

# A VÁROSI HŐSZIGET ÉS LÉGHŐRZÉS ALAKULÁSA A BEÉPÍTÉS FÜGGVÉNYESÉBEN

## THE URBAN HEAT ISLAND AND THE WIND FLOW IN THE KONTEXT OF THE URBAN FABRIC

SZERZŐ:  
TILÁH ANDRÁS BÉLA

LEKTOR:  
SZILÁGYI KINGA

A Z ELMÚLT néhány év időjárási jelenségei ráirányították a figyelmet az éghajlat átalakulására, mind globális, mind pedig helyi szinten. Mint köztudott, a településeken a klíma jelentősen eltérhet (és el is tér) a település környékének klímájától, és ezen eltérések általában negatív irányba befolyásolják a klímát az emberi közérzet szempontjából. A következőkben röviden szeretném áttekinteni a városi hősziget jelenséget és a megváltozott városi légkörzést, illetve ezek főbb okait (a teljesség igénye nélkül) előbb általánosságban, majd pedig Budapest példáján egy kicsit részletezve.

Ezek után kitekintést teszünk az Amerikai Egyesült Államokba, ahol ezek a jelenségek (különösen a városi hősziget effektus) jóval hamarabb és nagyobb mértékben jelentkeztek, köszönhetően az európaiaktól eltérő városépítészeti felfogásnak. Mivel ott ez sokkal nagyobb probléma, mint nálunk, ezért már több építészeti megoldással kísérleteztek, melyek mérsékelhetik a városi klíma negatív hatásait.

Végezetül bemutatok néhány olyan módszert, melyek segítségével még a tervezés fázisában képet kaphatunk arról, hogy egy tervezett beépítés vagy különböző beépítési alternatívák hogyan változtatják meg az adott terület hőmérsékleti és légköri viszonyait.

### A VÁROSI HŐSZIGET JELENSÉG

A jelenség egy mondatban úgy foglalható össze, hogy egy város területén a hőmérséklet magasabb, mint a város környezetében, s minél inkább közeledünk a város központja felé, a hőmérsékleti eltérés annál nagyobb. Maga a jelenség (illetve a felfedezése) immár közel 200 éves, először 1820-ban, Londonban (a legnagyobb iparosodott város abban a korban) mutatták ki.

A jelenség oka, hogy a lakott területen megváltozik az energiamérleg a lakatlan területhez képest. Az energiamérleg összetevői: a városi hőszennyezés (import energia), a párolgás csökkenése és a sugárzási mérleg megváltozása (a légkör sugárzáselnyelése, ill. visszaverése, illetve a felszín sugárzáselnyelése és visszaverése).

A városi légkörnek jellemzően jobb a sugárzáselnyelő képessége, mivel sokkal nagyobb számú aeroszol (részecske) található benne, mint egy lakatlan terület légtérében, s ezt nagyon jól tükrözi a látótávolság csökkenés a városban. Elvileg jó lehetne, hogy kevesebb sugárzás éri el a felszínt, csak hogy a légkörben történő elnyelés következtében olyan fotokémiai reakciók lépnek fel, melyek során egészségre káros gázok keletkeznek, s ezeknek egyúttal jelentős üvegházhatásuk is van.

A városi felszín sugárzáselnyelése rendkívül nagy, és az elnyelt energia csaknem teljes egészében



#### Különböző városi felületek albedója

1. lomb  
0,15 – 0,10
2. gyepek  
0,25 – 0,30
3. aszfalt  
0,05 – 0,20

4. beton  
0,10 – 0,35
5. téglák és kő  
0,20 – 0,40
6. vörös tetőcserepek  
0,10 – 0,35



hőenergiaként jelenik meg, egyrészt melegítve a város levegőjét, másrészt közvetlen sugárzó felszínként növeli az ember hőérzetét (a hőérzet, amit egy ember érez, általában nem egyezik meg a tényleges levegő hőmérséklettel, mert az függ a relatív páratartalomtól, a szél sebességétől, a sugárzó felszín nagyságától és hőmérsékletétől). A felszíni hőelnyelés, illetve visszaverés arányát az albedo fejezi ki, amely 1 és 0 közé eső szám. Egy abszolút fekete test albedója 0, egy tökéletes tüköré pedig 1. Gyakorlati példát tekintve az aszfalt albedója 0,1 körüli érték, a hótakaró albedója 0,9 körüli érték lehet.

