



Időszerű megoldások betonutakhoz és közlekedési műtárgyakhoz
2016. januári szám

update 44

Városi közlekedési felületek – legkedvezőbb beton a városbelsők számára

A városi területek közlekedési felületeivel szemben egyre nagyobb követelményeket támasztanak. A „Városi közlekedési felületek” c. kutatási projekt ezért azokkal a hatásokkal foglalkozott, amelyeket a betonnak a városi környezetben való nagyfelületű alkalmazása okoz. Meghatározták az előnyös hatásokat, amelyeket a világos színű betonpályák okoznak a városbelsők közlekedési felületeinek általános hőmérsékleti viszonyainak és az éjszaka közlekedők láthatóságának javításában.

Városi közlekedési felületek – legkedvezőbb beton a városbelsők számára

Dr. Peyerl, Martin okl. mérnök, Smart Minerals GmbH, Bécs

Dr. Krispel, Stefan okl. mérnök, főiskolai docens, Smart Minerals GmbH, Bécs

Dr. Weihs, Philipp egyetemi tanár, Universität für Bodenkultur, Bécs

Maier, Gerald okl. mérnök, Smart Minerals GmbH, Bécs

Az „Optimalizált közlekedési felületek városbelsők környezetében” c. kutatás a városi környezetben lévő közlekedési felületekkel szemben támasztott növekvő követelményekkel foglalkozott. Az ilyen felületek esetén, a növekvő teherforgalmon, a sokoldalú használati módon és a szűkös helyviszonyokon kívül, döntő szerep jut eme felületek világossági tulajdonságainak is. Eddig kevés figyelem jutott a városi „hőszigetek”, az ún. „Heat Islands”-ek megjelenésére. Minthogy az utak a város teljes felületének mintegy 10%-át teszik ki, ezért itt hatékony, hosszú távú intézkedéseket lehet megcélózni.

1. A kutatás alapvető céljai

Ez ideig a közlekedési felületek betonanyagára csak szerkezeti követelmények vonatkoztak, azaz hogy teljesítsenek bizonyos szilárdsági osztály követelményt, ellenálók legyenek a környezeti hatásokkal szemben és jó tapadó-képességük (érdességük) legyen.

A közlekedési felületek céljára a jövőben alkalmazott betonnak további követelményeket is teljesíteni kell. Ezek az alkalmazási területek különlegességeiből adódnak, mint pl. az útfelület megfelelő megvilágítása lámpatestekkel (útkivilágítás), a kisléptékű és helyi klímahatások, a kissebességű közlekedők (pl. gyalogosok) jelenléte. A jelenlegi szabályozások csak a főközlekedési úthálózatra vonatkoznak és a fent említett szempontokat nem veszik figyelembe.

A városi klímát lényegében a hőtárolóként működő beépített területek befolyásolják. Emiatt városi hőszigetek keletkeznek, amelyekben a hőmérséklet több fokkal meghaladhatja a környező vidékéét. A közlekedési felületek lényeges befolyásolási tényezői a helyi klímának. Az egyik kutatási cél ezért a városi hőszigetek befolyásolása és lehető csökkentése volt a közlekedési felületek számára legkedvezőbb (optimált) beton révén.

Ismeretes, hogy a világos útfelületek, különösen kivilágítatlan, vagy rosszul világított helyeken javítják a szubjektív biztonságérzetet és csökkentik a baleseti kockázatot. Ezért a kutatás során megvizsgáltuk, hogy a közlekedésben résztvevők biztonsága javítható-e egy megfelelő útfelület választásával. A kutatásban szereplő különféle közlekedési felületek különböző világossági tulajdonságúak voltak.

A meglévő közlekedési felületek pályaszerkezetének teljes cseréje gyakran nem célszerű, pl. akár gazdasági okokból sem, ezért a fehér szőnyegezési (white-topping) kiviteli formát is megvizsgálták. Az ilyen építési mód alkalmazása (a meglévő aszfalt pályaszerkezetre egy vékony betonréteget építenek rá) a jobb fényvisszaverési képességen kívül egyben a közlekedési felület nagyobb teherbírását és tartósságát is jelenti. Ennek sikere az aszfalt és a beton közti tartós kapcsolaton múlik. Megítélése a felületi mintázat elemzése (a marási karakterisztikák) alapján és a kapcsolati erők megállapítása révén lehetséges. Ausztriában ez ideig sem szabványos, sem szabályozási követelmény ezekre a tulajdonságokra nincs. A kutatásnak egyik további célja ezeknek a különleges mérőszámoknak a megállapítása volt.

2. A technika jelenlegi állása – Hősziget hatás (Heat Island Effect)

A városi klímatudománynak egyik legfontosabb tárgya egy pótlólagos üvegház-hatás, az úgynevezett városi hősziget (Heat Islands).

Ez azt jelenti, hogy a városi klíma egy adott területen az egész környezetre vonatkozó értékektől felfelé eltér (különösen szélcsendes, forró nyári napokon jelentkező hatás). Ezáltal az általános felmelegedésen túl bizonyos városi területeken még tovább emelkedik a hőmérséklet. Ez a hőmérsékletemelkedés nemcsak észrevehetően rontja a jó közérzetet és a teljesítőképességet, hanem a halálzási számot is megnöveli. [1, 2]

Egy város klímájának megváltozása a tágabb környező tájéhoz képest (kb. 250 km-ig) sok tényezőtől függ. Az általános befolyásoló tényezőkhöz kívül – mint fekvés,

városkialakítás, a város nagysága és a napsugárzás hatása – a beépítési geometria és az ebből eredő áramlási akadályok, a levegőszennyezés és végül az alkalmazott építési anyagok mind lényeges szerepet játszanak a városi hősziget kialakulásában. Ezeket a városi klímára ható különféle befolyásoló tényezőket az 1. táblázat tartalmazza.

Az 1. táblázatból is látható, hogy ezek a különleges körülmények a hőmérséklet általános emelkedését okozzák, ahol is alapvetően két hőenergia beszállítót kell megkülönböztetni: az antropogén (emberi eredetű) hőt, amelyet az ember hoz létre főleg az égetési folyamatokkal, de a sokkal nagyobb részt a nap sugárzási hője okozza. Ezt a nap okozta energia-bevitelt egy adott felületre az energiamérleg-egyenlettel lehet kifejezni. (I. egyenlet, 4. old.) [4]

1. táblázat: Városi hőszigetek megjelenítésének fontos tényezői [1]

Jellemzők	Energetikai hatás
Beépítési geometriai tulajdonságok nagy felületek alapraxi utcaszűkületek csökkenő szélesség	napsugárzás többszöri visszaverődése a házak homlokzatáról tényleges visszaverődés csökkenése hőtranszport-csökkenés
A levegő szennyezettsége	visszavert sugárzás növekedése
Ember okozta (antropogén) hő épületek hő-kibocsátása égési folyamatok	hőmérsékletemelkedés hőmérsékletemelkedés, a sugárzás-visszaverődés növekedése a szennyeződés miatt
Építőanyagok nagyobb hővezetési képesség nagyobb tárolt hőmennyiség	tárolt hőmennyiség növekedése párolgás csökkenése, párolgási hőfokcsökkenés

$$Q_{net} = Q + B + H + V \quad (\text{I. egyenlet})$$

- Q_{net} egy adott felületre beérkező összes energia
 Q sugárzási mérleg
 B hőáramlások a talajban
 H érezhető hőáramlások
 V rejtett (latens) hőáramlások

A legnagyobb, anyagtól függő és egy adott felületen indukált energiát a fenti I. egyenletből a Q sugárzási mérleget jelenti. Ez a II. egyenlet szerinti alkotókból áll:

$$Q = (1 - \alpha) \times G + (AG - A) \quad (\text{II. egyenlet})$$

rövidhullámú sugárzási mérleg
hosszúhullámú sugárzási mérleg

- Q sugárzási mérleg egy adott felületre (nettó sugárzás)
 α felület albedo száma
 G globális sugárzás
 AG atmoszférikus ellensugárzás
 A földfelület hosszúhullámú kisugárzása

A II. egyenlet egy rövidhullámú és egy hosszúhullámú sugárzási mérlegre bomlik. Minthogy a hosszúhullámú sugárzási mérleg a kérdéses felület felmelegedésére sokkal kisebb hatású, az egyenletnek ez a része a további tárgyalás szempontjából kevésbé fontos. A rövidhullámú sugárzási mérlegnek döntő tényezője egy adott felületnek az albedo száma: α . Ez a szám adja meg a rövidhullámú kisugárzás (visszaverődés) és a besugárzás arányát és ezt egy ún. albedo méterrel lehet megmérni. A 2. táblázatban láthatók különböző, a városi környezetben előforduló anyagok albedo értékei.

