

Površinska temperatura različitih vrsta tla

Surface Temperatures of Different Types of Substrate

Mihael Krpeljević, 4.m, Zrinka Matešković, 4.m, Ema Trgovčić, 2.m

Mentori: Ivana Čordašev, Zrinko Bahorić

Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac, Karlovac

Sažetak

Proteklih godina sve je više riječi o 'toplinskim otocima', pojmu koji opisuje gradove kao područja s povišenom temperaturom zraka. GLOBE kampanja *Surface temperature field campaign*, kojoj smo se priključili ove školske godine, potakla nas je da proučimo kako se zrak zapravo zagrijava, kakav utjecaj podloga ima na zagrijavanje zraka, te da usporedimo zagrijavanje različitih vrsta podloga asfalta i trave.

U stručnim predmetima iz područja meteorologije učimo o sunčevu zračenju i zagrijavanju sustava atmosfera- zemlja. Mjerenjem površinske temperature tla zanimalo nas je koliko se temperatura razlikuje ovisno o vrsti podloge, te smo se stoga i priključili kampanji.

Pokazalo se da naša mjerna postaja za asfalt nije mogla biti sto posto reprezentativna jer u blizini naše škole, koja se nalazi u arboretumu, gotovo da nema mjesta gdje nema sjene. Uz proširenje broja podataka iz GLOBE baze, pokazali smo da se u vrijeme solarnog podneva asfalt brže zagrijava od trave. Također pokazalo se da temperatura površine utječe na temperaturu zraka tj. možemo potvrditi da podloga zagrijava prizemni sloj atmosfere. Ovaj rad otvorio je i niz novih pitanja. Jedno od njih bilo bi kako se temperature asfalta i trave kreću po noći, te vjerujemo da će to biti jedno od naših daljnjih istraživanja.

Summary

During the preceding years, it is more and more spoken about „heat islands“, the expression which describes towns as areas with elevated temperatures of air. The GLOBE campaign, Surface temperature field campaign, which we have joined this school year, stimulated us to study the way of air heating, the influence of substrate onto the air heating, and to compare heating of different types of substrate of asphalt and grass.

The scientific meteorology subjects have studied solar radiation and heating of the atmosphere – Earth. By measuring the temperature of substrate of soil, we were interested in the difference of the temperature according to the substrate type and that was the reason why we have joined the campaign.

It was shown that our asphalt measuring station can't be 100 percent representative because it is located near our school which is placed in arboretum, the place where there is almost no spot without shadow. Using the extended number of data from the GLOBE base, we have shown that at the time of solar afternoon, asphalt is heating faster than grass. Also, it is shown that the temperature of the surface impacts on the temperature of air, so we can confirm that the surface heats the bottom layer of the atmosphere. This study has opened many new questions. One of them would be temperature variation of asphalt and grass during the night, so we believe it would be one of our further researches.

Istraživačka pitanja i hipoteze

Mjerali smo površinsku temperaturu tla na zelenoj i asfaltiranoj površini prema zadanim GLOBE protokolima od 12.12.2018. do 02.04.2019. godine.

Priča o "toplinskim otocima" sve je aktualnija u javnosti, stoga smo se i mi zapitali što bi taj pojam zapravo značio. Zašto su neke podloge toplije od drugih, jesu li uvijek toplije ili ovise o drugim meteorološkim uvjetima, te kako temperatura podloge utječe na temperaturu zraka. Postavili smo si nekoliko istraživačkih pitanja:

1. Što je površinska temperatura tla?
2. Kako se zagrijava tlo?
3. Kako naoblaka utječe na temperaturu tla?
4. Kako stanje tla utječe na temperaturu tla?
5. Utječe li podloga i kako, na temperaturu zraka?
6. Kako se zagrijava zrak?