Másik nagyon fontos összetevője a felszín sugárzásvisszaverésének az adott felszín tagoltsága. Minél nagyobb az égbolt láthatósági indexe, annál jobb a felszín sugárzás visszaverése. Minél sűrűbb a beépítés, annál tagoltabb a felszín, a beérkező sugarak annál többször törnek meg, és minden egyes törésnél elnyelődik az adott felszínen a sugárzás egy része (pl. fehérre festett felületeket feltételezve, s azok albedóját 0,8-as értékekkel számolva az egyszeri visszaverődésnél a sugárzás 80%-a verődik vissza, kétszeri törésnél ez az érték 64%, háromszori törésnél pedig már csak 51,2%).

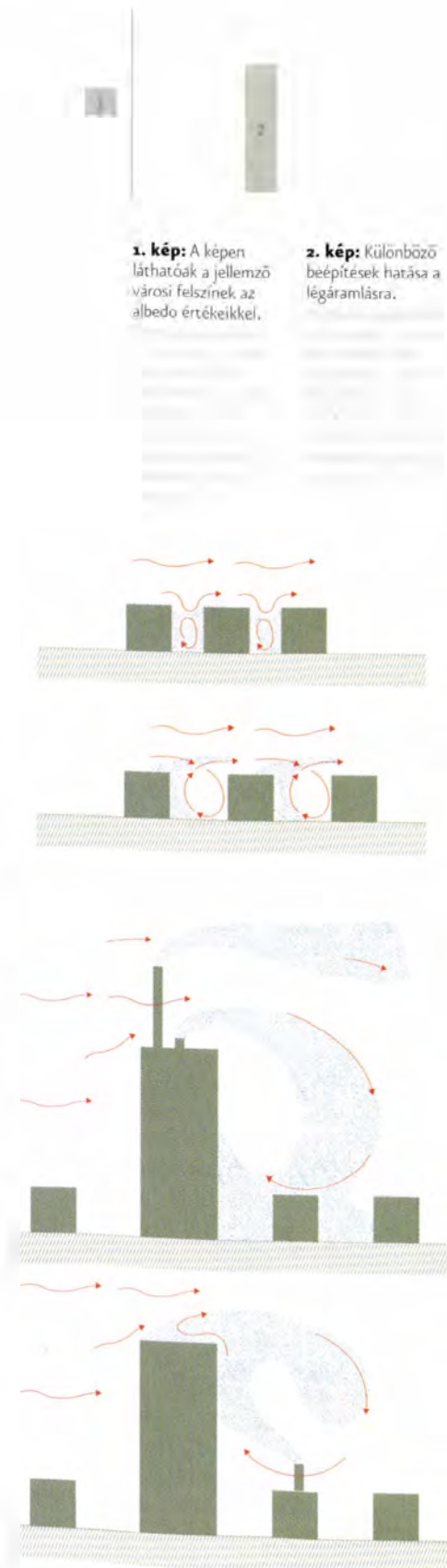
Nagyjából ezek azok a mechanizmusok, amelyek felelősek a városi hősziget effektus kialakulásáért.

A városi hősziget nagysága függ a település nagyságától, s már egészen kis településeken is ki lehet mutatni a városi hősziget nagyságát (Szege-di Sándor, Baros Zoltán: A hősziget kifejlődése és a település méret közötti kapcsolatok vizsgálata hajdúsági településeken). Különböző empirikus formulák születtek a hősziget és a település lakosság-száma, beépítettsége közötti összefüggés leírására (Oke-féle formula, logaritmikus kapcsolat a lakosok száma és a maximális hőmérsékletkülönbség között), azonban mivel minden településnek megvannak a maga sajátosságai, ezért véleményem szerint általános, minden településre érvényes formula nem adható.

A jelenség erősen függ a makroklímától. Csapadékos, illetve erősen szeles időszakban a hősziget jelenség alig észlelhető, viszont szélcsendes, derült időszakban egyértelműen kimutatható. Sajnálatosan az előrejelzések szerint a globális klímaváltozás a Kárpát-medencében az anticiklonális időszakok gyakoriságának és hosszának növekedésével jár, ami a városi hősziget kialakulásának kedvez.

