigényesebb felmérési módszer (intervallum-felmérések) alkalmazása mellett döntöttem, így e megfigyelési adatok és geoinformatikai feldolgozásuk révén rengeteg többletinformációhoz jutottam. Például az **5.5. ábrán** a pozíció alapján színezett látogatók egyfelől információt adnak a látogatók egy kardinális viselkedési reakciójáról, s emellett jól szemléltetik a terület különböző részein jellemző évszakosan eltérő árnyékolási viszonyokat is. A mérési időszakok alatt a terület ÉK-i részét a nap magasságától és a lombozat állapotától (vegetációs periódustól) függően különböző mértékben árnyékolták az idős fák. Ezek a magas fák ősszel inkább félárnyékos, míg a késő tavaszi vizsgálatok idején kifejezetten árnyékos viszonyokkal szolgáltak. A nagy füves területrészen tapasztalt erőteljes árnyék forrása a terület DK-i oldalán álló épület, a Tanulmányi és Információs Központ.

5.2.2 Kérdőívekre alapozott eredmények nemzetközi szintű tárgyalása

Visszautalva az irodalmi áttekintésre, a városi közterületeken zajló termikus komfort vizsgálatok a 2000-es évektől az objektív megközelítés mellett humán monitoringgal bővültek. Mint az a **2.5.2. fejezetben** való részletes bemutatásukból kiderült, az egyes projektek során általában jóval nagyobb hangsúlyt fektettek a kérdőíves adatfelvételre, mint a megfigyelésekre. Ezzel összhangban én is részletesebben tárgyalom a kérdőívek alapján nyert – a **termikus környezet szubjektív értékelésével** (SzÉ_tk) kapcsolatos (**4.3. fejezet**) – eredményeimet a nemzetközi tapasztalatok tükrében.

Lényeges tudnivalók az összevetendő vizsgálatokról

A diszkusszióhoz azokat a nemzetközi tanulmányokat (**5.2. táblázat**) vettem alapul, melyek egyrészt nagymértékben inspiráltak a kérdőív összeállításakor, másrészt pedig az elemzésekhez is sok ötletet merítettem belőlük. A projektek közül egy Ázsiában (Taichung City), egy Észak-Amerikában (Montreal), a többi pedig Európában zajlott (Göteborg, Lisszabon, valamint az egész kontinensen átívelő RUROS projekt 7 városa).

Az összevetések egyik aspektusa az eltérő földrajzi háttérkörnyezet által determinált **klimatikus különbségek** pszichológiai és fiziológiai síkon megjelenő hatásaira fókuszál. Emellett, az eredmények értékelésével és összevethetőségével kapcsolatban felhívom a figyelmet az alkalmazott **módszertani különbségekre** is.

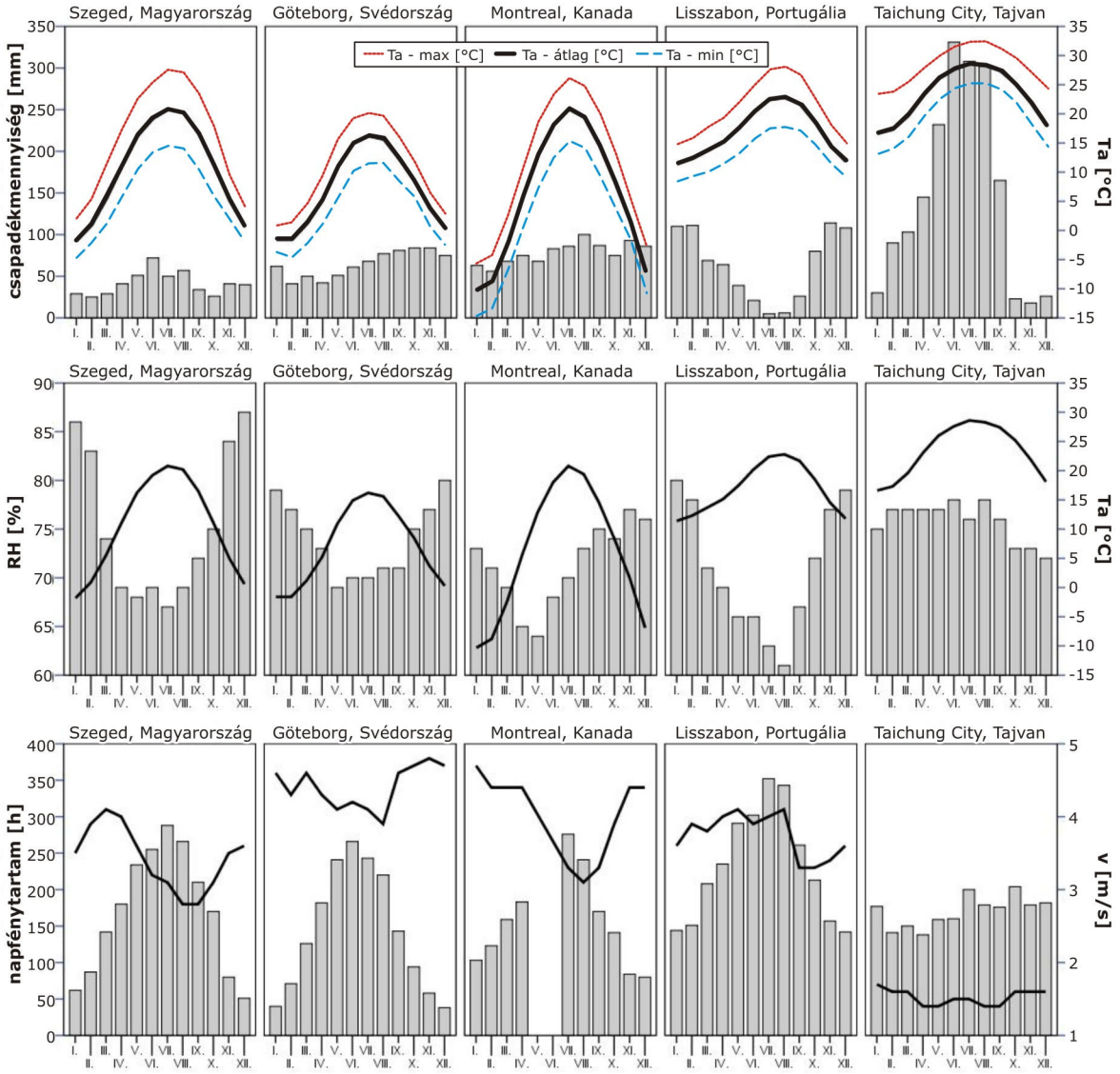
5.2. táblázat Az **5.2.2. fejezetben** összevetésre kerülő vizsgálatok alapvető jellemzői

SZERZŐK		*Jelen dolgozat*	*Thorsson et al. 2004*	*Stathopoulos et al. 2004*	*Oliveira and Andrade 2007*	*Lin 2009*	*Nikolopoulou and Lykoudys 2006, RUROS 2011*
VIZSGÁLT VÁROS	**Város, ország**	Szeged, Magyarország	Göteborg, Svédország	Montreal, Kanada	Lisszabon, Portugália	Taichung City, Tajvan	RUROS projekt 7 európai város 53°É, 1°Ny-tól 38°É, 24°K-ig
	Koordináták	46°É, 20°K	57°É, 12°K	45°É, 73°Ny	38°É, 9°Ny	24°É, 120°K	
HÁTTÉRKLÍMA	**Nyár**	meleg	hűvös	meleg	meleg-forró, száraz	forró, nedves	
	Tél	hűvös	hűvös	hideg	enyhe	enyhe	
	Köppen féle felosztás	Cfb	Cfb	Dfb	Csa	Cwa	
FELMÉRÉSEK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI	**Helyszín**	5 közterület	1 park	7 tér	1 folyóparti sétány	1 tér	14 közterület
	Évszak	ősz, tavasz, nyár	nyár, ősz	tavasz, ősz	tavasz	egész év során	egész év során
	Felmérési napok száma	38 nap	?	34 nap	2 nap	21 nap	1 hét/évszak/helyszín
	Felmérési időszak	10:00 – 18:00	13:00 – 15:00	délidőben	12:00 – 17:00	13:00 – 18:00	reggel – napnyugta
OBJEKTÍV PARAMÉTEREK	**Mért** [b]	T_a, RH, v, K_i, L_i	T_a, RH, v, G	T_a, RH, v, G	T_a, RH, v, K_i, L_i	T_a, RH, v, G, T_g	T_a, RH, v, T_g
	Számított [c]	T_{mrt}, PET	T_{mrt}, PMV	-	T_{mrt}, Kb, $v\chi$	T_{mrt}, PET	PMV
KÉRDŐÍVEK	**Kérdőívek száma**	967	~285	466	91	505	9189
	Hőérzet skála	9-fokozat	7-fokozat	-	-	7-fokozat	5-fokozat
	Percepció skála	7-fokozat	-	5-fokozat	4-fokozat	7-fokozat	5 v. 3-fokozat
	Preferencia skála	3-fokozat	-	5-fokozat	5-fokozat	3-fokozat	-
	Hőmérséklet értékelése	érzett hőmérséklet	becsült léghőmérséklet	-	-	-	-
	Mellékelt kérdőív	**2.13. MELLÉKLET**	-	**2.4. MELLÉKLET**	**2.6. MELLÉKLET**	-	**2.8. MELLÉKLET**
MEGJEGYZÉSEK		érzett hőmérséklet felmérése csak tavaszi és nyári periódusban	csak napon tartózkodó alanyokat kérdeztek	v: 3 mérés közül a maximális érték	csak napon lévő interjúalanyok	nem volt külön percepció-skála a hőmérsékletre	nem volt külön percepció skála a hőmérsékletre; nap-szavazat: csak napsütés esetén kérdezték; kevert-skálák

a: RUROS projekt városai: Sheffield, Cambridge, Kassel, Fribourg, Milánó, Thesszaloniki, Athén

b: T_a: léghőmérséklet [°C], RH: relatív nedvesség [%], v: szélsebesség [m/s], G: globálsugárzás [W/m^2],
K_i: rövidhullámú sugárzási fluxusok [W/m^2], L_i: hosszúhullámú sugárzási fluxusok [W/m^2], T_g: gömbhőmérséklet [°C]

c: T_{mrt}: átlagos sugárzási hőmérséklet [°C], PMV: Predicted Mean Vote, PET: fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet [°C],
Kb: a testet fölülről, s két oldalirányból (D, Ny) érő sugárzási bevételt összegzi [W/m^2], $v\chi$: a szél maximális sebességének és változékonyságának hatását kombinálja [m/s]



5.6. ábra Az **5.2.2. fejezetben** összevetésre kerülő városok klímaparamétereinek évi alakulása (adatforrás: *WMO 1996*, *CWB 2011*)

5.3. táblázat Az **5.2.2. fejezetben** összevetésre kerülő városok klímaparamétereinek éves átlagértékei

HELYSZÍN	Szeged [a]	Göteborg [a]	Montreal [a]	Lisszabon [a]	Taichung City [b]
Maximumhőmérséklet [°C]	16,0	10,5	10,9	20,8	28,1
Középhőmérséklet [°C]	10,5	7,1	6,1	16,8	23,3
Minimumhőmérséklet [°C]	5,6	3,4	1,2	12,8	19,8
Csapadékmennyiség [mm]	495	776	940	753	1773
Relatív nedvesség [%]	75	74	71	71	76
Napfénytartam [h]	2023	1722	2029 [c]	2799	2043
Szélsebesség [m/s]	3,4	4,4	4,0	3,8	1,5

a: adatforrás: 1961–1990 klímanormái (*WMO 1996*)
b: adatforrás: 1981–2010 klímanormái a Central Weather Burou honlapjáról (*CWB 2011*)
c: adatforrás: The Weather Network honlapja (*WN 2011*)

Az előbbiek értelmében az 5.6. ábrán feltüntettem az egyes vizsgált városokra jellemző **klímadiagramokat**, az 5.3. táblázatban pedig összefoglaltam néhány paraméter éves átlagértékeit. Mivel az összevetésekhez felhasznált RUROS projekt eredményei közül e fejezetben csupán azokat használom fel, melyek közel 9200 kérdőív alapján, kollektív módon az összes vizsgált városra vonatkoznak (*Nikolopoulou and Lykoudys 2006*), ezért e 7 város klimatikus jellemzését itt nem tettem meg. (A **6. fejezetben** azonban a saját kérdőíveimmel együtt közösen elemzem a RUROS projekt egyes városaiban gyűjtött adatokat, így a klímadiagramjaik ott szerepelnek majd.)

Mindegyik tanulmány esetén népszerű városi közterületeket választottak a helyszíni mérésekkel kísért interjúk helyszínéül, melyeket többnyire a délutáni órákban, szabadtéri tartózkodásra alkalmas évszakokban kiviteleztek (5.2. táblázat). A RUROS és a tajvani projekt vizsgálatai az egész évet lefedték (*Nikolopoulou and Lykoudys 2006, Lin 2009*).

A felmérések objektív bázisát jelentő **mikrometeorológiai méréseket** hasonló alapelvek szerint, tehát az interjúalanyok közelében (azonos napfénynek való kitettségű), s többnyire 1,1 m magasan elhelyezett érzékelőkkel végezték, de a műszerpark eltérő gyártmányú, sőt, néha eltérő típusú szenzorokból állt össze. Ezek közül a légmozgás és a sugárzási viszonyok detektálása közti különbségeket érdemes lajstromba venni. A **szélsebeség** detektálására hődrótos szenzor szolgált a tajvani, a portugál, valamint a RUROS projektek során. Szegeden ultrahangos (szónikus) műszert alkalmaztunk, a kanadai és svéd vizsgálatok viszont kevésbé érzékeny, 2 ill. 5 m-en elhelyezett kanalas anemométert használtak. (Utóbbiak esetében az értékeket később 1,1 m-re redukálták.) A felmérések objektív bázisát tekintve a **sugárzás** detektálásában adódtak a legnagyobb különbségek. A lisszaboni vizsgálatok a szegediekhez hasonlóan szintén a legkörülményesebb és leghitelesebb terepi módszerrel, vagyis forgatható piranométer-pirgeométer kombinációval mérték a hat irányból érkező a hosszú és rövidhullámú fluxusokat (L_i és K_i), melyekből *Höppe* (*1992*) módszere alapján számították ki a T_{mrt}-t. A RUROS projekt során egy matt-szürke gömbhőmérővel mért gömbhőmérsékletből (T_g) határozták meg T_{mrt} értékét. Taichung Cityben T_g mellett globálsugárzást (G) is mértek, s a T_{mrt}-t ez alapján határozták meg a RayMan modell segítségével. Némelyik vizsgálat **bioklíma-indexek** (PMV vagy PET) számítására (is) alkalmazta az említett szoftvert (5.2. táblázat).

A **termikus viszonyok szubjektív értékelésére vonatkozó kérdésekkel** kapcsolatos főbb tudnivalókat szintén az 5.2. táblázat tartalmazza. A teljesebb kép érdekében azonban készítettem egy összeállítást is a vizsgálatok **hőérzet-skáláinak** eltérő fokbeosztásairól (5.4. táblázat), valamint a változatos percepció és preferenciaskálákról (5.7. ábra). Egyik külföldi tanulmány sem alkalmazott külön-külön skálákat a hőmérséklet percepcióra és a hőérzetre, azokat általában ekvivalensnek tekintették. (Én éppen ennek az ekvivalenciának a hosszútávú vizsgálata végett foglaltam bele a kérdőívbe mind a hőérzetre, mind pedig a hőmérséklet-érzetre vonatkozó skálákat!)

5.4. táblázat Az összevetendő vizsgálatok során alkalmazott hőérzet-skálák dekódolása

	nagyon hideg	hideg	hűvös	enyhén hűvös	neutrális	enyhén meleg	meleg	forró	nagyon forró
Jelen dolgozat	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Thorsson et al. 2004		-3	-2	-1	0	1	2	3	
Lin 2009		-3	-2	-1	0	1	2	3	
RUROS 2011	-2		-1		0		1		2

PERCEPCIÓ SKÁLÁK

JELEN DOLGOZAT

Milyennek érzi a következő paramétereket?

	gyenge, alacsony						erős, magas
- hőmérséklet	-3	-2	-1	0	1	2	3
- szélsebesség	-3	-2	-1	0	1	2	3
- légnedvesség	-3	-2	-1	0	1	2	3
- napsugárzás	-3	-2	-1	0	1	2	3

STATHOPOULOS ET AL. 2004

A napszakot és az évszakot figyelembe véve...

	nem ért egyet		bizonytalan		egyetért
- a léghőmérséklet magas	-2	-1	0	1	2
- a szél erős	-2	-1	0	1	2
- a levegő nedves	-2	-1	0	1	2
- a napsugárzás meleg	-2	-1	0	1	2

OLIVEIRA AND ANDRADE 2007

Az adott pillanatban milyennek érzi az egyes időjárási paramétereket a területen?

- hőmérséklet	hideg, hűvös	kellemes, meleg	forró	nagyon forrót
- szél	nincs szél	kellemes	szeles	nagyon szeles
- nedvesség	száraz	semleges	nedves	nagyon nedves
- napsugárzás	borús	kellemes	nap egy kicsit erős	nap nagyon erős

LIN 2009

Jelölje meg azt a szintet, amilyennek érzi a...

	nagyon gyenge			semleges			nagyon erős
- szelet	-3	-2	-1	0	1	2	3
- légnedvességet	-3	-2	-1	0	1	2	3
- napot	-3	-2	-1	0	1	2	3

NIKOLOPOULOU AND LYKOUDYS 2006

Mit gondol jelen pillanatban a következőkről:

- szél	pang	kis szél	OK	szeles	túl sok szél
- nedvesség	nedves		OK		száraz
- nap	többet szeretne		OK		túl sok nap

PREFERENCIA SKÁLÁK

JELEN DOLGOZAT

Szeretné, hogy megváltozzanak ezek a paraméterek?

- hőmérséklet	csökkenjen	ne változzon	emelkedjen
- szélsebesség	gyengüljön	ne változzon	erősödjön
- légnedvesség	csökkenjen	ne változzon	emelkedjen
- napsugárzás	gyengüljön	ne változzon	erősödjön

STATHOPOULOS ET AL. 2004

Figyelembe véve a tevékenységét és ruházatát, kellemes(ebb) lenne, amennyiben ...

	csökkenne		változatlan maradna		emelkedne
- a léghőmérséklet	-2	-1	0	1	2
- a szél ereje	-2	-1	0	1	2
- a nedvesség	-2	-1	0	1	2
- a napsugárzás	-2	-1	0	1	2

OLIVEIRA AND ANDRADE 2007

Mit gondol, javulnának a klimatikus viszonyok, amennyiben:

	sokkal alacsonyabb	alacsonyabb	azonos	magasabb	sokkal magasabb
- hőmérséklet	-2	-1	0	1	2
- szél	-2	-1	0	1	2
- nedvesség	-2	-1	0	1	2
- napsugárzás	-2	-1	0	1	2

LIN 2009

Jelölje meg preferencia-szintjét a következőkkel kapcsolatban

- hőmérséklet	hűvösebbet szeretnék	ne változzon	melegebbet szeretnék
- szél	gyengébbnek szeretném	ne változzon	erősebbnek szeretnén
- légnedvesség	alacsonyabbnak szeretném	ne változzon	magasabbnak szeretném
- nap	gyengébbnek szeretném	ne változzon	lerősebbnek szeretném

5.7. ábra Az **5.2.2. fejezetben** összevetésre kerülő vizsgálatsorozatok során alkalmazott percepció és preferencia skálák (a négyzetekben elhelyezkedő *dőlt számok* a kérdőíveken nem voltak feltüntetve, csupán később dekódolták így az egyes szubjektív értékeléseket)

A szegedi és a montreali (*Stathopoulos et al. 2004*) vizsgálatok során alkalmazott **percepció skálák** kivételével a középső választható lehetőség külön meg lett jelölve, mint „semleges” vagy „kellemes” érzet. Én azonban tipikus szemantikus differenciál skálákat alkalmaztam, amelyen a 7 választható opció közül csupán a két végpont volt elnevezve. E skálák alapjául *Lin* (*2009*) percepció-skálái szolgáltak, azokon azonban – véleményem szerint – túlságosan ki volt emelve a középső kategória azáltal, hogy a szerző feltüntette fölöttük a „semleges” jelzőt (**5.7. ábra**). *Stathopoulos et al.* (*2004*) Montrealban 5-fokú Likert-skálát alkalmazott, amely a szemantikus differenciál egy speciális változatának tekinthető: az interjúalany bejelölhette rajta, hogy milyen mértékben ért egyet egy adott állítással. *Oliveira and Andrade* (*2007*) lisszaboni skálájának minden választható kategóriája névvel volt ellátva, csakúgy, mint a RUROS kérdőívek 5, illetve 3-pontos skálái (*Nikolopoulou and Lykoudys 2006*). Az utóbbi esetében ráadásul a skálák nem voltak egyértelmű percepció-skálák, hanem bizonyos pregferencia-jellegű jegyeket is magukon hordoztak (**5.7. ábra**). *Stathopoulos et al.* (*2004*), valamint *Oliveira and Andrade* (*2007*) 5-fokú skálákat alkalmaztak az egyes meteorológiai alapparaméterekkel kapcsolatos preferencia felmérésére, én pedig *Lin* (*2009*) 3-opciós **preferencia-skáláit** adoptáltam (**5.7. ábra**).

A **hőmérséklet szeparált értékelése** az interjúalanyok általi °C-ban megadott értékekkel csak *Thorsson et al.* (*2004*) göteborgi vizsgálatában fordult még elő: ők a pillanatnyi léghőmérséklet megbecslésére kérték fel az embereket (T_{becs}; **5.2. táblázat**). Ezzel szemben mi felhívtuk az interjúalanyok figyelmét, hogy nem arra vagyunk kíváncsiak, hogy pontosan meg tudják-e tippelni a léghőmérsékletet, hanem arra, hogy milyennek érzik azt az adott körülmények (pozíció, ruházat) mellett ($T_{érz}$; **5.2. táblázat**)!

A szubjektív értékelések közti összefüggések

Pecepciók vs. preferenciák

A felsorolt tanulmányok közül egyedül *Stathopoulos et al.* (*2004*) írták le a különböző percepció és preferencia szavazatok közti összefüggések erősségét (**5.5. táblázat**). Mivel vizsgálataik csupán ősszel és tavasszal zajlottak ezért az összehasonlíthatóság érdekében én is megadom az átmeneti évszakokra vonatkozó statisztikákat is a teljes évre számoltak mellett. Továbbá, mivel a montreali vizsgálat Pearson-féle korrelációs koefficienst (R) alkalmazott, így magam is kiszámoltam ezeket a korábban bemutatott rang-korrelációs koefficiensek (ρ) mellett (**5.5. táblázat**).

5.5. táblázat A termikus alapparaméterekre vonatkozó percepció- és preferenciaszavazatok közt talált összefüggések Montrealban (*Stathopoulos et al. 2004*) és Szegeden

	vizsgált évszakok	N	koefficiens	léghőmérséklet	szélsebesség	légnedvesség	napsugárzás
Szeged	ősz, tavasz, nyár	1271	ρ	-0,58	-0,45	-0,39	-0,50
	ősz, tavasz	967	ρ R	-0,48 -0,50	-0,42 -0,41	-0,37 -0,35	-0,46 -0,46
Montreal	ősz, tavasz	466	R	-0,20	-0,38	-0,37	-0,34

Mind a szegedi, mind a montreali elemzések negatív összefüggéseket tártak fel a percepciók és a preferenciák között, vagyis ha egy adott paramétert az emberek magasnak/erősnek éreztek, akkor többségük általában annak mérséklődését kívánta. A magyar vizsgálat során a léghőmérsékletre vonatkozó kapcsolat volt a legerősebb, melyet a napsugárzásra és a szélsebességre vonatkozó összefüggések követtek. Ezzel szemben a montreali interjúalanyok értékelésénél éppen a hőmérsékletre vonatkozó kapcsolat adódott a leggyengébbnek (**5.5. táblázat**).

A légnedvességet leszámítva valamennyi paraméter percepció–preferencia kapcsolata erőssebbnek adódott Szegeden, melyet részben megmagyaráz az interjúalanyok magasabb száma. Másrészről, az eltérések indokolhatók a különböző földrajzi elhelyezkedésből adódó eltérő termikus (illetve klimatikus) tapasztalatokkal is. Míg a napfényes órák hossza – a közel azonos földrajzi szélesség révén – nagyon hasonló a két városban, a szélsebesség és a csapadékmennyiség magasabb, a léghőmérséklet pedig alacsonyabb Montrealban (**5.6 ábra, 5.3. táblázat**). Magyarország mérsékeltebb klimatikus viszonyaihoz képest a montreali boreálisabb jellegű éghajlat, s különösen a sokkal keményebb telek feltehetően ahhoz vezettek, hogy sok kanadai még akkor is a hőmérséklet emelkedésére és a napsugárzás erősödésére vágyik (pozitív pref-szavazat), amikor ezeket a paramétereket egyébbként is magasnak érzi (pozitív perc-szavazat). Ezek a változások ugyanis mind melegebb hőérzetet eredményeznek.

A nemzetközi összehasonlítás mintegy „melléktermékként" az is kiderült, hogy a vizsgálatba bevont további nyári kérdőívek (kb. 300) az amúgy is meglévő tendenciákat tovább erősítették, s még nyilvánvalóbbá tették a hőmérsékletre vonatkozó kapcsolat „vezető pozícióját". Továbbá, annak ellenére, hogy nem-normál eloszlású, ráadásul ordinális típusú változók esetén ajánlotabb a nem-paraméteres statisztika (pl. ρ) mint a paraméteres Pearson-féle korrelációs koefficiens (R) alkalmazása, ennek ellenére a lineáris kapcsolatot vizsgáló R értékei szinte teljesen megegyeznek a pusztán monoton összefüggéseket vizsgáló ρ értékeivel (**5.5. táblázat**).

TSV vs. percepciók

A hőérzet (TSV) és a különböző percepciók kapcsolatát rajtam kívül egyedül *Nikolopoulou and Lykoudys* (*2006*) számszerűsítette. Teljes európai adatbázisuk (kb. 9200 kérdőív) alapján szignifikáns, R=0,23-al jellemezhető gyenge kapcsolatot találtak az 5-fokozatú TSV és a 3-pontos nap-szavazat között. A szegedi 9 TSV kategória ennél erősebb összefüggést mutatott a 7-fokozatú napsugárzás érzettel (ρ=0,44; R=0,45; N=1271), valamint további perc- és pref-szavazatokkal is. Ezeknek az eredmények az összevethetőségét azonban számos tényező nehezíti:

- Egyfelől a felmérési skálák fokbeosztása illetve kivitelezése eltérő, sőt a RUROS napsugárzás érzetre vonatkozó skálája nem tekinthető tisztán percepció skálának.
- Másfelől a RUROS projektben a napérzetre csak napfényes alkalmakkor kérdeztek rá, míg Szegeden bármilyen égbolt viszony esetén kikértük róla a látogatók véleményét.
- Harmadrészt, a szegedi eredmények csak a szabadtéri aktivitásra jellemző hónapokra vonatkoznak, míg a RUROS mintegy 7-szer nagyob adatbázisa egész évre, ráadásul 7 városra vonatkozott összességében, amely így elfedi az eltérő klimatikus háttérhez szokott emberek reakcióikban feltételezhetően meglévő különbségeket.

Szubjektív értékelések vs. objektív paraméterek

A szubjektív értékeléseknek a megfelelő objektív paraméterektől való függését *Stathopoulos et al.* (*2004*) a montreali adatok napi átlagolása alapján vizsgálta. Ezzel szemben én nem naponként, hanem a független változók kis értéklépcsői szerint képeztem átlagokat a szubjektív értékelésekből (**4.3.2. fejezet**). Egy másik különbség a prediktorként alkalmazott objektív paraméterekre vonatkozik: Montrealban az interjú ideje alatt mért 3 v érték közül a maximálisat választották, valamint globálsugárzással dolgoztak, én Szegeden az átlagos v-t, valamint a T_{mrt}-t használtam független változókként. A montreali adatok a hőmérsékletet kivéve oly mértékben szórtak, hogy nem tették lehetővé regresz-

sziós függvények illesztését. A T_a–hőmérséklet percepció illetve preferencia között azonban R=0,51 illetve R=-0,78 értékű korrelációs koefficienst találtak (N=34 – napi átlagok). Az általam kimutatott lineáris összefüggések erőssége: R=0,92 és R=-0,94 (N=45 – 0,5°C-onként vett átlagok; **4.21.** és **4.22. ábra**, **5.6. táblázat**). Az eltérő fokbeosztású perc- és pref-skálák ellenére tehát a kanadai és a magyar vizsgálatokból is az derül ki, hogy a hőmérséklet preferencia erősebb kapcslatban áll T_a-val, mint a percepció.

Egyrészt az előbb említett R értékeket összehasonlítva, másrészt pedig abból kiindulva, hogy az én elemzéseim a többi alapparaméter esetén is szoros szubjektív értékelés–objektív paraméter kapcsolatokat mutattak ki (**4.21.** és **4.22. ábra**, **5.6. táblázat**), a napi átlagolásnál megfelelőbbnek tűnik az objektív paraméterek szűk érték tartományai szerint leátlagolni a perc- illetve a pref-szavazatokat. Ezzel a módszerrel sokkal tisztábban kimutatható a szubjektív és objektív adatok közti kapcsolat természete és erőssége. Ez különösen igaz a mind térben, mind időben rendkívül változékony szélsebesség és napsugárzás esetén. A napi átlagolás ugyanis elfedi ezek egyébiránt jelentős ingadozásait, s így az összefüggések jóval gyengébbnek fognak tűnni, mint amilyenek a valóságban.