A 2. táblázatból világos, hogy a választott felületfajtától függően nagyon különböző albedo számok adódnak. A II. egyenlet szerint a különböző albedo számok alapján a városi környezetben alkalmazott anyagok természetesen döntő hatásúak a rövidhullámú sugárzási mérlegre. Ennek igazolására szolgáljon az 1. ábrán látható hőtérkép Bécs belvárosáról és a hozzá tartozó műholdfelvétel.

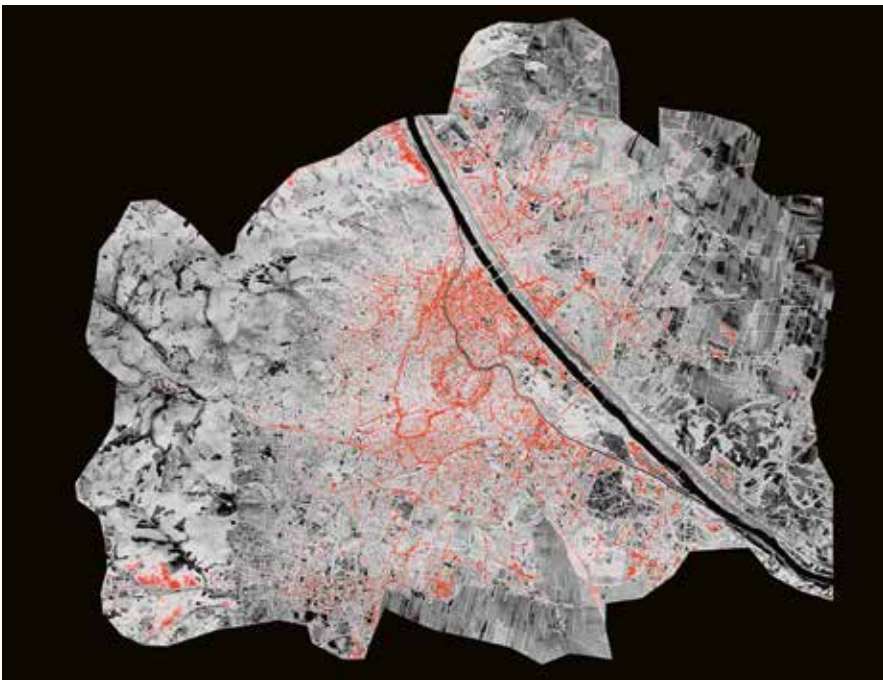
Az 1. ábra hőtérképén a különösen hideg felületek feketén, a különösen meleg felületek piros színben láthatók. A műholdfelvétellel összehasonlítva világosan felismerhető, hogy a közlekedési felületek, mint a körút (Ring), a külső körút (Gürtel), stb. igen nagy felületi hőmérsékletükkel tűnnek ki, míg a zöldterületek lényegesen kisebb hőmérsékletet jeleznek. A felszíni hőmérséklet csökkentése tehát ezeken a „piros” területeken nagyon is célszerű.

Sok tanulmány [8, 9, 10 és 11] foglalkozott a különböző városi tetőfelületek és aszfaltutak visszaverődésének a városi mikroklimára gyakorolt hatásával és azt vizsgálták, hogy e felületek visszaverő-képességének megváltoztatása milyen mértékű mikroklima változást okozna.

Santamouris és társai [11] azt találták, hogy egy 4500 m²-es világos színű aszfalt fényvisszaverő képessége 47%-os volt a látható fény, és 71%-os az infravörös fény sugárzási tartományában, ha közönséges aszfaltfelülettel hasonlították össze: ez a felületi hőmérsékletben 12 °C, a felület feletti levegő hőmérsékletében 1,9 °C csökkenést eredményezett. Minthogy a látható fény tartományában erősen növekvő visszaverődés káprázást okoz, ami a gépkocsivezetők számára biztonsági hiányt jelenthet, a figyelmet az aszfaltfelületeknek az infravörös tartományba eső visszaverési képességének növelésére összpontosították.

2. táblázat: Néhány anyag albedo-értéke [1, 3 és 5] alapján

Anyag	Rövidhullámú albedo [%]
aszfalt	5 – 20
beton	10 – 35
fehérbeton	70
mező, rét	15 – 25
lombos erdő	15 – 20



1. ábra: Bécs hőterképe, összehasonlítva a műholdfelvétellel [6, 7]

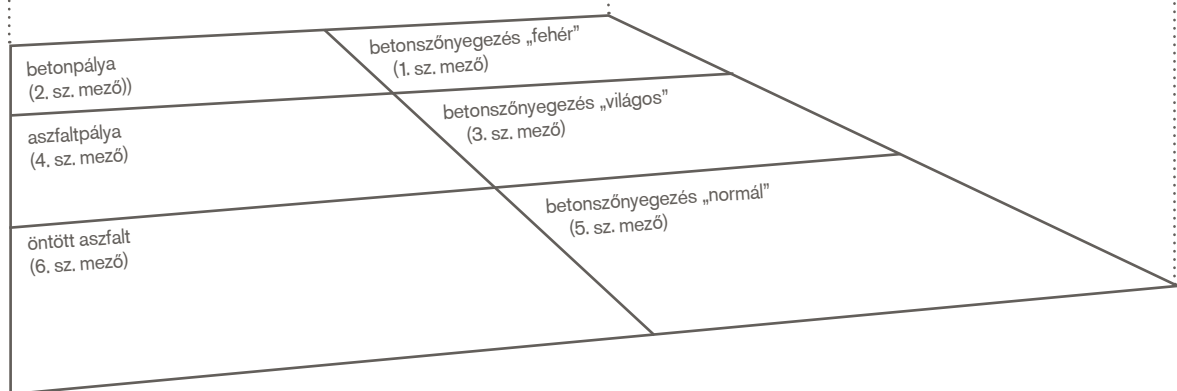
3. A kutatási cél megvalósítása

Hat különböző kísérleti felületet (mezőt) készítettek azért, hogy a számítási modellek számára megbízható kiindulási adatokat nyerjenek a klimatikus jellemzők meghatározása révén. Ezek a kísérleti mezők nemcsak eltérő rétegfelépítésükben különböznek, hanem a teljes szerkezeti felépítés és a felületi kiképzés megfelel a belvárosi környezetben egyébként használatos megoldásoknak. Felépítményként egy szokásos aszfalt-pályalemezt, egy szokásos betonlemezt, egy járdalemezt (öntött aszfalt) és

három különböző fehér-szőnyegezésű (white-topping) pályaszerkezetet választottak. A kísérleti mezők szerkezeti felépítése összefoglalóan a 3. táblázat szerinti.

A kísérleti mezőket olyan környezetben építették meg, hogy se épületek, se növényzet ne árnyékolja be ezeket és így lehetőleg valószerű eredményeket kaphassanak. A 2. ábrán a hat, egyenként 8 m x 8 m – es kísérleti mező elrendezése látható.

3. táblázat: A kísérleti mezők szerkezeti felépítése		
Megnevezés	Felépítés	Vastagságok [cm]
betonszőnyegezés „fehér” (white-topping) (1. sz. mező)	alsó kötőanyag nélküli réteg (természetes kavics) felső kötőanyag nélküli réteg (zúzottkő) bemart bitumenes teherhordó réteg AC22 70/100 útpálya felső réteg beton OB F52 GK 22 fehércementtel	30 10 10
betonpálya (2. sz. mező)	alsó kötőanyag nélküli réteg (természetes kavics) felső kötőanyag nélküli réteg (zúzottkő) bitumenes teherhordó réteg AC22 70/100 útpálya felső réteg beton OB F52 GK 22	30 5 20
betonszőnyegezés „világos” (white-topping) (3. sz. mező)	alsó kötőanyag nélküli réteg (természetes kavics) felső kötőanyag nélküli réteg (zúzottkő) bemart bitumenes teherhordó réteg AC22 70/100 útpálya felsőréteg beton OB F52 GK 22 fehér pigmenttel	30 10 10
aszfaltpálya (4. sz. mező)	alsó kötőanyag nélküli réteg (természetes kavics) felső kötőanyag nélküli réteg (zúzottkő) bitumenes teherhordó réteg AC22 70/100 bitumenes fedőréteg AC11 70/100	30 15 5
betonszőnyegezés „normál” (5. sz. mező)	alsó kötőanyag nélküli réteg (természetes kavics) felső kötőanyag nélküli réteg (zúzottkő) bemart bitumenes teherhordó réteg AC22 70/100 útpálya felső réteg beton OB F52 GK 22	30 10 10
öntött aszfalt (6. sz. mező)	alsó kötőanyag nélküli réteg (természetes kavics) felső kötőanyag nélküli réteg (zúzottkő) alsó betonréteg C20/25/X0 öntött aszfalt MA4, 90/10	10 10 2



2. ábra: Kísérleti mezők elrendezése



3. ábra: Felső aszfalréteg bemarása

3.1. A fehér-szőnyegezésű (white-topping) kísérleti mezők készítése

A fehér-szőnyegezésű (white-topping) kísérleti mezőket két lépésben építették. Az alépítmény és az aszfaltlemez elkészítése után az aszfaltfelület bemarása és a felületi tulajdonságok (érdesség, stb.) megállapítása következett. Erre építették rá a felbetont. A 3. ábrán a marási folyamat látható, kisméretű maróval.