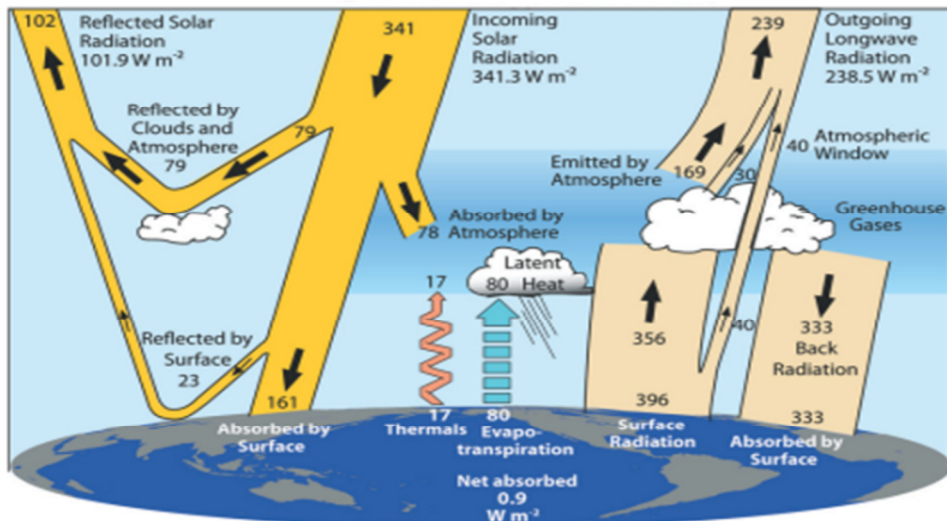
Hipoteza:

Urbana područja tj. područja s više asfaltiranih površina, pogotovo gradovi, bilježe više temperature zraka od manje urbanih područja (zelenih površina) zbog vrste podloge.

Metode istraživanja

Svoje istraživanje započeli smo teorijskim dijelom, tako da smo odgovorili na nekoliko istraživačkih pitanja. Kroz redovnu nastavu i proširenjem sadržaja na GLOBE nastavi proučili smo kako se zagrijava tlo, a kako zrak tj. atmosfera. Moramo napomenuti da pod pojmom atmosfera u ovom radu mislimo na prizemni sloj atmosfere.

Sunce zrači elektromagnetsko zračenje u području UV zračenja, vidljive svjetlosti i infracrvenog zračenja. Najviše je zračenja u području vidljive svjetlosti. Sunčevo zračenje se naziva i kratkovalno zračenje. Pri prolasku kroz atmosferu zračenje je podvrgnuto propusnosti, raspršenju, odbijanju i upijanju na molekulama plinova. Atmosfera je u najvećem dijelu propusna za kratkovalno zračenje. Stoga tlo upija kratkovalno zračenje koje dolazi sa Sunca, a plinovi u atmosferi ga propuštaju. Na taj se način zagrijava tlo i ovisno o temperaturi površine emitira dugovalno infracrveno zračenje (IC) u atmosferu. Također, s površine tla u atmosferu odlazi energija u obliku senzibilne i latentne topline. Plinovi u atmosferi propuštaju kratkovalno zračenje Sunca ali upijaju dugovalno zračenje s tla, te se na taj način u globalu zagrijava atmosfera. Svi ovi procese odvijaju se i na oblacima, te oni uvelike određuju koliko će sunčeva zračenja dospjeti do površine. U ovom radu nas zanima temperatura tla na različitim podlogama koje su na malim udaljenostima, stoga nećemo posebno razmatrati naoblaku jer je za oba područja naoblaka identična.



Slika 1. Komponente bilance topline na površini Zemlje i u atmosferi

(https://www.periodni.com/enig/globalno_zagrijavanje_i_covjek.html)

Mjerenja smo obavljali u razdoblju od 12.12.2018. do 02.04.2019. godine. Mjerenja su vršena prema GLOBE protokolu. Odabrane su lokacije na površinama asfalta i trave u blizini škole. Geografske koordinate asfalta N $45^{\circ}29'37''$ E $15^{\circ}33'43''$, geografske koordinate trave N $45^{\circ}29'38''$ E $15^{\circ}33'51''$. Pri izboru lokacija pazilo se da površine tijekom dana nisu u sjeni i da međusobna udaljenost asfaltne i travnate površine nije velika. Udaljenost je iznosila oko 30 metara. Odabrane lokacije mogu se vidjeti na slici 2.



Slika 2. Odabrane lokacije asfaltirane (crvena strelica lijevo) i travnate (crvena strelica desno) podloge u blizini Šumarske i drvodjeljske škole Karlovac

U samom odabiru lokacije naišli smo na problem. Naime, Šumarska i drvodjeljska škola smještena je u arboretumu, te nam je bilo vrlo teško naći asfaltiranu površinu koja je cijeli dan izložena suncu, što zbog sjena drveća, što zbog sjene škole. Odabrali smo stoga asfaltnu površinu koja je u dopodnevniim satima najviše izložena suncu. Mjerenja su se obavljala oko solarnog podneva infracrvenim termometrom. Površinska temperatura se mjerila na 9 točaka te se računala srednja vrijednost temperature, kako je i opisano u protokolu. Mjerenja su obavljali učenici 1. i 2. razreda meteoroloških tehničara infracrvenim termometrom prikazanim na slici .