5.6. táblázat A meteorológiai paraméterek szubjektív értékelései (TSV, perc, pref) és az objektív tényezők közti szignifikáns összefüggések (α<0,01; illetve *α<0,05*) erősségét kifejező Spearman-féle ρ értékek a teljes adatbázis alapján (N=1271), valamint Pearson-féle R értékek az egyes objektív paraméterek szűk értéklépcsői szerint átlagolt adatbázisokon

Paraméter	N	Percepció				Preferencia				TSV
		hőmérs.	széllseb.	légnedv.	napsug.	hőmérs.	széllseb.	légnedv.	napsug.	
T_a [°C]	1271	0,472	-0,329	-0,211	0,221	**-0,555**	0,409	0,105	-0,438	0,435
v [m/s]		-0,105	0,320			0,173	-0,291		0,122	-0,074
RH [%]		-0,311	*0,068*	0,165	-0,256	0,239	-0,132	-0,156	0,267	-0,309
T_{mrt} [°C]		0,400	*-0,070*	-0,129	0,494	-0,264	0,132	0,081	-0,319	0,478
PET [°C]		**0,541**	-0,292	-0,189	0,427	**-0,522**	0,384	0,107	-0,468	**0,566**
UTCI [°C]		**0,545**	-0,294	-0,183	0,419	**-0,527**	0,388	0,102	-0,463	**0,569**
T_a (0,5°C)	45	**0,922**	-0,575	-0,515	0,613	**-0,940**	0,819	0,547	-0,876	0,893
v (0,1 m/s)	47	-0,568	0,875	-0,148	0,105	0,797	-0,788		0,482	-0,402
RH (1%)	46	-0,785	0,5	0,718	-0,892	0,675	-0,417	-0,616	0,868	-0,826
T_{mrt} (1°C)	54	0,888	-0,328	-0,129	**0,935**	-0,872	0,574	0,356	-0,893	0,912
PET (1°C)	42	0,893	-0,756	-0,651	**0,914**	**-0,932**	0,877	0,541	**-0,938**	**0,937**
UTCI (1°C)	35	**0,961**	-0,733	-0,571	**0,911**	**-0,941**	0,823	0,532	**-0,912**	**0,970**

Az **5.6. táblázat** összefoglalja valamennyi szignifikáns összefüggést, melyet a közel 1300 kérdőív elemzése alapján kaptam a szubjektív értékelés és az objektív mérőszámok között. Mivel adataim nem normál eloszlásúak, ezért e teljes adatbázison végzett korrelációs vizsgálatok statisztikai mérőszámául a korábban már használt Spearman rang-korrelációs koefficienst (ρ) alkalmaztam, míg az átlagolt adatsorok esetén a Pearson-féle korrelációt (R). (Megjegyzem azonban, hogy a táblázatban szereplő lineáris kapcsolatra vonatkozó R értékek nem minden esetben jelzik a két változó közti kapcsolat valódi erejét, hiszen mint azt a **4.25. ábrán** bemutattam, a T_{mrt} és a PET index TSV-re való hatása például pontosabban leírható egy másodfokú függvény emelkedő ágával!)

A számos szignifikáns kapcsolat felhívja a figyelmet a termikus viszonyok szubjektív értékelésének komplexitására, vagyis hogy az emberek nem tudják függetleníteni egy adott meteorológiai paraméter értékelését a többi termikus tényezőtől. Arra tehát, hogy egy-egy meteorológiai tényező milyen szubjektív érzetet kelt bennünk (percepció), továbbá, hogy kívánjuk-e annak megváltozását (preferencia), számos más paraméter is jelentős befolyással bír.

A léghőmérséklet-érzet például nem csak T_a-tól függ, de negatívan befolyásolja a v és RH is (utóbbi egyébbként természetes a relatív nedvesség T_a-függő értékei miatt); függ továbbá a T_{mrt}-től és persze a bioklíma-indexektől (**2.5. ábra**). A léghőmérséklet-érzetre vonatkozókhoz hasonló tendenciák, de más erősségű ρ és R értékek adódtak a hőérzet (TSV) esetén, amely némiképp ellentmond annak a nemzetközi tapasztalatnak, hogy az emberek általában összekeverik a környezet hőmérsékletének értékelését saját hőérzetükkel (*Spagnolo and de Dear 2003a, Oliveira and Andrade 2007*) – ez véleményem szerint csupán a kérdésfeltevéstől függ. Annak eldöntésére, hogy van e létjogosultsága a hőmérséklet percepció és TSV szeparált felmérésének, csak egy lényegesen nagyobb adatbázis alapján adható kielégítő válasz.

Az **5.6. táblázat** táblázat tanúsága alapján a szubjektív hőérzet (TSV) az objektív tényezők közül természetesen a – termikus környezet komplex hatását reprezentáló – bioklíma-indexek értékeivel mutatja a legerősebb korrelációt; az egyes alapparaméterek közül pedig a sugárzási viszonyokat számszerűsítő T_{mrt}-től, valamint a T_a-tól függ legjobban. (Ennek megfelelően a szubjektív értékelések közti kapcsolatok esetén is a hőmérsékletre és napsugárzásra vonatkozó percepciók és preferenciák álltak a legszorosabb kapcsolatban a TSV-vel; **4.5. táblázat**.) A teljes adatbázisra vonatkozó korrelációs együtthatók kicsit szorosabb kapcsolatot tártak fel a TSV és T_{mrt} között (ρ=0,478), mint amikor a T_a-t használtam független változóként (ρ=0,435; **5.6. táblázat**). Ehhez hasonlóan *Nikolopoulou and Lykoudys* (*2006*) is magasabb R értékeket talált a TSV és a sugárzás mérőszáma (ott T_g) között (R=0,53), mint a TSV és T_a esetén (R=0,43; N=9200). A szegedi adatok leátlagolásával a reláció változatlan marad, csupán a korrelációs koefficiensek értékei emelkednek meg (TSV–T_a: R=0,893; TSV–T_{mrt}: R=0,912; **5.6. táblázat**).

Oliveira and Andrade (*2007*) szintén végeztek szubjektív értékelés vs. objektív tényező korrelációs vizsgálatokat. Hozzám hasonlóan ők is negatív kapcsolatokat találtak a v és a lisszaboniak léghőmérséklet érzete között: ρ=-0,456 (N=91). Összehasonlításképpen: a szegedi adatokra adódó korrelációs koefficiens ρ=-0,105 a teljes adatbázis alapján (N=1271). A kapcsolat azonban sokkal erőssebbé vált, amint elvégeztem a 0,1 m/s-onkénti átlagolást: R=-0,568 (N=47). Az itt részletesen nem tárgyalt göteborgi vizsgálatok szintén arra a következtetésekre jutottak, hogy az időjárás illetve a helyszín hidegebbnek érződik, amennyibben a szél erőssebben fúj (*Eliasson et al. 2007, Knez et al. 2009*).

A teljes RUROS adatbázis alapján a v és az 5-fokozatú szélérzet közti kapcsolat R=0,26-os viszonylag gyenge összefüggésként jellemezhető (*Nikolopoulou and Lykoudys 2006*). Az általam talált összefüggés a teljes adatbázis alapján szintén gyenge (ρ=0,320), az átlagolt adatbázison viszont már meglehetősen erősnek mondható (R=0,875). A különböző felmérési skálák mellett a RUROS projekt gyengébb kapcsolatának oka lehet a hatalmas adatbázis is, mely ráadásul több nemzet képviselőinek széllel kapcsolatos reakcióit is tartalmazta. Feltételezésem szerint az, hogy az emberek miként értékelik a szelet, az nem csupán magától a v-től, illetve a termikus kontextustól függ, de a korábbi klimatikus tapasztalatoktól is, ezért szerintem a szél szubjektív megítélése eltérő lehet a különböző földrajzi régiókban illetve a különböző évszakok során. Ezeket a különbségeket azonban elfeledi a kollektív RUROS adatbázis.

A Szegeden nyert egyértelmű szélsebesség értékelés–v kapcsolatokkal szemben Lisszabonban egy új paramétert ($v\chi$) kellett bevezetni a v helyett ahhoz, hogy szignifikáns kapcsolatra leljenek a szél és annak érzékelése közt: $v\chi$ a maximális szélsebességet

kombinálja a szél változékonyságával (**5.2. táblázat**; *Oliveira and Andrade 2007*). Ez valószínű annak köszönhető, hogy míg Szegeden többnyire 4 m/s alatti v értékeket mértünk (**4.15. ábra**), addig Lisszabonban nem fordult elő 1 m/s alatti szituáció. Vizsgálataim alapján azonban az emberek meglehetősen érzékenyek az alacsony v értékek tartományában, sőt az átlagos preferencia szavazat 1 és 2 m/s között vált előjelet (**4.22. ábra**).

A teljes lisszaboni adatbázison varianciaanalízist (ANOVA) alkalmazva kimutatták egy napsugárzással kapcsolatos újjonan bevezett paraméter (Kb) szignifikáns hatását az emberek napsugárzás érzetére. A Kb a fölülről s két oldalirányból érkező rövidhullámú sugárzási fluxusok, pozíció- és irányfüggő átlagolásával állítható elő (**5.2. táblázat**; *Oliveira and Andrade 2007*). Noha az én vizsgálataim már a napsugárzás érzethez rendelhető alapparaméter (G) esetén is szignifikáns összefüggés tártak fel, magam is erősebb kapcsolatra leltem akkor, amikor T_{mrt}-t alkalmaztam független változóként, ami szintén egy, a sugárzási fluxusok irányfüggő súlyozásából és összegzéséből számolt paraméter (teljes adatbázis: ρ=0,494; átlagolt adatok: R=0,935).

Az **5.6. táblázat** értelmében a PET és az UTCI valamennyi szubjektív értékelésre befolyással bír, s több esetben is jellemezhető relatíve erősnek a kapcsolat. A szubjektív hőérzeten kívül említhető még például a léghőmérséklet és napsugárzás percepcióra való pozitív, valamint ezek preferenciájára vonatkozó negatív hatásuk, továbbá a szélsebesség preferenciával való pozitív összefüggésük, melyek mind megnyilvánultak a szubjektív értékelések egymás közti kapcsolatait leíró mérőszámok értékeiben (**4.5. táblázat**).

Szubjektív hőmérséklet értékek vs. objektív hőmérsékleti mérőszámok

Ebben a részben az interjúalanyok által érzékelt hőmérséklet ($T_{érz}$) T_a függvényében jelentkező tendenciáját vetem össze *Thorsson et al.* (*2004*) svédekre vonatkozó hasonló megállapításaival. A göteborgi interjúalanyok általánosságban igen jónak bizonyultak a léghőmérséklet megbecslésében, amit a közel 300 adatra illsztett egyenes 0,93-os meredeksége, valamint a – teljes adatbázis alapján történő (nagyobb szórású) adatbázis ellenére is – magas determinációs koefficiens (R^2=0,79) is alátámaszt (**5.7. táblázat**). A regressziós egyenes alapján a svédek kb. 25°C alatti T_a értékek esetén voltak hajlamosak azt túlbecsülni. A 0,5°C-onként átlagolt magyar adatbázis esetén ez a „küszöb hőmérséklet" 32°C-nál adódott, s az illesztett egyenes meredeksége teljesen hasonló volt a svéd tanulmányéhoz. Esetemben a determinációs koefficiens nagyobb értéke (0,945) az átlagolás által csökkent adatszórásnak köszönhető.

5.7 táblázat A göteborgi (*Thorsson et al. 2004*) és a szegedi interjúalanyok által becsült léghőmérséklet (T_{becs}), illetve érzett hőmérséklet ($T_{érz}$) értékek függése a léghőmérséklettől (T_a)

	Évszakok	T_a tartomány	N	Megjegyzés	Regressziós egyenes	R^2	Küszöb T_a
Göteborg	nyár, ősz	6–29°C	285	összes adat	$T_{becs} = 0{,}9321 \cdot T_a + 1{,}6865$	0,79	24,8°C
Szeged	ősz, tavasz, nyár	12–35°C	45	átlagok (0,5°C)	$T_{érz} = 0{,}927 \cdot T_a + 2{,}355$	0,945	32,1°C

TSV vs. PET

Az interjúalanyok hőérzetének PET-indextől függő alakulására vonatkozó eredményeimet *Lin* (*2009*) tajvani vizsgálataival tudom összehasonlítani, aki szintén 1 °C-os intervallumonként átlagolta az egyes TSV értékeket. A tajvaniak hőérzetének PET-től való függését két lineáris illesztése révén adta meg, külön az ottani forró és hűvös évszakokra (**5.8. táblázat**). A **4.25. ábra** értelmében a szegedi adatok jobban közelíthetők másodfokú függvénnyel, s ez ugyanúgy igaz a teljes adatbázisra, mint arra az esetre, mikor csupán az

átmeneti évszakokat vizsgáltam. A magyar vizsgálati hónapok (ápr–okt) nem csupán hűvösebbek, mint tajvani megfelelőik, de Szeged mérsékelt övi kontinentális helyzetéből kifolyólag sokkal változatosabb termikus viszonyokkal jellemezhetőek (**5.6. ábra**).

5.8. táblázat A látogatók átlagos hőérzete és a PET közti kapcsolat különböző helyszínek (Taichung City – *Lin 2009*), ill. évszakok esetén, valamint a neutrális hőmérséklet PET-ben kifejezett értékei

	Vizsgált évszakok	N	PET tartomány	Regressziós egyenes egyenlete	R^2	Neutrális PET
Taichung City	**forró** évszak (márc – nov)	22	24–45°C	TSV = 0,1184·PET – 3,0253	0,96	25,6°C
	hűvös évszak (dec, jan, febr)	10	16–26°C	TSV = 0,1991·PET – 4,7229	0,89	23,7°C
Szeged	**átmeneti** évszakok (ápr, máj; szept, okt)	33	7–39°C	TSV = -0,004·PET^2 + 0,278·PET – 3,61	0,91	16,8°C
	szabadtéri évszakok (ápr – okt)	42	7–48°C	TSV = -0,002·PET^2 + 0,212·PET – 3,003	0,92	16,8°C

Az interjúalanyok reakciói alapján meghatározott neutrális hőmérséklet értékek (az a PET érték, ahol az átlagos TSV=0) jelentősen különböznek: Tajvan esetében évszakos eltolódásról is beszélhetünk, de ennél sokkal jelentősebb különbségek láthatók a két nemzet képviselői közt (**5.8. táblázat**). Érdekes viszont, hogy Szegeden mind az átmeneti évszakokat, mind a teljes adatbázist vizsgálva 16,8°C-nak adódott a neutrális hőmérséklet. A nemzetközi eltérések hátterében valószínűleg a kardinálisan különböző klimatikus háttérviszonyok állnak. Minthogy Taichung City esetén a havi középhőmérséklet általában nem csökken 16°C, a maximumhőmérséklet pedig 22°C alá (**5.6. ábra**), továbbá a magas hőmérsékleti értékek fülledt viszonyokkal járnak együtt (az átlagos RH 75-80% körül alakul), így az ottaniak szervezete fiziológiai szinten jobban alkalmazkodott (adaptálódott) a hőterheléshez. Ebből kifolyólag az a hőmérsékleti érték, ahol átlagosan semleges hőérzetük adódik, magasabb, mint a közép-európai embereké. Szeged középhőmérséklete 11 és 21°C közt változik a vizsgált „szabadtéri" hónapokban, s legmelegebb nyári hónapjának (július) maximumhőmérséklete (27,4°C) is épphogy csak eléri azt a szintet, amihez a tajvaniak az adott hónapban középhőmérsékletként megszoktak (**5.6. ábra**).

A 17°C körüli magyar neutrális hőmérséklet hátterében az a mentális reakció áll, miszerint az emberek által semlegesnek tekintett termikus viszonyok eltolódnak azon értékek irányába, melyeket az adott időszakban (pl. évszakban) megtapasztalnak. Ez a spontán pszichológiai alkalmazkodás a két tajvani évszakhoz rendelhető neutrális PET értékeket összehasonlítva is tetten érhető. Minthogy termikus tapasztalataik révén az emberek tisztában vannak azzal, hogy magasabb (közép és maximum) hőmérsékletekre számíthatnak a márciustól novemberig tartó időszakban (**5.6. ábra**), így sokkal toleránsabbak a terhelőbb termikus viszonyokkal szemben, mint a téli hónapokban. Ez nem csupán a forró évszak magasabb neutrális PET értékét, de a laposabb regressziós egyenest is megmagyarázza.

További különbségek tárulnak fel a két nemzet képviselőinek termikus reakciói közt, amennyiben összevetjük a helyi lakosok hőérzet-kategóriáit tükröző PET-intervallumokat (**5.9. táblázat**). A magyarok esetében következetesen alacsonyabb határértékeket figyelhetünk meg. Az enyhén hűvös tartomány mind a tajvaniak hűvös, mind a magyarok átmeneti évszakjaiban 5°C széles, a magyar kategória-határok azonban mintegy 7,5°C-kal alacsonyabbak. (A nyári kérdőívek bevonásával az enyhén hűvös tartomány 1°C-ot bővül az alacsonyabb PET értékek felé.) A kb. 7°C széles szegedi neutrális intervallum bővebb,

mint a tajvani hűvös-, s tágabb, mint a tajvani forró évszakra vonatkozó semleges tartomány (**5.9. táblázat**), vagyis a magyarok látványosabban érzékelik a termikus viszonyok megváltozását e hőérzet-kategórián belül, mint a tajvaniak az ő forró, s kevésbé, mint a tajvaniak az ő hűvös évszakukban. Melegebb szituációk alkalmával azonban – a másodfokú TSV vs. PET függvénynek megfelelően – nagymértékben csökken a magyaroknak a termikus viszonyok megváltozásával kapcsolatos érzékenysége, melyet a rendkívül széles enyhén meleg és meleg tartományok is tükröznek.

5.9 táblázat Az **5.8. táblázatban** megadott regressziós függvények alapján számított tajvani és magyar (PET-ben kifejezett) hőérzet-kategóriahatárok a különböző évszakokban

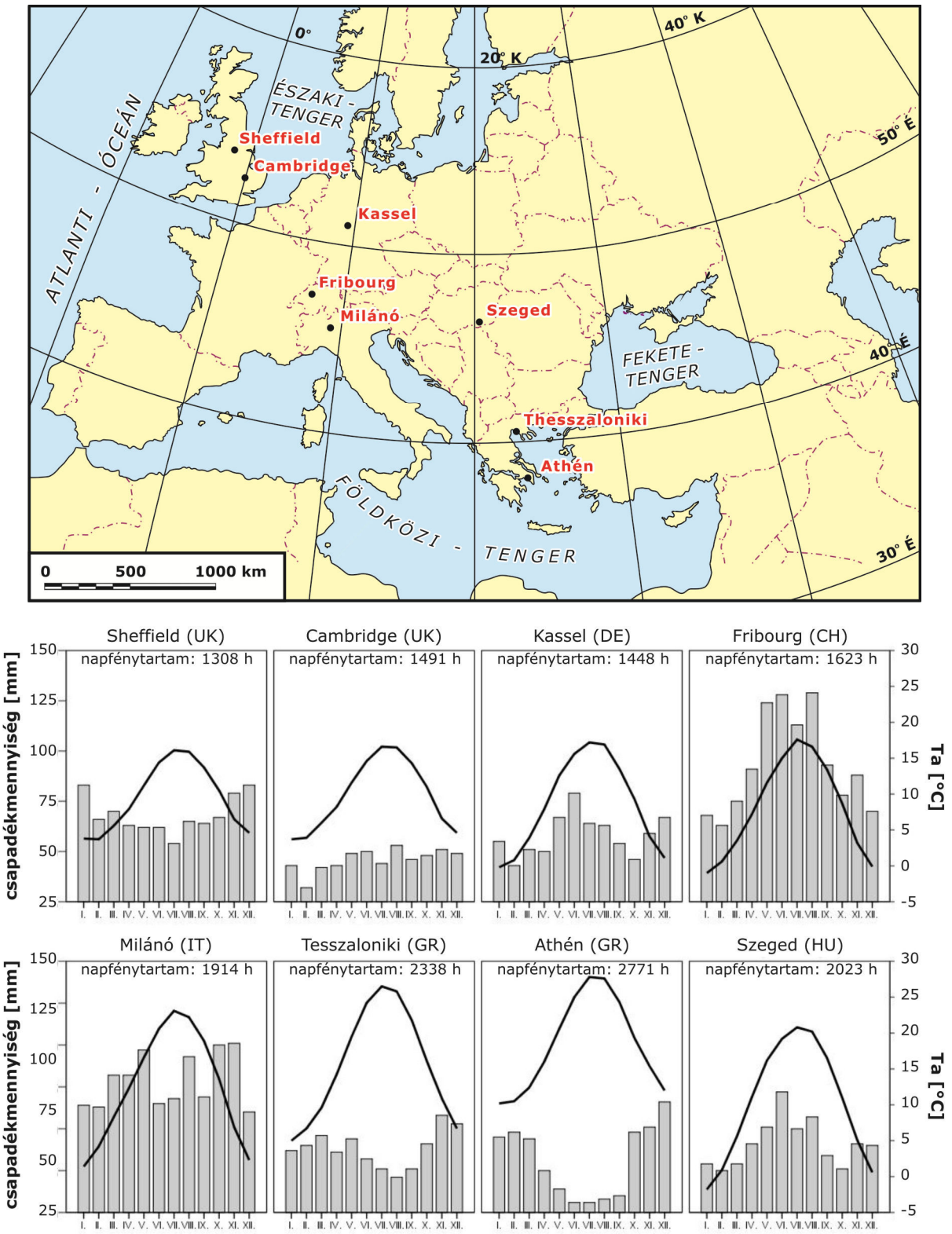
	vizsgált évszakok	hűvös	enyhén hűvös	neutrális	enyhén meleg	meleg	forró
Tajvan (Taichung City)	forró			21,3– 29,8	28,8 – 38,2	38,2 – 46,7	46,7 <
	hűvös	< 16,2	16,2 – 21,2	21,2 – 26,2			
Magyarország (Szeged)	átmeneti	< 8,6	8,6 – 13,7	13,7 – 20,3	20,3 – 33,7	33,7 <	
	"szabadtéri"	< 7,6	7,6 – 13,5	13,5 – 20,4	20,4 – 29,1	29,1 – 44,0	44,0 <

5.3 A SZEGEDI ADATBÁZIS INTEGRÁLÁSA A RUROS ADATBÁZISBA

A termikus viszonyokra adott szubjektív reakciók földrajzi különbségeit és évszakos eltolódásait saját elemzések alapján is szerettem volna részletesebben megvizsgálni. Erre az általam ismert – földrajzi és időbeli tekintetben legátfogóbb – RUROS adatbázis ingyenes hozzáférhetősége kínált lehetőséget (*RUROS 2011*). A **2.5.2.** és **5.2. fejezetben**, ill. **5.2. táblázatban** már bemutatott RUROS projekt során 7 város fogott össze egy országhatárokon átívelő európai szabadtéri komfort – nagyrészt termikus komfort – adatbázis összeállítása érdekében. Minden város esetén 2-2 helyszínt választottak ki az egész év során zajló, azonos metodológiai alapokon nyugvó vizsgálatokhoz. A helyszíni mikroklíma mérésekkel kísért kérdőíves felmérések (alkalmazott műszerpark, illetve a kérdőív a **2.8.** ill. a **2.9. MELLÉKLETBEN** látható) valójában pontosan 9200 adatsort eredményeztek – szemben azzal a számmal, amit *NIKOLOPOULOU AND LYKOUDYS* (*2006*) lepublikáltak (az ottani 9189-as elemszám valójában azokat a kérdőíveket takarta, melyeken az általános komfortérzetre vonatkozó kérdésre is megadták a választ az interjúalanyok).

Ebbe az adatbázisba integráltam bele a szegedi – őszi, tavaszi és nyári – adatsorokat abból a célból, hogy egységes statisztikai feldolgozás alapján feltárjam a klimatikus háttérviszonyok hatását a termikus viszonyok mentális leképeződésére. Ebben a fejezetben tehát a PET index értékeiben kifejezett neutrális hőmérséklet értékek földrajzi és évszakos különbségeivel foglalkozom. A 7 RUROS város, valamint Szeged földrajzi elhelyezkedéséről, s klimatikus jellegzetességeikről az **5.8. ábra** szolgál információval.

Annak ellenére, hogy a szegedi vizsgálatsorozatok keretein belül kivitelezett kérdőívek közül eddig csupán 3 évszak egy-egy adathalmazát dolgoztam fel, a magyar projekt mind a vizsgálati napok számának, mind pedig az eredményül kapott értékelhető interjúk mennyiségének tekintetében felveszi a versenyt a legtöbb RUROS várossal (**5.10. táblázat**). E városok közül egyébként Fribourg büszkélkedhet a legkiterjedtebb adatbázissal, ami megmutatkozik mind az összesen kivitelezett interjúk mennyiségében, mind a vizsgálati napok számában. Sőt, a többi helyszínnel összevetve itt rendkívül magas a télen készült interjúk mennyisége; ami azt illeti, Fribourg esetén éppen ebből az évszakból származik a legtöbb kérdőív, szöges ellentéten Cambridge és Kassel meglehetősen kevés kérdőívével. A nyári és őszi évszak legnagyobb adatbázisa Thesszalonikihez kötődik, a tavaszi és őszi adatmennyiség tekintetében pedig Szegedé a 2. hely (**5.10. táblázat**).



5.8. ábra Az **5.3 fejezetben** összevetésre kerülő városok földrajzi helyzete, valamint klímadiagramjaik, feltüntetve rajtuk a napfényes órák számát is 1961–1990 klímanormái alapján (*WMO 1996*)*

*adatforrás: a WMO 1961–1990 klímanormái közt nem szerepelt valamennyi város, ezért bizonyos esetekben más forrásokat használtam fel

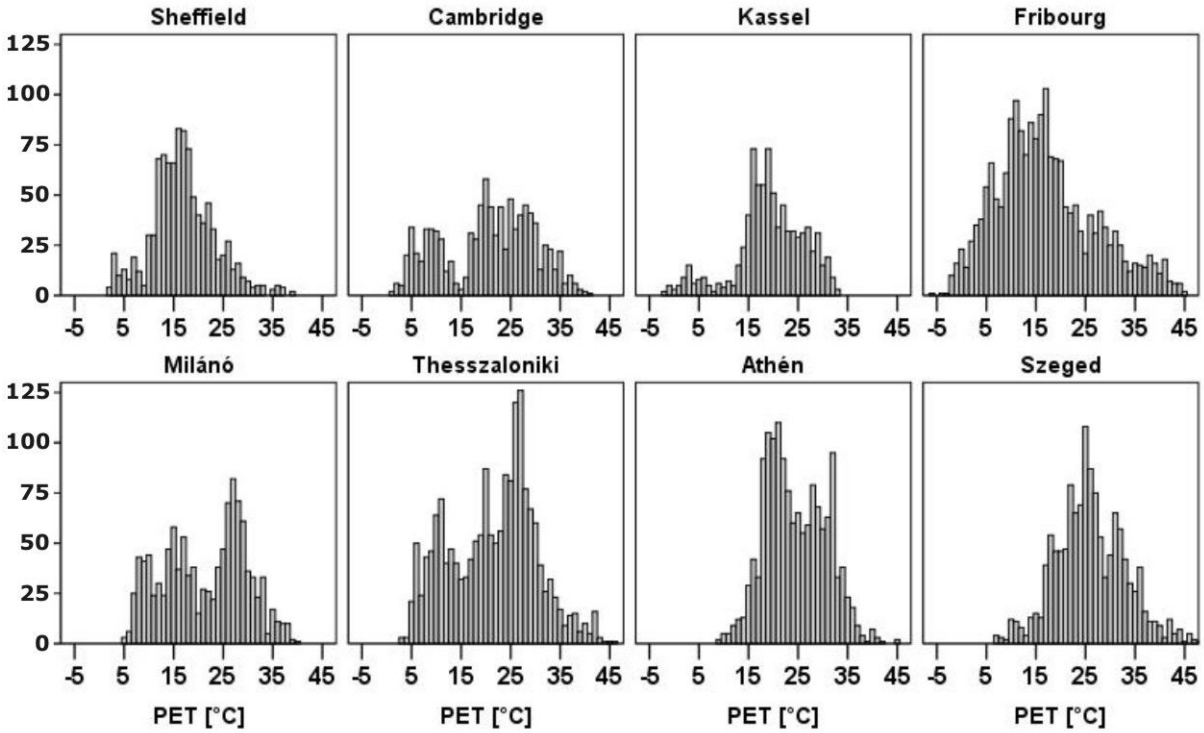
- Sheffield és Cambridge átlaghőmérsékleti adatait a MetOffice honlapján talált havi minimum és maximum-hőmérsékletek átlagolásával állítottam elő (*MO 2011*)
- Fribourg hőmérséklet és légnedvesség adatai a MeteoSchweiz honlapjáról származnak (*MS 2011*), s mivel napfénytartamra vonatkozó adatot nem találtam hozzá, ezért a tőle nyugatra fekvő, 20 km távolságban lévő Payerne állomás adatait használtam fel

5.10. táblázat Az **5.3. fejezetben** összevetésre kerülő városokban zajló kérdőíves felmérések

Város		Sheffield	Cambridge	Kassel	Fribourg	Milánó	Thesszalonoki	Athén	Szeged
Koordináták		53°É, 1°Ny	52°É, 0°K	51°É, 10°K	47°É, 7°K	45°É, 9°K	41°É, 23°K	38°É, 24°K	46°É, 20°K
Kérdőívek (és a felmérési napok) száma	tél	201 (6)	85 (7)	74 (5)	545 (16)	207 (6)	335 (14)	418 (14)	-
	tavasz	291 (7)	337 (7)	240 (8)	502 (15)	265 (5)	369 (13)	307 (14)	471 (15)
	nyár	301 (11)	341 (7)	301 (8)	452 (20)	308 (7)	601 (14)	418 (15)	334 (8)
	ősz	216 (8)	185 (8)	209 (7)	430 (15)	393 (10)	509 (14)	360 (14)	466 (14)
	Σ	1009 (32)	948 (29)	824 (28)	1929 (66)	1173 (28)	1814 (55)	1503 (57)	1271 (37)

Az **5.9. ábra** 1°C-os PET intervallumok szerinti bontásban mutatja a különböző városokban kivitelezett interjúk számát, mely a háttérklímával és az egyes városokban kivitelezett vizsgálatok mennyiségével (**5.8. ábra**, **5.10. táblázat**) összhangban rendkívül széles PET intervallumot ölel fel Fribourg esetén.

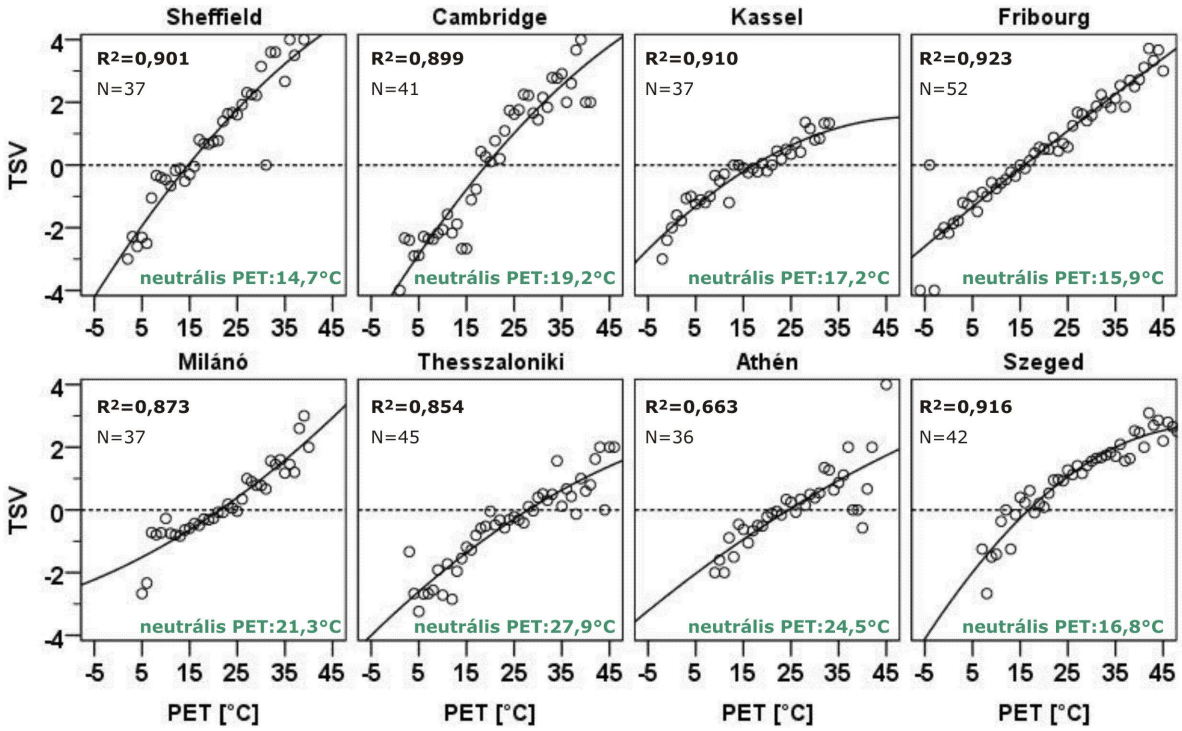
Az átlagos TSV vs. PET függvénykapcsolatok, illetve a neutrális hőmérsékletek – **4.3.2. fejezetben** ismertetett módszerrel történő – városonkénti meghatározását megelőzően először ki kellett küszöbölnöm az eltérő fokbeosztású hőérzetskálákból eredő problémát. Az értékek egymásnak való megfeleltetése azonban meglehetősen egyszerű volt, mivel – a RUROS adatbázishoz tartozó jelkulcs (*RUROS 2011*) tanúbizonysága alapján – az alkalmazott 5-fokozatú skálájuk pontosan minden második hőérzet-kategóriát tartalmazott csak az általam adoptált 9 fő kategóriához képest (**5.4. táblázat**).