A felület marását részben csak hosszirányban, részben hossz- és keresztirányban végezték. Összehasonlító alapérték mérhetősége végett egy részfelület marás nélkül maradt. A 4. ábrán ezek a felületek láthatók.



4. ábra: Eredeti (maratlan), hosszában és hosszában-keresztben bemart aszfalt felület

4. táblázat: Az OB GK22 F52, OB GK22 F52 „világos” és az OB GK22 F52 „fehér” felső betonréteg (OB=Oberbeton) recepturája $D_{max} = 22$ mm (GK 22) esetére

A beton alapanyagai	Bemérési adatok a receptura szerint és a betonok jellemzői [kg/m ³]		
	OB GK22 F52	OB GK22 F52 „világos”	OB GK22 F52 „fehér”
Kísérleti mezők	2, 5	3	1
CEM II/B-M 42,5 N	420	421	-
CEM I 52,5 N fehércement	-	-	421
Titándioxid pigment	-	21	-
Természetes adalékanyag 0/4	780	784	781
Természetes adalékanyag 8/11	162	163	163
Természetes adalékanyag 11/22	962	966	965
Összes víz	168	168	167
Folyósító szer	2,96	2,52	2,52
Légbuborékképző	0,73	0,76	0,75
Viz/kötőanyag	0,40	0,40	0,40

Ezután készítették el a felbetont, azaz a mattnedves felületre elkészítették a betonpályát. Alapul vették az útbeton – felső réteg – recepturáját, az RVS 08.17.02 [12] előírás szerint $D_{max} = 22$ mm, F52 konzisztenciával. A közönséges beton pályalemezt (2. sz. mező) a betonpályákhoz előírt (DZ jelű Deckenzement) CEM II/BS 42,5 N (DZ) kohósalak-portlandcementtel készítették [13], - a fehér-szőnyegezésű 1. sz. mezőben ehelyett egy kereskedelemben kapható fehércementet alkalmaztak. A világos színű (3. sz. mező) fehérszőnyeg CEM II cementjéhez fehér pigmentet adagoltak. A különböző betonok receptura előírásai a 4. táblázatban találhatóak.

A betont – mint ez a városbelsőknben szokásos – folyós útépítési betonból, kézi erővel dolgozták be. Az 5. ábrán (10. oldalon) példaképpen az 1. sz. mező betonozását láthatjuk. Mindegyik betonfelületet ún. „seprúvonalkázással” durvították (textúrázták).



5. ábra: Beton beépítése és felületképzés (seprűvonalak)

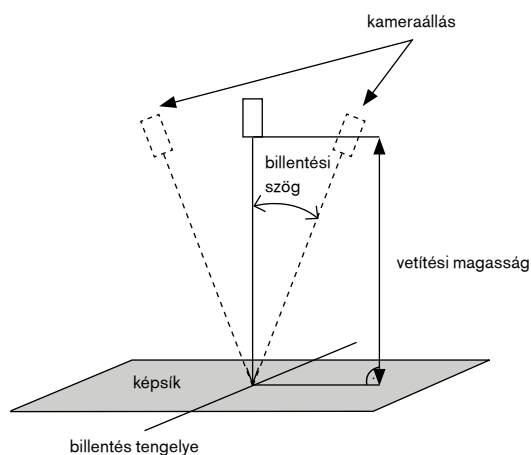
3.2 Vizsgálatok a kísérleti mezőkön

Az elkészült kísérleti mezőkön az alábbi vizsgálatokat végezték el:

- felületi tulajdonságok vizsgálata a megdolgozott (mart) aszfaltfelületeken
- a fehérszönyegezett (white-topping) mezőkön a kapcsolati erő vizsgálata
- a hőmérsékletváltozások mérése
- a megvilágítás-erősség és a visszaverődés mértékének megállapítása
- a különböző felületek hatásának megállapítása a kísérletkű és a helyi klímára

3.2.1 Felületi tulajdonságok vizsgálata a megdolgozott aszfaltfelületeken

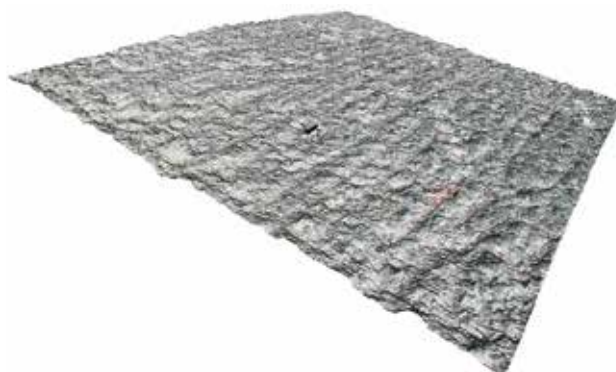
A fehérszönyegezési (white-topping) építési móddal a még teherbíró alsó réteg kihasználása révén egyszerűen és gazdaságosan lehet az aszfaltutakat megerősíteni. Az ilyen pályaszerkezet jó működéséhez az aszfalt és a beton közti tartós kapcsolat nélkülözhetetlen. Ennek megítéléséhez a felületjellemzők (a bemarkási mintázat) és a kapcsolati (együttdolgozási) jellemzők megállapítása szolgál. Ezekre követelmények mindez ideig nincsenek. A felület jellemzése a Kaufmann-féle, jól ismert homokfolt (homokmélység) mérés használható, egy háromdimenziós felületi modell megalkotásához pedig egy sztereoszkópos eljárás szolgált.



6. ábra: Sztereoszkópos kísérleti összeállítás a felületi paraméterek megállapításához [14]

Ennek az utóbbi módszernek az a célja, hogy egy digitális felületi modellt (DOM: magyarul DFM) nyerjenek a felületi mintázatról, amellyel a lehető legtöbb felületi paraméter nyerhető, hogy ezekkel az együttdolgozási (kapcsolati) tulajdonságokat összefüggésbe hozhassák. A felületi modell különböző látószögből felvett képeken alapszik, hasonlóan a földfelszín fotogrammetriás térképezéséhez. A 6. ábrán látható az alkalmazott mérőkeret, amely lehetővé teszi, hogy a digitális kamerával két, kissé eltérő szögből felvételeket készíthessenek a legkedvezőbb megvilágítással.

Minden vizsgálandó felületet a függőlegestől két irányban $10-10^\circ$ -kal eltérő szögből felvett képpel jellemeztek. A 7. ábrán látható egy 3-dimenziós modell (DOM, DFM), amelynek segítségével a felületi mintázat leírásához különféle paramétereket állapítottak meg.



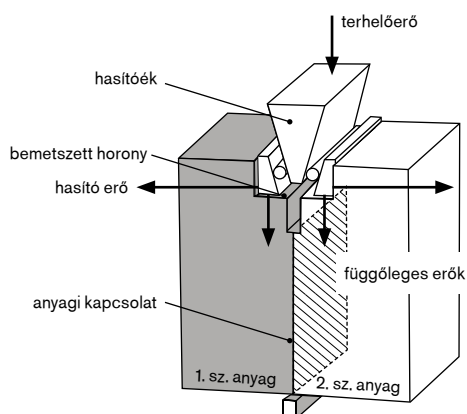
7. ábra: Egy digitálisan elemzett felület 3-dimenziós modellje

A DFM alapján a felületi tulajdonságokat az EN ISO 4287 [15] szerint értékelték.

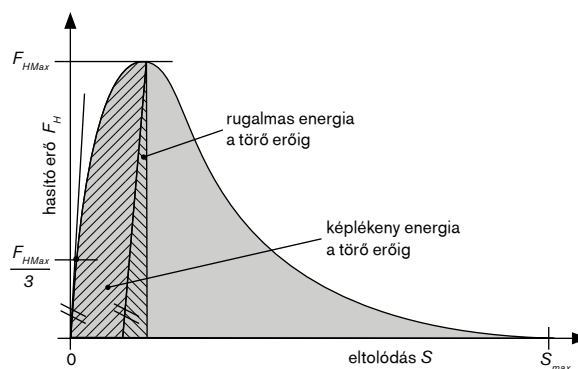
3.2.2 A fehér-szőnyegezésű (white-topping) építési mód együttdolgozási jellemzőinek megállapítása

Az együttdolgozási tulajdonságokat (bemetszések hasító- húzószilárdság vagy hasítóékes húzószilárdság és fajlagos törési energia), tehát az aszfalt és a felbeton közti kapcsolódást a hasítóékes törés mechanikai jellemzők mérésével állapították meg az ÖNORM B 3592 [16] szerint. Ehhez a kérdéses pályaszerkezetből 10 cm átmérőjű hengereket fúrtak ki. Az előkészítés (a kezdő bemetszés bevágása és a teherirányító lemezek beragasztása) után a próbatestet a vizsgáló berendezésben megterhelik, és közben felrajzolják az erő-eltolódás diagramot, egészen a próbatest teljes elhasadásáig. A vezetőék hajlásszöge az összes magminta esetén 15° volt. A 8. ábrán a csatlakozási felületek ÖNORM B 3592 [16] szerinti vizsgálatának vázlata látható.