Slika . Infracrveni termometar Šumarske i drvodjeljske škole Karlovac

Uz površinsku temperaturu opažali smo i stanje tla, te količinu i vrstu oblaka, također mjerila se i temperatura zraka ali samo iznad travnate površine na visini 2 metra u termometrijskoj kućici koja se nalazila 10 metara od odabrane travnate površine.



Slika 3. Mjerenje površinske temperature IR termometrom na travnatoj podlozi

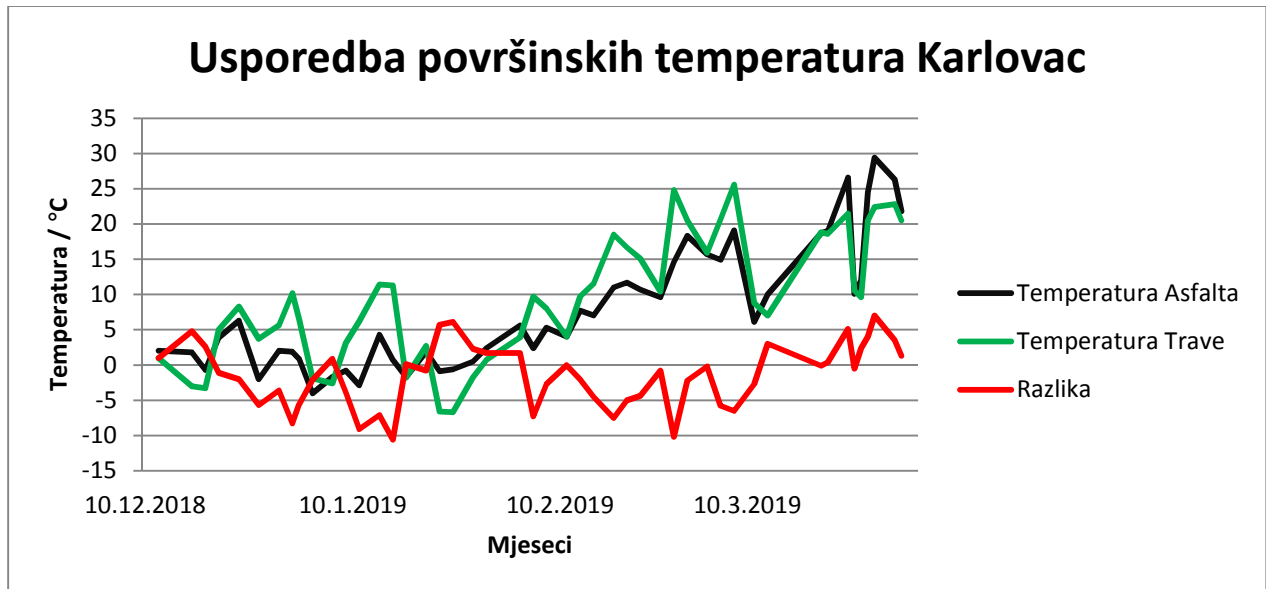
U razdoblju od 12.12.2018. do 02.04.2019. prikupili smo 47 mjerenja. Smatrali smo da je broj mjerenja premali, te smo pretražili bazu GLOBE podataka i pronašli još škola koje su mjerile površinsku temperaturu na asfaltu i travi. Škole koje smo odabrali tj. pronašli su Ida Middle School, USA GLOBE v School iz Sjedinjenih Američkih Država i Medicinska škola Varaždin iz Varaždina. Zatim smo pristupili obradi podataka.

Prije svega željeli smo vidjeti razlikuju li se, te kako temperature na različitim podlogama. Naoblaku smo izbacili iz analize, jer su područja vrlo blizu te smo opravdano pretpostavili da je zračenje koje dolazi sa Sunca jednako za obje površine. Temperaturu zraka usporedili smo s površinskom temperaturom iznad odabrane lokacije na travi jer je i termometrijska kućica nad travom.