5.9. ábra A különböző városokban kivitelezett kérdőívek megoszlása 1°C-os PET intervallumonként

A TSV–PET függvénykapcsolatok Szegedhez hasonlóan a többi város esetén is jobban közelíthetők másodfokú függvénnyel; egyedül Fribourg esetén írta le ugyanolyan hatékonyan az összefüggést a lineáris regresszió (**5.10. ábra**). Az illesztett görbék meredeksége alapján az Egyesült Királyság lakosai reagálnak legérzékenyebben a termikus viszonyok egységnyi megváltozására. A legszorosabb összefüggés a svájci város esetén adódott (R^2=0,923), míg a leggyengébb kapcsolat Athén lakosainak termikus környezetre adott

reakcióit jellemzi (R^2=0,663). A függvénykapcsolatok bizonytalansága szinte mindegyik város esetén megnőtt a vizsgálatok által lefedett PET intervallum végpontjai felé, az adott termikus viszonyok idejére eső alacsony elemszámnak köszönhetően (**5.10. ábra**).



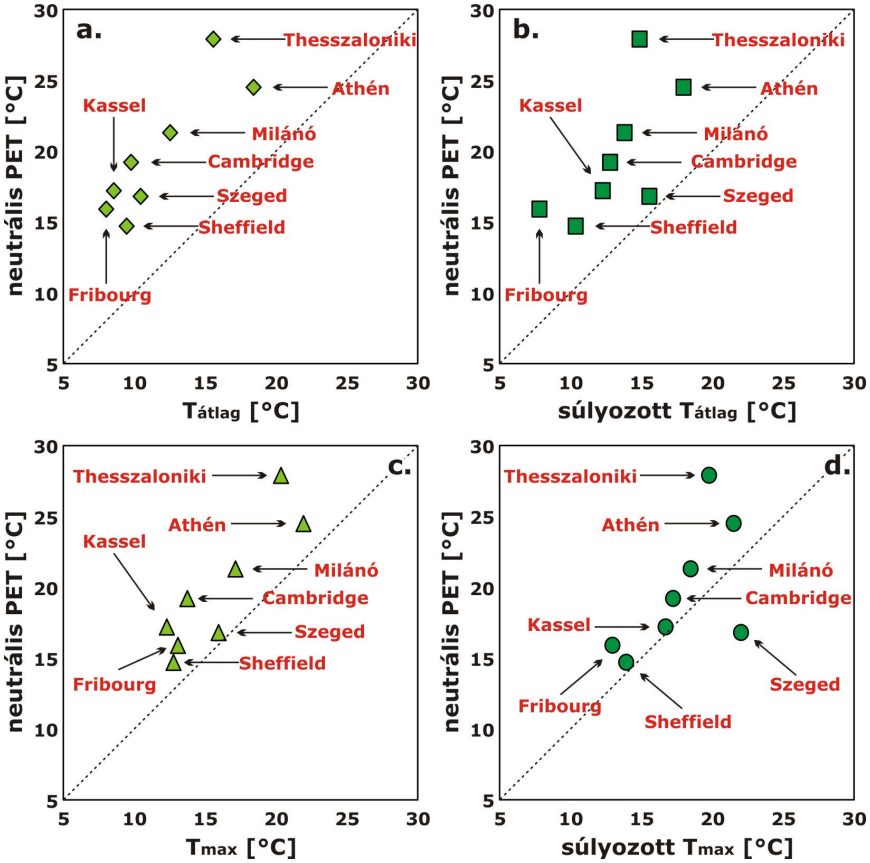
5.10. ábra A különböző városokra jellemző neutrális PET értékek kiszámításához felhasznált átlagos TSV vs. PET index függvénykapcsolatok

Ahhoz, hogy megvizsgáljam, milyen mértékben determinálja egy város klimatológiai háttere a lakosaira jellemző szubjektív termikus neutralitást, az **5.10. ábráról** leolvasott neutrális PET értékeket ábrázoltam a hozzájuk tartozó évi átlaghőmérséklet ($T_{átlag}$) függvényében (**5.11.a ábra**). Bár az elvárt pozitív tendencia nagy vonalakban kirajzolódott, mégsem szolgált maradéktalan magyarázattal a neutrális hőmérséklet értékeinek földrajzi eltérésére. A svájci és a görög városokat leszámítva közelebb kerültek egymáshoz a neutrális PET és a klimatikus átlaghőmérséklet értékek, ha utóbbit a városra jellemző havi átlaghőmérsékleteknek az adott hónapban kivitelezett kérdőívek száma szerinti súlyozásával állítottam elő (**5.11.b ábra**). Minden esetben javulást hozott, amennyiben független változóként az éves átlagos maximumhőmérsékletet alkalmaztam (**5.11.c ábra**), s a városok felénél (Sheffield, Cambridge, Kassel, Milánó) még ennél hasonlatosabbá tette a két hőmérskleti értéket a súlyozott maximumhőmérsékletek alkalmazása (**5.11.d ábra**).

Utóbbi alkalmazása Szeged esetében nem csak hogy nem hozta a kívánt hasonlóbbá válást, de egyedüli esetként előidézte, hogy a PET-ben kifejezett neutrális hőmérséklet a klimatikus átlag alá került. Ez azzal magyarázható, hogy szemben a RUROS városokkal, a magyar településen csupán az év melegebbik felében végeztünk vizsgálatokat, így csupán ápr–okt maximumhőmérsékleteit vettem figyelembe az **5.11.d ábrán** látható klimatikus átlaghőmérsékletek kiszámításánál, ami ezért jócskán meghaladja a városra ténylegesen jellemző évi maximumhőmérsékletet.

Egy másik érdekesség Thesszalonikihez kötődik, mely nem csupán a többi városhoz képest jellemezhető jóval magasabb neutrális PET-tel, de ez az érték saját klimatikus átlaghőmérsékleteikhez viszonyítva is szembetűnően magas – legyen szó bármely klimati-

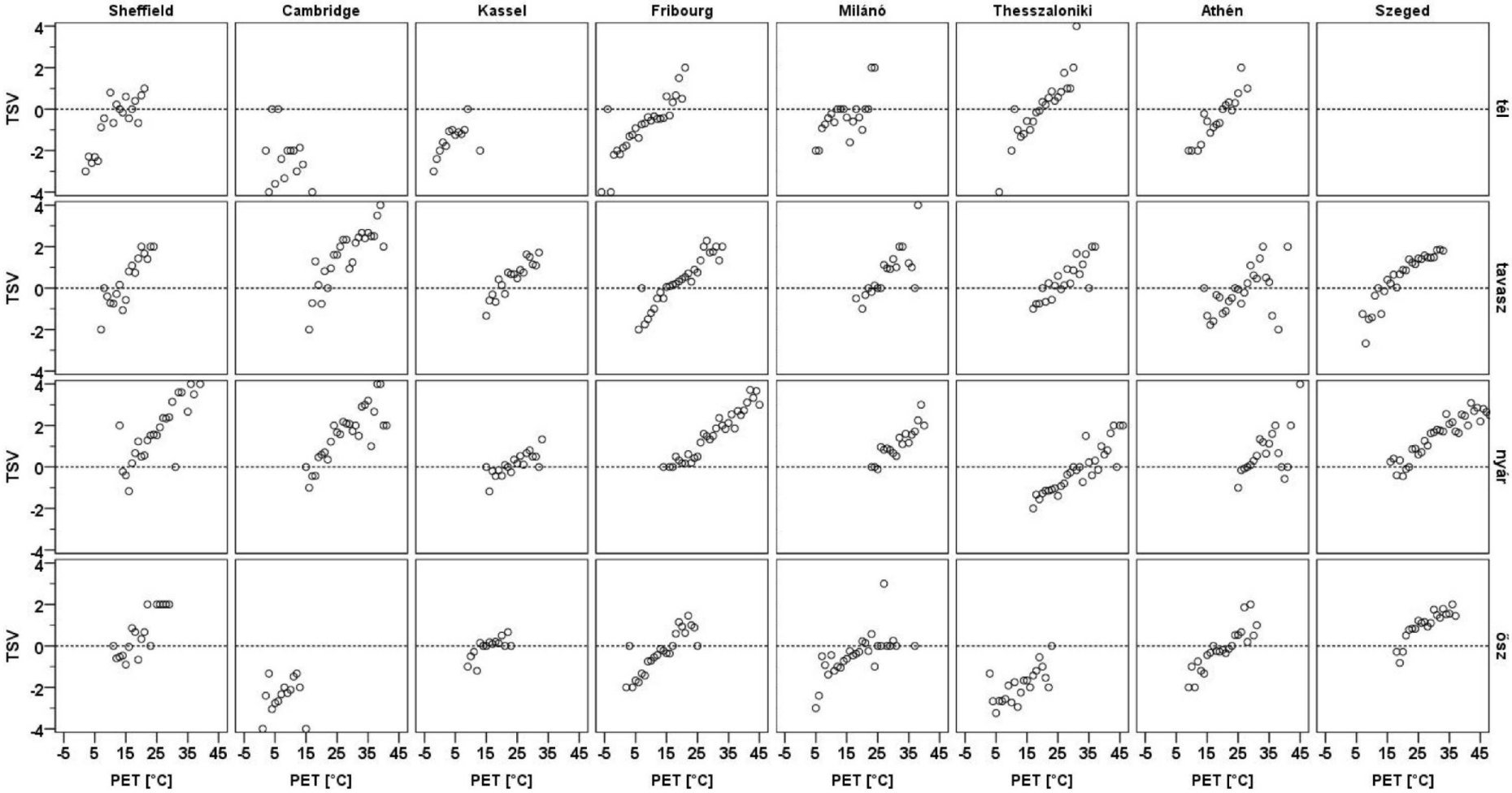
kus hőmérséklet alkalmazásáról (5.11. ábra). Ennek magyarázata valószínűleg a kifejezettem meleg klimatikus háttérhez kötődik. A mediterrán klíma ugyanis nem csupán magas léghőmérsékleti értékekhez „szoktatta hozzá” a helyieket, de igen erős globálsugárzáshoz is, melyek hatását erősíti a napfényes órák magasabb száma is (5.8. ábra). Így az ottani lakosság hőérzetének legjobb klimatikus prediktora valószínűleg a léghőmérséklet helyett egyfajta klimatikus PET átlag lenne, melynek értékében a sugárzás is megnyilvánulna.



5.11. ábra A különböző városokra számított neutrális PET értékek összevetése az adott helyszínre jellemző klimatikus átlaghőmérsékletekkel, vagyis az éves középhőmérséklettel (a), a súlyozott éves középhőmérséklettel (b), az éves maximumhőmérséklettel (c), a súlyozott éves maximumhőmérséklettel (d)

Az előbbi bekezdés fejtegetései alapján azonban e magas neutrális hőmérséklet még magasabb kellene, hogy legyen Athén esetében, ott azonban némiképp kompenzálja a magasabb léghőmérséklet és az erős napsugárzág hatásait a Thesszalonikihez képest mintegy 25%-kal erősebb légmozgás (éves átlagos szélsebesség Thesszalonikiben: 1,5 m/s, Athén esetén: 2 m/s). Másfelől, míg az athéni nyári és téli interjúk száma megegyezik, a Thesszalonikiben kivitelezett kérdőívek legnagyobb része nyáron, s ősszel készült készült, mikor az emberek mind fiziológiailag, mind mentálisan jobban fel vannak készülve a melegebb termikus viszonyokra, s így neutrális hőmérsékletük ezekben az évszakokban magasabb.

Ezt támasztja alá az 5.12. ábra is, amely a TSV–PET függvénykapcsolatok évszakos eltolódását mutatja valamennyi vizsgált város esetén. Bár az alacsonyabb elemszámokkal együtt járó nagyobb adatszórás miatt úgy döntöttem, hogy nem illesztek függvényeket a pontsorokra, a diagramokon mégis jól kivehető a termikus neutralitás évszakos eltolódásának tendenciája. Vagyis az, hogy a téltől a nyár irányába haladva fokozatosan magasabb értékeknél metszi a pontsorra illesztett képzeletbeli függvény a TSV=0 egyenest.



5.12. ábra Az egyes városok TSV-PET kapcsolatainak évszakos eltolódása

6 ÉRTÉKELÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

6.1 SZINTÉZIS

Ebben a fejezetben a humán monitoringra alapozott eredményeim és a nemzetközi tapasztalatok szintézisére törekszem abból a célból, hogy feltárjam az emberek termikus környezethez való alkalmazkodásának különféle aspektusait, s ezek alapján értékeljem napjaink legnépszerűbb bioklíma-indexeinek felhasználhatóságát a városi közterületek termikus (komfort) viszonyainak jellemzésével kapcsolatban. A termikus komfort témakörén belül az alkalmazkodás mindazon folyamatok összességét jelenti, melyeken az emberek keresztülmennek annak érdekében, hogy csökkentsék az eltérést a környezeti viszonyok és saját igényeik közt. Ezek a mechanizmusok 3 kategóriába sorolhatóak: fizikai (viselkedési), fiziológiai (termoregulációs) és pszichológiai (pszichés, mentális) alkalmazkodás (*Nikolopoulou and Steemers 2003*).

6.1.1 A termikus környezethez való alkalmazkodás különféle aspektusai

Mind a hazai, mind pedig más európai megfigyelési eredmények alapján világossá vált, hogy a termikus viszonyok fontos szerepet játszanak a szabadtéri területhasználat (tér és időbeli) mintázatainak kialakulásában, ami elsősorban az egyre melegebbé váló időjárási viszonyok látogatottság-növelő hatásában nyilvánul meg (**4.8. ábra**, **5.1. táblázat**). Annak érdekében, hogy minél tovább élvezhessék a szabadtéri környezet stimuláló hatásait, az emberek általában **viselkedésükkel alkalmazkodnak** az aktuális termikus körülményekhez: megváltoztatják *ruházatukat*, módosítják *tevékenységüket*, vagy a terület egy másik részére helyezkednek át, változtatva ezzel pl. *napfénynek való kitettségükön* (**4.9. ábra**). Az alkalmazkodás eme fizikai ágensei azonban még így sem eredményeznek a bioklíma-indexek szerint stressz-mentes állapotot, ill. neutrális hőérzetet, ami – a hagyományos komfort-teória szerint – a termikus komfort állapotának alapfeltétele lenne. A **4.8. ábra** tanúsága szerint pl. a napfénynek kitett látogatók aránya még (a PET index szerinti) meleg–forró viszonyok (mérsékelt–erős hőstressz) esetén is rendkívül magas, ami az **alkalmazkodás mentális dimenziójára** irányítja a figyelmet.

Szabadtéri viszonyokat tekintve ugyanis számos tényező külön-külön, s egymást erősítve is az irányba hat, hogy az emberek az elméleti neutralitásnál tágabb keretek közt is kellemesen érezzék magukat. A kibővült komfortzóna akár még szélsőséges termikus viszonyokat (hideg vagy meleg) is érinthet. Egyrészt az emberek *tudatában vannak*, hogy – szemben egy klimatizált beltéri helyiséggel – a szabadban *nincs módjukban szabályozni a klímaparamétereket*, s ezért azok variabilitását tágabb határok közt is eltűrik. Sőt, bizonyos vélemények szerint az emberek kifejezetten vágynak a mind térben, mind időben változatos, ill. változékony viszonyokra, míg a statikus körülményeket „unalmasnak tartják” (*Nikolopoulou and Steemers 2003, Nikolopoulou and Lykoudys 2006*). Valójában tehát épp az *ingergazdag környezet* jelölhető meg a szabadtéri tartózkodás első számú indokaként (*Höppe 2002*). Az iparosodott országok lakosai életük nagy részét zárt terekben töltik, ezért rendkívül fontosak számukra azok a terek illetve alkalmak, ahol, s amikor élvezhetik a napsütés stimuláló hatásait, feltöltődhetnek mind fizikai, mind mentális szinten.

A termikus viszonyokkal szembeni toleranciát tovább fokozhatja az adott *helyszín* azáltal, hogy változatos felszínmorfológiája, ill. elrendezése révén *többféle mikroklimatikus alternatívát kínál* látogatóiknak adott időjárási viszonyok idején (*Nikolopoulou et al. 2001, Thorsson et al. 2004*). E szempontból nem is az a fontos, hogy az emberek ténylegesen él-

nek-e pl. az árnyékbahúzódás lehetőségével, hanem az, hogy amennyiben úgy éreznék, hogy javítanának termikus komfortviszonyaikon, akkor erre meglenne a lehetőségük. A megfigyelésekre alapozott I. mérési kampány Ady téri mintaterülete jó példával szolgált rá, miképp tudja egy esztétikus, változatos kialakítású városi közterület a termikus viszonyok széles repertoárja esetén is magához vonzani az embereket. Azon felül, hogy az egyetemisták által nagyon könnyen megközelíthető helyszínről van szó, merőben eltérő felszínborítással és árnyékviszonyokkal rendelkező alterületei révén mind a fizikai, mind pedig a mentális alkalmazkodást megkönnyíti (**4.12.** és **4.13. ábra**).

Az eddig elmondottak természetesen csak abban az esetben állják meg a helyüket, amennyiben a termikus viszonyoknak való *kitettség* illetve az adott *helyszínen tartózkodás önkéntes*. Azok az emberek ugyanis, akik valamiféle kötelességük teljesítéséből kifolyólag tartózkodnak a területen (közterületen végzett munka, vagy saját vonatkozású kötelesség pl. kutyasétáltatás) általában sokkal kevésbé tartják elfogadhatónak a neutrálistól eltérő termikus viszonyokat (*Nikolopoulou and Lykoudys 2006*).

Az alkalmazkodás eddig tárgyalt fizikai formái és pszichológiai aspektusai (részben) tehát indokolják, miért magasabb a termikus környezettel szembeni toleranciaszint a szabadban, mint beltéri környezetek esetén. Nem adnak azonban magyarázatot a neutrálisnak vélt termikus viszonyok (neutrális hőmérsékletek) földrajzi eltéréseire, valamint a területhasználat és a viselkedési reakcióminták szezonális változásaira. Ezek hátterében egyrészt fiziológiai különbségek, másrészt pszichológiai tényezők állnak.

Kérdőíves adatsoraim RUROS adatbázissal közös elemzése (**5.10** és **5.11. ábra**), valamint *Lin* (*2009*) tajvani vizsgálataival történő összevetése (**5.8. táblázat**) révén kimutattam a neutrális hőmérséklet (PET indexben kifejezett) értékeinek földrajzi eltéréseit, melyek hátterében végső soron a merőben különböző klimatikus viszonyok állnak. Az *eltérő háttérklíma* ugyanis a **fiziológiai alkalmazkodás** más-más szintjeit jelenti a különböző régiók lakosai esetén, vagyis a közép-európai emberek átlagos termofiziológiai reakcióira alapozott PET és UTCI skálák értelemszerűen nem nyújtanak reális képet, ha ettől merőben eltérő embertípust vizsgálunk. Ugyanaz a fülledt–forró termikus szituáció egy távolkeleti személy szervezetére kisebb mértékű terhelést ró, mint egy europid nagyrasszba tartozóéra, így neutrális hőérzete is a magasabb hőmérsékleti értékek irányába tolódik.

Ezt a hatást csak tovább fokozza az adott klimatikus viszonyokhoz történő **mentális adaptáció**, vagyis az, hogy az adott régióban élő emberek tapasztalatból tudják, hogy milyen termikus paraméterekre számíthatnak. E *termikus tapasztalatok* alapján szerveződő *elvárások* szerepe nem csupán a neutrális hőmérsékletek földrajzi eltérésiben nyilvánul meg, hanem azok évszakos eltolódásaiban is (**5.8. táblázat, 5.12. ábra**). Ez magyarázza, hogy miért magasabb a nyári (vagy forró) évszakra számított neutrális hőmérséklet az átmeneti, s a hideg (vagy hűvös) évszakokra kapott értékeknél.

A magyar adatsor esetében jól kivehetően elkülönül az őszitől a tavaszi neutrális PET érték, s az előbbi sokkal jobban hasonlít a nyárra számolt értékhez (**5.12. ábra**). Ez ugyancsak a termikus tapasztalatok fizológiai és pszichológiai hatásával függ össze: a nyáron tapasztalt melegebb viszonyoknak köszönhetően a rákövetkező évszakban is magasabb hőmérséklethez kötődik a semleges hőérzet, míg a tél utáni évszakban sem szervezetünk, sem elménk nincs még felkészülve a nagyobb termikus terhelésre, így akkor kissé hűvösebb termikus viszonyok felé tolódik az, amit neutrálisnak érzünk (**5.12. ábra**). Hasonló következtetésekre jutott *Nikolopoulou and Lykoudys* (*2006*) is a RUROS adatbázis

elemzése folytán, bár ők a léghőmérséklet értékeiben fejezték ki a neutrális hőmérsékletet, s kiszámításához probit analízist alkalmaztak, csakúgy, mint *Spagnolo and de Dear* (*2003a*) Sydney-re vonatkozó vizsgálataik során.

A tavaszinál magasabb őszi neutrális hőmérséklettel azonban szöges ellentétben áll az emberek területhasználatának, illetve viselkedésének évszakosan eltérő mintázata. Az I. mérési kampány során gyűjtött megfigyelési adatok évszakonkénti analízise alapján ugyanis a látogatók tavasszal erősebb termikus terhelést is eltűrnek, mint ősszel, ami egyrészt a magasabb látogatószámban, másrészt a napon lévők ugyancsak magasabb arányában nyilvánul meg (**5.4.** és **5.5. ábra**). Ez a logikának ellentmondó tapasztalat az *allieszt*ézia elnevezésű pszichológiai mechanizmussal indokolható, mely szerint egy inger megítélése (kellemetlen / kellemes) attól függ, hogy az rövidtávon segít-e az aktuálisan kellemetlennek érzett helyzeten (*Spagnolo and de Dear 2003a*). Így például, amikor fázunk, bármit kellemesnek érzünk, ami melegít minket még akkor is, ha az hosszabb távon a szervezet túlmelegedéséhez vezet. Ez a folyamat azonban nem csak pillanatnyi időskálán, de napi, heti, s évszakos léptékben is tetten érhető: télen az emberek a nyári meleg után vágyakoznak, míg a nyári forróságban a tél hűvösebb viszonyait kívánják. Ezért, bár a szervezet termoregulációs rendszere még nem akklimatizálódott a meleg általi fokozottabb igénybevételhez, sőt, a bőr sem vértezte még fel magát az erős napsugárzással szemben, az emberek tavasszal mégis örömmel teszik ki magukat a direkt sugárzásnak még meleg–forró termikus viszonyok esetén is (**5.5. ábra**).

6.1.2 Megállapítások a termikus környezet értékelésével kapcsolatban

Vizsgálati eredményeim, valamint ezek lokális és nemzetközi szintű diszkussziója révén kikristályosodott egy alapvető félreértelmezés a termikus hatáskomplex leírására szolgáló bioklíma-indexekkel kapcsolatban. E mérőszámokra (pl. a PMV-re vagy a PET-re) a szakma irodalma több esetben is mint komfort-indexekre, vagy mint hőérzet-indexekre hivatkozik; többek közt én magam is elkövettem ezt a hibát korábbi publikációimban). Ezzel szemben akár a saját vizsgálataimra, akár külföldi tanulmányok eredményeire alapozva kitűnik, hogy az indexek nem hogy az emberek szabadtéri komfortérzetét nem képesek pontosan visszaadni, de még a hőérzeti kategóriahatáraik is számottevően eltolódhatnak az eredetiekhez képest akár földrajzi, akár szezonális alapon. E kollektív különbségeknél is nagyobb eltérések jelentkeznek a termikus viszonyok szubjektív értékelésében egyéni szinten. Ezzel kapcsolatban fontosnak érzem letisztázni a termikus környezet, az általa kiváltott fiziológiai terhelés, a hőérzet és a termikus komfortérzet fogalmai közti különbségeket.

A **termikus környezet** a léghőmérséklet, a légnedvesség, a légmozgás és a sugárzási viszonyok összességét jelenti. Az, hogy e négy mérhető kulcsparaméter által determinált környezeti stressz mekkora **termofiziológiai terhelést** ró az emberi szervezetre, olyan paraméterekkel számszerűsíthető, mint pl. a verejtékezés mértéke, a bőr- és maghőmérséklet. Ezzel szemben a termikus környezet hőérzetként, ill. termikus komfortérzetként való mentális leképeződésére nincsenek igazi fizikai mérőszámok; azok csupán pszicho-fizikai skálák segítségével mérthetőek föl. A **hőérzet** az a tudatállapot, amelyben kifejeződésre jut egy személy termikus viszonyokkal kapcsolatos összesített értékelése; tehát egyfajta percepció. A **termikus komfort** (v. diszkomfort) ezzel szemben azt a mentális állapotot jelenti, melyben az adott személy elégedett (v. elégedetlen) a termikus környezetével; s mint ilyen, némileg preferencia-karakterű fogalom.

Ha az emberek egy csoportját ugyanolyan termikus viszonyoknak tesszük ki, lesznek olyanok, akik számára különösen megterhelő az adott környezet, míg mások jobban tolerálják az adott körülményeket; a szervezetből kiváltott termofoziológiai reakciókat ugyanis számos élettani és fizikai paraméter befolyásolja (*Havenith 2001, 2005*). A szélsőséges termikus viszonyokkal (extrém hideggel, ill. hőséggel) szembeni tolerancia egy sor genetikailag kódolt, fiziológiai alkalmazkodási mechanizmus eredménye (*Hanna and Brown 1983*), de a szervezet automatikus hőszabályozási reakcióira olyan személyes különbségek is hatnak, mint pl. az akklimatizációs állapot, az erőnlét (edzettség), a kor, a nem, a testfelépítés vagy éppen a bőrszín. A hőszabályozási mechanizmusokra ezeken túl hatással van az egészségügyi állapot pl. az esetleges magas vérnyomás, valamint a különböző drogok pl. az alkohol fogyasztása is (*Hanna and Brown 1983*, *Havenith 2005*). Fizikai szinten a ruházat hő- és nedvesség-szigetelőképessége, az aktivitás szintje, ill. a testhelyzet számítanak jelentős tényezőknek. Ugyanaz a termikus környezet tehát eltérő mértékű terhelést ró az emberre, ha az egészséges, vagy sem; könnyű öltözetet visel, vagy téli ruhában van.

Továbbá, az, hogy a test fiziológiai szinten pl. mérséklet hőstresszként éli meg az adott termikus körülményeket, még egyáltalán nem determinálja azt, hogy az egyénben ez meleg, ill. mérsékelt diszkomfort érzetét kelti. A szervezetből konkrétan kiváltott fiziológiai terhelés szoros kapcsolatban áll ugyan a hőérzettel, a neutrálisnak vélt tartomány (s a többi hőérzet-kategória) kifejlődésében azonban ezeken túl szerepet kap számtalan olyan személyes tényező is, melyek pszichológiai aspaktusból fejtik ki hatásukat, s melyek explicite leírása nehézségekbe ütközik. Ez még fokozottabban jelentkezik az egyéni preferencia által determinált termikus komfortérzet esetében. Előfordulhat tehát olyan szituáció, mikor pl. a meleg termikus környezet bizonyos mértékű termoregulációs terhelést ró a szervezetünkre, tehát elvileg nem eredményez neutrális hőérzetet valamint termikus komfortot, az adott szituációt viszont mégis komfortosként éljük meg, mert éppen meleg viszonyokra vágyunk. Az elvileg stresszmentes, a neutrálisnak érzett és a preferált termikus környezet tehát nem feltétlenül esik egybe.

A humán bioklimatológia által szolgáltatott **racionális termikus indexek** segítségével (**2.3. fejezet**) a légköri környezet egészséget befolyásoló hatásai termofiziológiai alapokat nem nélkülöző módon értékelhetők (*Mayer 1993*). Mivel a kiváltott reakciók a termikus tényezőkön túl számos egyéb, főként szubjektív tényezőtől is függnek, szinte lehetetlen egy adott környezetet (pl. egy városi közterület termikus viszonyait) úgy jellemezni, hogy az eredmény minden személyre érvényes legyen. Ezért a város-bioklimatológia gyakorlatában általában alkalmazott **PET index** az emberek egy csoportjára vonatkozik, akiket egy fiktív (egészséges) „standard" ember reprezentál (*Mayer 2008*). Ebből kifolyólag nem tekinthető a termikus terhelés, s főleg nem a hőérzet, vagy a komfortérzet abszolút mérőszámának. A PET 20°C-os értéke például nagyon hideg hőérzetet eredményez, ha valaki úszódresszben van, míg nagykabátot viselve intenzív verejtékezést vált ki; túl hűvösnek érződik nyugalomban, s túlontúl melegnek kemény munka végzése esetén. Továbbá, a PET-et a közepes földrajzi szélességeken élők átlagos válaszai alapján vezették le, s nem veszi figyelembe az akklimatizációt más klímakörnyezet esetén. Ugyancsak figyelmen kívül hagyja a fizikai, fiziológiai és a pszichés állapot időről-időre történő változásait, melyek akár egy hőérzet-kategóriányi változást is indokolhatnak. Éppen ezért

csupán alapot nyújthat ahhoz, hogy a szóban forgó termikus körülményekhez ruházatunk és tevékenységformánk megválasztása révén alkalmazkodni tudjunk (*Höppe 1999*).