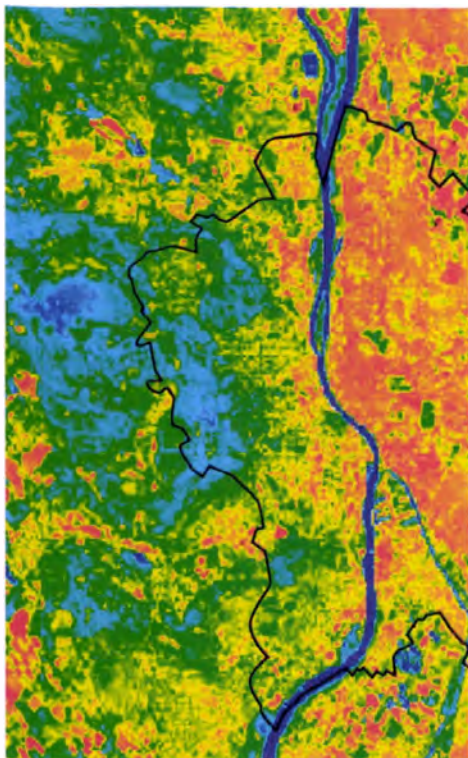
#### A VÁROSI LÉGKÖRZÉS:

A városi légkörzés szoros kapcsolatban van a városi hősziget jelenséggel, az uralkodó

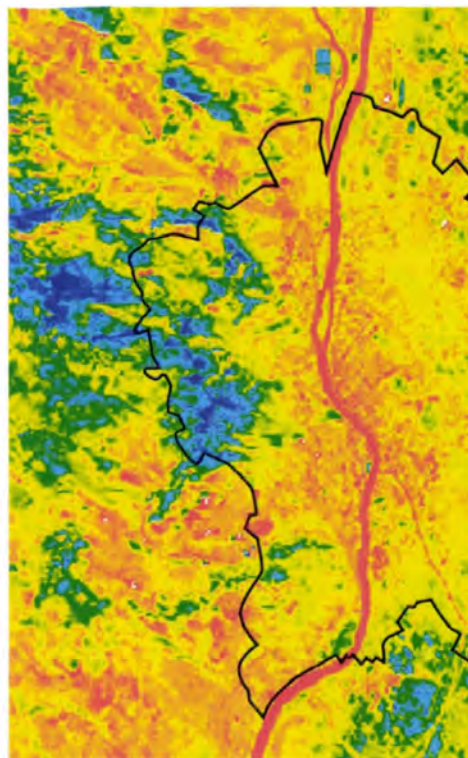


**1. kép:** A képen láthatóak a jellemző városi felszínek, az albedo értékekkel.

**2. kép:** Különböző beépítések hatása a légáramlásra.



NAPPAL 2003. 02. 02  
FELSZÍNI HŐMÉRSÉKLET (°C)



NAPPAL 2002. 05. 04  
FELSZÍNI HŐMÉRSÉKLET (°C)



széliránnyal, a településre jellemző domborzati adottságokkal, a beépítés formai változatosságával, valamint a szabad vízfelszínek méretével, fajtáival.

A városi hősziget, amennyiben eltekintünk a domborzattól, szélcsendes időben is indukál légáramlást. Ennek lényege, hogy a város belső területein a levegő erősen felmelegszik, felszáll és a helyére a település peremterületei felől lassú áramlással, hűvösebb levegő áramlik be. Ennek megfelelően kis sebességű szelet (10 km/h alatti) a hősziget effektus növelhet. Ugyanakkor az erősebb szelek „elfújhatják” a városi hőszigetet, vagyis a szennyező gázok nem tudnak felhalmozódni, és a hűvösebb levegő beáramlásával a szél lehűti a városi felületeket.

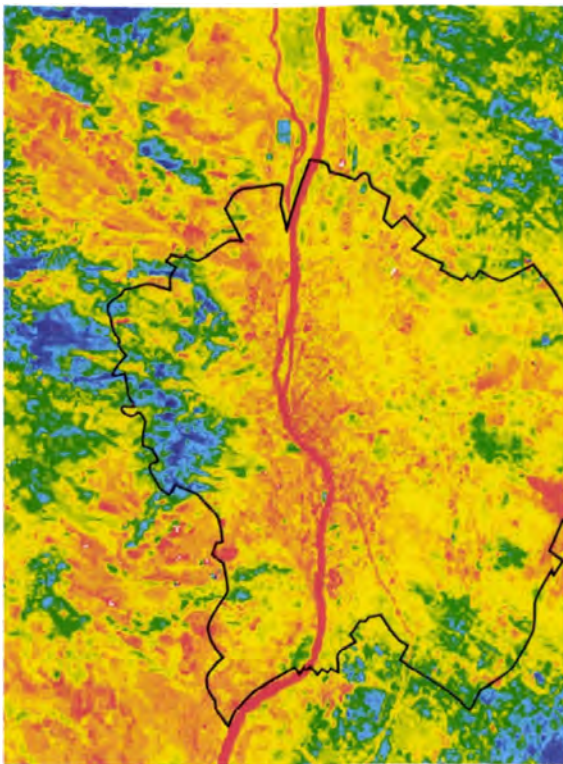
A vízfelszín a felette levő levegőt nyáron hűti, télen melegíti, valamint a mozgó vízfelszínek (folyók, patakok) mindig légáramlást indukálnak (szélcsendes időben is), ezért egy-egy településen átvezető folyó vagy patak jelentősen javítja a település klímáját, ellensúlyozhatja a városi

hőszigetet és segíti a település átszellőzését.