Prikaz i analiza podataka

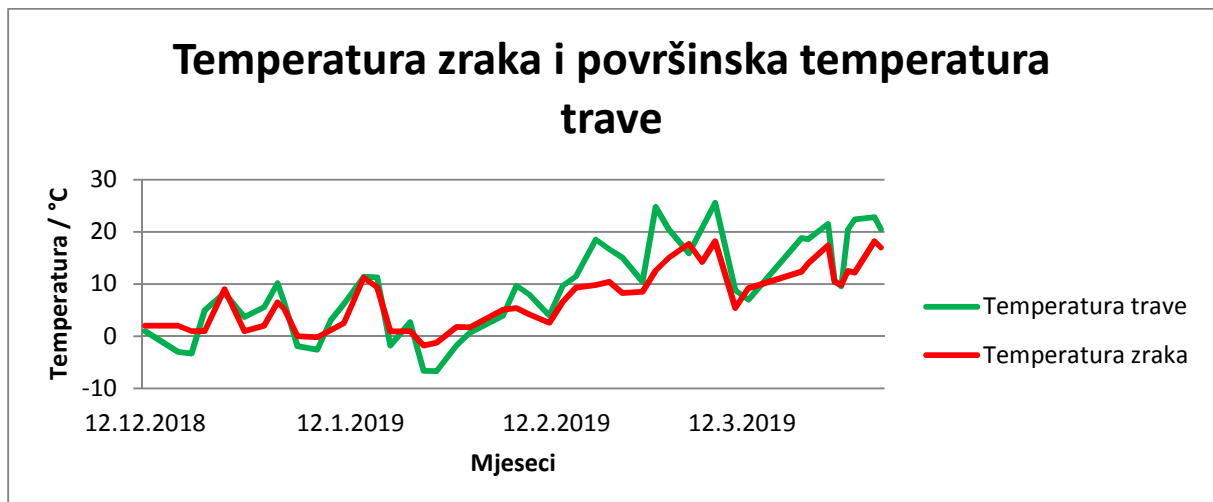
Svi grafovi i izračuni rađeni su u programu Microsoft Excel.

Na grafu 1. prikazane su izmjerene temperature na asfaltu i travi, te razlika temperatura u našoj školi. S grafa se vidi da travnata površina ima više dana višu temperaturu čime smo potvrdili našu skepsu pri odabiru asfaltne lokacije. Iako su mjerenja na asfaltu odrađena na rubnim područjima, očito su područja bila duže u sjeni.



Graf 1. Usporedba površinskih temperatura na asfaltu i travi mjerenih u 12h po lokalnom vremenu, te razlika temperatura, Šumarska i drvodjeljska škola Karlovac

Koeficijent korelacije između temperature asfalta i travnate podloge iznosi 0,87. Korelacija je relativno visoka što potvrđuje našu tezu da možemo zanemariti naoblaku u našem razmatranju.



Graf 2. Temperatura zraka i površinska temperatura na travnatoj podlozi u 12h po lokalnom vremenu

Na grafu 2. Prikazane su temperatura zraka i površinska temperatura travnate površine mjerenih u 12h po lokalnom vremenu.

Koeficijent korelacije iznosi 0,93, što nam govori o velikoj povezanosti između ove dvije varijable kao što se vidi i iz grafa. To smo i očekivali u pretpostavci. Temperatura zraka viša je od površinske temperature samo za četiri slučaja 19.12.2018., 4.1., 7.1., 23.01.2019., a tada je površina trave bila prekrivena snijegom. Možemo zaključiti da je refleksija zračenja od snježnog pokrivača bila puno veća od apsorpcije.

Koeficijente korelacije računali smo prema izrazu (1):

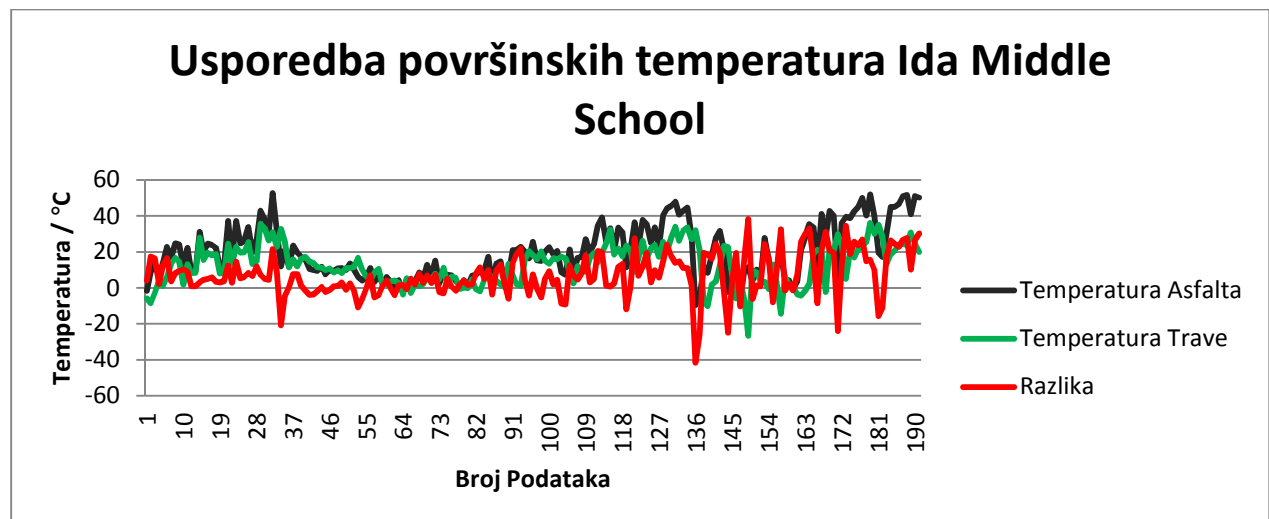
$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}} \quad (1)$$