Azáltal viszont, hogy standard alanya révén a **PET index** független az egyéni reakcióktól, kiválóan alkalmazható a **termikus viszonyok objektív jellemzésére**, s mint ilyen a különböző kialakítású városi területek összevetésére abból a szempontból, hogy melyikük nyújt optimálisabb (elvileg stressz-mentes) termikus viszonyokat. Az **UTCI indexhez** rendelt standard alany ruházatának változtatása által képes a termikus környezethez fizikai szinten alkalmazkodni, s mint ilyen felhasználható egy átlagos, egészséges **szervezetből kiváltott potenciális termikus terhelés értékelésére**, s ennek folytán az időjárás-jelentések, valamint a hőség, ill. hidegriadó alapjaként.

Ha bármelyik mérőszámból tényleges **hőérzet-indexet**, vagy **komfort-indexet** akarunk készíteni, akkor kiterjedt (sok városi közterületet és a teljes évet felölelő) terepi felmérések révén nyert jelentős adatbázis alapján megoldható az indexek területi (regionális, ill. lokális) valamint időszakos (évszakos, ill. hónapos) újraskálázása. Ehhez megítélésem szerint legalább 10.000-es nagyságrendű kapcsolt objektív–szubjektív adatbázis szükséges, mely környezeti monitoring oldalról nézve az időjárási háttérviszonyok széles spektrumát lefedi, s szubjektív oldalról minden társadalmi csoport termikus viszonyokra adott reakcióit reprezentatív módon felméri.

Bár néhány személyes tényező indexekbe történő explicite belefoglalására nem látok lehetőséget, mégis, nagyon fontosnak tartom, hogy figyelmet szenteljünk a fiziológiai és pszichológiai szinten érvényre jutó olyan személyes tényezőknek, mint pl. a kor, valamint a termikus előélet. Bizonyos időszakokban (pl. tavasszal) az emberek éppen a környezeti stimuláció reményében teszik ki magukat a terhelő termikus viszonyoknak és napsugárzásnak, holott szervezetük még nem vértezte fel magát kellőképpen e környezeti stresszorokkal szemben. A hőérzet–komfortérzet szubjektív eltolódása tehát egészségügyi kockázatot rejt magában, amely fokozottabban jelentkezhet az olyan érzékenyebb társadalmi csoportok esetén, mint amilyenek az idősek, akik ráadásul a napi rutin részeként látogatják a lakóhelyük közelében fekvő tereket, játszótereket (*Nikolopoulou and Lykoudis 2007*). Az idősek hőséggel szembeni érzékenységével kapcsolatban érdemes még észben tartani a klímaváltozás – nyári termikus viszonyokat az extrémebb terhelés kategóriái felé mozdító – tendenciáit, valamint azt, hogy Európa nagy részéhez hasonlóan Magyarország populációja is az öregedő társadalmak táborát erősíti.

6.2 A szegedi vizsgálat értékelése

Az előbbiek értelmében tehát a bemutatott szegedi vizsgálat, ill. 3 évszakra vonatkozó elemzéseim végsősoron pusztán kiindulási alapnak tekinthetőek egy távolabbi cél eléréséhez vezető úton, melynek igazi értékét véleményem szerint az évek során kikristályosodott módszertan jelenti – mind a terepi felméréseknél alkalmazott vizsgálati protokollt, mind pedig az adatok geoinformatikai és statisztikai kezelését illetően.

A szegedi város-bioklíma projekt terepi vizsgálatai a mintaterületek előzetes feltérképezésén, helyszíni mikrometeorológiai méréseken, a területhasználat és a látogatók viselkedési reakcióinak megfigyelésén, valamint a termikus viszonyok szubjektív értékelésének (és számos más egyéni jellemzőnek) a kérdőíves felmérésén alapultak.

A részletes intervallum-**megfigyelésekre** alapozott terepi felmérések hasznosnak bizonyultak olyan kisméretű városi parkok, s terek esetén, ahol elsősorban a rekreáció

passzív formái domináltak (pl. Ady tér). Ezzel szemben a jelentősebb humán aktivitással vagy nagyobb mérettel jellemezhető köztereken célszerűbb volt a pillanatnyi megfigyelések alkalmazása (pl. Honvéd tér, Széchenyi tér). Mivel a részletes megfigyelések a táblázatos adatfelvételnek köszönhetően relatíve rövid idő alatt sok információt eredményeztek a látogatók viselkedésével és személyes paramétereivel kapcsolatban, az így nyert adatok változatosabb, többoldalú elemzéseket is lehetővé tettek (pl. **4.8.** és **4.9. ábra**), szemben a külföldi tanulmányokban látott pusztán pillanatnyi felmérésekkel, melyek a látogatószámon kívül maximum a napnak való kitettség felmérésére szorítkoztak.

Tovább növelte az adatfeldolgozás és az eredmények megjelenítésének, értékelésének lehetőségeit a területhasználat pontos feltérképezése, s geoinformatikai feldolgozása. A statisztikai eredmények szemléltetésének szokásos formái (grafikonok, táblázatok, kapcsolat meglétét, erősségét jelző mérőszámok) ugyanis igen informatívvá tehetőek, amennyiben területhasználati térképeket mellékelünk hozzájuk (pl. **4.11.** és **4.13. ábra**), ezzel segítve a kommunikációt más tudományterületek képviselőivel, a döntéshozókkal, vagy akár a laikusokkal. Bár a GIS módszerek alkalmazása lokális léptékben mára már bevált, sőt, szinte kikerülhetetlen módszernek számít a térbeli analízis, ill. városi régiók tervezési folyamataiban, mikro-skálán egyelőre még nincs elterjedve (*Golicnik and Thompson 2010*).

Városi közterületek esetén különösen fontos a területhasználat mintázatának tanulmányozása mind térben, mind pedig időben. Ennek vizsgálatához szektorok alakíthatók ki a területen (pl. **4.12. ábra**), akár többféle kategorizálás szerint is (például árnyékolás, felszínborítás, égtáj, funkció). A mintaterület látogatóit reprezentáló markerek a területhasználat térbeli vonatkozásain kívül kifejezhetik bármely, az adott időszakot jellemző környezeti paraméterek értékeit (pl. **4.11. ábra**), valamint a megfigyelések során felmért személyes tulajdonságokat, viselkedési reakciókat (pl. **5.5. ábra**). Ezáltal szemléletesen bemutatható, hogy mikor, milyen bioklimatikus viszonyok mellett és milyen személyes jellemzőkkel bíró látogatók vették igénybe a vizsgált mintaterület különböző részeit. A térképek további előnye, hogy róluk könnyűszerrel leolvashatók egy városi közterület preferált, s ignorált részei.

A részletesebb adatfelvételezésből és a geoinformatikai megközelítéssel támogatott adatfeldolgozásból tehát sokkal több tervezés-központú megállapítás levonható, mint az egyszerű pillanatnyi látogatószámokból. Nem elég tudni, hogy mennyien használnak egy területet, az sem mindegy, hogy ezt milyen társadalmi csoportok teszik, s milyen a területhasználat tér, illetve időbeli mintázata. A puszta látogatószám ráadásul önmagában csalóka, hiszen lehet, hogy sokan jönnek a területre, de hamar távoznak a kellemetlennek ítélt viszonyok miatt. Ez tehát magas látogatószámot eredményez, mégis, egy főre levetítve a területhasználat ideje rövid. Az is fontos, hogy a területhasználat szabad akaratból történik-e, vagy több-kevesebb kötelező jellege van. A hosszabb ideig tartó és az önkéntes területhasználat az, ami egyértelműen összefüggésbe hozható a terület funkciójával, esztétikumával, s az ott kialakuló mikro-bioklimatikus viszonyokkal, vagyis a környezet minőségével.

Távlati (bár meglehetősen naiv) célként kitűzhető lenne az is, hogy ország-, vagy akár világszerte – a bemutatotthoz hasonló – standardizált, részletes terepi megfigyelések, s ezek georeferált adatfeldolgozása révén létrejöjjön egy igazán számottevő adatbázis a városi közterületek termikus viszonyoktól függő területhasználatával kapcsolatban, mely

rendkívüli módon elősegítené a témával kapcsolatos ismeretanyag bővülését, s ezekből mind általános érvényű, mind helyi szinten szignifikáns következtetések levonását.

A **kérdőívezésre** alapozott vizsgálataim nemzetközi tanulmányokkal történő összevetése ugyancsak a módszerek standardizálásának szükségességére irányította a figyelmemet; az összehasonlítást ugyanis sok esetben megnehezítette mind az eltérő adatgyűjtési eljárás, mind pedig azok kezelésének, feldolgozásának különbségei.

A terepi vizsgálatok legnagyobb problémája objektív oldalról nézve a termikus alapparaméterek precíz felmérésével kapcsolatos – ez esetben kívánatos lenne hasonló típusú, s összevethető pontosságú szenzorok alkalmazása. A T_{mrt}-vel kapcsolatban a helyzetet tovább bonyolítja, hogy itt ráadásul merőben eltérő meghatározási módszerek (gömbhőmérő, pirano–pirgeométer, modellezés) állnak a háttérben.

Humán monitoring oldalról kívánatos ugyanazon paraméterek kérdőíves felvétele, s különösképpen fontos lenne a termikus viszonyok szubjektív értékelésére vonatkozó skálák összehangolása. Nem állítható, hogy az általam alkalmazott percepció skálák minden hibától mentesek, de egy óriási előnnyel rendelkeznek a külföldi publikációkban megjelentekhez képest: valódi szemantikus differenciál skálaként csak a két végpontjukon van feltüntetve egy-egy ellentétes jelentésű állítás. Ebből kifolyólag nem irányítják az emberek figyelmét túlzott mértékben középső szavazatokra úgy, mintha azok „neutrális” vagy „komfortos” jelzővel lennének ellátva. Elképzelhető ugyanis, hogy egy személy középső percepció-szavazatot ad egy adott termikus tényező esetén (félúton a gyenge és erős érzet közt), holott az számára nem komfortos, így a megfelelő preferencia-skálán jelezheti az adott paraméterrel kapcsolatban kívánt változás mértékét és irányát. Ennek ellenkezője is megtörténhet: erős / magas percepció-kategória mellett is érezheti valaki kellemesen magát egy adott termikus szituációban, s így nem kívánja a kérdéses környezeti változó mérséklődését. A hőmérséklet érzet és a hőérzet skáláinak elkülönítése, valamint utóbbi esetében a finomabb (tizedesjegy-pontos) jelölés engedélyezése szintén hasznos lehet, de ennek realitása még igazolásra vár egy kiterjedtebb adatbázis alapján.

Ugyancsak megnehezítette a különböző országokban kivitelezett projektek eredményeinek összevetését az eltérő adatfeldolgozási, s elemzési módszerek alkalmazása. Holott a termikus viszonyokkal kapcsolatos szubjektív értékelések megoszlása általában nem tekinthető normálisnak, mégis sok publikációban találkoztam a normál eloszlást feltételező Pearson korrelációs koefficienssel (R), vagy varianciaanalízissel (ANOVA). Véleményem szerint a teljes adatbázis esetén korrektebb a robosztusabb statisztikai módszerek alkalmazása.

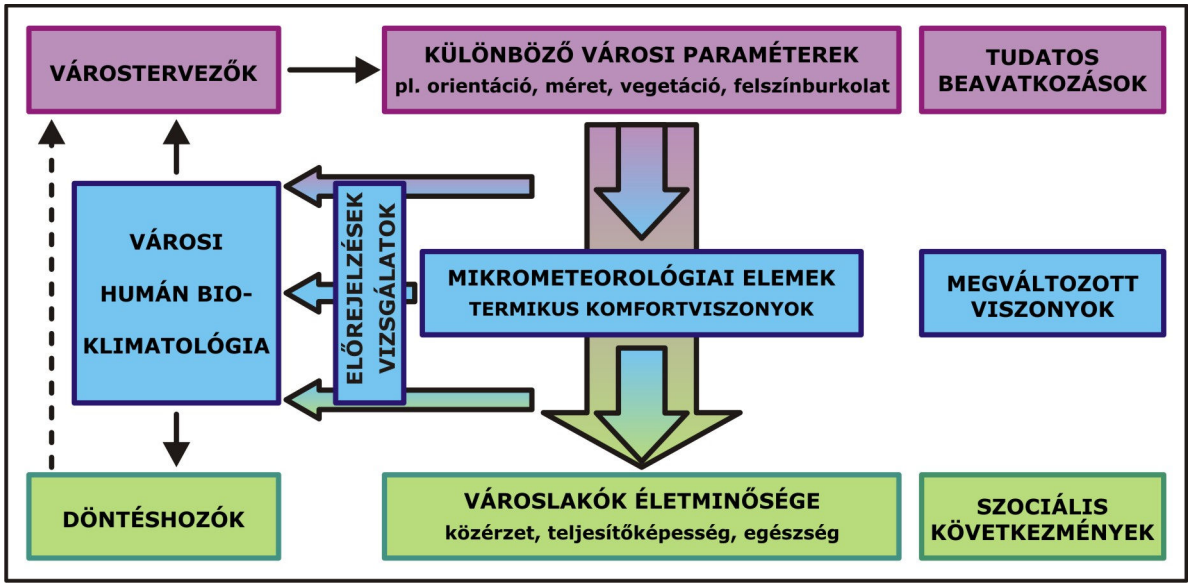
Elterjedt gyakorlat a szabadtéri termikus komfortvizsgálatok témakörében, hogy regressziós analízis révén kíséreljük meg feltárni a termikus környezet egyes paraméterei és az emberek ezekre adott reakciói közti kapcsolatot. A függvényillesztést megelőzően több szerző is napi átlagokat képzett akár a látogatottságra, akár a termikus viszonyok szubjektív érékelésére vonatkozó adatokból, mely véleményem szerint sokat torzíthatott a háttérben álló tényleges összefüggéseken. Ennél tehát megfelelőbbnek tűnik az a fajta – a humán monitoring révén nyert adatokból történő – átlagképzés, amely a prediktorként választott objektív paraméter szűk intervallumai alapján történik.

Ennél is mélyebb összefüggések feltárásához vezet, amennyiben a regressziós kapcsolatokat évszakonként (vagy szükség esetén helyszínenként) különválasztjuk. Ezzel a módszerrel ugyanis feltárul, hogy a különböző földrajzi helyszíneken élő emberek milyen

érzékenyen reagálnak egy adott környezeti paraméter megváltozására, s hogy ez miként módosul az év folyamán (pl. 5.4. és 5.12. ábra). A helyi lakosok által neutrálisnak érzett, illetve preferált környezeti viszonyok feltárása értékes információval szolgálhat a közterület-kialakítást érintő tervezési folyamatok során, felhívja ugyanis a figyelmet arra, mit értékel az adott városi populáció pozitívan, illetve milyen mikroklimatikus szituációkat célszerű a terület megfelelő kialakítása (pl. fák ültetése, szélfogók telepítése, szökőkutak létesítése) révén elkerülni. Másfelől, ha megvalósulna az egységesebb adatfelvétel és adatfeldolgozás, az tovább tágítaná a témával kapcsolatos globális ismeretanyagot.

6.3 AZ EREDMÉNYEK FELHASZNÁLHATÓSÁGA, KITEKINTÉS

A különböző várostervezési, rendezési folyamatok során életbe lépő változások (pl. felszínborítás, felszínérdesség, tagoltság, árnyékolási viszonyok átalakulása) szignifikánsan átformálhatják ez egyes meteorológiai alapparamétereket; s MAYER (2008) szerint az így módosuló termikus viszonyok komoly hatást gyakorolhatnak a városlakók, illetve városban dolgozók közérzetére, teljesítőképességére, valamint egészségi állapotára. A **város-bioklimatológia** feladatkörébe tartozik, hogy előre jelezze ezeket a következményeket, majd kommunikálja a döntéshozók és várostervezők felé, javaslatokat téve a városi életminőséget leginkább javító területrendezési stratégiákra (6.1. ábra).



6.1. ábra A városi környezetben történő változások és következményeik a városi humán bioklimatológia szemszögéből (KÁNTOR ET AL. 2010A)

Eme módosulások előrejelzéséhez vezető út egy korábbi fázisa, hogy létező városi közterületek (pl. utcák, udvarok, terek, parkok) termikus kondícióiról készítünk kvantitatív értékelést, mégpedig azok emberi szervezetet érintő – termofiziológiai – vonatkozásairól. Dolgozatom a szegedi város-bioklíma projekt egy olyan szegmensét mutatta be, mely alapvetően terepi adatgyűjtésre épült. Folyamatosan zajlanak azonban emellett azok a modellfuttatások is, melyek célja létező és fiktív városi terek mikro-bioklimatikus viszonyainak térbeli és időbeli analízise. Tekintve a külföldi tendenciákat, minden bizonnyal ez az ágazat lesz az, ami majd a legszorosabb kapcsolatot építheti ki a városi humán bioklimatológia kutatások és a várostervezés gyakorlata között. A jelenleg hozzáférhető modellek azonban még számos (pl. a szükségszerű egyszerűsítésekből eredő) hibával terheltek, ezért eredményeik mindenképpen validálásra szorulnak, ami megfelelő számban és megfelelő műszerparkkal kivitelezett helyszíni méréseket igényel.

Ezzel párhuzamosan szükség van annak felmérésére is, miképpen értékelik ezeket a termikus viszonyokat szubjektíven az adott térség lakosai, hogy reakcióik figyelembevételével valóban az ő érdekeiket szolgáló változtatásokra tehessünk javaslatot. Egy település tervezési munkálatai során a termikus komfort vizsgálatok komplex elemzései értékes alapadatul szolgálhatnak, segítségükkel a klímaváltozás támasztotta kihívásoknak jobban megfelelő, a helyi lakosság által kedveltebb közterek tervezhetők. Ha ugyanis ismerjük országunk, városunk lakosainak a termikus viszonyokra adott tényleges reakcióit, könnyebb lesz olyan közterület-kialakítást érintő javaslatokat tennünk, amelyek már rövidtávon is a lakosok elégedettségének növekedéséhez vezetnek.

7 ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatom zárásaként összefoglalom a szabadtéri termikus komfortviszonyokkal és területhasználattal kapcsolatos eredményeimet és fontosabb következtetéseimet, melyet megelőzően pontokba foglalom tudományos munkám egyéb olyan aspektusait is, melyek szükségesek voltak ezen eredmények előállításához.

- Dolgozatom **2. fejezetében** részletes áttekintéssel szolgáltam:
  - egyfelől a termikus viszonyok humán bioklimatológiai értékelésének elméleti hátteréről (*Unger et al. 2012*) és főbb gyakorlati problémáiról, külön kiemelve a termikus komfortvizsgálatok legkritikusabb paraméterét, az átlagos sugárzási hőmérsékletet (*Kántor and Unger 2011*);
  - másfelől a városi környezetekben kivitelezett jelentősebb, komplex módszertant alkalmazó humán komfort projektekről (*Kántor et al. 2010a*).
- Felállítottam egy elméleti háttérmodellt a szabadtéren kialakuló termikus komfortérzet, ill. területhasználat témakörével kapcsolatban (**1. fejezet**) (*Kántor et al. 2012a*).
- A szabadtéri termikus viszonyoknak a látogatók reakcióira gyakorolt hatásainak alátámasztása (vagy megcáfolása) érdekében kifejlesztettem egy Magyarországon eddig példa nélkül álló – helyszíni mérésekre, kérdőíves felmérésekre, s megfigyelésekre alapozott – komplex vizsgálati protokollt (**3. fejezet**) (*Kántor and Gulyás 2010*), melynek humán monitoring oldala a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott vizsgálati módszerekhez képest számos apróbb változtatást és néhány jelentős újítást tartalmaz. Ilyenek például:
  - a részletes megfigyelések, melyek az egyszerű látogatószámon túl a területen tartózkodó emberek több viselkedési reakciójának és személyes paraméterének rögzítésére irányulnak;
  - a látogatók elhelyezkedésének pontos térképi jelölése, majd az így gyűjtött adatok GIS-szoftverrel támogatott feldolgozása;
  - a cizellált kérdőívek, melyek a terepi vizsgálatok és az adatfeldolgozási folyamat tapasztalatai révén nyerték el végleges formájukat. Ezeken a kérdőíveken
    - valódi szemantikus differenciál skálák szerepelnek a termikus alapparaméterekre vonatkozó érzetek felmérésére, melyek nem irányítják túlzott mértékben a középső szavazatokra az interjúalanyok figyelmét;
    - külön skálák szolgálnak az elkülönítve kezelt hőérzet és hőmérséklet érzet rögzítésére, előbbi esetén a 9 fő hőérzeti kategórián túl finomabb skálabeosztással segítve az értékelést.

  Ezek az újítások, valamint az adatok körültekintő feldolgozása egyrészt tágabb spektrumú elemzéseket tettek lehetővé, másrészt tisztábban kirajzolódó összefüggéseket eredményeztek összevetve számos külföldi vizsgálattal (**5. fejezet**).
- A szabadtéri termikus komfortérzet és területhasználat összefüggéseit
  - egyrészt szegedi vizsgálati eredményeimmel támasztottam alá és számszerűsítettem (**4. fejezet**),
  - másrészt az eredményül kapott függvénykapcsolatoknak és statisztikai mérőszámoknak a fontosabb nemzetközi vizsgálatokkal történő összevetése és kibővítése révén (**5. fejezet**).

Ezek alapján doktori munkám új tudományos eredményei az alábbiak szerint fogalmazhatók meg:

A helyszíni mikrometeorológiai mérésekre alapozva (**4.1. fejezet**):

- Kimutattam a területkialakítás termikus viszonyokat módosító hatásának jellegzetességeit

A megfigyelési adatokat bázisként használva (**4.2. fejezet**)(*Kántor and Unger 2010*, *Kántor et al. 2010b*):

- Monoton emelkedő, másodfokú függvénnyel közelíthető kapcsolatot tártam fel két szegedi közterület átlagos látogatószáma, valamint a termikus viszonyok mérőszámául szolgáló PET index között az átmeneti évszakokban. (Rávilágítottam továbbá, hogy az aktívabb tevékenységet végző alanyok területhasználatában e tendencia nem jelentkezik tisztán.)
- Bizonyítékkal szolgáltam a látogatók termikus viszonyokra adott olyan viselkedési reakcióira, mint pl. a ruházat és a napfénynek való kitettség megváltoztatása. A személyes tényezők (nem és kor) alapján képzett látogatócsoportok termikus viszonyoktól függő területhasználata között nem találtam egyértelmű, erős összefüggést.
- Illusztráltam és statisztikailag igazoltam a területhasználat térbeli mintázatának a termikus viszonyoktól való függését.

A kérdőíves felmérések alapján (**4.3. fejezet**)(*Kántor et al. 2012a*, *Kántor et al. 2011a, 2011b*):

- Számszerűsítettem a kapcsolatok erősségét a termikus viszonyok szubjektív értékelésének különböző megnyilvánulási formái (érzetek és preferenciák) közt, valamint megvizsgáltam, miképp alakulnak ezek az értékelések a megfelelő objektív paraméterek függvényében. Ezek alapján kimutattam, hogy az emberek általában a léghőmérséklet és a napsugárzás változásaira reagálnak leginkább, míg a légnedvességgel kapcsolatos szubjektív véleményformálás nehézséget okoz.
- Feltártam továbbá, hogy bár az emberek – a légnedvességet leszámítva – általában meglehetősen jól érzékelik a termikus környezet egyes alapparamétereit (percepció), azok megváltoztatására való igényük (preferencia) azonban szorosabban összefügg e paraméterek komplex (bioklíma-indexként kifejezhető) termikus hatásával, illetve avval, hogy e körülmények milyen hőérzetet eredményeznek számukra.
- Rendkívül szoros összefüggést találtam az átlagos hőérzet (TSV) és a bioklimatikus viszonyok objektív mérőszámai (PET és UTCI indexek) közt. Az illesztett függvények (a PET esetén másodfokú, az UTCI esetén pedig lineáris) alapján meghatároztam az ún. neutrális hőmérsékletet mindkét index értékeiben kifejezve, továbbá új, a magyarok szabadtéri reakcióival összhangban lévő hőérzeti kategóriahatárokat jelöltem ki.
- Kimutattam, hogy néhány személyes tényező (dohányzás, alkoholfogyasztás, idegesség, tápláltság) enyhe hatással van az említett hőérzet–bioklíma index kapcsolatokra.
- Rámutattam, hogy bár az emberek által érzett hőmérsékleti érték ($T_{érz}$) szorosabb kapcsolatban áll a termikus viszonyok bioklimatológiai mérőszámaival (PET, UTCI), mint a léghőmérséklettel (T_a), azonban az említett érzett értékek az utóbbihoz lényegesen jobban hasonlítanak. 21,5°C-nak találtam azt a „kritikus hőmérsékletet”, mely alatti bioklíma-index értékek esetén az emberek általában magasabbnak, fölötte pedig alacsonyabbnak érezték a hőmérsékletet annál, mint amit a PET vagy az UTCI értékei sugallnának.

A termikus viszonyokhoz történő (triviális) viselkedési alkalmazkodási formákon túl a mentális alkalmazkodás számos bizonyítékára leltem a nyert eredmények helyi és nemzetközi szintű tárgyalása során (**5. fejezet**)(*Kántor and Unger 2010*, *Kántor et al. 2012b*).

- Kérdőíves adataimnak a RUROS adatbázisba történő integrálásával a hőérzet–PET függvénykapcsolatok eltérése alapján (**5.3. fejezet**):
  - földrajzi helyszínenként eltérő, az ottani háttérklíma által determinált neutrális hőmérséklet értékeket találtam,
  - melyek eltolódni látszanak a különböző évszakok termikus tapasztalatai alapján.
- A megfigyelési adatbázis mélyrehatóbb elemzése révén évszakosan eltérő tendenciákat mutattam ki a területhasználat és viselkedési reakciók bioklimatikus viszonyoktól függő alakulásában (**5.2. fejezet**):
  - tavasszal a (hideg és ingerszegényebb) téli időszak után az emberek intenzívebben vették igénybe a vizsgált közterületeket,
  - valamint sokkal nagyobb arányban választottak napos pozíciót a terhelő termikus viszonyok ellenére is, mint a meleg nyári évszak utáni őszi periódusban. A függvénykapcsolaton kívül területhasználati térképpel is illusztráltam, hogy míg ősszel sokkal többen tartózkodnak árnyékos–félárnyékos pozícióban, addig tavasszal a termikus stressz általi kellemetlenséget túlszárnyalja a napsütés utáni fokozott igény.

A megfigyelési adatok évszakos szeparációjával kapott tendenciák épp ellentétesek, mint a kérdőívekből nyert – fizilógiai és pszichológiai síkon is magyarázható – eredmények, s mint ilyen, felhívják a figyelmet a termikus neutralitás és a termikus preferencia közti jelentős különbségre.

8 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsőként témavezetőmnek, Dr. Unger János tanszékvezető egyetemi docensnek szeretnék köszönetet mondani, amiért megteremtette a vizsgálataimhoz szükséges technikai feltételeket, s teret engedett kutatási ötleteim megvalósításának. Ugyancsak köszönet illeti tanácsaiért és észrevételeiért, melyekkel mindvégig támogatta a munkámat. Meszszemenőkig hálás vagyok a segítségéért, melyet angol nyelvű publikációim készítése során kaptam tőle, valamint hogy folyamatosan szemmel tartotta a fokozat megszerzéséhez szükséges követelmények abszolválását.

Köszönetem fejezem ki konzulensemnek, Dr. Gulyás Ágnes egyetemi adjunktusnak, aki hasznos szakmai tanácsaival, s konstruktív javaslataival segítette dolgozatom megszületését. Hálás vagyok neki empatikus hozzáállásáért, mellyel a tudományos szférán túl is segítségemre volt.

A városi közterületeken végzett adatgyűjtésben való részvételért köszönet illeti az SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszékének munkatársait, jelenlegi és volt PhD hallgatóit, valamint az SZTE számos hallgatóját. Kiemelném közülük Égerházi Lillát, továbbá Berki Pétert és Takács Ágnest, akik komoly segítségemre voltak a terepi munka koordinálásában.

A mintaterületek feltérképezése nem valósult volna meg Dr. Gál Tamás segítsége nélkül, akinek egyrészt ezért, másrészt a geoinformatikai adatfeldolgozás során nyújtott segítségéért tartozom köszönettel. Rendkívül hálás vagyok Dr. Tanács Eszternek, aki sok hasznos tanáccsal látott el az adatok statisztikai elemzésével kapcsolatban, valamint rengeteg időt áldozott angol nyelvű publikációim lektorálására. Köszönöm a CorelDRAW használatával kapcsolatos tippeket Dr. Sümeghy Zoltánnak, melyeket a dolgozat illusztrációinak készítése során kamatoztathattam.

Hálával tartozom (tanszéki és tanszéken kívüli) barátaimnak a lelki támogatásért, a biztató szavakért mellyel munkám során támogattak, valamint hogy a dolgozat írásának fázisában számos terhet levettek a vállamról.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm Családomnak és Páromnak a szeretetet, a bizalmat, s a türelmet, mely rendkívül sokat jelentett számomra e kemény munkával teli évek alatt.