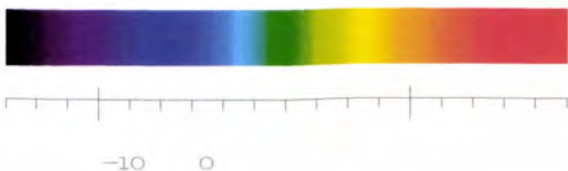
Rendkívül fontos elem a városi légkörzés kialakulásában a beépítés. Az épületek tömegükkel, méreteikkel befolyásolják, módosítják a légáramlásokat a domborzathoz hasonlóan, de mivel általában a domborzathoz sokkal tagoltabb felszínük van, ezért sokkal több esetben alakul ki turbulens légáramlás, amely végső soron jelentősen csökkenti a légáramlás sebességét, energiáját.

A 2. számú képen láthatjuk a különböző beépítések légáramlásokra gyakorolt hatásának sematikus ábráját. Az azonos magasságú beépítéseknél nagyon fontos az épületmagasság és az épületek közötti távolság aránya. Amennyiben az épületek túl közel vannak egymáshoz, akkor már nem alakul ki légkörzés, s az utcaszinten nincs átszellőzés. Ez jellemző Budapest V., VI., VII. kerületének nagyobb részére. Különböző magasságú épületek esetében a szélárnyékban levő kisebb épületek környezetében olyan leáramlás jön létre, mely kifejezetten káros az épületek használói számára.





NAPPAL 2003. 02. 02  
FELSZÍNI HŐMÉRSÉKLET (°C)



## BUDAPEST KLÍMÁJA, LÉGKÖRZÉSE

Budapesten a már említettek nagyon jól tapasztalhatóak. A városban nagyon fontos tényezőként szerepel a Duna, mint fő átszellőzési csatorna és téli-nyári hőmérsékletméréselő elem, valamint a Budai-hegyek tömbjei, melyek jelentősen mérséklék környezetük hőmérsékletét nyáron.

A 3a és 3b számú műholdképek jól szemléltetik, hogy a Duna jelentősen melegebb a környezeténél télen, és jelentősen hűvösebb nyáron. Ez a hatás kiterjed a szigetekre, a part menti területekre és délen a Soroksári-Duna-ág mellett is jól érzékelhető. Mindezek mellett rendkívül dominánsak a Budai-hegyek hűvösebb tömbjei a XII. és a II. kerületben.

A 4. számú képen, a keleti oldalon jól látható egy rendkívül meleg folt, ami nem más, mint a Ferihegyi repülőtér területe; ez a felszíni albedo alacsony értékével függ össze, hiszen itt a kifutópályák burkolata a sugárzás 85-90%-át elnyeli.

A Duna szigeteinek klímája jelentősen különbözik a város többi részének klímájától. Legjobb klimatikus adottságú a Margitsziget és a Szentendrei-sziget déli csúcsa, hasonló adottságú még a Hajógyári-sziget, itt azonban a nagyobb burkolt felszín valamelyest kedvezőtlenebb klímát eredményez. Érdekes még a Háros-sziget, melynél a Duna nyári hűtő hatása jobban érvényesül, köszönhetően a magas növényborítottságnak és a peremterületi helyzetnek. A Csepel-sziget nagy méretei folytán a folyam klimatizáló hatása csak a vízpartokon érvényesül.

Összességében elmondható, hogy a szigetek területén a városklíma hatásait (és a makroklíma egyes hatásait is) a Duna kedvezően mérsékli, ezért ezeket a területeket a főváros természetes rekreációs területeiként, beépítésre nem szánt területeiként célszerű használni.