A tiszta húzó vizsgálattal szemben a hasítóékes törésnél a teljes hasítóerő-eltolódás diagram felrajzolható. Egy ilyen diagram a 9. ábrán látható.



8. ábra: Együttdolgozó anyagok vizsgálatához való hasítóékes módszer elrendezési vázlata [16]



9. ábra: Jellegzetes hasító erő-eltolódás diagram [16]

3.2.3 A hőmérsékletváltozások megállapítása

A különböző felületek miatti eltérő felmelegedési viszonyok rögzítése végett a hőmérsékletet mind a felületen közvetlenül, mind pedig különböző mélységi lépcsőkben mérték, különböző évszakokban. Evégett a hat kísérleti mező mindegyikén a felületen (0 cm), továbbá 2,5 cm, 6 cm és 12 cm mélységben hőmérséklet érzékelőket építettek be.

3.2.4 A megvilágítás erősségének és a visszaverődés mértékének megállapítása

A kísérleti mezőket kivilágították, hogy megállapíthassák: a különböző felületek hogyan hatnak a közlekedésben résztvevők szubjektív biztonságérzetére és láthatóságukra. Ebben a kísérleti részben egyrészt a mindenkori éjszakai utcai szokásos világítás vizuális értékelése, másrészt a megvilágítás erősségének megállapítása volt a feladat. A mérésekhez mindegyik kísérleti mezőben utcai világítást valósítottak meg és a kísérleti személyek láthatóságát vizuálisan értékelték. A megvilágítás erősségét és a színészlelést a helyzetnek megfelelően az ÖNORM EN 13201-4-re [17] támaszkodva, – figyelembe véve az ÖNORM EN 13201-3 [18] előírást is – egy mozgatható megvilágítás erősség mérő kamerával végezték, 1,5 m mérési magasságból. A megvilágítást az egyes mezőkön egy szokásos utcai világítótesttel (150 W-os „Kofferleuchte”) oldották meg, amelyet mozgathatóan egy utánfutóra szereltek.

A (fény) visszaverődés mértékét a BS 8493 [19] szerint száraz felületeken határozták meg. Minden mérési helyen öt egyedi értékből képeztek átlagot, majd a készüléket (a mérési ponton állva) az óramutató járásával egyezően 90, 180 és 270°-kal elfordítva a mérést megismételték, ezáltal végül négy mérőhelyzetből, egyenként 5-5 mérésből kapták az eredményt. A 10. ábrán látható a mérési elrendezés.

3.2.5 A felületek hatása a kisléptékű (közele) és a helyi klímára

A különböző felületek hatásának megállapítása egy kísérleti részből és egy, erre felépített szimulációs modellből állt. A méréseknek a szimulációhoz szükséges fizikai mérőszámokat és jelenségeket kellett szolgáltatnia. Ide tartozik az optikai tulajdonságok, azaz az albedo megállapítása (a felületek fényvisszaverő képessége) és a felületek

emissziós képessége ϵ . Az energiamérleg és ebből mindenekelőtt a sugárzási mérleg jellemzéséhez az egyes sugárzásfolyamatokat mind a rövidhullámú, mind pedig az infravörös hőmérsékleti (hosszúhullámú) tartományban is megmérték.

A kísérleti mezők egyike fölött folyamatosan mérték a rövid- és hosszúhullámú sugárzási mérleget a 11. ábrán (14. oldal) látható radiométerekkel (sugárzásmérőkkel). A többi felületen a visszavert sugárzást szenzorokkal, a felületi hőmérsékletet (vagyis egyidejűleg a kibocsátott hosszúhullámú sugárzást is) infravörös hőmérsékleti (termikus) szenzorokkal mérték. A fentiekén kívül a léghőmérsékletet 10 cm magasságban, továbbá termoelemekkel a felületi hőmérsékletet, végül az általános léghőmérsékletet, a szélesebességet és szélirányt is mérték, utóbbiakat csak egyetlen – de az összesre jellemző – mező felett.



10. ábra: Méréselrendezés a reflexió (visszaverődés) megállapításához



11. ábra: Sugárzási mérleg, a hőmérséklet-, a szélsébség- és széliránymérésekre szolgáló berendezés

A városi környezet energiamérlegének számításához szükséges fizikai egység a kérdéses elzárt felületek anyagának fajlagos hőkapacitása (fajhője, J/kgK), tehát az 1 kg tömeg 1 K-val való felmelegedéséhez szükséges energia. A hőenergiát a városi utcaszűkületek (sikátorok) és az elzárt felületek tudvalevőleg mintegy tárolják és később a levegőnek visszaadják. Eszerint tehát a hőtárolás az egyik legfontosabb tényező, amely a városok túlmelegedéséhez vezet. A kísérleti mezőkből vett próbákon (magminták) a laboratóriumban a fajlagos hőkapacitást (fajhőt) megmérték.

A mért jellemzők alapján háromféle képzelte utcaszűkületi helyszínre modellszámítások készültek. A felvett képzelte helyszínek (szcenáriók):

- élő sövény a járda és úttest közt
- fal a járda és úttest közt
- a járda és úttest nincs elválasztva

A szimulációs számításokhoz a 4. sz. mező: aszfaltburkolat és az 1. sz. mező: fehérszőnyegezés (white-topping) fehér cementtel adatait választották ki.

3.3 Kutatási eredmények

3.3.1. A bemart teherhordó aszfaltréteg felületi tulajdonságai

A felületi tulajdonságokat a digitális felületi modellel (DFM, DOM) és a szokásos Kaufmann-féle homokfolt (homokmélység) módszerrel értékelték.

A felületi karakterisztikák lényegi elemei a profil (vonalmonti), a felületi és a térfogati mérőszámok. Ezekből különféle felületi paramétereket lehet lezármatatni, amelyekhez a burkolati anyag felületét egy síkkal (vonalmonti, profil), vagy több síkkal (felületi) vágják át képzeletben, végül a határoló síkok közti térfogatot állapítják meg.

Az 5. táblázatban a felületi és a térfogatos elemzés eredményeinek összefoglalása látható. Az 5. táblázatból kiderül, hogy a legnagyobb S_{dr} értéket (azaz a tényleges felület arányát a vetítési felülethez képest) a hosszában és keresztben bemart felületre kapták. Ezzel szemben a legnagyobb felületi érdességet (mélységet) mind a digitális DFM modell, mind a homokfolt, homokmélység alapján a csak hosszában bemart felület adta.

5. táblázat: Az aszfalt felülvizsgálat kiválasztott paramétereinek eredményei (összes mezőből kapott átlagérték)

A felület állapota	Digitális felület-elemzés		Térfogati elemzés	
	S_{dr}	R_t digitális eredmény (DOM)	R_t homokfolt eljárás	
	[-]	[mm]	[mm]	
kezeletlen	0,23	0,99	0,93	
hosszirányban bemart	0,25	1,95	1,76	
hossz- és keresztirányban bemart	0,41	1,69	1,47	

6. táblázat: Törésmechanikai jellemzők

A felület állapota	Hasítóékes húzószilárdság σ_{KZ} [N/mm ²]	Fajlagos törési energia G_F [N/m]
	Középérték	Középérték
kezeletlen	1,65	49
hosszirányban bemart	2,41	106
hossz- és keresztirányban bemart	2,66	93

7. táblázat: Követelmények a felületi és az együttdolgozási tulajdonságokra

Paraméter	Felületi tulajdonságok			Együttdolgozási tulajdonságok	
	R_t	S_{dr}	f_a	σ_{KZ}	G_F
	[mm]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/m]
	$\geq 1,5$	$\geq 0,33$	$\geq 2,7$	$\geq 2,3$	≥ 90

f_a jelentése: leszakítószilárdság a kétféle anyag csatlakozásánál

3.3.2 A fehérszőnyegezett burkolatrétegek együttdolgozási mutatóinak megállapítása

Az együttdolgozó rétegfelületek törésmechanikai jellemzői a 6. táblázatban találhatóak. A hasítóékes húzószilárdság összefüggésbe hozható a tiszta húzó- és a tapadószilárdsággal. A fajlagos törési energia az összes munkát jelenti, amely a csatlakozó felületek széthasításához, azaz a két anyag együttdolgozásának megszüntetéséhez szükséges (Fajlagos munka: Nm/m² = N/m).