9 IRODALOMJEGYZÉK

Ali-Toudert F (2005): Dependence of the outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate. Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg 15, 224 p

Ali-Toudert F, Mayer H (2006): Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. Build Environ 41, 94-108

Andrade H, Alcoforado MJ, Oliveira S (2011): Perception of temperature and wind by users of public outdoor spaces: relationships with weather parameters and personal characteristics. Int J Biometeorol 55, 665-680

ASHRAE (2003): ASHRAE Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. BSR/ASHRAE Standard 55P, 55 p

Baker N, Standeven M (1996): Thermal comfort for free-running buildings. Energy Build 23, 175-182

Bánhidi L (1976): Zárt terek hőérzeti méretezése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 274 p

Bánhidi L, Garbai L, Bartal I (2008): A humánkomfort komplex mutatói, az emberi test statikus és dinamikus hőmérlege. Magyar Épületgépészet, 57, 16-20

Bártfai E (1986): Az orvosmeteorológia mai helyzete Magyarországon. Légkör 31, 16-20

Bartholy J, Pongrácz R (2006): Comparing tendencies of some temperature related extreme indices on global and regional scales. Időjárás 110, 35-48

Bartholy J, Pongrácz R, Gelybó Gy, Szabó P (2008): Milyen mértékű változás várható a Kárpát-medence éghajlati szélsőségeiben a XXI. század végére? Légkör 53, 19-23

Becker S, Potcher O, Yaakov Y (2003): Calculated and observed human thermal sensation in an extremely hot and dry climate. Energy Build 35, 747-756

Berlin város (2012): Berlin önkormányzatának honlapja. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ei409.htm [2012. február]

Błażejczyk K, Epstein Y, Jendritzky G, Staiger H, Tinz B (2011): Comparison of UTCI to selected thermal indices. Int J Biometeorol, DOI 10.1007/s00484-011-0453-2

BOM (2012): Bureau of Meteorology honlapja. http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/ [2012. március]

Bottyán Z, Kircsi A, Szegedi S, Unger J (2005): The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary. Int J Climatol 25, 405-418

Bröde P, Fiala D, Błażejczyk K, Holmér I, Jendritzky G, Kampmann B, Tinz B, Havenith G (2011): Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). Int J Biometeorol, DOI 10.1007/s00484-011-0454-1

Bruse M, Fleer H (1998): Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. Environ Modell Software 13, 373-384

Bruse M (1999): Simulating microscale climate interactions in complex terrain with a high-resolution numerical model: A case study for the Sydney CBD Area. In Proceed of International Conference on Urban Climatology & International Congress of Biometeorology, Sydney, Australia, 425-430

Bruse M (2002): Multi-Agent Simulations as a tool for the assessment of urban microclimate and its effects on pedestrian behaviour. Proceedings of the iEMSs Conference 2002, Lugano, 6 p

Bruse M (2003)

Stadtgrün und Stadtklima – Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. LÖBF-Mitteilungen 1/2003, 66-70

Bruse M (2009): Analysing human outdoor thermal comfort and open space usage with the Multi-Agent System BOTworld. The 7th International Conference on Urban Climate ICUC-7, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan, 4 p

Çalışkan O, Çiçek İ, Matzarakis A (2012): The climate and bioclimate of Bursa (Turkey) from the perspective of tourism. Theor Appl Climatol 107, 417-425

CWB (2011): Central Weather Bureau honlapja. http://www.cwb.gov.tw/eng/index.htm [2011. július]

Chow WTL, Pope RL, Martin CA, Brazel AJ (2011): Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: horizontal and vertical impacts. Theor Appl Climatol 103, 197-211

de Dear R, Pickup J (2000): An Outdoor Thermal Environment Index (OUT_SET*) - Part II - Applications. In de Dear R, Kalma J, Oke T, Auliciems A (eds): Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium. Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99 (Sydney, 8-12 Nov. 1999). WMO, Geneva, WCASP-50, 258-290

de Dear R, Brager GS (2001): The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment. Int J Biometeorol 45, 100-108

Dixon JC, Prior MJ (1987): Wind-chill indices - a review. Meteorological Mag 116, 1-17

Dostal P, Katzschner A, Bruse M, Huttner S (2009): Quantifying the human thermal heat-stress in central european cities with BOTworld and on site-interviews as analysing tools to estimate the thermal sensation of pedestrians. The 7th International Conference on Urban Climate ICUC-7, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan, 4 p

DWD (2012): Deutscher Wetterdienst honlapja. http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_windowLabel=T1460284925114483954539 0&_urlType=action&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_biowetter [2012. február]

EC (2012): Environment Canada honlapja. http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=n&n=5FBF816A-1 illetve http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=En&n=6C5D4990-1#Heat_and_Humidity [2012. március]

Eliasson I, Knez I, Thorsson S, Westerberg U, Lindberg F (2007): Climate and behavior in a Nordic city. Landsc Urban Plan 82, 72-84

Endler C, Oehler K, Matzarakis A (2010): Vertical gradient of climate change and climate tourism conditions in the Black Forest. Int J Biometeorol 54, 45-61

Endler C, Matzarakis A (2011a): Climatic potential for tourism in the Black Forest, Germany – winter season. Int J Biometeorol 55, 339-351

Endler C, Matzarakis A (2011b): Climate and tourism in the Black Forest during the warm season. Int J Biometeorol 55, 173-186

Endler C, Matzarakis A (2011c): Analysis of high-resolution simulations for the Black Forest region from a point of view of tourism climatology – a comparison between two regional climate models (REMO and CLM). Theor Appl Climatol 103, 427-440

Fanger PO (1972): Thermal Comfort. McGraw Hill Book Co., New York, USA, 244 p
Farajzadeh H, Matzarakis A (2012): Evaluation of thermal comfort conditions in Ourmieh Lake, Iran. Theor Appl Climatol 107, 451-459
Fiala D, Havenith G, Bröde P, Kampmann B, Jendritzky G (2011): UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. Int J Biometeorol, DOI 10.1007/s00484-011-0424-7
Fonyó A (1998): Élettan gyógyszerészhallgatók részére, Energiaforgalom és hőszabályozás. Medicina, Budapest, 395-400
de Freitas CR (1990): Recreation climate assessment. Int J Climatol 10, 89-103
de Freitas CR (2003): Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. Int J Biometeorol 48, 45-54
de Freitas CR, Scott D, McBoyle G (2008): A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. Int J Biometeorol 52, 399-407
Gagge AP, Stolwijk JAJ, Nishi Y (1971): An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. ASHRAE Trans 77, 247-262
Gagge AP, Fobelets AP, Berglund LG (1986): A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Trans 92, 709-731
Gál T (2009): Az összetett városi felszín geometriáját leíró paraméterek számítása és városklimatológiai alkalmazása. Doktori (PhD) értekezés, SZTE Földtudományok Doktori Iskola, 102 p
Gál T, Unger J (2009): Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area. Build Environ 44, 198-206
Golicnik B, Thompson CW (2010): Emerging relationships between design and use of urban park spaces. Lands Urban Plan 94, 38-53
Gulyás Á, Unger J, Balázs B, Matzarakis A (2003): Analysis of the bioclimatic conditions within different surface structures in a medium-sized city (Szeged, Hungary). Acta Climatol Chorol Univ Szegediensis 36-37, 37-45
Gulyás Á (2005): Differences in human comfort conditions within a complex urban environment: A case study. Acta Climatol Chorol Univ Szegediensis 38-39, 71-84
Gulyás Á, Unger J, Matzarakis A (2006): Assessment of the microclimatic and thermal comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements. Build Environ 41, 1713-1722
Gulyás Á, Matzarakis A (2007): Selected examples of bioclimatic analysis applying the physiologically equivalent temperature in Hungary. Acta Climatol Chorol Univ Szegediensis 40-41, 37-46
Gulyás Á (2009): Humán bioklimatológiai értékelések különböző léptékű megközelítésben. Doktori (PhD) értekezés, SZTE Földtudományok Doktori Iskola, 109 p
Gulyás Á, Matzarakis A (2009): Sesonal and spatial distribution of PET – Physiologically Equivalent Temperature – index in Hungary. Időjárás 113, 221-231
Gulyás Á, Unger J (2009): A humán bioklimatikus viszonyokra gyakorolt városi módosító hatások. In Szabó V, Fazekas I (szerk): Települési környezet, 167-172
Gulyás Á, Matzarakis A, Unger J (2009): Differences in the thermal bioclimatic conditions on the urban and rural areas in a Southern Hungarian city (Szeged). Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg 18, 229-234
Gulyás Á, Matzarakis A, Unger J (2010): Comparison of the urban-rural comfort sensation in a city with warm continental climate. Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg 20, 473-478
Gulyás Á, Unger J (2010): Különböző léptékű humán komfort vizsgálatok Szeged példáján. In Unger J (szerk): Geoszférák 2009. A Szegedi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskolájának eredményei. GeoLitera, SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged, 151-192
Hamdi M, Lachiver G, Michaud F (1999): A new predictive thermal sensation index of human response. Energy Build 29, 167-178
Han J, Zhang G, Zhang Q, Zhang J, Liu J, Tian L, Zheng C, Hao J, Lin J, Liu Y, Moschandreas DJ (2007): Field study of occupants' thermal comfort and residential thermal environment in a hot-humid climate of China. Build Environ 42, 4043-4050
Hanna JM, Brown DE (1983): Human heat tolerance: An anthropological perspective. Ann Rev Anthropol 12, 259-284
Havenith G (2001): Individualized model of human thermoregulation for the simulation of heat stress response. J Appl Physiol 90, 1943-1954
Havenith G (2005): Temperature Regulation, Heat Balance and Climatic Stress. In Kirch W, Menne B, Bertollini R (eds): Extreme Weather Events And Public Health. Springer, 69-80
Havenith G, Fiala D, Błazejczyk K, Richards M, Bröde P, Holmér I, Rintamaki H, Benshabat Y, Jendritzky G (2011): The UTCI-clothing model. Int J Biometeorol, DOI 10.1007/s00484-011-0451-4
Holicska Sz (szerk) (2008): Emberpróbáló időjárás. Athenaeum, Budapest, 255 p
Höppe P (1984): Die Energiebalanz des Menschen. Dissertation. Wissenschaftlicher Mitteilung 49 Universität München, 171 p
Höppe P (1985): Anwendungsmöglichkeiten eines instationären Energiebilanzmodells zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit. Annalen der Meteorologie 22, 17-18
Höppe P, Mayer H (1987): Planungsrelewante Bewertung der termischen Komponente des Stadtklimas. Landschaft + Stadt 19, 22-30
Höppe P (1992): Ein neues Verfahren zur Bestimmung der mittleren Strahlungstemperatur in Freien. Wetter und Leben 44, 147-151
Höppe P (1993a): Heat balance modelling. Experientia 49, 741-746
Höppe P (1993b): Indoor climate. Experientia 49, 775-779
Höppe P (1997): Aspects of human biometeorology in past, present and future. Int J Biometeorol 41, 19-23
Höppe P (1999): The physiological equivalent temperature – an universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int J Biometeorol 43, 71-75
Höppe P (2000): Challenges for biometeorology on the turn of the century. In de Dear R et al. (eds): Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium, Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, Australia, 383-386
Höppe P (2002): Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. Energy Build 34, 661-665

Houghton FC, Yaglou CP (1923): Determining equal comfort lines. J Am Soc Heat Vent Eng 29, 165-176
Huizenga C, Zhang H, Arens E (2001): A model of human physiology and comfort for assesssing complex thermal environments. Build Environ 36, 691-699
Huizenga C, Abbaszadeh S, Zagreus L, Arens E (2006): Air quality and thermal comfort in office buildings: results of a large indoor environmental quality survey. Proceedings of Healthy Buildings, Lisbon, Vol III, 393-397
Huttner S, Bruse M, Dostal P (2008): Using ENVI-met to simulate the impact of global warming on the microclimate in central European cities. Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg 18, 307-312
Huttner S, Bruse M (2009): Numerical modelling of the urban climate – A preview on ENVI-met 4.0. The 7th International Conference on Urban Climate ICUC-7, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan, 4 p
Indraganti M (2010): Adaptive use of natural ventilation for thermal comfort in Indian apartments. Build Environ 45, 1490-1507
IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri RK and Reisinger A (eds)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 p
ISB (2012): International Society of Biometeorology honlapja. *http://www4.uwm.edu/isb/* [2012. január]
ISO (2005): Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. ISO 7730:2005(E)
Jendritzky G, Sönning W, Swantes HJ (1979): Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung (Klima-Michel-Modell). ARL Beiträge 28, 85 p
Jendritzky G, Nübler W (1981): A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant terms. Arch Met Geoph Biokl B 29, 313-326
Jendritzky G (1993): The atmospheric environment – an introduction. Experientia 49, 733-738
Jendritzky G, Grätz A (1998): Human bioclimatological questions and solutions in applied urban climatology. In Proceedimgs of the 2nd Japanese-German Meeting „Klimaanalyse für die Stadtplanung". Research Centre for Urban Safety and Security, Kobe University. Special report 1. p, 135-148
Jendritzky G, Staiger H, Bucher K, Graetz A, Laschewski G (2000): The Perceived Temperature – The Method of the Deutscher Wetterdienst for the Assessment of Cold Stress and Heat Load for the Human Body. Internet Workshop on Windchill, hosted by Environment Canada, April 3-7, 2000 *http://www.utci.org/isb/documents/perceived_temperature.pdf* [2012. január]
Jendritzky G, Maarouf A, Fiala D, Staiger H (2001):
Looking for a Universal Thermal Climate Index UTCI for Outdoor Applications. Windsor-Conference on Thermal Standards, April 5-8, 2001, Windsor, UK *http://www.utci.org/isb/documents/windsor_vers04.pdf* [2012. január]
Jendritzky G, Maarouf A, Fiala D, Staiger H (2002): An Update on the Development of a Universal Thermal Climate Index. 15th Conf Biomet Aerobiol and 16th ICB02, 27 Oct - 1 Nov 2002, Kansas City, AMS, 129-133
Jendritzky G, Bröde P, Fiala D, Havenith G, Weihs P, Batchvarova E, de Dear R (2010): The Universal Thermal Climate Index UTCI. Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg 20, 184-188
Johansson E, Emmanuel R (2006): The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. Int J Biometeorol 51, 119-133
Kántor N, Gulyás Á (2010): Area usage and thermal sensation vs. thermal comfort conditions – open air thermal comfort project in Szeged, Hungary. Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg 20, 504-509
Kántor N, Unger J (2010): Benefits and opportunities of adopting GIS in thermal comfort studies in resting places: An urban park as an example. Landsc Urban Plan 98, 36-46
Kántor N, Gulyás Á, Unger J (2010a): Komplex humánkomfort vizsgálatok városi környezetben – I. rész. Légkör 55, 108-114
Kántor N, Gulyás Á, Égerházi L, Unger J (2010b): Komplex humánkomfort vizsgálatok városi környezetben – II. rész. Légkör 55, 115-126
Kántor N, Unger J (2011): The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment – the mean radiant temperature. Cent Eur J Geosci 3 (1), 90-100
Kántor N, Gulyás Á, Égerházi L, Unger J (2011a): Assessment of the Outdoor Thermal Conditions in Szeged, Hungary: Thermal Sensation Ranges for Local Residents. In Gerdes A, Kottmeier C, Wagner A (eds): Climate and Construction (Int Conf, October 24-25, 2011, Karlsruhe, Germany), 181-190
Kántor N, Égerházi L, Gulyás Á (2011b): Assessment of the Outdoor Thermal Conditions in Szeged, Hungary: Perceptions and Preferences of Local Individuals. In Gerdes A, Kottmeier C, Wagner A (eds): Climate and Construction (Int Conf, October 24-25, 2011, Karlsruhe, Germany), 307-314
Kántor N, Égerházi L, Unger J (2012a): Subjective estimations of thermal environment in recreational urban spaces - Part 1: investigations in Szeged, Hungary. Int J Biometeorol, DOI 10.1007/s00484-012-0523-0
Kántor N, Gulyás Á, Unger J (2012b): Subjective estimations of thermal environment in recreational urban spaces - Part 2: international comparison. Int J Biometeorol, in press
Kérdő I (1961): Időjárás, éghajlat, egészség. Medicina Könyvkiadó, 116 pp
KLIMES (2012): Development of strategies to mitigate enhanced heat stress in urban quarters due to regional climate change in Central Europe – KLIMES projekt honlapja. *http://www.klimazwei.de/ProjektezumSchutzvorKlimawirkungen/Projekt%C3%BCbersicht/KLIMES/tabid/125/language/en-US/Default.aspx* [2012. február]
Knez I (2005): Attachment and identity as related to a place and its perceived climate. J Environ Psychol¬ 25, 207-218
Knez I, Thorsson S (2006): Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. Int J Biometeorol 50, 258-268
Knez I, Thorsson S (2008): Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: Cross-cultural and environmental attitude comparisons. Build Environ 43, 1483-1490
Knez I, Thorsson S, Eliasson I, Lindberg F (2009): Psychological mechanisms in outdoor place and weather assessment: towards a conceptual model. Int J Biometeorol 53, 101-111
Köppe K, Jendritzky G (2005): Inclusion of short-term adaptation to thermal stresses in a heat load warming procedure. Meteorologische Zeitschrift 14, 271-8
Kuchen E, Fisch MN (2009): Spot Monitoring: Thermal comfort evaluation in 25 office buildings in winter. Build Environ 44, 839-847

Kurazumi Y, Tsuchikawa T, Matsubara N, Horikoshi (2008): Effect of posture on the heat transfer areas of the human body. Build Environ 43, 1555-1565

KVVM (2012): A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Éghajlatváltozással kapcsolatos honlapja. http://klima.kvvm.hu/ [2012. február]

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008-2025. http://klima.kvvm.hu/documents/14/nes_080219.pdf

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület Tematikus Jelentése a szélsőséges éghajlati események kockázatáról és kezeléséről. Döntéshozói Összefoglaló. http://klima.kvvm.hu/documents/141/IPCC_SREX_SPM_120515.pdf

Éghajlatváltozás 2007. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) negyedik értékelő jelentése. A munkacsoportok döntéshozói összefoglalói. 86 p

http://klima.kvvm.hu/documents/92/_ghajlatv_ltoz_s_2007_.pdf

Lányi P (1990): Vigyázat! Frontbetörés. Medicina, Budapest, 206 p

Lelovics Enikő, Pongrácz Rita, Bartholy Judit és Dezső Zsuzsanna (2011): A budapesti városi hősziget elemzése: műholdas és állomási mérések összehasonlítása. Légkör 56/2, 55-59

Lin TP, Matzarakis A (2008): Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. Int J Biometeorol 52, 281-290

Lin TP (2009): Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. Build Environ 44, 2017-2026

Lin TP, Matzarakis A, Hwang RL (2010): Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. Build Environ 45, 213-221

Lindberg F, Holmer B, Thorsson S (2008): SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. Int J Biometeorol 52, 697-713

Lindberg F, Grimmond CSB (2011): The influence of vegetation and building morphology on shadow patterns and mean radiant temperatures in urban areas: model development and evaluation. Theor Appl Climatol 105, 311-323

Mäkinen TM, Raatikka VP, Rytkönen M, Jokelainen J, Rintamäki H, Ruuhela R, Näyhä S, Hassi J (2006): Factors affecting outdoor exposure in winter: population-based study. Int J Biometeorol 51, 27-36

Masmoudi S, Mazouz S (2004): Relation of geometry, vegetation and thermal comfort around buildings in urban settings, the case of hot arid regions. Energy Build 36, 710-719

Matzarakis A, Mayer H (1996): Another kind of environmental stress: thermal stress. WHO Newsletter 18, 7-10

Matzarakis A, Mayer H, (1997): Heat stress in Greece. Int J Biometeorol 41, 34-39

Matzarakis A, Mayer H, Izomon MG (1999): Application of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. Int J Biometeorol 43, 76-84

Matzarakis A (2001): Die thermische Komponente des Stadtklimas. Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs Univ Freiburg 6, 287 p

Matzarakis A, Gulyás Á (2006): A contribution to the thermal bioclimate of Hungary – mapping of the physiologically equivalent temperature. In Kiss A, Mezősi G, Sümeghy Z (szerk): Táj, környezet és társadalom. Ünnepi Tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére, 479-488

Matzarakis A (2007): Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Integration von Wetter- und Klimabedingungen im Tourismus. Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg 16, 73-80

Matzarakis A, Rutz F, Mayer H (2007a): Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model. Int J Biometeorol 51, 323-334

Matzarakis A, Matuschek O, Neumcke R, Rutz F, Zalloom M (2007b): Climate change scenarios and tourism – how to handle and operate with data. In Matzarakis A, de Freitas CR, Scott D: Developments in Tourism Climatology, 240-245

Matzarakis A, de Rocco M, Najjar G (2009): Thermal bioclimate in Srasbourg – the 2003 heat wave. Theor Appl Climatol 98, 209-220

Matzarakis A, Rutz F, Mayer H (2010a): Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. Int J Biometeorol 54, 131-139

Matzarakis A, Rudel E, Zygmuntowski M, Koch E (2010b): Bioclimatic maps for tourism purposes. Physics and Chemistry of the Earth 35, 57–62

Matzarakis A, Endler C (2010): Climate change and thermal bioclimate in cities: impacts and options for adaptation in Freiburg, Germany. Int J Biometeorol 54, 479-483

Matzarakis A, Nastos PT (2011): Human-biometeorological assessment of heat waves in Athens. Theor Appl Climatol 105, 99-106

Matzarakis A, Muthers S, Koch E (2011): Human biometeorological evaluation of heat-related mortality in Vienna. Theor Appl Climatol 105, 1-10

Mayer H (1986): Stadtklima und seine human-biometeorologische Bewertung. Wiss Mitt Meteor Inst Univ München 53, 1-18

Mayer H, Höppe P (1987): Thermal comfort of man in different urban environments. Theor Appl Climatol 38, 43-49

Mayer H (1988): Results from the research program "STADTKLIMA BAYERN" for urban planning. Energy Build 11, 115-121

Mayer H (1993): Urban bioclimatology. Experientia 49, 957-963

Mayer H (1996): Human-biometeorologische Probleme des Stadtklimas. Geowissenschaften 14, Heft 6, 233-239

Mayer H, Matzarakis A (1998): Human-biometeorological assessment of urban bioclimates' thermal component. Report of Research Center for Urban Safety an Security, Univ Kobe, Special Report 1, 155-168

Mayer H (2008): KLIMES – a joint research project on human thermal comfort in cities. Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg 17, 101-117

Mayer H, Holst J, Dostal P, Imbery F, Schindler D (2008): Human thermal comfort in summer within an urban street canyon in Central Europe. Meteorologische Zeitschrift 17, 241-250

McGregor GR, Markou MT, Bartzokas A, Katsoulis BD (2002): An evaluation of the nature and timing of summer thermal discomfort in Athen, Greece. Clim Res 20, 83-94

McIntyre DA (1976): Thermal sensation. A comparison of rating scales and cross modality matching. Int J Biometeorol 20, 295-303
MO (2011): MetOffice honlapja. http://www.metoffice.gov.uk/climate/uk/averages/19611990/ [2011. július]
MS (2011): MeteoSchweiz honlapja. http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/tabellen.html [2011. július]
Monteiro LM, Alucci MP (2009): The impact of vegetation on outdoor thermal comfort in urban spaces. The 7th International Conference on Urban Climate ICUC-7, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan, 4 p
Morgan C, de Dear R (2003): Weather, clothing and thermal adaptation to indoor climate. Clim Res 24, 267-284
Mui KW, Wong LT (2007): Neutral temperature in subtropical climates – Afield survey in air-conditioned offices. Build Environ 42, 699-706
Németh Á, Schlanger V, Katona Á (2007): Variations of thermal bioclimate in the Lake Balaton Tourism Region (Hungary). In Matzarakis A, de Freitas C R, Scott D (eds): Developments in Tourism Climatology, 37-42
Németh Á, Matzarakis A, Schlanger V, Katona Á (2008): Variations of thermal bioclimate and its influence to the tourism in the Lake Balaton Tourism Region (Hungary) In Proceed of the 18th International Congress on
Németh Á (2009): COST-730: Egy új bioklimatológiai index fejlesztése. Légkör 54, 14-15
Newsham GR, Tiller DK (1995): A field study of thermal comfort using questionnaire software. IRC Internal Report No 708, 115 p
Ng E (2009): Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities – air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. Build Environ 44, 1478-1488
Nikolopoulou M, Baker N, Steemers K (2001): Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the human parameter. Sol Energy 70, 227-235
Nikolopoulou M, Steemers K (2003): Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. Energy Build 35, 95-101
Nikolopulou M, Lykoudis S (2006): Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. Build Environ 41, 1455-1470
Nikolopulou M, Lykoudis S (2007): Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area. Build Environ 42, 3691-3707
Nunez M, Oke TR (1977): The energy balance of an urban canyon. J Appl Meteorol 16, 11-19
OÉTI (2012): Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet honlapja. http://www.oeti.hu/index.php?m1id=16&m2id=169%20&m3id=72 [2012. március]
Oke TR (1987): Boundary layer climates. Routledge, London New York, 435 p
Olesen BW, Parsons KC (2002): Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730, Energy Build 34, 537-548
Oliveira S, Andrade H (2007): An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. Int J Biometeorol 52, 69-84
OMSZ – ELTE MT (2006): Klimatológiai forgatókönyvek a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiához. Országos Meteorológiai Szolgálat, ELTE Meteorológiai Tanszék. http://klima.kvvm.hu/documents/14/klima_meteoteljes.pdf [2012. január]
Pickup J, de Dear R (2000): An Outdoor Thermal Comfort Index (OUT_SET*) – Part I – The Model and its Assumptions. In de Dear R, Kalma J, Oke T, Auliciems A (eds): Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium. Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99 (Sydney, 8-12 Nov. 1999). WMO, Geneva, WCASP-50, 279-283
Polónyi I, Tímár J (2006): Oktatáspolitika és demográfia (Educational policy and demographics). Kutatás közben No 274. Felsőoktatási Kutatóintézet Budapest, 60 p
Pongrácz R, Bartholy J, Dezső Zs (2006): Remotely sensed thermal information applied to urban climate analysis. Adv Space Res 37, 2191-2196
Probáld F (1981): A városi levegőkörnyezet humánkomfortjának tervezése. In Szepesi D (szerk): A levegőkörnyezet (levegőminőség és humánkomfort) tervezése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 155-197
Rozgonyi Tiborné (2001): Személypercepció és attitűd. A társas világ kognitív és érzelmi vonatkozásai. „Tanár kockázati program", Jegyzet és szemelvénygyűjtemény II, 74 p www.nyf.hu/others/docs/pszicho/az_attitud.doc
RUROS (2011): Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces – RUROS projekt honlapja. http://alpha.cres.gr/ruros/ [2011. május]
Schuh A (2009): Bioklíma – Az időjárás hatása az ember egészségére. Corvina Kiadó, Budapest, 138 p
Scott D, de Freitas CR, Matzarakis A (2009): Adaptation in the tourism and recreation sector. In McGregor GR, Burton I, Ebi K (eds): Biometeorology for Adaptation to Climate Variability and Change. Springer, 171-194
Spagnolo J and de Dear R (2003a): A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. Build Environ 38, 721-738
Spagnolo J and de Dear R (2003b): A human thermal climatology of subtropical Sydney. Int J Climatol 23, 1383–1395
Stathopoulos T, Wu H, Zacharias J (2004): Outdoor human comfort in an urban climate. Build Environ 39, 297-305
Staiger H, Laschewski G, Grätz A (2012): The perceived temperature – a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. Int J Biometeorol 56, 165-176
Suminski RR, Poston WC, Market P, Hyder M, Sara PA (2008): Meteorological conditions are associated with physical activities performed in open-air settings. Int J Biometeorol 52, 189-197
Szegedi S, Gyarmati R (2009): Impacts of urban green spaces on the spatial structure of the urban heat island in Debrecen and different sized settlements in its neighbourhood. Acta Climatol Chorol Univ Szegediensis 42-43, 151-158
Teller J, Azar S (2001): TownScope II – A computer system to support solar access decisionmaking. Sol Energy 70, 187-200
Thom EC (1959): The discomfort index. Weatherwise 12, 57-60
Thorsson S, Lindqvist M, Lindqvist S (2004): Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. Int J Biometeorol 48, 149-156
Thorsson S, Lindberg F, Holmer B (2007a): Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. Int J Climatol 27, 1983-1993

Thorsson S, Honjo T, Lindberg F, Eliasson I, Lim EM (2007b): Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public spaces. Environ Behav 39, 660-684
Thorsson S (2008): Urban Climate Spaces – a multi- and interdisciplinary research project. Urban Climate News 30, 11-13
Tseliou A, Tsiros IX, Lykoudis S, Nikolopoulou M (2010): An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions. Build Environ 45, 1346-1352
UCS (2012): Urban Climate Space – UCS projekt honlapja. *http://www.gvc.gu.se/Forskning/klimat/stadsklimat/gucg/concluded-projects/urban-climate-space/* [2012. február]
UNFPA (2011): The State of World Population 2011. Report of the United Nations Population Fund. *www.unfpa.org* [2012. január]
Unger J (1992): Diurnal and annual variation of the urban temperature surplus in Szeged, Hungary. Időjárás 96, 235-244
Unger J (1995): Szeged városklímájának bioklimatológiai értékelése. Légkör 40, 29-33
Unger J (1996): Heat island intensity with different meteorological conditions in a medium-sized town: Szeged, Hungary. Theor Appl Climatol 54, 147-151
Unger J (1997): Városklimatológia - Szeged városklímája. Acta Climatologica Univ Szegediensis 31B (Urban climate special issue), 69 p
Unger J, Bottyán Z, Sümeghy Z, Gulyás Á (2000): Urban heat island development affected by urban surface factors. Időjárás 104, 253-268
Unger J, Sümeghy Z, Gulyás Á, Bottyán Z, Mucsi L, (2001a): Land-use and meteorological aspects of the urban heat island. Meteorol Appl 8, 189-194
Unger J, Sümeghy Z, Zoboki J (2001b): Temperature cross-section features in an urban area. Atmos Res 58, 117–127
Unger J, Sümeghy Z (2002): Környezeti klimatológia. Kisléptékű éghajlatok, városklíma. SZTE TTK, JATEPress, Szeged, 202 p
Unger J (2004): Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach. Clim Res 27, 253-264
Unger J, Bottyán Zs, Sümeghy Z, Gulyás, Á (2004): Connection between urban heat island and surface parameters: measurements and modelling. Időjárás 108, 173-194
Unger J, Gulyás Á, Matzarakis A (2005): Eltérő belvárosi mikrokörnyezetek hatása a humán bioklimatikus komfort-érzetre. Légkör 50, 9-14
Unger J, Gál T, Rakonczai J, Mucsi L, Szatmári J, Tobak Z, van Leeuwen B, Fiala K (2010a): Modeling of the urban heat island pattern based on the relationship between surface and air temperatures. Időjárás 114, 287-302
Unger J, Sümeghy Z, Szegedi S, Kiss A, Géczi R (2010b): Comparison and generalisation of spatial patterns of the urban heat island based on normalized values. Phys Chem Earth 35, 107-114
Unger J, Sümeghy Z, Kántor N, Gulyás Á (2012): Kisléptékű környezeti klimatológia. JATEPress, Szeged, in press
UTCI (2012): Universal Thermal Climate Index honlapja. *http://www.utci.org/* [2012. január]
VAHAVA (2006): A VAHAVA-projekt zárójelentése. *http://klima.kvvm.hu/documents/14/VAHAVAosszefoglalas.pdf* [2012. január]
VDI (1994): Environmental meteorology, interactions between atmosphere and surface; Calculation of short- and long wave radiation. Part I: Climate. VDI 3789, Part 2. Beuth, Berlin, 52 p
VDI (1998): Methods for the human-biometeorological assessment of climate and air hygiene for urban and regional planning. Part I: Climate. VDI 3787, Part 2. Beuth, Berlin, 29 p
WHO (2004): Heat-waves: risks and responses. Series, No 2, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 124 p
WHO (2012): World Health Organization honlapja. *http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html* [2012. március]
WMO (1992): Climatic impacts and applications. No 726, Chapter 6, 72-80
WMO (1996): Climatological Normals (CLINO) for the period 1961-1990. WMO/OMM-No 847. Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland
WN (2011): The Weather Network honlapja. *http://www.theweathernetwork.com/statistics/suncloud/cl7025250/caqc0363* [2011. július]
Wong NH, Khoo SS (2003): Thermal comfort in classrooms in the tropics. Energy Build 35, 337-351