A műholdas felvételeken jól látszik a zöldfelületek klímajavító hatása. A pesti oldalon jól felismerhetőek a nagyobb zöldfelületek (Városliget, Kerepesi temető, Népliget) hűvösebb zöld foltjai a narancsszínű, melegebb beépített területek között



**3a. és 3b kép:**  
Budapest Duna menti területeinek felszíni hőmérséklete téli és nyári időszakban

**4. kép:** Budapest felszíni hőmérséklete téli időszakban

**5. kép:** Tetők fényvisszaverésének növelése





szigetszerűen elhelyezkedve. A budai oldal sokkal szerencsésebb helyzetben van, hiszen a Duna és a Budai-hegység együttes hatása jelentősen mérsékli a városi hősziget nagyságát.

További különlegesség, hogy az éjszakai időszakban az Ördög-árok völgyében – Városmajor, Vérmező, Horváth-kert, Tabán – kialakuló hűvös légáramlat sokkal hidegebb, mint az várható, s hűvösebb, mint a Gellért-hegy. Ennek magyarázata a völgytalpon összegyűlő hideg levegő lefelé áramlása a völgy mentén, melynek eredményeként a hűvös levegő egyenesen a város központi része felé áramlik, s azt csupán az épületek szélirány módosító hatása változtatja meg. A légáramlási folyosó működését korábbi beépítések – a Városmajor és Vérmező, ill. a Vérmező és a Horváth-kert közötti, illetve az Attila úti korábbi beépítések – már kissé gyengítették, s ezért a Tabánban most folyó építkezések a városklíma szempontjából sem tekinthetők jó döntésnek.

A város légkörzése rendkívül összetett, az egyes mérőállomásokon (Kitaibel Pál u., Pestlőrinc) jellemzően más az uralkodó szélirány. A Kitaibel Pál utcában az uralkodó szélirány nyugat-északnyugat, elsősorban a hegy-völgyi légkörzés miatt. Pestlőrincen ellenben jellemzően az északi az uralkodó szélirány, illetve Pestlőrincen van egy másodmaximum a dél-délkeleti irányból, melynek oka a hősziget által létrehozott légkörzésben keresendő (a peremterületek felől a központi területek felé áramlik a levegő). Régebbi mérések (Mádách tér) azt mutatták ki, hogy a pesti oldal belső kerületeiben rendkívül ritka a délnyugati szélirány, ez pedig a Gellérthegy szélárnyék hatásával magyarázható.

## A VÁROSI HŐSZIGET MÉRSÉKLÉSE

A városi klíma előnytelen hatásainak mérséklésére több kísérlet is történt, elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban. Ennek legfőbb oka, hogy ebben az országban alakult ki először olyan településszerkezet, melynek rendkívül nagy a városi klímára gyakorolt hatása. Elsősorban a nagy beépítési arány, a különböző magasságú épületek, a magas burkolati arány, a „korszerű” anyagok (beton, aszfalt, üveg) jellemzik ezeket a városokat, a magas gépjárműforgalom, nagy hőszennyezés

és a nagy területi kiterjedés mellett. Ilyen adottságok mellett itt merült fel először a városi hősziget jelenség csökkentése építészeti eszközökkel.

Az első jelentősebb ilyen eszköz a városi felszín albedojának növelése; a gyakorlatban ez a világosabb színű burkolatok, héjazatok használatát jelenti. Philadelphiában történtek ilyen kísérletek, melyek során a tetőket fehér színű műanyaggal burkolták.

A mérések szerint az ilyen épületekben jelentősen csökkent a nyári felmelegedés mértéke a hasonló szerkezetű, fehér fedés nélküli házakhoz képest.

A másik lehetőség a felmelegedés mérséklésére a zöldtetők alkalmazása. Bár az ilyen típusú zöldfelületek nem egyenrangúak a hasonló területű, termett talajon növekvő növényállományokkal, s magának a növényzetnek is kisebb az albedója, mint a fehér műanyagoknak, mégis érdemes a zöldtetőket alkalmazni a városokban azok sokrétű hatása miatt (hőszigetelés, csapadékmegtartás, párologtatás)

A 7.A és 7. B grafikonokon hagyományos lapostetők és zöldtetők hóháztartási és csapadékmegtartási képességeinek összehasonlítását láthatjuk.