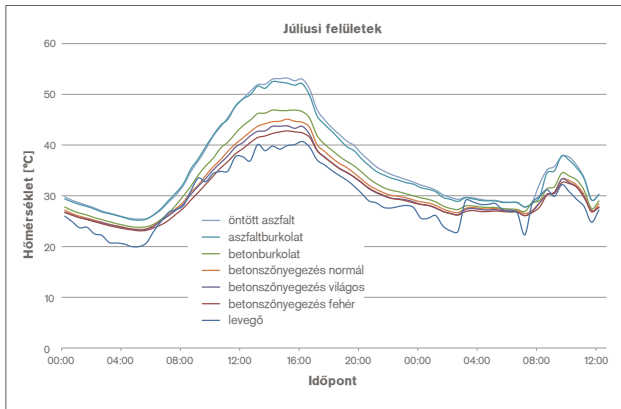
A 6. táblázati eredményekből egyértelmű, hogy mind a hasítóékes húzószilárdság, mind a fajlagos törési energia jóval nagyobb a hosszában és a keresztben/hosszában bemart aszfaltfelület, mint a megdolgozatlan felület esetén. Az egyirányú és kétirányú bemarást összehasonlítva az adódik, hogy a kiegészítő keresztirányú marás kissé megnöveli a hasítóékes szilárdságot, viszont a törési energia nem növekszik (inkább kissé csökken).

A megállapított felületi és együttdolgozási tulajdonságok alapján a jövőbeni fehérszőnyegezési (white-topping) építési mód esetére követelményeket lehetett felállítani. Ezeket a 7. táblázat tartalmazza.

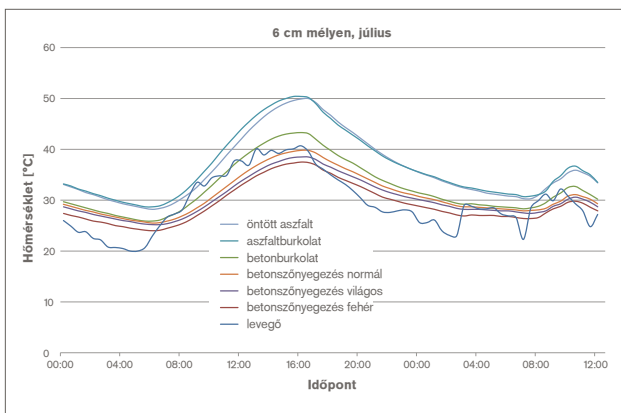
3.3.3 Eredmények a hőmérséklet-történet megállapítására

A legnagyobb felületi hőmérsékletet az öntött aszfalt és a szokásos aszfalt pályaszerkezet felületén mérték. A betonfelületek legnagyobb hőmérséklete ezeknél kb. 10 K-val kisebb volt. A beton anyagú pályafelületek egymás közti összehasonlításából a fehércementtel készített betonszőnyegezés felületi hőmérséklete a legkisebb. A „világos” (fehér pigmentes) és a „közönséges” betonszőnyegezés, ill. a szokásos beton pályaszerkezet felületi hőmérsékletei közti különbség viszonylag kicsi és elhanyagolható. A 12. ábrán (16. oldal) a július havi felületi hőmérsékletek lefutása látható.

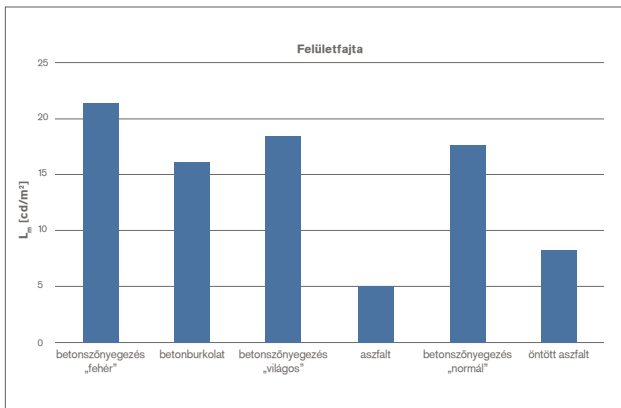
A különböző anyagtulajdonságainak hatása még 12 cm mélységben is megjelenik. A 13. ábrán (16. oldal) példaképp a 6 cm mélységben mért júliusi hőmérsékletek láthatók. Egyértelmű, hogy a betonfelületű pályában kisebbek a hőmérsékletek.



12. ábra: Júliusi felületi hőmérsékletek



13. ábra: Hőmérsékletek 6 cm mélyen, júliusban



14. ábra: Közepes megvilágítás-erősség L_m a kísérleti felületeken

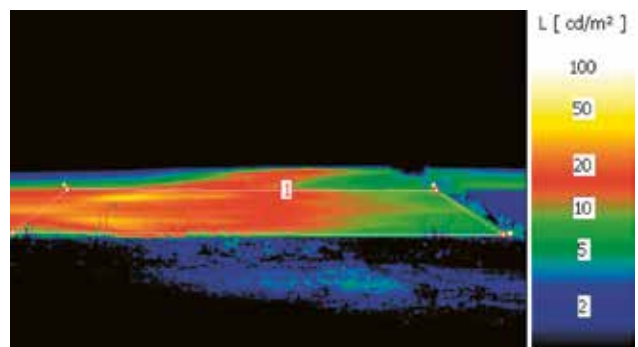
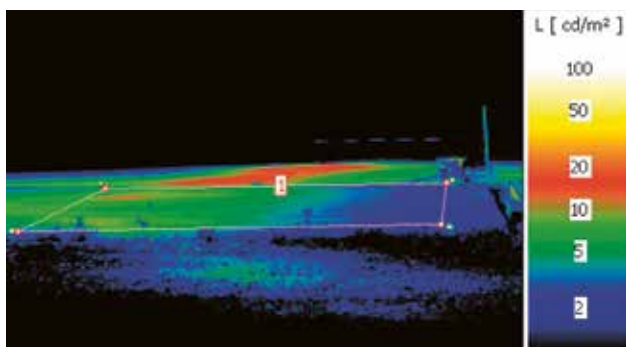
3.3.4 A megvilágítás-erősség és a visszaverődés mérési eredményei

A megvilágítás-erősségi mérések eredményeit a 14. ábra tartalmazza.

A közepes megvilágítás erősség megállapításához ún. megvilágítás-erősségi képeket készítettek. Példaként a 15. ábrán az aszfaltpálya (4. sz. mező) és a szokásos betonpálya (2. sz. mező) megvilágítás-erősségi képei láthatók.

A bemutatott eredményekből megállapítható, hogy a betonfelületek megvilágítás-erőssége jóval nagyobb, mint az aszfaltpályáé, vagy az öntött aszfalté. A mérési eredmények kiegészítő igazolására a különböző kísérleti mezőkön álló személy láthatóságának optikai megállapítása szolgált. A 16. ábrán szembeállítottuk egy betonfelületen (2. sz. mező) álló és egy öntött aszfalt felületen álló személy láthatóságát, ugyanolyan megvilágítás esetén. Tényként megállapítható, hogy a betonfelületen álló személy sokkal tisztábban ismerhető fel, azaz jobb a láthatósága, amivel a közlekedők biztonsága általában véve is növelhető. A különböző fajta betonfelületeken optikai különbség nem volt észlelhető.