MELLÉKLETEK
A DOLGOZATBAN HASZNÁLT RÖVIDÍTÉSEK ÁTTEKINTÉSÉHEZ

1.1. MELLÉKLET Az emberi szervezet energiaegyenlegének paraméterei

jelölés	mérték-egység	angol elnevezés	magyar elnevezés
ΔQ_S	W	storage flow of sensible heat in the body	a test érzékelhető hőtárolásának megváltozása
H	W	internal heat	belső hő
M	W	metabolic rate	metabolikus ráta (metabolikus hőtermelés)
W	W	external work (mechanical power)	külső munka
Q*	W	radiation budget (sum of the individual radiation fluxes)	sugárzási mérleg (az egyes sugárzási fluxusok előjeles összege)
K*	W	short wave radiation budget	rövidhullámú sugárzási mérleg
I	W	direct solar radiation	direkt (közvetlen) napsugárzás
D	W	diffuse solar radiation & reflected solar radiation	diffúz (szórt) napsugárzás & reflektált (visszavert) napsugárzás
L*	W	long wave radiation budget	hosszúhullámú sugárzási mérleg
E	W	thermal radiation of surrounding surfaces & atmospheric thermal radiation	körülvevő felszínek hősugárzása & légköri hősugárzás
B	W	thermal radiation of the human body	az emberi test hő(ki)sugárzása
Q_C	W	turbulent flux of sensible heat	érzékelhető hőáramlás a testfelszínről
Q_{SW}	W	turbulent flux of latent heat through evaporation of sweat	látens hőáramlás a veríték elpárolgása által
Q_D	W	turbulent flux of latent heat through diffusion of water vapor	látens hőáramlás a bőrön keresztüldiffundáló vízpára által
Q_{RES}	W	respiratory heat flux (sensible + latent)	légzéshez köthető hőáramlás (érzékelhető + látens)

1.2. MELLÉKLET A test termoreguláció szempontjából fontos paraméterei

jelölés	mérték-egység	angol elnevezés	magyar elnevezés
T_C	°C, K	core temperature	maghőmérséklet
T_{SK}	°C, K	skin temperature	bőrhőmérséklet
VP_{SK}	hPa	vapor pressure just below the skin	páranyomás (a vízgőz parciális nyomása) közvetlenül a bőr alatt
VP_C	hPa	vapor pressure at the lungs	páranyomás (a vízgőz parciális nyomása) a tüdőben
RTM	kg/s	ventilation	légcsere
v_b	(l/s) / m^2	circulatory blood flow	keringési véráram
$v_{b\text{-}SK\%}$	%	skin blood flow – % of basal value	a bőr vérárama – az alapérték %-ában kifejezve
SR	kg/s	sweat rate	verejtékprodukciós ráta
w_{SK}	%	skin wettedness % of body area	a bőrnedvesség %-os aránya a testfelületen
Q_{SK}	W	total net heat loss from the skin	a testfelületi nettó hőveszteség
M_{SHIV}	W	heat generated by shivering	reszketés által termelt hőmennyiség
A_{Du}	m^2	DuBois area (surface area of the naked body)	DuBois felszín: (a mezítelen emberi test felszíne)
m	kg	weight	testsúly
h	m	height	testmagasság
M / A_{Du}	met, W/m^2	metabolic heat production per area unit	egységnyi testfelületre eső metabolikus hőtermelés
I_{cl}	clo, $K / (W/m^2)$	thermal resistance (insulation) of clothing	ruházat hőszigetelő-képessége
η		mechanical efficiency	munkavégzés hatásfoka

1.3. MELLÉKLET Meteorológiai paraméterek

jelölés	mérték-egység	angol elnevezés	magyar elnevezés
T_a	°C, K	air temperature	léghőmérséklet
VP	hPa	vapor pressure	páranyomás (a vízgőz parciális nyomása)
RH	%	relative humidity	relatív nedvesség
v	m/s	wind velocity	szélsebesség
T_{mrt}	°C, K	mean radiant temperature	átlagos sugárzási hőmérséklet
G = K↓	W/m^2	global radiation	globálsugárzás (a napkorong illetve a teljes égbolt irányából érkező napsugárzás)

1.4. MELLÉKLET A T_{mrt} témaköréhez kapcsolódó paraméterek

jelölés	mérték-egység	angol elnevezés	magyar elnevezés
A T_{mrt} elméleti kiszámításához kapcsolódó paraméterek			
S_{str}	W/m^2	the radiation flux density absorbed by the human body	az emberi test egységnyi felülete által elnyelt sugárzási energia
I*	W/m^2	radiation intensity of the sun on a surface perpendicular to the incident radiation	a direkt napsugárzás intenzitása a beesésre merőleges felületen
D_i	W/m^2	diffuse and diffusely reflected short wave radiation (i = 1,…,n)	a szórt és a környező felszínekről szóródva visszavert rövidhullámú sugárzásu fluxusok
E_i	W/m^2	long wave radiation of the environment (atmosphere and surroundings) (i = 1,…,n)	a légkörből és a környező felszínekről kibocsátott hosszúhullámú sugárzási fluxusok
a_k		absorption coefficient for short wave radiation	rövidhullámú sugárzásra vonatkozó elnyelési együttható
a_l		absorption coefficient for long wave radiation	hosszúhullámú sugárzásra vonatkozó elnyelési együttható
ε_p		emission coefficient of the (clothed) human body (clothing and skin)	a (felöltözött) emberi test (ruházat illetve bőr) kibocsátási együtthatója
ε_i		emission coefficients of the surrounding surfaces (i = 1,…,n)	az egyes felszínek kibocsátási együtthatója
T_i	°C, K	surface temperatures of the surrounding surfaces (i = 1,…,n)	az egyes felszínek hőmérséklete
σ	$5{,}67\cdot10^{-8}$ W /(m^{4}K^4)	Stefan-Boltzmann constant	Stefan-Boltzmann állandó
F_i		angle factors (i = 1,…,n) of the surrounding surfaces	az egyes felszínekre vonatkozó láthatósági tényezők, „térszög-faktorok”
f_p		area projection factor of the human body	az emberi test kitettségi tényezője
A T_{mrt} gyakorlati meghatározása – piranométer és pirgeométer segítségével			
S_{str}	W/m^2	the radiation flux density absorbed by the human body	az emberi test egységnyi felülete által elnyelt sugárzási energia
W_i		weighting factors of the six main directions (i = 1,…,6)	a 6 fő (mérési) irányhoz rendelhető súlytényezők
L_i	W/m^2	long wave (terrestrial) radiation flux densities from six directions (i = 1,…,6)	hosszúhullámú sugárzási energiaáram-sűrűségek 6 irányból
K_i	W/m^2	short wave (solar) radiation flux densities from six directions (i = 1,…,6)	rövidhullámú sugárzási energiaáram-sűrűségek 6 irányból
a_k		absorption coefficient for short wave radiation	rövidhullámú sugárzásra vonatkozó elnyelési együttható
a_l		absorption coefficient for long wave radiation	hosszúhullámú sugárzásra vonatkozó elnyelési együttható
A T_{mrt} gyakorlati meghatározása – gömbhőmérő segítségével			
T_g	°C, K	globe temperature	gömbhőmérséklet
T_a	°C, K	air temperature	léghőmérséklet
ε_g		emission coefficient of the globe	a gömb kibocsátási együtthatója
d_g	mm	diameter of the globe	a gömb átmérője
h_{Cg}		convection coefficient of the globe	a gömb konvekciós koefficiense
v	m/s	wind velocity	szélsebesség

1.5. MELLÉKLET A termikus viszonyok hatásait leíró humán bioklimatológiai indexek, modellek

jelölés	mérték-egység	angol elnevezés	magyar elnevezés
TSV		Thermal Sensation Vote	az aktuális hőérzetet kifejező szubjektív mérőszám
PMV		Predicted Mean Vote	a hőérzet várható értéke
ET*	°C	(New) Effective Temperature	(új) effektív hőmérséklet
SET*	°C	Standard Effective Temperature	standard effektív hőmérséklet
OUT-SET*	°C	Outdoor Standard Effective Temperature	szabadtéri standard effektív hőmérséklet
PET	°C	Physiologically Equivalent Temperature	fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet
PT	°C	Perceived Temperature	érzett hőmérséklet
UTCI	°C	Universal Thermal Climate Index	univerzális termikus klíma index
KMM		Klima-Michel Model	
MEMI		Munich Energy-balance Model for Individuals	
IMEM		Instationary Munich Energy-balance Model	

1.6. MELLÉKLET Szervezetek rövidítése

rövidítés	eredeti (angol vagy német) elnevezés	magyar elnevezés
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	Amerikai Épületgépész Mérnökök Egyesülete
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Éghajlatváltozási Kormányközi Testület
ISB	International Society of Biometeorology	Nemzetközi Biometeorológiai Társaság
ISO	International Organization for Standardization	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
UNFPA	United Nations Population Fund	ENSZ Népesedési Alapja
VDI	Verein Deutscher Ingenieure	Német Mérnöki Kamara
WHO	World Health Organization	Egészségügyi Világszervezet
WMO	World Meteorological Organization	Meteorológiai Világszervezet

1.7. MELLÉKLET Projektek rövidítése

rövidítés	elnevezés
KLIMES	Development of strategies to mitigate enhanced heat stress in urban quarters due to regional climate change in Central Europe
PRUDENCE	Predicting of Regional Scenarios and Uncertainties for Defining European Climate Change Risks and Effects
RUROS	Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces
UCS	Urban Climate Space
VAHAVA	A globális klímaváltozás hazai hatásai és az arra adandó válaszok (VÁltozás–HAtás–Válaszadás)

MELLÉKLETEK
AZ IRODALMI ÁTTEKINTÉSHEZ
(A 2. FEJEZETHEZ)

2.1. MELLÉKLET A különböző ekvivalens hőmérséklet típusú indexek legfontosabb háttérkondíciói

		ET*	SET*, OUT_SET*	PET	PT	UTCI
Hivatkozás		*Gagge et al. 1971*	*Pickup and de Dear, 2000, de Dear and Pickup 2000*	*Mayer and Höppe 1987, Höppe 1999*	*Jendritzky et al. 2000, Staiger et al. 2012*	*Bröde et al. 2011, Błażejczyk et al. 2011*
Input paraméterek (aktuális környezet)		T_a, T_{mrt}, VP, v + H, I_{cl}	T_a, T_{mrt}, VP, v	T_a, T_{mrt}, VP, v	T_a, T_{mrt}, VP, v	T_a, T_{mrt}, VP, v
Standard alany		nincs	I_{cl}=f(M)	M=1,48 met I_{cl}=0,9 clo	M=2,3 met I_{cl}=0,5-1,75 clo	M=2,3 met I_{cl}=0,4-3 clo
Referencia környezet	**hőmérséklet**	T_a=ET*	T_a=SET*	T_a=PET	T_a=PT	T_a=UTCI
	hősugárzás	T_{mrt}=T_a	T_{mrt}=T_a	T_{mrt}=T_a	T_{mrt}=T_a	T_{mrt}=T_a
	nedvesség	RH=50%	RH=50%	VP=12 hPa	VP=aktuális érték	RH=50% (T_a<29°C) VP=20 hPa (T_a>29°C)
	légmozgás	v=aktuális érték	v<0,15 m/s *	v=0,1 m/s	v: enyhe szellő *	v=0,3 m/s (kb.) (v_{10m}=0,5 m/s)
Kapcsolat az aktuális és a referenciakörnyezet közt		Q_{SK}, w_{SK}	T_{SK}, w_{SK}	T_{SK}, T_C	PMV	T_{SK}, $T_{SK\text{-}face}$, T_C SR, w_{SK}, $v_{b\text{-}SK}$, M_{SHIV}
Hőháztartás modell		2-csomópontos Gagge-modell		MEMI	KMM	Fiala modell + ruházati modell

* bizonyos indexek esetében a referenciakönyezetre vonatkozó szélsebesség nem volt pontosan megadva

2.2. MELLÉKLET Nemzetközi példák városi közterületek termikus komfortviszonyainak humán monitoringgal kiegészített komplex vizsgálatára

VIZSGÁLAT			KÉRDŐÍVEK							MEGFIGYELÉSEK		MET. ÁLLOMÁS	MIKOMET. ÁLLOMÁS	INDEXEK
időpont / időszak	**helyszín**	**referencia**	**db**	**SzÉ_h**	**SzÉ_i**	**SzÉ_tk**	**SzT**	**VR**	**TH**	**TH**	**VR**	**I**	**TK**	**I v. TK**
1975 feb - 1976 feb (24 hétköznap nappali órákban)	Ausztrália - Queensland (tengerpart)	*de Freitas 1990*	?	-	összességében az aktuális időjárási viszonyok elfogadhatósága (7)	hőérzet - TSN (9) nap-perc/pref (5) szél-perc/pref (5) légnedv-perc/pref (5) komfortérzet (5)	-	-	-	-	-	-	Ta RH, VP v K↓, L↓ Ts	HEBIDEX
1997 tavasz, nyár, tél (ebédidőben 2 óra)	UK - Cambridge (4 helyszín)	*Nikolopoulou et al. 2001, Nikolopoulou and Steemers 2003*	1431	-	-	hőérzet - ASV (5)	nem, kor, rassz	ruházat, aktivitás, kitettség	-	látogatószám különböző intervallumokban	-	-	Ta RH v Tg	PMV PPD
1998 júl - 2000 aug	Ausztrália - Sydney (több szabadtéri és "részben-szabadtéri" környezet)	*Spagnolo and de Dear 2003a*	1018	-	-	hőérzet - ASH (7) hőmérs-pref (3) szél-pref (3) nap-pref (3)	nem	ruházat, ruházat színe, aktivitás	-	-	-	-	Ta RH v K↓, K↑, D↓ L↓, L↑	Top ET* OUT_SET* PT PET
2001 júli - 2002 szept (10:00 - 21:00)	Görögo. - Athén Görögo. - Thesszaloniki Olaszo. - Milánó Svájc - Fribourg Németo. - Kassel UK - Cambridge UK - Sheffield (2 helyszín / város)	*RUROS projekt (Európa-szintű projekt)* *RUROS 2011, Nikolopoulou and Lykoudis 2006, Nikolopoulou and Lykoudys 2007, Tseliou et al. 2010*	kb. 9200	fényesség-perc (5), látvány értékelése, zajszint-perc (5), zajszint értékelése, a terület vélt funkciója, zavaró tényező	-	hőérzet - ASV (5) nap-perc/pref (3) szél-perc/pref (5) légnedv-perc (3) komfortérzet (2)	nem, kor-kategória, étel/ital fogyasztás, társaság, lakhely, foglalkozás, képzettség	ruházat, aktivitás, kitettség	területi elhelyezkedés térképi jelölése, a területen tartózkodás oka, gyakorisága	(Athénban) 30 percenként pillanatnyi összlátogatószám és megoszlásuk alterületenként	aktivitás szerint, kitettség szerint	közeli meteorológiai állomásokról: Ta RH K↓ v	Ta Tw ⇨ RH v Tg	Tmrt PMV PET THI WCI
2002 júl - okt (13:00 - 15:00)	Svédország - Göteborg (1 park)	*Thorsson et al. 2004*	285	vélemény a terület kialakításáról	-	hőérzet - ASV (7) becsült hőmérséklet	nem, kor, magasság, súly, egészségi állapot (7), lakhely közelsége	ruházat, aktivitás, tartózkodási idő	területen tartózkodás oka, ideje	óránként pillanatnyi összlátogatószám	aktivitás szerint, kitettség szerint	?	Ta (4 m és 1,1 m) RH (4 m és 1,1 m) K↓ (5 m) v (5 m ⇨ 1,1 m)	Tmrt PMV
2003 ősz 2004 tél, tavasz, nyár (11:00 - 15:00) 2004 ősz, 2005 tél, tavasz, nyár (11:00 - 15:00) 2004 márc, 2005 máj (11:00 - 15:00)	Svédország - Götebotg (4 helyszín) Svédország - Lulea (3 helyszín) Japán - Matsudo (1 park, 1 tér)	*UCS projekt (Svéd projekt)* *UCS homepage, Thorsson 2008, Thorsson et al. 2007b, Eliasson et al. 2007, Knez et al. 2009, Knez and Thorsson 2006, Knez and Thorsson 2008*	kb. 6000	terület-perc: csúnya-szép (5) kellemetlen-kellemes (5) szeles-szélcsendes (5) hideg-meleg (5)	időjárás-perc: szélcsendes-szeles (5) hideg-meleg (5) szabadtéri aktivitásra alkalmas-alkalmatlan (5)	hőérzet (9)	nem, kor-kategória, magasság, súly, lakhely/munkahely közelsége, városi-vidéki attitűd (5), pillanatnyi érzelmi-perc: emelkedett-lehangolt (5) boldog-szomorú (5) nyugodt-ideges (5) aktív-passzív (5)	ruházat, aktivitás, kitettség, tartózkodási idő a szabadban ill. a területen	területi elhelyezkedés (alterület) feljegyzése, területen tartózkodás oka, ideje	20-percenként pillanatnyi összlátogatószám	aktivitás szerint, kitettség szerint	a svéd területeken a közeli tetőn mérve: K↓ Ta, v	Ta RH Tg Ts K↓ L↓ v (2 m ⇨ 1,1 m)	PET (helszíni mérések) CI (tetőről)
? év tavasz, ősz (délidőben)	Kanada - Montreál (7 helyszín)	*Stathopoulos et al. 2004*	466	vélemény a terület zajszintjéről, vélemény a terület szennyezettségéről	összességében az időjárási paraméterek alkalmas-e a saját szabadtéri tevékenységéhez (5)	hőmérs-perc (5) hőmérs-pref (5) szél-perc (5) szél-pref (5) légnedv-perc (5) légnedv-pref (5) nap-perc (5) nap-pref (5)	nem, kor	ruházat, aktivitás	-	-	-	-	Ta (0,5-1 m) RH (0,5-1 m) K↓ (5 m) v (2 m)	-
2006 tavasz, nyár, ősz 2007 tél, nyár (11 nap)	Portugália - Lisszabon (2 folyóparti terület)	*Oliveira and Andrade 2007, Andrade et al. 2011*	943	-	-	hőmérs-perc (4) hőmérs-pref (5) szél-perc (4) szél-pref (5) légnedv-perc (4) légnedv-pref (5) nap-perc (4) nap-pref (5) komfortérzet (4)	nem, kor, testalkat, bőrszín, dohányzás, születési hely, lakhely, foglalkozás, honnan érkezett a területre, társaság, egészségi állapot (4), egészségi állapotra vonatkozó specifikus kérdések	ruházat, aktivitás, kitettség, testhelyzet, tartózkodási idő	területen tartózkodás oka, ideje, gyakorisága	-	-	-	1,5 m-en mérve Ta RH v Ki Li	v_χ Kb Tmrt PMV SET* PET
2007 ápr - 2008 febr (13:00 - 18:00)	Tajvan - Taichung City (1 tér)	*Lin 2009*	505	-	-	hőérzet - TSV (7) hőmérs-pref (3) szél-perc (7) szél-pref (3) légnedv-perc (7) légnedv-pref (7) komfortérzet (7) elfogadhatóság (2)	nem, kor	ruházat, aktivitás, túl forró termikus viszonyok esetén potenciálisan milyen alkalmazkodási reakciói lennének	területen tartózkodás oka	10-percenként pillanatnyi összlátogatószám ⇨ 30-perces átlagértékek válogatás: hétvége, 16:00-17:00	-	1 km-re lévő meteorológiai állomás: VP borultság napfénytartam	Ta RH v Tg K↓	Tmrt PET
2000 júl 10-11. (12:00-12:00)	Izrael - Yotava kibuc (4 mintaterület)	*Becker et al. 2003*	36 diák többször kérdezve	-	-	hőérzet (7+1)	nem, kor	meghatározott kitettség, tartózkodási idő, ruházat mindenkin	30 perces kitettség	-	-	K↓	Ta (2 m) RH (2 m) v (2 m) Ts	Tmrt PMV DISC
? év nyár, tél (6 óra / mérési nap)	Brazília - Sao Paulo (3 mintaterület)	*Monterio and Alucci 2009*	950	-	-	hőérzet - TSV (7) hőmérs-pref (3) komfortérzet (4)	nem, kor, magasság, súly, lakhely	ruházat, aktivitás, meghatározott kitettség, tartózkodási idő	-	-	-	napon 10m Ta RH v K↓	Ta RH v Tg	Tmrt

A táblázat utolsó két sorában szereplő vizsgálat nem városi közterületek látogatóival folytatott interjúkon alapult, hanem előzetesen felkészített személyekre alapozott esettanulmányokon.

A szubjektív értékelésekkel (SzÉ_h, SzÉ_i, SzÉ_tk), illetve személyes tényezőkkel (SzT) kapcsolatos oszlopokban a zárójelben szereplő számok az alkalmazott skálák fokbeosztását jelölik.

Az időjásással (I) és a termikus környezettel (TK) kapcsolatos oszlopokban szereplő eddig nem használt rövidítések jelentése a következő:

Mért paraméterek

- K↓ [W/m^2]: a felső hemiszféra felől érkező teljes rövidhullámú fluxus (globálsugárzás; G-vel jelölöm a saját vizsgálataim során)
- D↓ [W/m^2]: a felső hemiszféra felől érkező, légköri részecskéken szóródott rövidhullámú fluxus (diffúz sugárzás)
- L↓ [W/m^2]: a felső hemiszféra felől érkező teljes hosszúhullámú fluxus (atmoszférikus háttérsugárzás)
- K↑ [W/m^2]: az alsó hemiszféra felől érkező teljes rövidhullámú fluxus (reflex sugárzás)
- L↑ [W/m^2]: az alsó hemiszféra felől érkező teljes hosszúhullámú fluxus (felszín kisugárzása)
- T_w [°C]: nedveshőmérséklet
- T_s [°C]: felszínhőmérséklet

Számított paraméterek

- T_{op} [°C]: operatív hőmérséklet (a T_a és a T_{mrt} súlyozott átlaga)
- CI: égbolt-tisztasági index (Clearness index): a globálsugárzás aktuális és az adott időpontban lehetséges maximális értékének aránya (= K↓/ $K_{\downarrow max}$)
- Kb [W/m^2]: az emberi test által felülről, valamint D-i és Ny-i irányból kapott rövidhullámú fluxus
- $v\chi$: egy, a szélsebesség maximális értékét és változékonyságának mértékét kombináló paraméter

Számított bioklíma-indexek

- HEBIDEX *de Freitas* (*1990*) által alkalmazott komfortindex
- DISC a diszkomfort *Gagge* (*1986*) által definiált mértéke
- THI termohigrometrikus index
- WCI szélcsípősség index

2.3. MELLÉKLET Az ausztrál projekt során alkalmazott kérdőív (*SPAGNOLO AND DE DEAR 2003A*)

Outdoor Thermal Comfort Questionnaire

NOTE: This questionnaire is entirely voluntary. If you do not wish to complete it, or any part of it, you are under no obligation to do so

Date: ___/___/___ Time: ___:___ am/pm Gender: Male / Female

Question 1: **TEMPERATURE**
Dressed as you are at the moment, please tick the scale to indicate how **YOU** currently feel.

Cold — *Cool* — *Slightly Cool* — *Neutral* — *Slightly Warm* — *Warm* — *Hot*

Would you like to be (circle appropriate answer)?

Warmer *No change* *Cooler*

Question 2: **WIND**
Would you like (circle appropriate answer):

More air movement *No change* *Less air movement*

Question 3: **SUN**
Would you like (circle appropriate answer):

More sun *No change* *more shade*

Question 4: **CLOTHING**

Circle ALL the items closest to what you are wearing at this moment:

Shorts OR short skirt
Jumper AND/OR Jacket
Short sleeved shirt
Shoes AND/OR socks
Jeans OR other long pants OR long skirt
Vest OR singlet top
Long sleeved shirt
Sandals OR thongs

Are your clothes mainly LIGHT or DARK in colour (circle appropriate answer).

Question 5: **ACTIVITY**

For the last half hour have you been mainly (circle appropriate answer):

Sleeping *Sitting* *Standing* *Walking*

2.4. MELLÉKLET A kanadai projekt során alkalmazott kérdőív lepublikált részlete a termikus környezet szubjektív értékelésével kapcsolatban (*STATHOPOULOS ET AL. 2004*)

Please circle **one** number to indicate the level at which you **agree or disagree** with the following statements regarding the present weather conditions at this place.

Considering the **time & season**	*Disagree*		*Uncertain*		*Agree*
• the wind force is strong.	-2	-1	0	1	2
• the air temperature is high.	-2	-1	0	1	2
• the air is humid.	-2	-1	0	1	2
• the solar radiation is warm.	-2	-1	0	1	2

Overall, the weather conditions	*Disagree*		*Uncertain*		*Agree*
are acceptable for your activity.	-2	-1	0	1	2

Considering your activity and clothing, it would be (more) comfortable, should	*Lower*		*Unchanged*		*Higher*
• the wind force be	-2	-1	0	1	2
• the air temperature be	-2	-1	0	1	2
• the humidity be	-2	-1	0	1	2
• the solar radiation be	-2	-1	0	1	2
	Lower		*Unchanged*		*Higher*

2.5. MELLÉKLET A brazil tanulmányában lepublikált kérdőív-részlet a termikus környezet szubjektív értékelésével kapcsolatban (*MONTERIO AND ALUCCI 2009*)

1. At this precise moment, I am feeling:

( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
very cold	cold	cool	neutral	warm	hot	very hot

2. I find this:

( )	( )	( )	( )
comfortable	slightly uncomfortable	uncomfortable	very uncomfortable

2.6. MELLÉKLET A portugál projekt során alkalmazott kérdőív (*OLIVEIRA AND ANDRADE 2007*)

1. Sex	
F	
M	

2. Exposure	
Sun	
Shade	

3. Company	
Alone	
Not alone	

4. Activity	
Rest	
Read/ Write	
Talk	
Walk slowly	
Walk fast	
Other:	

5. Clothing	
A	
B	
C	
Extra – elements	
Long coat	
Thick coat	
Thick sweater	
Boots	
Sleeveless coat	
Scarf	
Hat	
Gloves	
Skirt	
Short sleeves	
Shorts	
Other:	

6. Position		
Standing		
Sitting	Bench	
	Grass	
	Floor	
	Other	
Lying down	Bench	
	Grass	
	Floor	
	Other	

7. Other char.	
Pale skin	
Dark skin	
Fat	
Thin	

8. Age	

9. Place of birth

10. Residency

11. For how long

12. Professional activity

13. Do you smoke?	
Yes	
No	

14.For how long have you been in this place	
< 5 min	
5 to 15 min	
15 to 30 min	
30 min to 1 hour	
> 1 hour	

15. Where were you before coming here (last hour)	
Own car	
Public transport	
Inside a building	
At home	
On the street/outside	
Other:	

16. Reasons to be in this place			
Rest		Passage to another place	
Walking by		Taking care of children	
Recreational activity		Shopping	
Meeting friends		Other:	
Work (break time)			

17. How often do you come here?	
First time	
1 or 2 times per year/occasionally	
1 or 2 times per year	
1 or 2 times per week	
More than 2 times per week	

18.1. Do you have any of these diseases?			
Asthma		Rheumatism	
Bronchitis		Arthritis	
Rhinitis		Another bone-related disease	
Pulmonary obstructive disease		Eczema	
Another respiratory disease		Another skin problem	
Other Allergy		Cardiac/cardiovascular disease	
Diabetics		Other	

18.2. How do you feel now in relation to your health conditions?	
Very uncomfortable, symptoms aggravated	
Uncomfortable, disease manifestation	
Well, comfortable	
Very well, no symptoms	

18.3. What type of weather aggravates your health conditions?									
a. Temperature		b. Humidity		c. Solar radiation		d. Wind		e. Precipitation	
Cold/cool		Dry		Gloomy		No wind		No rain	
Warm/pleasant		Neutral		Pleasant		Pleasant		Raining	
Hot		Humid		Sun is a little strong		Windy		Heavy rain	
Very hot		Very humid		Sun is too strong		Very windy		Thunderstorm	

19. At this moment, how do you feel the weather parameters in this area?							
a. Temperature		b. Humidity		c. Solar radiation		d. Wind	
Cold/cool		Dry		Gloomy		No wind	
Warm/pleasant		Neutral		Pleasant		Pleasant	
Hot		Humid		Sun is a little strong		Windy	
Very hot		Very humid		Sun is too strong		Very windy	

20. What is the most unpleasant weather parameter at this moment?	
a. Temperature	
b. Humidity	
c. Solar radiation	
d. Wind	
e. None	

21. How do you feel overall?	
Very uncomfortable	
Uncomfortable	
Comfortable	
Very Comfortable	

22. Do you think the climatic conditions would improve if:					
Parameters	Much lower	Lower	The same	Higher	Much higher
a. Temperature					
b. Humidity					
c. Solar radiation					
d. Wind					

2.7. MELLÉKLET Az UCS projekt során alkalmazott kérdőív (*THORSSON ET AL. 2007B*)

Interview

Place:	Sub-space:	Date:	Weekday:	Time:	Signature:

Activity (before the interview): ☐ Lying ☐ Sitting ☐ Standing ☐ Walking Sun / Shade

Clothing: Pants or skirt :(long /medium/ short) Sweater or jacket: (thick/thin) Coat: (long/short) Shirt: (long/short)

Personal background:

Sex: ☐ M ☐ F

Age: ☐ ≤ 20 ☐ 21-35 ☐ 36-50 ☐ 51-65 ☐ 66-80 ☐ > 80

☐ Live in the neighbourhood ☐ Work in the neighbourhood ☐ Neither of them

1. How often do you pass or linger on in this place?

☐ Daily ☐ Several times/week ☐ A few times/week ☐ A few times/month ☐ Rarely ☐ First time

2. What is the most important reason for being in this place?

☐ *I am on my way home from or to* work, school, store or any other place ☐ ☐ *Both* ☐ ☐ *I am outside to* exercise, get some fresh air, see other people, relax.

3. How long have you been outdoors? _____ **in this area?** _____

4. How do you experience the current weather today?

Calm	☐	☐	☐	☐	☐	Windy
Cold	☐	☐	☐	☐	☐	Warm
Good for outdoor activity	☐	☐	☐	☐	☐	Bad for outdoor activity

5. How do you experience the place just now?

Ugly	☐	☐	☐	☐	☐	Beautiful
Unpleasant	☐	☐	☐	☐	☐	Pleasant
Draughty, windy	☐	☐	☐	☐	☐	Calm
Cold	☐	☐	☐	☐	☐	Warm

6. How do you feel just now in this place?

Elated	☐	☐	☐	☐	☐	Bored
Glad	☐	☐	☐	☐	☐	Gloomy
Calm	☐	☐	☐	☐	☐	Nervous
Active	☐	☐	☐	☐	☐	Passive

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Very cold	Cold	Cool	Slightly cool	Comfortable	Slightly warm	Warm	Hot	Very hot

7. "How much urban-person (take pleasure from the street-life, the shops, the amusements of the city) **and country-person** (take pleasure from the see, the woods, the nature) **are you?**

More of an urban person	☐	☐	☐	☐	☐	Country person

2.8. MELLÉKLET A RUROS projekt során alkalmazott kérdőív (*RUROS 2011*)

A. OBSERVATIONS

Description of subject: date - time
location in space (indicate on map below)
activity

Circle where appropriate

- Age group: child, teenager, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, >65
- Sex: Male, Female
- Clothing: - T-shirt, (sleeveless/short/long) shirt, (cotton/woollen) jumper, sweatshirt
  - shorts, trousers, jeans, skirt (long, short), dress (short/long, no/short/long sleeves)
  - vest, cardigan, jacket (denim/cotton, wool), raincoat, overcoat, tie
  - umbrella
- Cap/hat , Sunglasses
- Earphone
- Food/drink consumption: a) Cold drink b) Hot drink c) Food
- Interviewee is there: 1) Alone 2) With 1 person 3) With more than 2 persons 4) With a dog
- Interviewee presently stay in sunlight: 1) Yes 2) No
- Person making movements to screen his/her eyes from excessive light (e.g. moving hands above the eyes, rotating or bending the head, blinking)
  1) Yes 2) No
- Interviewee performing a reading or writing task just before the interview:
  1) Yes 2) No
- Interviewee watching something distant (i.e. >10m away) just before the interview: 1) Yes 2) No
- Which direction sector is the Interviewee presently looking at?