Összefoglalva, a kísérletek és a műholdfelvételek alapján a következő város-építészeti megoldásokkal csökkenthető jelentősen a városi klíma kedvezőtlen hatása, a városi hősziget kialakulása:

- zöldtetők alkalmazása
- fehér tetők és világos burkolatok alkalmazása
- épületmagasság csökkentése
- égbolt láthatósági index növelése
- biológiailag aktív felületek, zöldfelületek és vízfelületek növelése

## A VÁROSI LÉGKÖRZÉS ALAKÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A városi légkörzésről sajnos nincs annyi adatunk, mint a város felszíni hőmérsékleteinek alakulásáról, s ennek oka egyértelműen az, hogy míg a hőmérséklet műholdas felvételek alapján meghatározható, addig a légkörzésről műholdas felvételekkel nem tudunk közvetlenül adatokhoz jutni. Természetesen a felhők mozgásából lehet

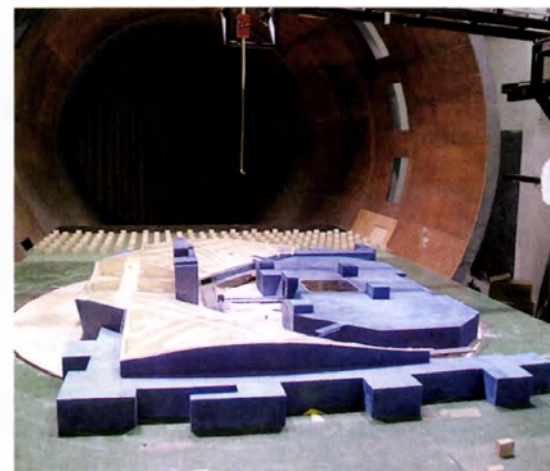


**6. kép:** Terepmodell a szélsókatona előtt.

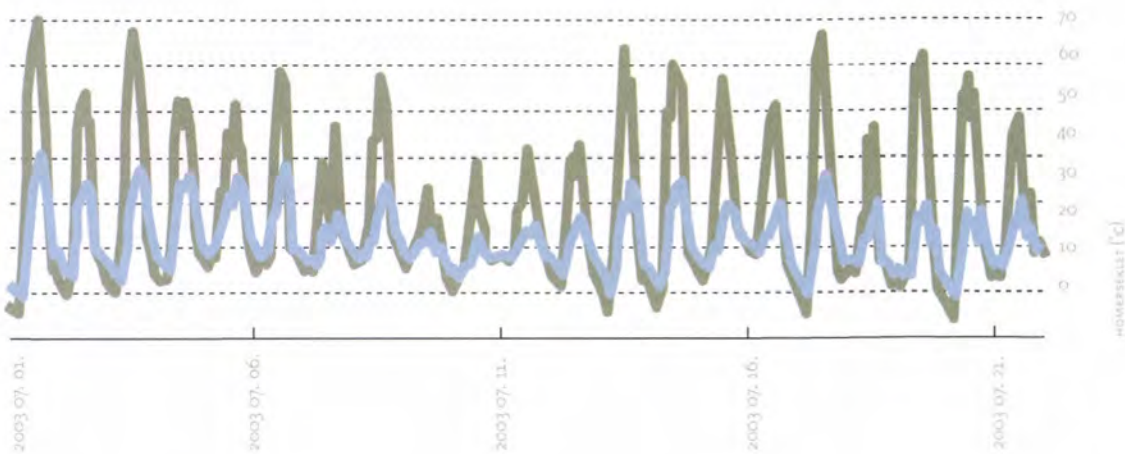
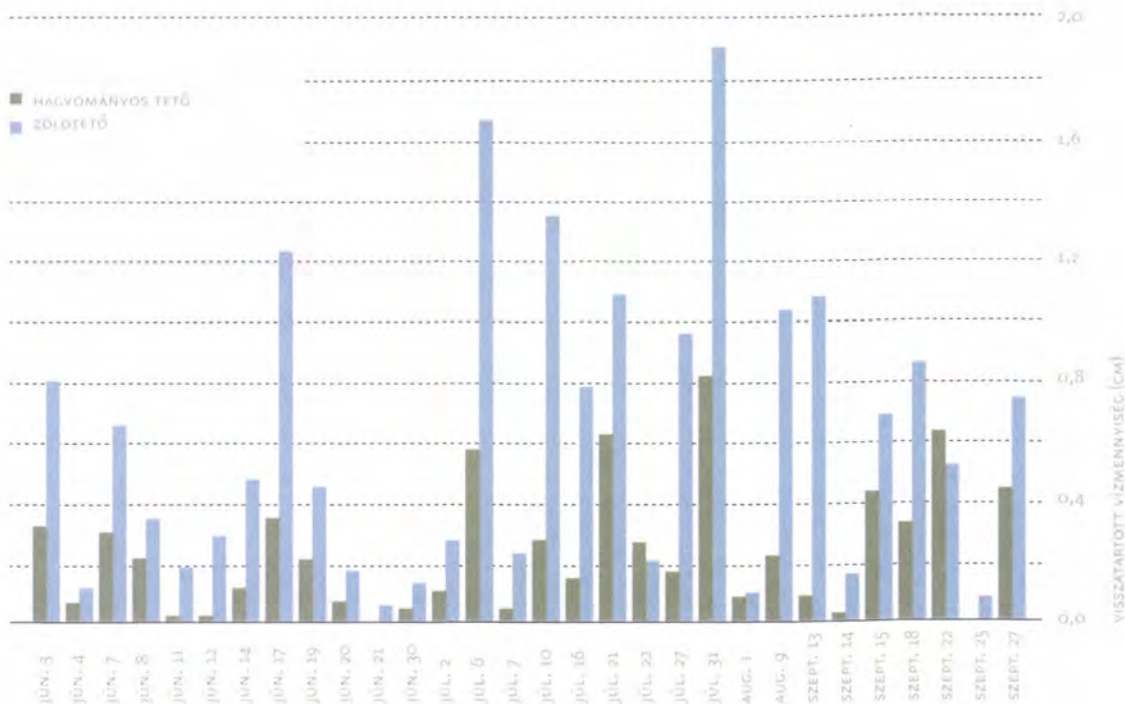
### 7.A ábra:

A zöldtető csapadékmegtartó képessége. A felmelegedés mérséklése mellett a levegő páratartalom növelő, pormegkötő és levegőtisztító hatása is van a zöldtetőnek.

**7.B ábra:** Az ábrán látható, hogy a zöldtető jelentősen mérsékli a nappali felmelegedést és kis mértékben az éjszakai lehűlést nyári időszakban. Mind a nyári energiafogyasztás, mind a téli fűtési igény jelentősen csökken zöldtetős házak esetében.







következtetéseket tenni a légáramlatokra, csak-hogy a felhők alá a műholdak nehezen 'látnak be', másrészt pedig felhőmentes, anticiklonális időszakban is kialakul városi légkörzés, és éppen ekkor lenne fontos tudni nyomon követni, hogyan alakulnak a légáramlások.

Budapest légköri áramlási viszonyairól az utóbbi időkben, egy-egy nagyobb tömegű épület felépítését követően sok szó esett. Rendkívül fontos lenne minél pontosabban tudni egy új beépítés légkörzést módosító hatását, ami persze a város szerkezeti adottságoktól nagy mértékben függ. Például egy VIII. kerületi nagyvárosias beépítésű területen egy foghíjtelek beépítése valószínűleg sokkal kevésbé változtatja meg a városi légkörzést, mint pl. a Tabánban, a városi jelentőségű légáramlási folyosóban.

A következőkben néhány olyan lehetőséget mutatunk be, melyekkel meghatározható egy tervezett épülettömeg hatása a városi légkörzésre. Két nagyobb csoportra oszthatóak ezek a vizsgálatok: az első csoport a szélcsatorna kísérleteket, a második pedig a számítógépes szimulációkat (CFD=Computational Fluid Dynamics, számítógépes áramlási modellezés) jelenti.

A szélcsatorna kísérletek először repülőgépek, majd egyéb járművek (gépkocsik) tervezésének segítésére születtek, Magyarországon jelentős szélcsatorna kísérletek a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Áramlástan Tanszékén Dr. Lajos Tamás tanszékvezető irányításával folynak, az egyetem szélcsatornáiban. A kutatás főbb irányai a járművek aerodinamikai

jellemzőinek vizsgálata mellett a szennyezőanyagok terjedésének vizsgálata, valamint a városklíma és a szélkomfort vizsgálata, illetve a szélcsatorna kísérletek mellett foglalkoznak számítógépes (CFD) szimulációkkal is.

A városklíma és a szélkomfort vizsgálatánál először a tervezési terület határán lemérik a jellemző szélviszonyokat, elkészítik a tervezett beépítés modelljét, s ezt behelyezik a szélcsatornába, ahol a mérések alapján modellezik a jellemző széljárást, és ennek megfelelően a modell egyes pontjain mérve a légáramlás irányát, nagyságát és a légnyomást. Ezen mérési adatok alapján lehet következtetéseket levonni a majdani beépítés körül kialakuló légközrészről.