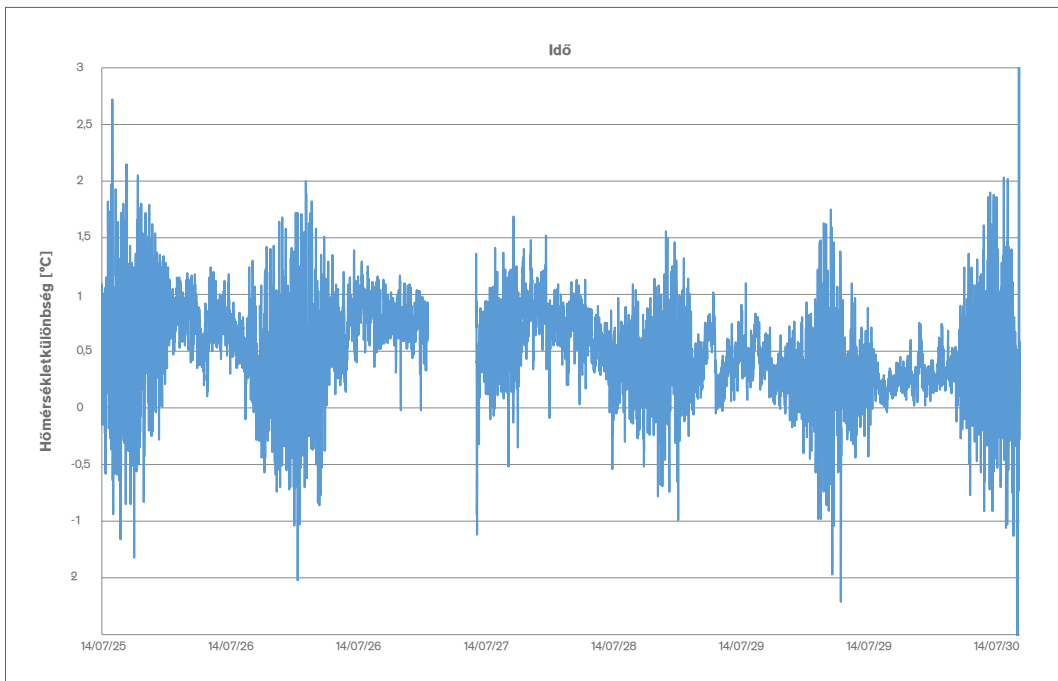
A továbbiakban megmérték az összes felület (fény) visszaverési mértékét. Ez a jövőben gyors és egyszerű módja lehet a helyszíni, munkahelyi átvételkor a világossági (fehérségi) jellemzők megállapításának. A kapott eredmények jól összeillenek a megvilágítás-erősségi mérések alakulásával. Ezzel a mérési módszerrel is jól kimutatók a betonanyagú építési mód előnyei bitumenes anyagokkal szemben.



15. ábra: Megvilágítás erősségi képek (balra: aszfaltburkolat, jobbra: betonburkolat [20]



16. ábra: Egy személy láthatósága (balra: öntött aszfalt, jobbra: betonburkolat



17. ábra: 10 cm magasságban mért léghőmérséklet különbségek: az aszfaltburkolat felett (4. sz. mező) mínusz a betonszőnyegezés „fehér” felett (1. sz. mező)

3.3.5 A felületek hatása a kisléptékű és a helyi klíma alakulására

A 3.2.5 fejezetben bemutatott, a sugárzási mérlegre és a felületi hőmérsékletekre vonatkozó elemzésből egyértelműen megállapítható, hogy a felület albedója milyen egyértelműen befolyásolja a felületi hőmérsékletet. A felületi hőmérsékletnek termoelemekkel és infravörös szenzorokkal való mérése, továbbá a felszíni hőmérsékletnek hőkamerával végzett mérése – amint ezt a 3.3.3 fejezetben tárgyaltuk – igazolták, hogy a felületi hőmérsékletekben 15 °C (K) különbség is lehet, ahol is a kísérleti aszfaltfelületek hőmérséklete az 53 °C -t is elérte, míg a fehér-szőnyegezésű, legnagyobb albedójú betonfelületeken csak 42 °C -t mértek. A 10 cm magasságban termoelemekkel mért hőmérsékletek erősen ingadoznak a felszálló, meleg légoszlopok, azaz termikek, a turbulencia és peremhatások miatt (ezek a környezetből beáramló légtömegek különböző tulajdonságaiból adódnak, lásd a 17. ábrát).

A felszín albedójának és az anyagtulajdonságoknak a lég-hőmérsékletre gyakorolt hatását a városi energiamérleg-modell nyújtó Envi-met 3.99 verzió [21] segítségével szimulálták. A modell bemenő paramétereit jelentő anyagtulajdonságokat a különböző kísérleti mezők esetére vagy a laboratóriumban, vagy a kísérleti mezőkön, a helyszínen határozták meg, ezek összefoglalva a 8. táblázatban találhatóak. A peremhatások kiküszöbölése végett $150\text{ m} \times 150\text{ m}$ négyzet alakú homogén aszfalt, ill. betonfelületeket vettek számításba.

A hat kísérleti felületen mért albedo-értékek és legnagyobb hőmérsékletek is a 8. táblázatban találhatóak. A harmadik oszlopban az emissziós ϵ állandók találhatóak, amelyek a mért felületi hőmérséklet (PT 100) és a mért hosszuhullámú sugárzás (billenthető, 4 zónakomponensű radiométer: „Kipp und Zonen [4] Komponenten Radiometer”) összehasonlításából adódnak. A 4. oszlopban a fajlagos hőkapacitási (fajhő) értékek láthatók, ezeket a laborban mérték meg.

8. táblázat: A hat kísérleti mezőre kapott mérési eredmények

A kísérleti felület	Albedo	Felületi hőmérséklet [°C]	Emissziós állandó	Fajlagos hőkapacitás [J/(kg.K)]
Öntött aszfalt (6. sz. mező)	0.12	50 ± 1°C	0.95 ± 0.02	901
Aszfalt pályalemez (4. sz. mező)	0.13	52 ± 1°C	0.98 ± 0.02	901
Betonpálya (2. sz. mező)	0.48	48 ± 1°C	0.99 ± 0.02	721
Betonszőnyegezés „fehér” (1. sz. mező)	0.57	41 ± 1°C	0.99 ± 0.02	891
Betonszőnyegezés „világos” (3. sz. mező)	0.47	44 ± 1°C	0.99 ± 0.02	891
Betonszőnyegezés „normál” (5. sz. mező)	0.48	43 ± 1°C	0.99 ± 0.02	891

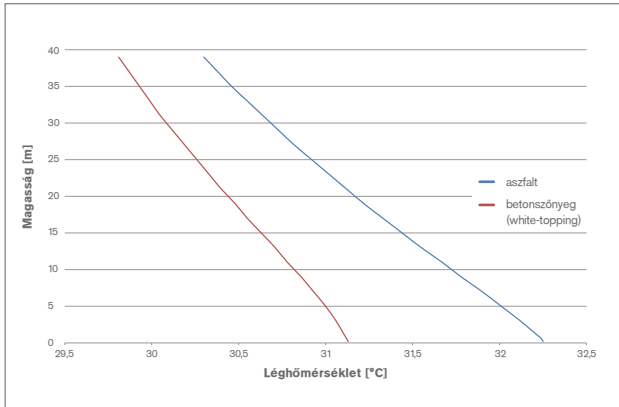
Az Envi-met-tel elvégzett szimulációk 11 °C (K) különbséget adtak az aszfaltfelület és a fehérszőnyeges betonfelület között, az aszfalthoz 52 °C-ig, a betonhoz 41 °C-ig terjedő hőmérsékleteket számítottak. A modell négyzet-hálójának közepére állított függőleges mentén számított hőmérsékleti profil a 18. ábrán (20. oldal) látható. A 15 óra 10 percre számított hőmérsékleti maximum az aszfaltfelület felett 20 cm magasságban 32,2 °C, míg a fehérszőnyeges beton fölött 31,1 °C, ez 1,1 °C különbséget jelent.

Az emberre ható hő okozta stressz becsléséhez nemcsak a hőmérsékletkülönbség, hanem az emberi testet érő rövid- és hosszuhullámú sugárzás is figyelembe veendő. Az emberi testre ható sugárzások és a test által felvett sugárzás az átlagos sugárzási hőmérséklettel írható le.

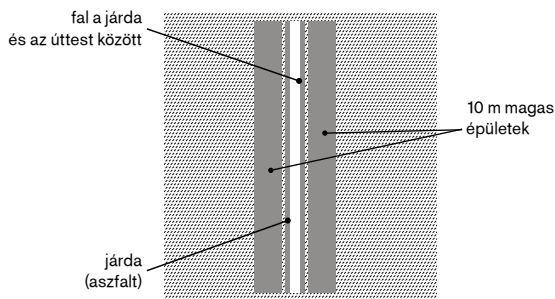
Ez 15 óra körül 74,9 °C maximumot ér el a visszavert rövidhullámú sugárzás miatt a fehérszőnyeges betonfelület fölött, míg az aszfalt felett ez 66,3 °C volt. Noha a hőmérséklet a betonszőnyeges felület felett kisebb, a számított termikus stressz-index UTCI (Universal Thermal Climate Index) a betonra 42,7 °C, míg az aszfalt felett az UTCI 41,6 °C. Az itteni tanulmányban közölt eredmények összhangban vannak a nemrégiben közzétett más tanulmányokéival [22, 23], amelyek azt igazolják, hogy a környezet albedójának növekedtével a termikus stressz is növekszik.

Nagyvárosok középhőmérsékletének csökkentését az útfelület albedójának növelése révén a továbbiakban a szakirodalomban található eredmények alapján becsülhetjük.