Map of the Case Study Site

B. QUESTIONS

- At the moment, do you find it:

very cold	cool	neither cool nor warm	Warm	very hot

- What do you think of the **sun** at this moment? *(only asked if sunny)*

you'd prefer more	OK	too much sun

- What do you think of the **wind** at this moment?

stale	Little wind	OK	Windy	too much wind

- What do you think of the **humidity** at this moment?

damp	OK	dry

- Are you feeling **comfortable**?

yes	no

- What do you think of the **luminous appearance** of this space?

very dark	Dark	neither dark nor bright	Bright	very bright

- Do any surfaces appear noticeably **glaring** to you? *(Some answers may not apply for certain cases)*

No					
Ground or pavement	Surrounding buildings	Vegetation	Water surface	Urban furniture	Canopy or sky

- Does the **view** from your position affects your appreciation of this site?

negatively	not at all	positively

- What is your general feeling towards the **sound level** in this space at this moment?

very quiet	quiet	neither quiet nor noisy	Noisy	Very noisy

- How would you describe the **acoustic** environment at your **home**?

very quiet	quiet	neither quiet nor noisy	Noisy	Very noisy

- Classify the **4** predominant of the following sounds by ***'annoyance', 'neither favour nor annoyance', 'favour'*** *(Choose 4 sounds only according to the site)*

Twittering of birds (A, N, F)	Speaking from surrounding people (A, N, F)	Vehicle parking (A, N, F)
Bells of church (A, N, F)	Music played on street (A, N, F)	Passenger cars (A, N, F)
Murmurs of water (A, N, F)	Bells or music from clock (A, N, F)	Passenger buses (A, N, F)
Pedestrian crossing (A, N, F)	Music from passenger cars (A, N, F)	Music from stores (A, N, F)
Insects sound (A, N, F)	Children's shouting (A, N, F)	Constructions (A, N, F)

- Why have you come here?.....
- Where were you before you came here? .....
- How frequently do you use the space? 1) per day.... 2) per week... 3) per month...4) per year…
- Is there something you don't like in the area? .....
- What is the use of open space according to your opinion? .....
- Are you local inhabitant? 1) Yes 2) No (Where are you from?.....)
- Are you a? 1) pupil/student 2) working person 3) pensioner 4) housekeeper 5) other*…… (* ask if tourist and additionally note here)
- What is your educational level? 1) primary school 2) secondary school 3) higher education

2.9. MELLÉKLET A speciálisan város-bioklimatológiai felmérésekhez kialakított, egyedi gyártmányú mikrometeorológiai állomások néhány példája (képek forrása: *RUROS 2011, LINDBERG 2004, THORSSON ET AL. 2007B, OLIVEIRA AND ANDRADE 2007, MAYER 2008*),

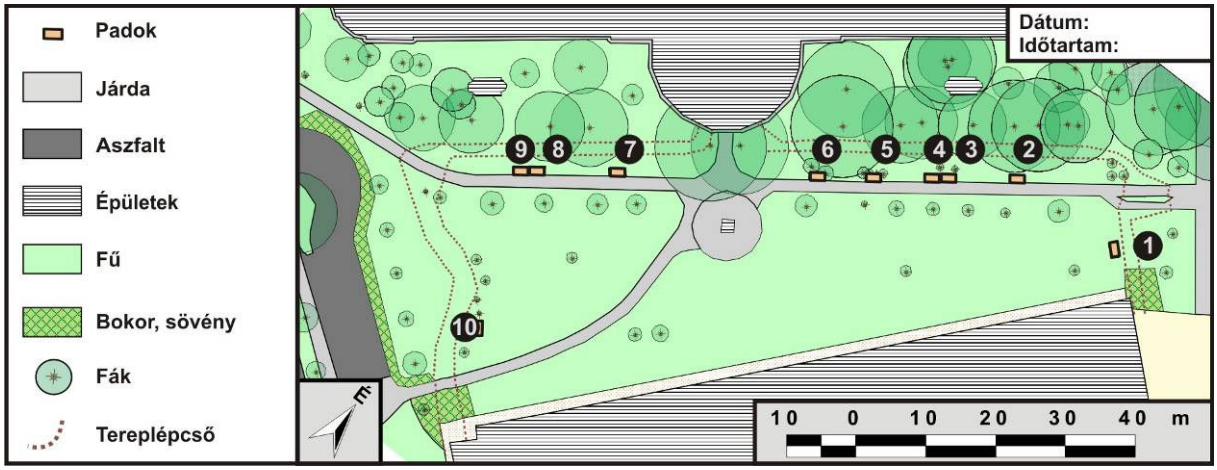
2.10. MELLÉKLET A termikus környezet paramétereinek függvényében a területhasználatot és a látogatók viselkedési reakcióit tanulmányozó vizsgálatok

Időpont / időszak	Helyszín	Referencia	Megfigyelések	Megjegyzés	Területhasználat (TH) vs. termikus környezet	Viselkedési reakciók vs. termikus környezet
1997 tavasz, nyár, tél (ebédidőben 2 óra)	UK - Cambridge (4 közterület)	*Nikolopoulou et al. 2001*	különböző intervallumokban	mobil állomás - helyzete az interjúkhoz kötődik a ruházati adatok kérdőívkből	TH vs. Tg	ruházat vs. Ta
2001 júl - 2002 szept (10:00 - 21:00)	RUROS projekt - 7 város (2-2 helyszín / város)	*Nikolopoulou and Lykoudys 2006*	vszg. 30 percenként		-	ruházat vs. Ta ruházat vs. Ta, v
2001 júl - 2002 máj (10:00 - 21:00)	Görögország - Athén (1 tér, 1 parti sétány)	*Nikolopoulou and Lykoudys 2007*	30 percenként	lokális meteorológiai állomás adatai	TH vs. Ta TH vs. v TH vs. K↓	elhelyezkedés vs. Ta elhelyezkedés vs. v
2002 júl (13:00 - 15:00)	Svédország - Göteborg (1 park)	*Thorsson et al. 2004*	fotó alapján óránként	helyszíni fix állomás a napon a ruházati adatok kérdőívekből	TH vs. Tmrt	ruházat vs. Tmrt kitettség vs. Tmrt
2003 okt, 2004 jan, ápr, jún (11:00 - 15:00)	Svédország - Göteborg (4 közterület)	*Eliasson et al. 2007*	20 percenként	helyszínközeli meteorológiai állomás adatai	TH vs. Ta TH vs. v TH vs. CI	-
2004 márc, 2005 máj (11:00 - 15:00)	Japán - Matsudo (1 park, 1 tér)	*Thorsson et al. 2007b*	20 percenként	helyszíni fix állomás a terület legnyitottabb pontján	TH vs. Ta TH vs. PET	kitettség vs. Ta
2007 ápr - 2008 febr (13:00 - 18:00)	Tajvan - Taichung City (1 tér)	*Lin 2009*	fotó alapján 10 percenként, félórás átlagok	helyszíni fix állomás a napon a ruházati adatok kérdőívekből	TH vs. Ta TH vs. Tmrt TH vs. PET	ruházat vs. PET

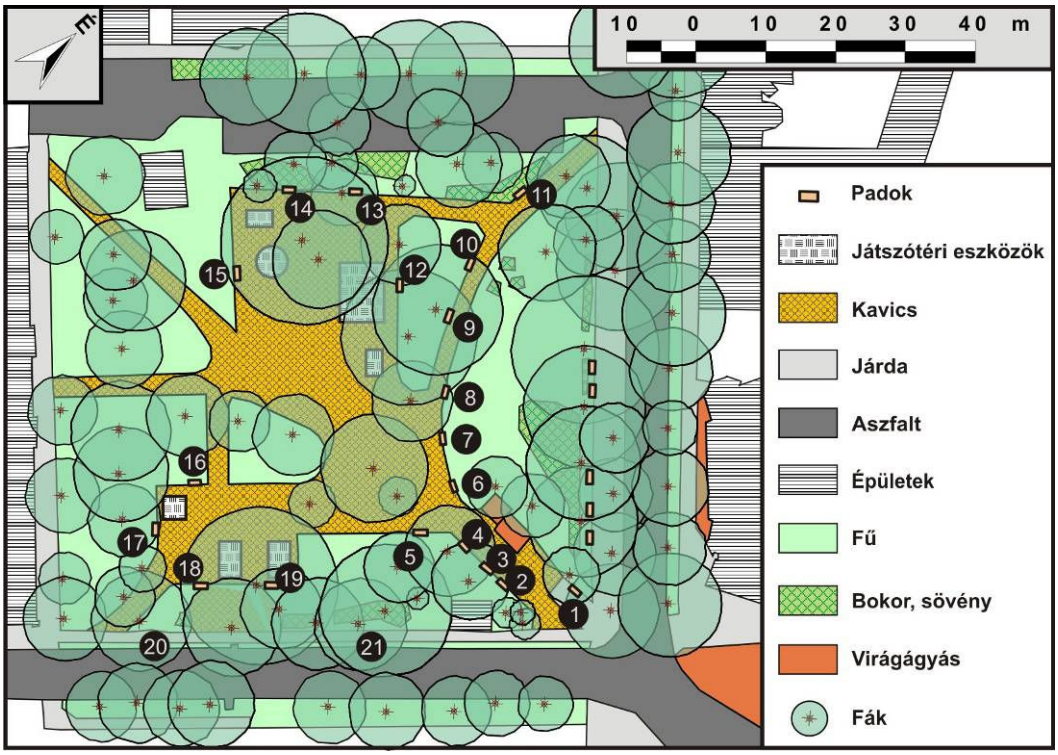
TH: területhasználat
T_a [°C]: léghőmérséklet
T_g [°C]: gömbhőmérséklet
T_{mrt} [°C]: átlagos sugárzási hőmérséklet
K↓ [W/m^2]: globálsugárzás
CI: égbolttisztasági index (clearness index): a globálsugárzás aktuális és az adott időpontban lehetséges maximális értékének aránya (= K↓/ $K\downarrow_{max}$)
PET [°C]: fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet

MELLÉKLETEK
A SZEGEDI PROJEKTTEL KAPCSOLATBAN
(A 3. FEJEZETHEZ)

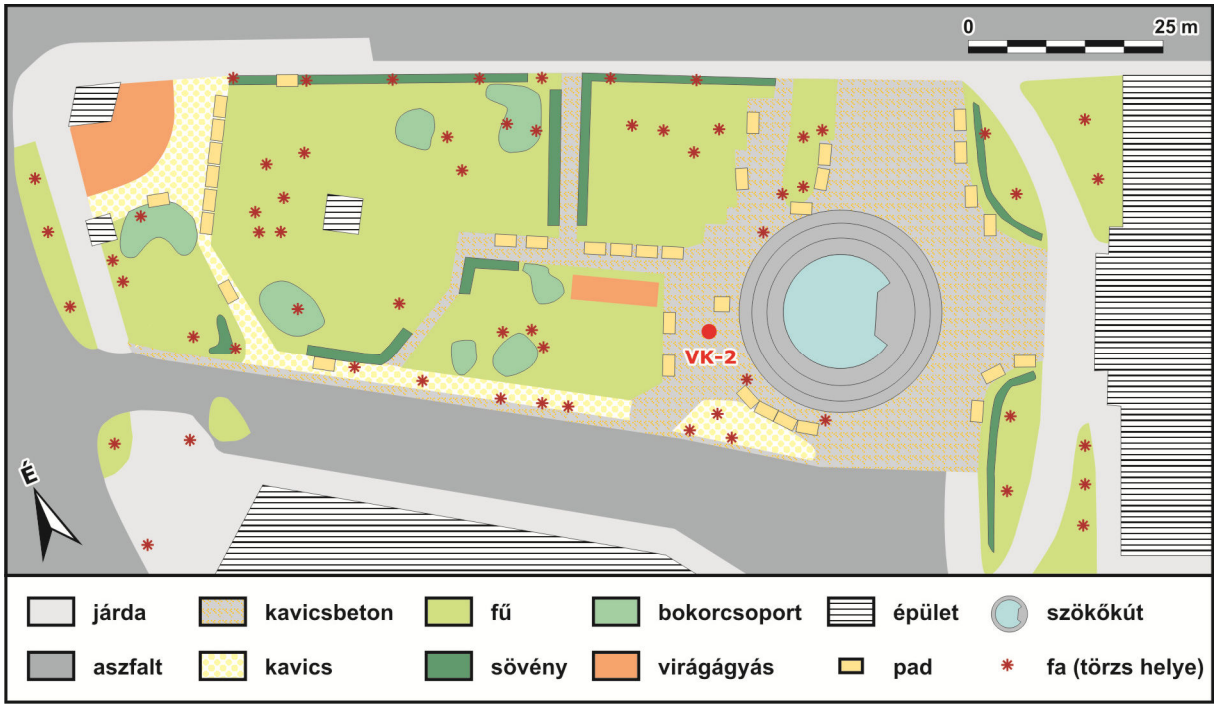
3.1. MELLÉKLET Az Ady téren lévő mintaterület térképe (a helyszíni megfigyelési térképek fekete-fehérek voltak, s a padok sorszámait jelölő számok, valamint a fák lombkoronái nem szerepeltek rajtuk)



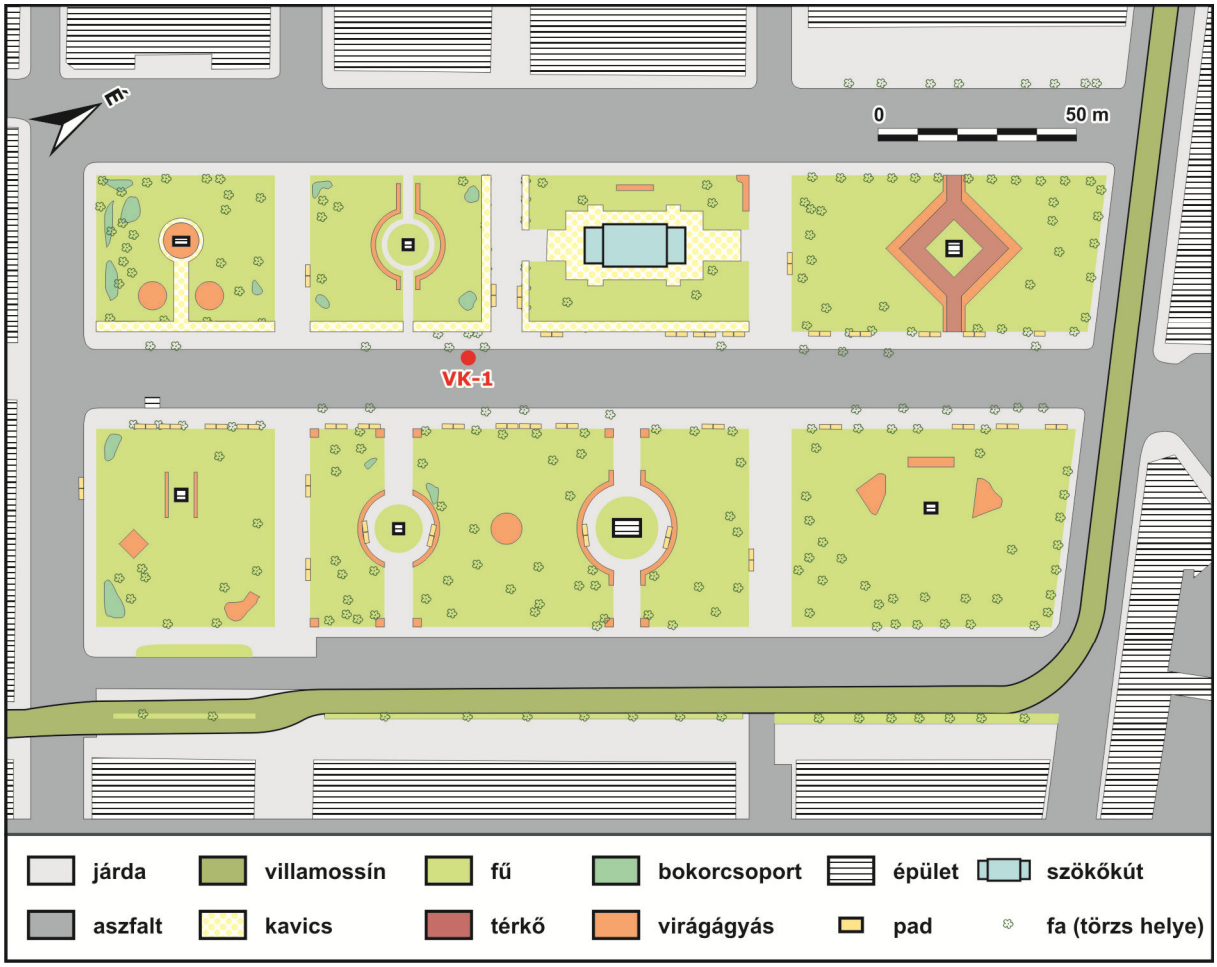
3.2. MELLÉKLET A Honvéd téren lévő mintaterület térképe – a helyszíni megfigyelési térképek fekete-fehérek voltak (a fekete körökben lévő számok a vizsgálatba bevont padok sorszámait jelentik)



3.3. MELLÉKLET A Dugonics téren lévő mintaterület térképe (a megfigyelési térképek fekete-fehérek voltak; VK-2 jelölöli a mobil állomás helyzetét a 2011-es tavaszi felmérések során)

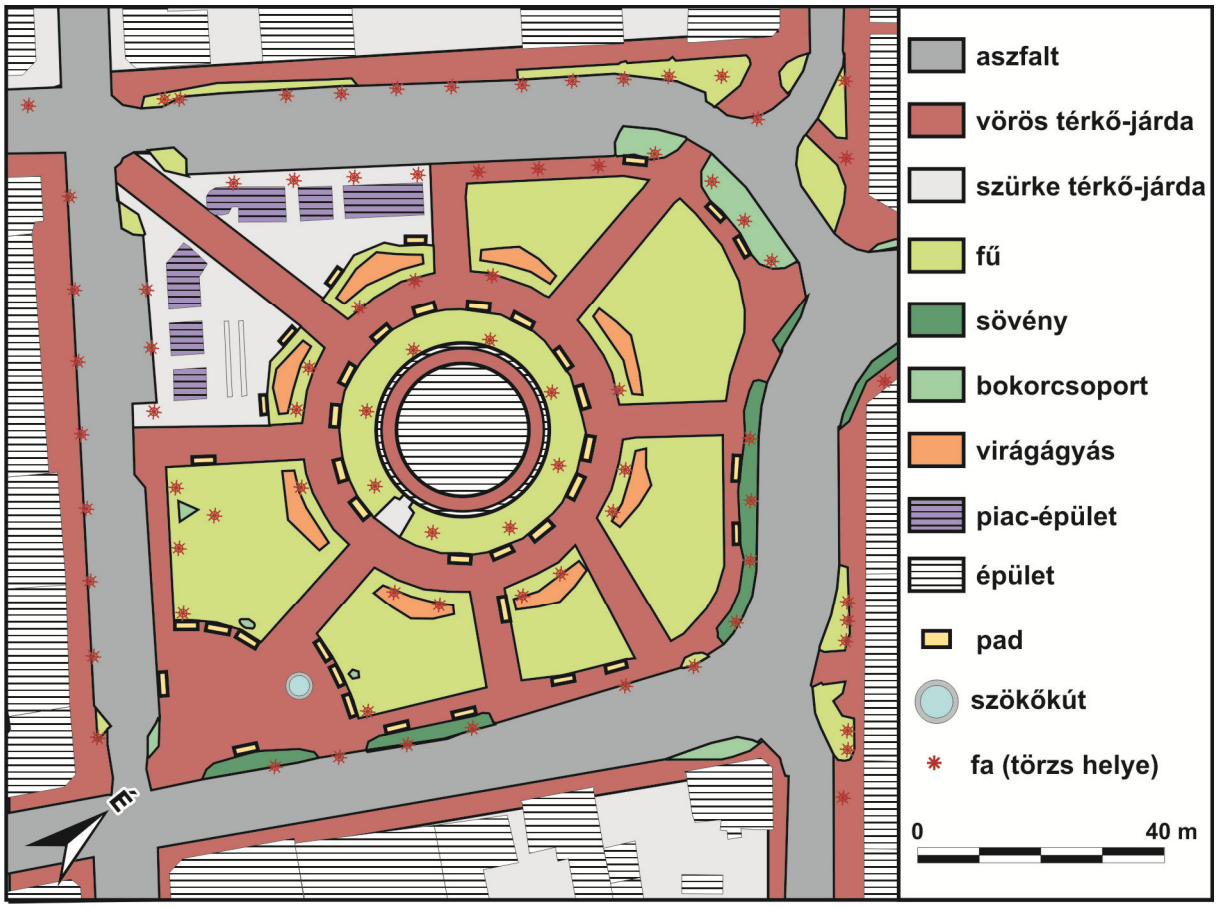


3.4. MELLÉKLET A Széchenyi téren lévő mintaterület térképe (a megfigyelési térképek fekete-fehérek voltak VK-1 jelöli a mobil állomás helyzetét a 2011-es tavaszi felmérések során)

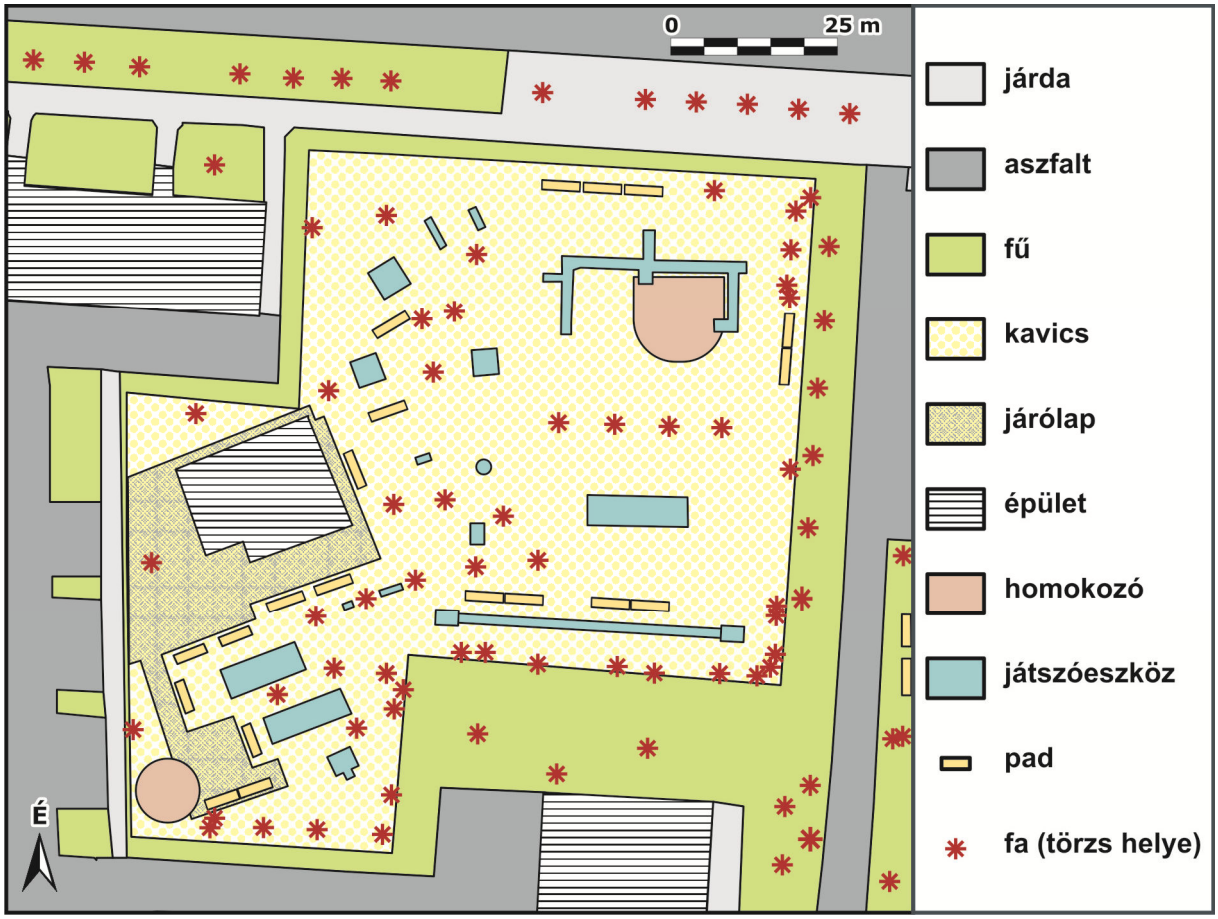


3.5. MELLÉKLET A Kárász utcához kötődő mintaterület térképe (a megfigyelési térképek fekete-fehérek voltak)

3.6. MELLÉKLET A Szt. István téren lévő mintaterület térképe (a megfigyelési térképek fekete-fehérek voltak)



3.7. MELLÉKLET A Retek utcán lévő mintaterület térképe (a megfigyelési térképek fekete-fehérek voltak)



3.8. MELLÉKLET A szegedi projekt során tervezett és megvalósult felmérési napok teljes jegyzéke az I. és a II. mérési kampány idején

I-es kampány 12:00 - 15:00 kedd szerda csütörtök			MEGFIGYELÉSEK				KÉRDŐÍVEZÉS
			ADY TÉR		HONVÉD TÉR		ADY vagy HONVÉD
			Pillanatnyi látogatottság (látogatók száma minden **10. percben**)	Részletes felmérés (**30 perces** intervallum alatt)	Pillanatnyi látogatottság (látogatók száma minden **10. percben**)	Részletes felmérés (**15 perces** intervallum alatt)	A helyszíni mikrometeorológiai mérésekkel egy időben (**VK1** állomás)
			nap / félárnyék / árnyék	térkép és adattábla a személyes paraméterekről	aktív / passzív	adattábla a személyes paraméterekről (csak az ülő látogatókra)	
2008 tavasz	2008-04-08	K					
	2008-04-09	SZ					
	2008-04-10	CS		x			
	2008-04-15	K	x	x			
	2008-04-16	SZ	x	x			
	2008-04-17	CS	x	x			
	2008-04-22	K	Föld napja				
	2008-04-23	SZ	x	x			
	2008-04-24	CS	x	x			
	2008-04-29	K	x	x			
	2008-04-30	SZ	x	x			
	2008-05-01	CS	Május 1 - ünnep				
	2008-05-06	K	x	x			
	2008-05-07	SZ	x	x			
	2008-05-08	CS	x	x			
	2008-05-13	K	x	x			
	2008-05-14	SZ	x	x			
	2008-05-15	CS	x	x			
2009 tavasz	2009-04-07	K	x	x	x	x	
	2009-04-08	SZ	x	x	x	x	
	2009-04-09	CS	x	x	x	x	
	2009-04-14	K	Tavaszi szünet				
	2009-04-15	SZ					
	2009-04-16	CS					
	2009-04-21	K	x	x	x	x	
	2009-04-22	SZ	x	Föld napja	x	x	
	2009-04-23	CS	x	x	x	x	
	2009-04-28	K	x	x	x	x	
	2009-04-29	SZ	x	x	x	x	
	2009-04-30	CS	x	x	x	x	
	2009-05-05	K	x	x	x	x	
	2009-05-06	SZ	x	x	x	x	
	2009-05-07	CS	x	x	x	x	
	2009-05-12	K	x	x	x	x	
	2009-05-13	SZ	x	x	x	x	
	2009-05-14	CS	x	x	x	x	
2009 ősz	2009-09-08	K	x	x	x	x	A
	2009-09-09	SZ	x	x	x	x	A
	2009-09-10	CS	x	x	x	x	A
	2009-09-15	K	x	x	x	x	A
	2009-09-16	SZ	x	x	x	x	H
	2009-09-17	CS	x	x	x	x	H
	2009-09-22	K	x	x	x	x	A
	2009-09-23	SZ	x	x	x	x	H
	2009-09-24	CS	Esélyegyenlőségi nap		x	x	A
	2009-09-29	K	x	x	x	x	H
	2009-09-30	SZ	x	x	x	x	
	2009-10-01	CS	x	x	x	x	A
	2009-10-06	K	x	x	x	x	A
	2009-10-07	SZ	x	x	x	x	A
	2009-10-08	CS	x	x	x	x	H
2010 tavasz	2010-03-30	K	x	x	x	x	
	2010-03-31	SZ	Baszki napok		x	x	A
	2010-04-01	CS	x	x	x	x	H
	2010-04-06	K	Tavaszi szünet				
	2010-04-07	SZ					
	2010-04-08	CS					
	2010-04-13	K	x	x	x	x	
	2010-04-14	SZ	x	x	x	x	
	2010-04-15	CS	x	x	x	x	H
	2010-04-20	K	x	x	x	x	H
	2010-04-21	SZ	x	x	x	x	A
	2010-04-22	CS	x	x	x	x	A
	2010-04-27	K	x	x	x	x	A
	2010-04-28	SZ	x	x	x	x	A
	2010-04-29	CS	x	x	x	x	A
	2010-05-04	K	x	x	x	x	H
	2010-05-05	SZ	x	x	x	x	H
	2010-05-06	CS	x	x	x	x	H
	2010-05-11	K	x	x	x	x	A
	2010-05-12	SZ	x	x	x	x	H
	2010-05-13	CS	x	x	x	x	H