A másik lehetőség, amely nem igényel ilyen különleges berendezést, a számítógépes szimuláció (CFD). Ebben az esetben egy külön erre a célra fejlesztett programba kell bevinni a tervezett beépítés 3D-s számítógépes modelljét, s meg kell adni a terület határain fennálló szélviszonyokat, hőmérsékletet és egyéb szükséges fizikai paramétereket. Ezekből az adatokból a program létrehozza a szimulációt (hosszabb-rövidebb idő alatt), mely során értékes információkat kapunk arról, hogy alakul a légközrés a majdani beépítés környezetében. Hátránya a számítógépes szimulációnak, hogy váratlan események (pl. különleges felszínforma feletti, a vártnál erősebb turbulencia) kialakulását nem képes előre jelezni, ellentétben a szélcsatornával, ezért ilyen programok fejlesztéséhez nélkülözhetetlenek a szélcsatorna kísérletek. A mellékelt ábrákon néhány ilyen szimuláció grafikus eredményét mutatjuk be.

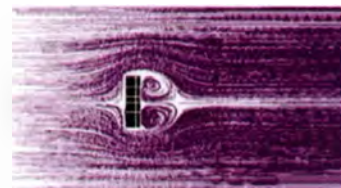
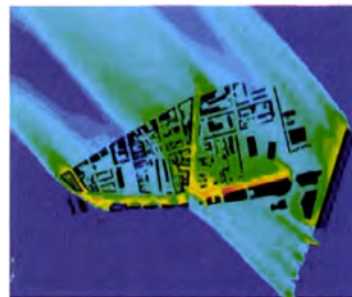
Összefoglalásképpen elmondhatjuk, hogy megvannak a szükséges eszközök ahhoz, hogy a településrendezési-, szabályozási tervezés, illetve az építészeti tervezési folyamat részévé tegyük az előzetes hatásvizsgálat részeként a légközrés változásának vizsgálatát. Egyes esetekben (Móds autópálya) már alkalmazzák ezeket az eljárásokat. Ajánlatos lenne a településrendezési metodika részeként kötelezően a tervezési folyamat részévé tenni az áramlástani, légközrési vizsgálatokat, különösen nagy tömegű vagy magas épületek, épületegyüttesek tervezése esetében, vagy a városi légközrés szempontjából fontos áramlási mezőkre, zónákra kiterjedő beépítések esetében. Így elkerülhető a városi légközrés – amely feltétlenül szükséges egy élhető város kialakításánál – további romlása.

**8.A kép:** A Petőfi híd és a Lágymányosi híd közötti, pesti oldali beépítés 3D-s modellje.

**8.B kép:** A Petőfi híd és a Lágymányosi híd közötti, pesti oldali beépítés légszennyezés terjedését modellező szimuláció.

**9. kép:** A kép az ENVI-MET program 3. verziójának egy egyszerű téglalastest, állandó irányú

egyenletes légáramlás mellett készített modellje. A program előnye, hogy ingyenes a felhasználó számára, asztali gépen futtatható, légszennyezés terjedése és légközrési viszonyok is szimulálhatóak rajta, valamint az épületek és a domborzat mellett a növényzet speciális légközrés módosító hatását is figyelembe veszi.





# THE URBAN HEAT ISLAND AND THE WIND FLOW IN THE CONTEXT OF THE URBAN FABRIC



THE URBAN heat island is a phenomena which has a negative effect on urban living especially in the summer period. The global climate changing makes this effect stronger every year. I present shortly this phenomena and its negative effects (higher temperature, lower relative humidity, changing of the weather conditions in the area of the city). I showed in the example of Budapest the changing of the local climate, temperature and wind conditions which are mostly caused by the building structure.

In the second half of this paper I present some solutions, which can reduce the negative effects of the urban climate. These are the white paving on the roofs, and the using of green roofs and hanging gardens. In the end I show two ways how can we prognosticate the changing of the wind conditions before building. The first way is to make the model of the buildings and put it into a wind tunnel, and then we get exact information about the changing of the strength and direction of the wind. The second way is the Computer Fluid Dynamics (CFD). In this case we make computer simulations, using the laws of the fluid dynamics and the three dimensional models of the buildings in a computer program.

Finally we can say that we have the tools to make such buildings and city parts which do not increase the negative effects of the urban climate. It is high time to integrate this tools in the law of building.

*Probáld Ferenc: Budapest  
városklímája. Akadémiai Kiadó,  
Budapest, 1974*

*Bartholy J. és Mika J., 2006:  
Nagyvárosaink időjárása-  
makacs tendenciák, új  
közzéadások. Előadás a 2006. évi  
űrnapon. [www.hso.hu](http://www.hso.hu)*

*BME Áramlástan Tanszék, [www.ara.bme.hu](http://www.ara.bme.hu)*

*[www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)*