Akbari és Rose [24] szerint az elszigetelt (elzárt) felületek aránya városokban 29% és 44% közti. Ha feltételezzük, hogy az utaknak (járdák nélküli) felülete az egésznek 20%-át teszi ki, akkor az utak albedójának 0,2-ről 0,5-re való emelése a város egészének albedóját átlagosan 0,12-vel növeli. A Santamouris [25] által kifejlesztett



18. ábra: A léghőmérsékletek alakulása aszfalt és betonszőnyegezés feletti képzelt függőleges mentén 0,2 m-től 39 m magasságig. Az Envi-met modell alapján, 150x150 m² homogén felület feltételezésével kapott értékek.



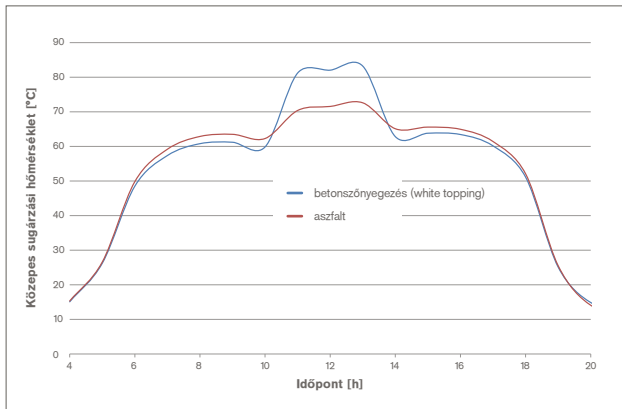
19. ábra: Az Envi-met modell számára megadott utcaszűkület; az utca É-D irányú. Referenciaként az útburkolat fajtája szolgált: a betonszőnyegezés 0,57 és az aszfaltburkolat 0,12 albedoval. A járda albedója (aszfalt) is 0,12 volt. Az útpálya 4 m, a járda 2 m széles.

regressziós egyenletek alapján, amelyek egy város átlagos és legnagyobb hőmérsékletét az albedo megváltozásának függvényeként kezelik, becslések készíthetők e hatásnak a nagyléptékű klímára gyakorolt mértékére. A városi albedo 0,12-vel való növelése az átlagos, ill. legnagyobb léghőmérsékletek egy felhőtlen nyári napon 0,4, ill. 1 °C-kal csökkenti.

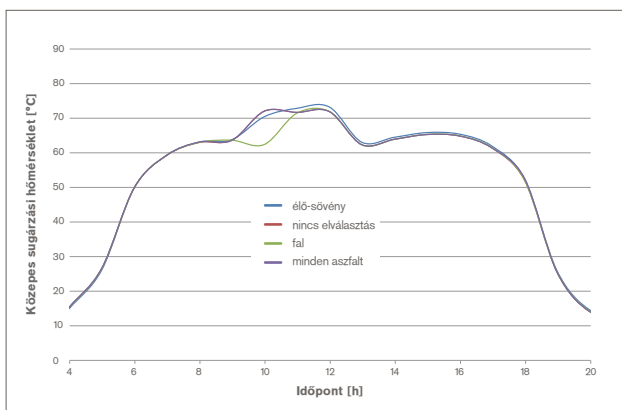
E tanulmányban utolsó lépésként az vizsgáltuk, hogy az albedo növelésének kedvező hatása, az erősebben fényvisszaverő felületek révén, és az emberekre ható termikus stressz megnövekedése kikerülhető-e jól választott várostér tervezéssel. A vonatkozó, az emberre ható termikus stressz hatását csökkentő technikákat az Envi-met modellel szimuláltuk.

Az emberre ható termikus stresszt egy jellegzetes városi útszűkülethez (19. ábra) háromféle képzelt beállításban (szcenáriójában) vizsgálták, beton-szőnyegezésű útpálya és öntött aszfaltjárda esetére, ha ezeket a felületeket a) semmi sem, b) fal, c) élősövény választotta el.

A számításokhoz referenciaesetként az aszfaltozott út és aszfaltjárda szolgált. Az eredmények a 20. és 21. ábrán láthatók. A városi útszűkületben a betonszőnyeges burkolat megnöveli az átlagos sugárzási hőmérsékletet, következésképpen a termikus stresszt is. Ez a fehérszőnyegezés okozta nagyobb rövidhullámú visszaverődés a járda szélé-től az épület felé 1 m-re már nem érzékelhető.



20. ábra: A napi sugárzási hőmérséklet alakulása 1 m-rel a városi utcaszűkület tengelye felett



21. ábra: A napi sugárzási hőmérséklet alakulása 1 m-rel a városi utcaszűkület baloldali járdája felett.

- élő-sövény: az úttestet és a járdát 1,6 m magas élő-sövény választja el
- nincs elválasztás a járda és az úttest közt (ezt a görbét fedi „minden aszfalt” diagram)
- fal van (1,6 m magas) az úttest és a járda között
- minden aszfalt: az útpálya és a járda is aszfaltburkolatú

4. Összefoglalás

Az elvégzett vizsgálatok alapján eredményként az alábbiak foglalhatók össze:

- A felületi tulajdonságok megítéléséhez, pl. a fehérszőnyegezés (white-topping) tartozó betonréteg felhordása előtt, a digitális felületi modell (DFM, DOM) célszerű alternatívája a Kaufmann-féle szokásos homokfolt (homokmélység) mérésének. Ez különösen akkor igaz, amikor egy adott marási mintázatot, vagy ilyesféléket kell minősíteni, ill. az építési helyszínen átvenni.
- A különböző felületi tulajdonságok (pl. a bemozódás módja) az együttdolgozó csatlakozási felület törésmechanikai jellemzőit szignifikánsan befolyásolják.
- Az együttdolgozási jellemzők megítéléséhez hasítóékes módszer alkalmas. Ez megadja egyrészt a hasítóékes húzószilárdságot (ékes hasító- húzószilárdság), másrészt a fajlagos törési energiát. Ezzel a vizsgálati módszerrel együttdolgozó szerkezeti részeket (pl. a beton- szőnyegezés, a white-topping csatlakozó felületeit) jól lehet minősíteni.
- Az elvégzett vizsgálatok alapján a jövőben készülő fehérszőnyegezés csatlakozó felületére az alábbi követelmények szabhatók:
 - Felületi tulajdonságok:
 - érdesség (homokmélység) $R_t \geq 1,5 \text{ mm}$
 - a tényleges felület aránya a vetítési felülethez képest $S_{dr} \geq 0,33$
 - Együttdolgozási tulajdonságok:
 - hasítóékes húzószilárdság $\sigma_{kz} \geq 2,3 \text{ N/mm}^2$
 - fajlagos törési energia $GF \geq 90 \text{ N/m}$
- A különböző anyagok felmelegedési viselkedése jól szemléltethető a különböző mélységben (0 cm, 2,5 cm, 6 cm és 12 cm) mért hőmérsékletek alapján. Az eredmények szerint a betonfelületeken 10 K-ig bezárólag kisebb maximumok mérhetők, mint öntött aszfalt-, vagy aszfaltfelületeken. Ezeknek a 12 cm mélységig kimutatható eltérő felmelegedési tulajdonságoknak természetesen a városi mikroklímára is hatása van.
- Ha az aszfaltutat betonburkolattal, pl. fehérszőnyegezett (white-topping) útburkolattal helyettesítjük, amelyek albedója 0,5, akkor a nyári napi léghőmérséklet kb. 1 °C-kal csökken. A 150 m x 150 m-es homogén felületre végzett modell-szimuláció szerint is 1 °C hőfokkülönbség adódik a fehér (beton) szőnyegezés és az aszfalt összehasonlításából.
- A bécsi Központi Meteorológiai és Geodinamikai Intézet (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien) [26] szerint a bécsi atmoszféra a XIX. század vége óta mintegy 2 °C-kal melegebb. Csak 1980 utáni időszakra 1 °C körüli hőmérsékletemelkedést észleltek. Ha a városbelsőben aszfalt helyett betont alkalmaznak a közlekedési felületekhez, ez önmagában is előnyös hozzájárulást jelent a városbelső klímájának és felmelegedésének befolyásolásában.
- A közlekedésben résztvevők szubjektív biztonságérzetét és láthatóságát különböző útfelületek esetére az eltérő felületű mezők kivilágítása révén állapították meg. Itt egyrészt a megvilágításerősséget mérték szabványos vizsgálati módszerekkel, másrészt a személyek vizuálisan értékelt láthatóságát állapították meg a különböző közlekedési felületekre. A vizsgálati eredmények jelentős előnyöket igazoltak a cementkötésű burkolatok (betonpálya, fehérszőnyegezés) javára a bitumenkötésű (öntött aszfalt, aszfalt) burkolatokkal szemben. A személyek optikai láthatóság-vizsgálatával a mért megvilágításerősségi különbségeket egyértelműen alátámasztották.
- A fényvisszaverődés mértékének megállapítása sokat ígérő módszer az egyszerű és gyors helyszíni vizsgálatokhoz (pl. átvételi vizsgálat a munkahelyen, ha fénytani mérőszám-követelmények vannak). Az ilyen eredmények jól egyeznek (korrelálnak) az idő- és költségigényes megvilágítás-erősségi mérések eredményével.
- A végigvitt kutatás alapján összefoglalásként egyrészt megállapítható, hogy a világos közlekedési felületek a városbelső térségében (bécsi példa alapján) a felületek hőmérsékletét és az általános hőmérsékleti szintet csökkentik, másrészt az is, hogy a közlekedésben résztvevőknek – ugyanolyan (utcai) éjjeli kivilágítás mellett – a láthatósága lényegesen javul. Hatékony rendezési módszerként a fehér (beton) szőnyegezés, a white-topping nagyon alkalmasnak bizonyul, mert ezzel a városi közlekedési felületeknek mind a teherbírása, mind a világos színnel összefüggő tulajdonságai egyszerűen és gazdaságosan megjavíthatók. Végül a különböző kísérleti mezők révén a jövőbeni kivitelezéshez az ilyen pályaszerkezetekre követelményeket lehetett megfogalmazni.