II-es kampány 10:00 - 18:00 különböző hétköznapokon			MEGFIGYELÉSEK (látogatók **pillanatnyi** száma minden **30.** perceben szektorok és kitettség szerint) KÉRDŐÍVEZÉS és HELYSZÍNI MIKROMETEOROLÓGIAI MÉRÉSEK (VK1 és VK2 állomás)					
			SZÉCHENYI	DUGONICS	HONVÉD	SZT. ISTVÁN	RETEK	KÁRÁSZ
2011 tavasz	2011-03-29	K	VK1	VK2				
	2011-03-30	SZ	VK1	VK2				
	2011-04-05	K	Tavaszi szünet					
	2011-04-06	SZ						
	2011-04-12	K	VK1	VK2				
	2011-04-13	SZ	VK1	VK2				
	2011-04-19	K	VK1	VK2				
	2011-04-20	SZ	VK1	VK2				
	2011-04-26	K	VK1	VK2				
	2011-04-27	SZ	VK1	VK2				
	2011-05-03	K	VK1	VK2				
	2011-05-04	SZ	VK1	VK2				
	2011-05-10	K	VK1	VK2				
	2011-05-11	SZ	VK1	VK2				
2011 nyár	2011-06-22	SZ			VK1 - VK2			
	2011-07-04	H			VK1 - VK2			
	2011-07-08	P				VK1 - VK2		
	2011-07-12	K					VK1 - VK2	
	2011-08-03	SZ				VK1 - VK2		
	2011-08-04	CS					VK1 - VK2	
	2011-08-22	H						VK1 - VK2
	2011-08-23	K						VK1 - VK2
2011 ősz	2011-09-12	H					VK1 - VK2	
	2011-09-13	K						VK1 - VK2
	2011-09-19	H					VK1 - VK2	
	2011-09-20	K						
	2011-09-26	H					VK1 - VK2	
	2011-09-27	K						VK1 - VK2
	2011-10-03	H					VK1 - VK2	
	2011-10-04	K						VK1 - VK2
	2011-10-10	H					VK1 - VK2	
	2011-10-11	K						
	2011-10-17	H					VK1 - VK2	
	2011-10-18	K						VK1 - VK2
	2011-10-24	H						
	2011-10-25	K						VK1 - VK2

3.9. MELLÉKLET A pillanatnyi látogatottság felmérésére szolgáló megfigyelési táblázatok az Ady és a Honvéd téren az I. kampány idején

ADY TÉR

n = napos f = felhős tb = teljesen borús

Dátum:	Nap:

Időpont	Emberek száma				Napsütés
	Összesen	Napon	Félárnyék	Árnyékban	
12:05					
12:15					
12:25					
12:35					
12:45					
12:55					
13:05					
13:15					
13:25					
13:35					
13:45					
13:55					
14:05					
14:15					
14:25					
14:35					
14:45					
14:55					

HONVÉD TÉR

Dátum:

Nap:

Időpont	Emberek száma	
	aktív	passzív
12:05		
12:15		
12:25		
12:35		
12:45		
12:55		
13:05		
13:15		
13:25		
13:35		
13:45		
13:55		
14:05		
14:15		
14:25		
14:35		
14:45		
14:55		

3.10. MELLÉKLET A részletes megfigyelések során alkalmazott megfigyelési táblázatok az Ady téren

Dátum: Időtartam:	Nap:	ADY TÉR

		Elhelyezkedés						Ruházat			
	Aktivitás	Nem padon	Padon	Pozíció	Napsütés	Nem	Kor	Felsőtesten	Alsótesten	Lábbeli	Egyéb
1	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
2	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
3	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
4	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
5	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
6	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
7	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
8	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
9	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
10	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
11	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
12	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
13	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
14	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
15	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
16	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
17	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
18	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
19	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
20	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
21	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
22	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
23	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
24	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
25	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
26	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
27	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
28	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
29	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
30	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
31	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
32	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
33	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
34	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
35	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
36	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
37	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
38	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
39	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
40	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
41	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
42	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
43	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
44	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
45	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
46	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
47	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
48	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
49	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
50	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
51	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
52	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
53	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
54	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	
55	J S Á Ü F	Z TT TA F J		N F Á		F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz	

	AKTIVITÁS
J	játszik
S	sétál
Á	áll
Ü	ül
F	fekszik
	ELHELYEZKEDÉS
Z	zöld területen
TT	töltés tetején
TA	töltés alján
F	idős fák alatt
J	járdán
	POZÍCIÓ
N	napon
F	félárnyékban
Á	árnyékban
	NAPSÜTÉS
	n = napos
	f = felhős
	tb = teljesen borús
	NEM
F	férfi
N	nő
	KOR
GY	gyerek
F	fiatal
K	középkorú
I	idős
	RUHA
	Felsőtesten
vk	vastag kabát
tk	tavaszi kabát
m	mellény
i	ing
hu	hosszúujjú
ru	rövidujjú
un	ujjatlan
	Alsótesten
hn	hosszúnadrág
hsz	hosszúszoknya
kn	háromnegyedes nadrág
ksz	háromnegyedes szoknya
rn	rövidnadrág
rsz	rövid szoknya
	Lábbeli
cs	csizma
c	cipő
sz	szandál

3.11. MELLÉKLET A részletes megfigyelések során alkalmazott megfigyelési táblázatok a Honvéd téren

HONVÉD TÉR

Dátum:

Nap:

					Ruházat			
Időtartam:	**ID**	**Pad**	**Nem**	**Kor**	**Felsőtesten**	**Alsótesten**	**Lábbeli**	**Egyéb**
			F N	GY F K I	vk - tk - m - i - hu - ru - un	hn hsz - kn ksz - rn rsz	cs - c - sz

3.12. MELLÉKLET A pillanatnyi látogatottság felmérésére szolgáló megfigyelési táblázatok a II. kampány idején

DUGONICS TÉR, SZÉCHENYI TÉR és SZT. ISTVÁN TÉR

Dátum	Időpont	Égbolt-viszonyok (n / szf / tb)	PADOK				FŰ				JÁRDA				SZÖKŐKÚT			
			napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ
	10:00																	
	10:30																	
	11:00																	
	11:30																	
	12:00																	
	12:30																	
	13:00																	
	13:30																	
	14:00																	
	14:30																	
	15:00																	
	15:30																	
	16:00																	
	16:30																	
	17:00																	
	17:30																	
	18:00																	

KARÁSZ UTCA - KLAUZÁL TÉR

Dátum	Időpont	Égbolt-viszonyok (n / szf / tb)	PADOK				KÁVÉZÓK			
			napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ
	10:00									
	10:30									
	11:00									
	11:30									
	12:00									
	12:30									
	13:00									
	13:30									
	14:00									
	14:30									
	15:00									
	15:30									
	16:00									
	16:30									
	17:00									
	17:30									
	18:00									

HONVÉD TÉRI JÁTSZÓTÉR

Dátum	Időpont	Égbolt-viszonyok (n / szf / tb)	PADOK				FŰ				KAVICS / JÁRDA				JÁTSZÓTÉRI ESZKÖZÖK			
			napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ
	10:00																	
	10:30																	
	11:00																	
	11:30																	
	12:00																	
	12:30																	
	13:00																	
	13:30																	
	14:00																	
	14:30																	
	15:00																	
	15:30																	
	16:00																	
	16:30																	
	17:00																	
	17:30																	
	18:00																	

RETEK UTCAI JÁTSZÓTÉR

Dátum	Időpont	Égbolt-viszonyok (n / szf / tb)	PADOK				JÁTSZÓHÁZ TERASZA				KAVICS / KAVICSBETON JÁRÓLAP				JÁTSZÓTÉRI ESZKÖZÖK			
			napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ	napon	félárnyék	árnyék	ÖSSZ
	10:00																	
	10:30																	
	11:00																	
	11:30																	
	12:00																	
	12:30																	
	13:00																	
	13:30																	
	14:00																	
	14:30																	
	15:00																	
	15:30																	
	16:00																	
	16:30																	
	17:00																	
	17:30																	
	18:00																	

3.13. MELLÉKLET A szegedi projekt során alkalmazott kérdőív 2010-es (felül) és 2011-es (alul) verziója

Nap:

SZABADTÉRI HŐÉRZET - KOMFORTÉRZET KÉRDŐÍV
(1. oldal)

ID:

Dátum: ..... Időpont: ..... Helyszín: ..... Égbolt viszonyok:

Nem: férfi / nő Kor (év): ..... Magasság (cm): ..... Testsúly (kg): .....

Ruházat: világos / tarka / sötét felsőtesten: ..... alsótesten: ..... egyéb: .....

Pozíció: nap / félárnyék / árnyék Testhelyzet: álló / ülő / fekvő Aktivitás: játszik / sétál / pihen

Étel: az elmúlt 0,5 / 1 / 2 órában / ø hűtött / szobahőmérsékletű / meleg

Ital: az elmúlt 0,5 / 1 / 2 órában / ø hűtött / szobahőmérsékletű / meleg koffeintartalmú / egyéb

Keringési megbetegedés: nincs / van Vérnyomás: normális / alacsony / magas

Légzőszervi megbetegedés: nincs / van Virágporallergia: nincs / van

Frontérzékenység: nincs / hidegfront / melegfront Pillanatnyi egészségi állapota az általánoshoz képest: ROSSZ – JÓ

Dohányzás: nem / heti 1-2 / napi 1-2 / napi 10-20 szál Pillanatnyi hangulata az általánoshoz képest:

Alkohol: nem / alkalmanként / hetente / hetente többször FÁRADT – KIPIHENT

Koffeintartalmú ital: nem / alkalomszerűen / naponta SZOMORÚ – BOLDOG

Sportol: nem / alkalmanként / hetente / hetente többször IDEGES – NYUGODT

Milyen környezetben tölt legszívesebben a szabadidejét ? VÁROSI KÖRNYEZETBEN – TERMÉSZETBEN

Mi az oka, amiért a területen tartózkodik ? (max 3 válasz) óra vagy munka közti szünet / ebéd / találkozás másokkal / jó idő / kutyasétáltatás / gyerek kísérése / játék / tetszik a terület

Kb. mennyi időt tölt el ezen a területen ? .....

Milyen gyakran látogatja a területet ? naponta többször / naponta / hetente többször / hetente / havonta / először

Lakhelye a területhez képest ? közvetlen közelben (1-2 percre) / környéken (max 10 percre) / Szegeden / máshol

Elégedett-e a terület kialakításával ? NEM – IGEN

Kellemesnek találja-e a területet ? NEM – IGEN

Megfelel-e a terület a szabadtéri tartózkodásra ebben az évszakban ? NEM – IGEN

SZABADTÉRI HŐÉRZET - KOMFORTÉRZET KÉRDŐÍV
(2. oldal)

Jellemezze a hőérzetét az alábbi skála segítségével !

NAGYON HIDEG – HIDEG – HŰVÖS – ENYHÉN HŰVÖS – SEMLEGES – ENYHÉN MELEG – MELEG – FORRÓ – NAGYON FORRÓ

Kellemesen érzi magát jelen pillanatban ?

kellemetlenül / kellemesen

Milyennek érzi a következő meteorológlal paramétereket ?		**Szeretné-e ha változnának ezek a meteorológlal paraméterek ?**
ALACSONY – MAGAS	**Hőmérséklet**	**csökkenjen / ne változzon / emelkedjen**
SZÉLCSENDES – SZELES	**Szélsebesség**	**gyengüljön / ne változzon / erősödjön**
SZÁRAZ – NEDVES	**Légnedvesség**	**csökkenjen / ne változzon / emelkedjen**
GYENGE – ERŐS	**Napsugárzás adott helyen**	**gyengüljön / ne változzon / erősödjön**

Ön szerint hány °C van jelen pillanatban ? .....°C

Mit tenne, hogy kellemesebben érezze magát hőérzet szempontjából ? (max 3 válasz)

Ha túl meleg van: **fa árnyékába húzódás / épület árnyékába húzódás / hideg ital fogyasztás / ruházat változtatása / terület elhagyása**

Ha túl hideg van: **kimegy a napra / meleg ital fogyasztása / mozgás / ruházat változtatása / terület elhagyása**

Nap:

SZABADTÉRI HŐÉRZET - KOMFORTÉRZET KÉRDŐÍV

ID:

Dátum: ..... Időpont: ..... Helyszín: ..... Égbolt viszonyok:

Nem: férfi / nő Kor (év): ..... Magasság (cm): ..... Testsúly (kg): .....

Pozíció: nap / félárnyék / árnyék Testhelyzet: álló / ülő / fekvő Aktivitás: játszik / sétál / pihen Ruházat: világos / tarka / sötét

Ruházat felsőtesten: ..... alsótesten: ..... lábbeli: ..... egyéb: .....

Dohányzás: nem / heti 1-2 / napi 1-2 / napi 10-20 szál Alkohol: nem / alkalmanként / hetente / hetente többször

Koffeintartalmú ital: nem / alkalomszerűen / naponta Sport: nem / alkalmanként / hetente / hetente többször

Cukorbetegség: nincs / I-es típusú / II-es típusú Milyen az egészségi állapota az általánoshoz képest ?

Vérnyomás: normális / alacsony / magas ROSSZ – JÓ

Keringési megbetegedés: nincs / van Pillanatnyilag hogyan érzi magát az általánoshozt képest ?

Légzőszervi megbetegedés: nincs / van FÁRADT – KIPIHENT

Virágporallergia: nincs / van jelenleg: nincs / van SZOMORÚ – BOLDOG

Frontérzékenység: nincs / hidegfront / melegfront IDEGES – NYUGODT

Milyen környezetben tölti legszívesebben a szabadidejét ? VÁROSI KÖRNYEZETBEN – VIDÉKEN, TERMÉSZETBEN

Mi az oka, amiért a területen tartózkodik ? (max 3 válasz)

óra vagy munka közti szünet / ebéd / találkozás másokkal / jó idő / kutyasétáltatás / gyerek kísérése / játék / tetszik a terület

egyéb: .....

Az ütócélja a térre való érkezés volt vagy egyéb tevékenység közben döntött úgy, hogy elidőzik itt ? térre érkezés / egyéb

Honnan érkezett a területre? lakóhely / munkahely / iskola / egyéb

Szeged mely utcájából érkezett a térre? .....

Ha nem Szegedről, akkor mely településről ? .....

Milyen közlekedési eszközzel érkezett a területre ? személygépkocsi / tömegközlekedés / kerékpár / gyalog

Kb. mennyi időbe telt, míg a területre érkezett ? .....

Kb. mennyi időt tölt el ezen a területen ? .....

Milyen gyakran látogatja a területet ? naponta többször / naponta / hetente többször / hetente / havonta / először

Jellemezze a hőérzetét az alábbi skála segítségével !

NAGYON HIDEG – HIDEG – HŰVÖS – ENYHÉN HŰVÖS – SEMLEGES – ENYHÉN MELEG – MELEG – FORRÓ – NAGYON FORRÓ

Kellemesen érzi magát jelen pillanatban? EGYÁLTALÁN NEM – TELJES MÉRTÉKBEN

Milyennek érzi a következő paramétereket ?		Szeretné, hogy változzanak ezek a paraméterek ?
ALACSONY – MAGAS	Hőmérséklet	csökkenjen / ne változzon / emelkedjen
GYENGE – ERŐS	Szélsebesség	gyengüljön / ne változzon / erősödjön
ALACSONY – MAGAS	Légnedvesség	csökkenjen / ne változzon / emelkedjen
GYENGE – ERŐS	Napsugárzás adott helyen	gyengüljön / ne változzon / erősödjön

Ön szerint hány °C van jelen pillanatban ? .....°C

Mit tenne, hogy kellemesebben érezze magát hőérzet szempontjából ? (max 3 válasz)

Ha túl meleg van: fa árnyékába húzódás / épület árnyékába húzódás / hideg ital fogyasztása / ruházat változtatása / terület elhagyása / egyéb: .....

Ha túl hideg van: kimegy a napra / meleg ital fogyasztása / mozgás / ruházat változtatása / terület elhagyása / egyéb: .....

Mennyire találja kellemesnek a területet ? EGYÁLTALÁN NEM – TELJES MÉRTÉKBEN

Mit tart a terület fő pozitívumának ? .....

Mit tart a terület fő hiányosságának ? .....

Változtatna-e a terület kialakításán ? igen, jelentős mértékben / igen, kis mértékben / nem, minden megfelelő

Az alábbiak közül milyen változtatásnak örülne ?

fák ültetése / árnyékoló szerkezetek létesítése / padok számának növelése / padok elhelyezésének változtatása / szökőkút létesítése / burkolat változtatása / egyéb: .....

3.14. MELLÉKLET A felmérés során gyűjtött objektív és szubjektív adatok osztályozása mérési skálák alapján (a fejlécben szereplő idézőjelbe tett kifejezések a statisztikai szoftverben alkalmazott kategorizálást jelentik; a szürke mezővel jelölt változókat használtam fel az elemzésekhez)

Paraméterek és kategorizálásuk a **2.12. ábra** fő adatcsoportjainak megfelelően			„SCALE"		„ORDINAL"		„NOMINAL"
			Arányskála változó	Intervallum skála	Szemantikus differenciál	Ordinális skála	Nominális változó
Mért paraméterek	léghőmérséklet	TK, I		T_a [°C]			
	szélsebesség	TK, I	v [m/s]				
	légnedvesség	TK, I	RH [%]				
	globálsugárzás	TK, I	G [W/m2]				
	átlagos sug. hőm.	TK, I		T_{mrt} [°C]			
	fiz. ekv. hőm.	TK, I		PET [°C]		PET-kategória	
	univ. term. klíma index	TK, I		UTCI [°C]		UTCI-kategória	
Megfigyelt paraméterek	égboltviszonyok	I				égboltviszonyok	
	látogatószám	TH	látogatószám				
	nem	SzT					nem
	kor	SzT					korcsoport
	pozíció	VR				pozíció	
	aktivitás	VR					aktivitás-kategória
	ruházat	VR	I_{cl} [clo]			ruházat-kategória	
	elhelyezkedés	TH					szektor
Kérdőívezés során gyűjtött paraméterek	nem	SzT					nem
	kor	SzT	kor [év]				korcsoport
	súly	SzT	súly [kg]				testtömegindex alapú tápláltsági kategóriák
	magasság	SzT	magasság [m]				
	pozíció	VR				pozíció	
	aktivitás	VR					aktivitás
	testhelyzet	VR					testhelyzet
	ruházat	VR	I_{cl} [clo]				ruházat színe, kiegészítők
	egészségi állapot	SzT			általános egészségi állapot *		általános * keringési betegs. légzőszervi betegs. vérnyomás virágporallergia frontérzékenység
	életmód	SzT				dohányzás alkohol koffein sport	dohányzás alkohol koffein sport
	hangulat / közérzet	SzT			nyugodtság * boldogság * kipihentség *		nyugodtság * boldogság * kipihentség *
	városi-vidéki attitűd	SzT			attitűd *		attitűd *
	területen tartózkodás ideje	TH, SzT	idő [h]				
	területen tartózkodás oka	TH, SzT					okok felsorolása
	terület-látogatás gyakorisága	TH, SzT				gyakoriság	
	helyszín értékelése	SzÉ_h			terület általános értékelése		pozitívumok, negatívumok
	hőérzet	SzÉ_tk		TSV	TSV-kategóriák		
	percepciók	SzÉ_tk			hőmérséklet-perc, szélsebesség-perc, légnedvesség-perc, napsugárzás-perc		
	preferenciák	SzÉ_tk			hőmérséklet-pref, szélsebesség-pref, légnedvesség-pref, napsugárzás-pref		
	érzett hőmérséklet	SzÉ_tk		$T_{érz}$ [°C]			
	potenciális fizikai alkalmazkodás	VR					ha túl meleg van, ha túl hideg van

a *-gal jelölt szemantikus differenciál skála segítségével felmért változókat az elemzések során nominális kategóriaként kezeltem

SUMMARY

Introduction and objectives

Many people are exposed to the effects of the altered urban atmospheric conditions due to the fact that more than half of the global population lives in urban environments. Furthermore, considering the regional challenges arisen from the global climate change, Hungary has to be prepared for more frequent, longer lasting and more intense heat waves in order to avoid such dramatic increase in mortality like in France in summer, 2003. The harmful effects of the predicted deteriorating thermal conditions in the warm season can be mitigated in urban environment by adequate land use planning strategies.

My dissertation is related to the field of **urban bioclimatology** (urban human bioclimatology), an interdisciplinary science investigating the physiologycal impacts of the urban atmospheric conditions on the human body. Out of the wide-ranging fields of urban bioclimatology, my study focuses on the so called thermal complex, i.e. the climatic parameters affecting thermal sensation and human thermal comfort by influencing on the thermoregulation. According to my opinion, results of the urban bioclimatology may be valuable basic information for urban planners and contribute to the development of climate(change)-conscious planning and design strategies. However, professional proposals require profound investigation of outdoor thermal comfort, particularly the way how inhabitants react to thermal conditions. Therefore, my work deals not only with the thermal characteristics in different urban public places and their physiological (bioclimatological) impacts, but also the triggered physical (behavioral) and psychological (mental) human reactions.

My PhD **objectives** can be summarized as follows:

- To provide a thorough overview about the human bioclimatological evaluation of the thermal environment, i.e. about
  - the most important measures (as the objective basis for the assessment) and
  - the complex international termal comfort studies in urban areas.
- To present the complex investigations carried out in Szeged, as well as the obtained results focussing on the:
  - effect of public space design on the micro-bioclimatological conditions at different weather conditions;
  - impacts of thermal parameters of the actual weather on the spatio- temporal patterns of the area usage, as well as the behavioral reactions of the visitors;
  - various manifestations of the subjective assessment of the thermal environment, emphasizing the way how individuals' thermal sensation changes according to the objective parameters of the thermal environment.
- To discuss the primer outcomes on local as well as international scales and extend the results according to the findings:
  - to interpret the on-site thermal conditions, as well as the patterns of area usage and behavioral responses in the light of the subjective thermal assessment of local individuals;
  - to compare the results obtained in Szeged with the outcomes of international studies based also on simultaneous human and environmental monitoring;

  - to integrate the Hungarian data into the largest European thermal comfort database in order to reveal more accurately the role of the climatic background (determined by the geographical location) on the way how local individuals rate the thermal environment.
- To draw conclusions on the different levels of adaptation (physiological, physical and psychological) to the atmospheric environment, as well as on the applied research methodology.

Research methods

In order to reveal the complex cause and effect relationship-system releated to the outdoor thermal comfort, a comprehensive investigation-series was started in Szeged (46°N, 20°E, 78-85 m asl.) in the spring of 2008. **Study areas** of the project were 7 outdoor public spaces locating (mainly) in the inner-city of Szeged, with different design and functional characteristics. Short descriptions of these places are the following:

- a small public park with high proportion of green area (Ady Square),
- a large park with several old trees (Széchenyi Square),
- a park covered mainly with artificial materials (Dugonics Square),
- a park covered mainly with grass and with some little trees (Szt. István Square),
- a pedestrian area with artificial surface cover (Kárász Street),
- a playground with significant amount of trees (Honvéd Square),
- an other playground with less vegetation (Retek Street).

Artificial and natural obstacles (buildings, street furniture, trees) as well as the surface cover were carefully mapped before the on-site investigations. Georeferenced maps have been constructed with ArcView GIS software.

The selected **investigation design** was based on measurements on the site, taking the advantage of its several methodology-groups:

- From objective side this means the **detection of the micrometeorological parameters on the selected places** with a special mobile station, having sensors placed at 1.1 m (average height of a standing man's centre of gravity). These parameters are the air temperature (T_a), the relative humidity (RH), the wind speed (v) as well as the short- and longwave radiation fluxes (K_i, L_i). During the data processing phase, bioclimatological indices were calculated from the collected datasets. At first the °C-dimension measure of thermal radiation, i.e. the mean radiant temparature (T_{mrt}) was calculated from the individual K_i, and L_i fluxes. Thereafter, the RayMan model was used to compute the most acceptable and widely used measures of the thermal strain and human thermal sensation, i.e. the bioclimate indices PET (physiologically equivalent temperature) and UTCI (universal thermal climate index) from the measured T_a, RH, v, and the calculated T_{mrt}.
- Thermal factors of the actual **weather conditions**, i.e. T_a, RH, v and G (global radiation) were also processed. 10-minute averages of these parameters were downloaded from the database of the inner-city meteorological station of Szeged run by the Hungarian Meteorological Service. Before the bioclimate index calculation values of wind velocity measured at approximately 26 m agl. were reduced to 1.1 m according to the human bioclimatological guidances.

- Human monitoring involved observations and questionnaires (structured interviews). The applied techniques can be characterized by a number of minor changes and some significant improvements compared to the international practice of human monitoring.
    - The **observation** protocol aimed to obtain a broader database than the international investigations by measuring not only the total attendance (momentary number of visitors), which is the simplest indicator of the area usage. Besides, behavioral responses (clothing, solar exposure, type of activity) and some personal characteristics (sex, age group) of the visitors were also recorded in specific time intervals. These detailed observations were completed by marking the exact location of the individuals on maps, and (later) a GIS-supported data processing (within ArcView).
    - The **questionnaire survey** obtained its present form according to the experiences of field measurements as well as data processing. The structured interviews contain several items to measure the subjective assessments about the thermal environment (thermal sensation, perceptions of individual meteorological factors and preferences for any changes in terms of these parameters), personal factors and behavioral reactions too. The Hungarian questionnaire differs remarkably from the international ones, for example in terms of the semantic different scales applied to measure the visitors' perception votes. These scales don't direct the interviewees' attention to the middle votes. In addition, there are separate scales for the measurement of the individuals' thermal sensation and temperature perception. In the case of the former, beyond the 9 main thermal sensation categories (very cold to very hot) finely graduated scales support the subjective evaluation.

Objective and subjective databases were coupled within Microsoft Excel and analysed statistically with SPSS and PASWStatistics software. The observation-based results were illustrated in many cases also with area usage maps created by ArcView software.

Results and conclusions

- First part of my dissertation provides a detailed **overview**
    - about bioclimatological evaluation of thermal conditions concerning theoretical background (*Unger et al. 2012*) and main methodological problems. Determination of the mean radiant temperature was highlighted as it is the most problematic variable in the outdoor thermal comfort analysis (*Kántor and Unger 2011*);
    - about the significant urban human comfort projects with complex methodology (*Kántor et al. 2011a*).
- A theoretical **background model** was set related to the relationship-system of outdoor thermal comfort and area usage (*Kántor et al. 2012a*).
- A complex **investigation protocol** consisting of on-site measurements of thermal factors, questionnaire surveys and observations was firstly developed in Hungary (*Kántor and Gulyás 2010*). The applied human monitoring methodology contains a number of minor changes and some significant improvements compared to the established international practice. These innovations, as well as the careful data processing allowed broad-spectrum analyses and resulted in more clearly relationships compared to several foreign studies.

Based on the micrometeorological measurements on the sites:

- The modifying effects of the space design was demonstrated in the example of two downtown public places. The great discrepancies of bioclimate indices characterizing the thermal conditions of nearby squares can be explained primarily by the changes in the radiation conditions, and secondly by the reduced wind speed. While the former can be attributed mainly to the woody vegetation, the latter is connected to the size and orientation of the outdoor space.

Based on the observations (*Kántor and Unger 2010, Kántor et al. 2010b*):

- Monotonous increasing quadratic function proved to be the best to describe the connection between the average number of (passive) visitors and the PET index in the transient seasons. (This tendency could not be found in case of the more active subjects.) According to the fitted curves, maximal attendance may be occur at very hot thermal conditions. This can not be explained solely by the behavioral adaptation of visitors (e.g. by altering the clothing or solar exposure). Visitors with different gender and age did not show obviously dissimilar area usage patterns.
- In order to illustrate and to examine statistically the dependence of the spatial patterns of area usage on the thermal conditions specific sectors (sub-areas) were separated in the sample area (Ady Square). Each sectors had the highest number of visitors at clear sky and warm thermal conditions, however, the relative attendance of the selected sub-areas showed remarkable tendencies depending on sunshine and thermal comfort categories. At overcast–cloudy sky and cooler thermal circumstances the relative usage of the benches was predominant. With the increasing amount of global radiation (clear sky) and at higher PET ranges even greater portion of visitors stayed in the grassy sector. Higher relative attendance of the shady sectors during warm–hot conditions indicated one option of the physical adaptation.

Based on the questionnaires (*Kántor et al. 2011a, 2011b, 2012a*):

- The strength of the relationships was quantified between the perceptions and preferences concerning the individual meteorological parameters, as well as these subjective assessments was studied according to the corresponding objective factors (T_a, RH, v, T_{mrt}). People proved to be more sensitive against the changes of radiation and air temperature, wheresas they had difficulties with the estimation of humidity.
- I have demonstrated that people are usually quite good at the perception of the individual thermal factors (except humidity), but they wish their values to increase or decrease (preference) according to the subjective thermal comfort sensation. As thermal comfort depends on all of the thermal parameters, a complex bioclimate index (PET) proved to be better predictor for preferences than the basic measures (T_a, RH, v and T_{mrt}). It could be observed that local people prefer for lower air temperature, stronger wind and less sun from PET=27-28°C, which values are in the category of slight heat stress, and they want the humidity to decrease below PET=25°C.
- Very strong positive correlations are between the mean thermal sensation of the interviewees and the bioclimatological indices (PET, UTCI). Based on the fitted regression functions (PET: quadratic, UTCI: linear) neutral temperatures and new thermal sensation ranges was determined for the Hungarians in terms of PET and UTCI.

- The mentioned thermal sensation–bioclimate index connections are slightly affected by some personal factors. Abstinent people and interviewees who consume alcohol only occasionally estimated that the thermal conditions were not so extreme (hot or cold). Nervous people proved to be more sensitive against the decrease of PET values in the neutral–cool domain. Smoking habit and nutritional status had an obvious effect only in such PET intervals where the sample size was low, so these analyses will be repeated in the future based on a larger database.
- Despite the perceived temperature (T_{perc}) by the interviewees correlated stronger with bioclimatological indices (PET, UTCI) than with air temperature (T_a), Tperc took values more similar to T_a. T_{perc} exceeded the corresponding bioclimate indices at thermal conditions when PET or UTCI were under 21.5°C, while over this value the indices were higher than Tperc.

Beyond the obvious forms of behavioral adaptation the discussion of the results at local and international level offered more evidences of the mental adaptation (*Kántor and Unger 2010, Kántor et al. 2012b*).

- Through the international discussion of the questionnaire-based outcomes concerning the local individuals' mean thermal sensation against the PET index very different neutral PET values have been arisen. The neutral temperature seems to be determined by the background climate, moreover, it shifts on seasonally basis according to the actual thermal experiences. These experiences act not only on physiological level (adaptation to the regional climatic conditions and acclimatization to the weather) but also on mental level: inhabitants in a given geographical region are psychologically prepared to the thermal characteristics of the location at the given time of the year.
- The more detailed analysis of the Hungarian observational database revealed seasonally different tendencies in terms of the thermal conditions-dependent area usage and behavioral reactions of visitors. In spring, after the cold winter season with less environmental stimulation, people tend to visit outdoor spaces in a greater extent and tend to opt sunny position in the area more frequently than during autumn. These findings are also valid even in the case of the bioclimatologically stressful warm conditions.

The outcomes derived from the seasonal separation of observational data seems to be in contrast with the findings based on questionnaires and draws attention to the difference between thermal neutrality and thermal preference. In the transient season following winter the human organism is not prepared physiologically to the greater thermal stress. Accordingly the springtime neutral temperature is lower than the neutral temperature values of summer and autumn. Notwithstanding this, the tolerance level against the stressful thermal environment proved to be higher in spring than in autumn. This can be explained by adopting the phenomenon of alliesthesia on seasonal scale. According to this psychological mechanism, people keep longing for the warmth of summer during the winter season, while they wish for the cool conditions of winter during the warm–hot months of summer. Thus the increased need for sunshine in spring exceeds the discomfort due to the thermal stress.