Szakirodalom:

- [1] Matzarakis, A.: Die thermische Komponente des Stadtklimas, Habilitation an der Universität Freiburg, Freiburg. 2001.
- [2] Helbig, A.; Baumüller, J.; Kerschgens, M.J.: Stadtklima und Luftreinhaltung, 2. Aufl. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York. 1999.
- [3] Fezer, F. Das Klima der Städte, Perthes Geographie Verlag, Gotha. 1995.
- [4] Wistuba M., Litzka J., Blab R.: Klimakenngrößen für den Straßenoberbau in Österreich, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Straßenforschung Heft 507, Wien. 2001.
- [5] Nefzger, H., Karipot A.: Einfluß von Strahlung und Mikroklima auf Straßenwetterprognosen, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien. 1997.
- [6] Wiener Umweltschutzabteilung MA 22, Thermalbild vom 15.08.2001 2022MEZ.
- [7] Google.at/maps, abgerufen im Jänner 2010.
- [8] Zinzi M.: Cool materials and cool roofs: Potentialities in Mediterranean buildings. Adv. Build. Eng. Res. 2010, 4, 201266.
- [9] Synnefa A., Karlessi T., Gaitani N., Santamouris M., Assimakopoulos DN., Papakatsikas C.: On the optical and thermal performance of cool colored thin layer asphalt used to improve urban microclimate and reduce the energy consumption of buildings. Build Environ, 2011, 46, 38-44.
- [10] Doulos L., Santamouris M., Livada I.: Passive Cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. Sol Energy 2004, 77(2), 231249.
- [11] Santamouris M., Gaitani N., Spanou A., Saliari M., Giannopoulou K., Vasilakopoulou K., Kardomateas T.: Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas e Design realization and results of the flisvos project, 2012. Building and Environment 53, 128-136.
- [12] RVS 08.17.02: Deckenherstellung, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien. 2011.
- [13] ÖNORM B 3327-1: Zemente gemäß ÖNORM EN 197-1 für besondere Verwendungen - Teil 1: Zusätzliche Anforderungen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 2005.
- [14] Peyerl, M.: Bruchmechanische und stereoskopische Charakterisierung von Interfaces zementgebundener Werkstoffe, Dissertation an der TU Wien, 2012.
- [15] EN ISO 4287: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Benennungen, Definition und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit, Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 2008.
- [16] ÖNORM B 3592: Bestimmung der Kerb-Spaltzugfestigkeit und der spezifischen Bruchenergie von Baustoffen, Baustoffverbindungen und Verbundwerkstoffen, Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 2011.
- [17] ÖNORM EN 13201-4: „Straßenbeleuchtung – Methoden zur Messung der Güteermale von Straßenbeleuchtungsanlagen“, Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 2005.
- [18] ÖNORM EN 13201-3: Straßenbeleuchtung - Teil 3: Berechnung der Güteermale, Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 2005.
- [19] BS 8493:2008+A1:2010: Light reflectance value of a surface – Method of test. BSI Standards Publication, 2008.
- [20] Laborbericht über die Bestimmung der Leuchtdichte von unterschiedlichen Straßenoberflächen, Erstellt im Rahmen des Forschungsprojektes von der Magistratsabteilung 39 - Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien, 2015.
- [21] Bruse et al, <http://www.envi-met.com/documents/onlinehelpv3/help-index.htm>.
- [22] Hui Li, 2012 Evaluation of Cool Pavement Strategies for Heat Island Mitigation. Phd University of California.
- [23] Lee, H., Mayer, H., Schindler, D., 2014: Importance of 3-D radiant flux densities for outdoor human thermal comfort on clear sky summer days in Freiburg, Southwest Germany, Meteorologische Zeitschrift, Vol. 23, No. 3, 315-330.
- [24] Akbari H and Rose L S 2008 Urban surfaces and heat island mitigation potentials J. Human-Environ. Syst. 11 85-101.
- [25] Santamouris, M., 2014: Cooling Cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environment. Solar Energy 103, 682-703.
- [26] <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/lufttemperatur> (Abgerufen am 20.10.2015).

Fordította:

dr. Erdélyi Attila okleveles mérnök,
tudományos tanácsadó,
nyug. egyetemi docens

A Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség tagjai

„AUTARK” Szolgáltató Kft. www.autark.hu	MC – Bauchemie Kft. www.mc-bauchemie.hu
Beton Technológia Centrum Kft. www.btclabor.hu	Mondi Bags Hungária Kft. www.mondigroup.com
B&Z-BETON Kft. www.bzbeton.com	„Németh” Betontermékeket Gyártó és Forgalmazó Kft. alsonemedi@freemail.com
Calmit Hungária Kft. www.calmit.hu	NORD-POINT Kft. www.nord-point.hu/beton
Carmeuse Hungária Kft. www.carmeuse.hu	PARTNER Betonelemgyártó és Fémipari Szolgáltató Kft. www.partnerpaks.hu
CEMKUT Cementipari Kutató-fejlesztő Kft. www.cemkut.hu	„PREMIER” Minőségvizsgáló Technológiai Kft. www.premierkft.hu
CRH Magyarország Kft. www.crhhungary.com	Readymix Hungária Kft. www.beton-rendeles.hu
Duna-Dráva Cement Kft. www.duna-drava.hu	Sika Hungária Kft. www.sika.hu
Első Beton Kft. www.elsobeton.hu	TBG Balatonboglár Transzportbeton Kft. tbgboglar@t-online.hu
LAFARGE Cement Magyarország Kft. www.lafarge.hu	TBG Otolecz Transzportbeton Kft. otolecz@t-online.hu
Mapei Kereskedelmi Kft. www.mapei.hu	TPK BETON Kft. tpkbeton@pr.hu

A Magyar Betonelemgyártó Szövetség tagjai

ASA Építőipari Kft. www.asa.hu	Avers Fiber Kft. www.avers.hu
betonEPAG Építőanyaggyártó Kft. www.betonepag.hu	CRH Magyarország Kft. www.crhhungary.com
Beton-Star Kft. www.betonstar.hu	MC–Bauchemie Kft. www.mc-bauchemie.hu
dvb Dél-Magyarország Vasbetonipari Kft. dvb@dvb-szeged.hu	Peikko Magyarország Kft. www.peikko.hu
Első-Beton Kft. www.elsobeton.hu	Sika Hungária Kft. www.sika.hu
FERROBETON Zrt. www.ferrobeton.hu	
K.V Építőipari Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. www.kvkft.hu	
Lábatlani Vasbetonipari Zrt. www.railone.hu	
SW UMWELTTECHNIK Magyarország Kft. www.sw-umwelttechnik.hu	

CeMBeton® az építés alapja

Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség
H-1034 Budapest, Bécsi út 120. H-1300 Budapest, Pf.: 230
E-mail: mcsz@mcsz.hu
www.mcsz.hu ; www.cembeton.hu



Magyar Betonelemgyártó Szövetség
H-1191 Budapest, Üllői út 206. B.ép. l. lh. 216.
E-mail: info@mabesz.hu
www.mabesz.hu

A Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség és a Magyar Betonelemgyártó Szövetség kiadványa.
Készült a lenti szövetségek update 44 című, 2016. januári kiadványának fordításával, az eredeti kiadók engedélyével.

BETONSUISSE



BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53, CH-3011 Bern
Telefon +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch

InformationsZentrum Beton GmbH
Steinhof 39, D-40699 Erkrath
Telefon +49 (0)211 28048-1, Fax +49 (0)211 28048-320
erkrath@beton.org, www.beton.org

Verein Betonmarketing Österreich
Anfragen für den Bereich Betonstraßen an Zement + Beton
Handels- und Werbeges.m.b.H., Reisnerstraße 53, A-1030 Wien
Telefon +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at