Gdje su \bar{x} i \bar{y} srednje vrijednosti površinskih temperatura asfalta i trave tj. zraka i trave.

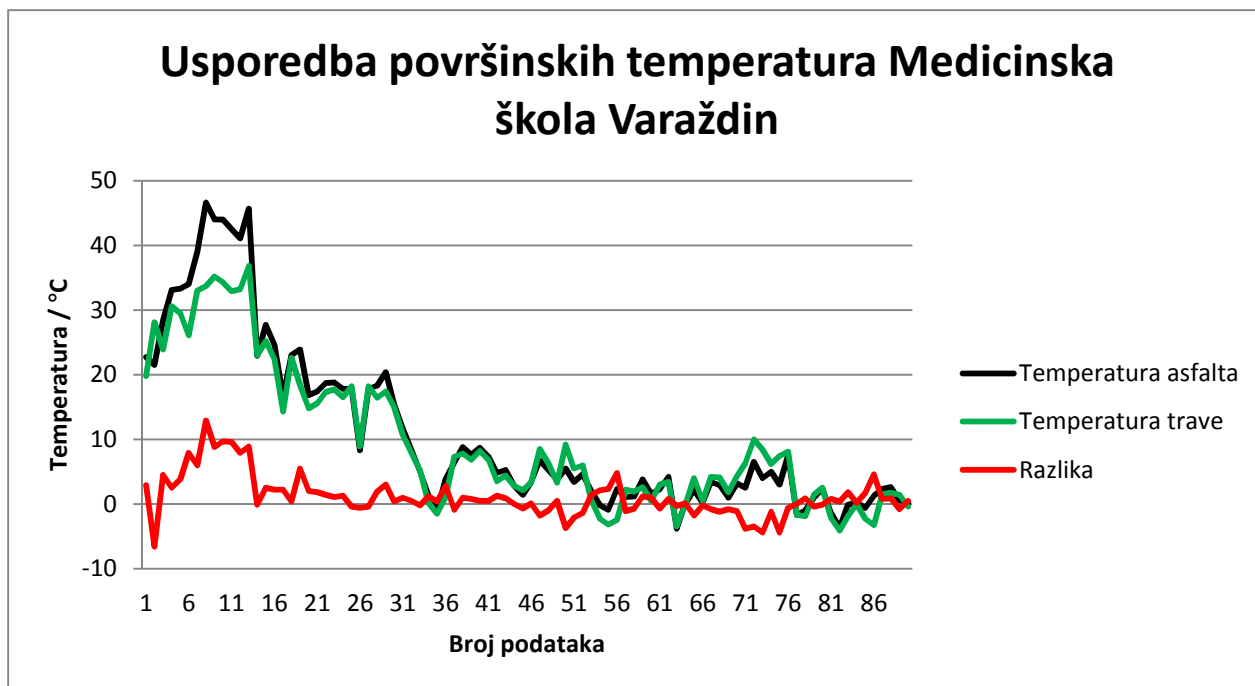
Kao što smo napomenuli u metodama istraživanja proširili smo bazu podataka s drugim školama, te ćemo sada prikazati rezultate i analizu tih podataka. Objedinili smo podatke svih škola zajedno, te će u danjoj analizi rezultati biti prikazani za ukupno 289 termina mjerenja. Podaci su mjereni po istim GLOBE protokolima kao i naši.

Podaci su obrađeni redom:

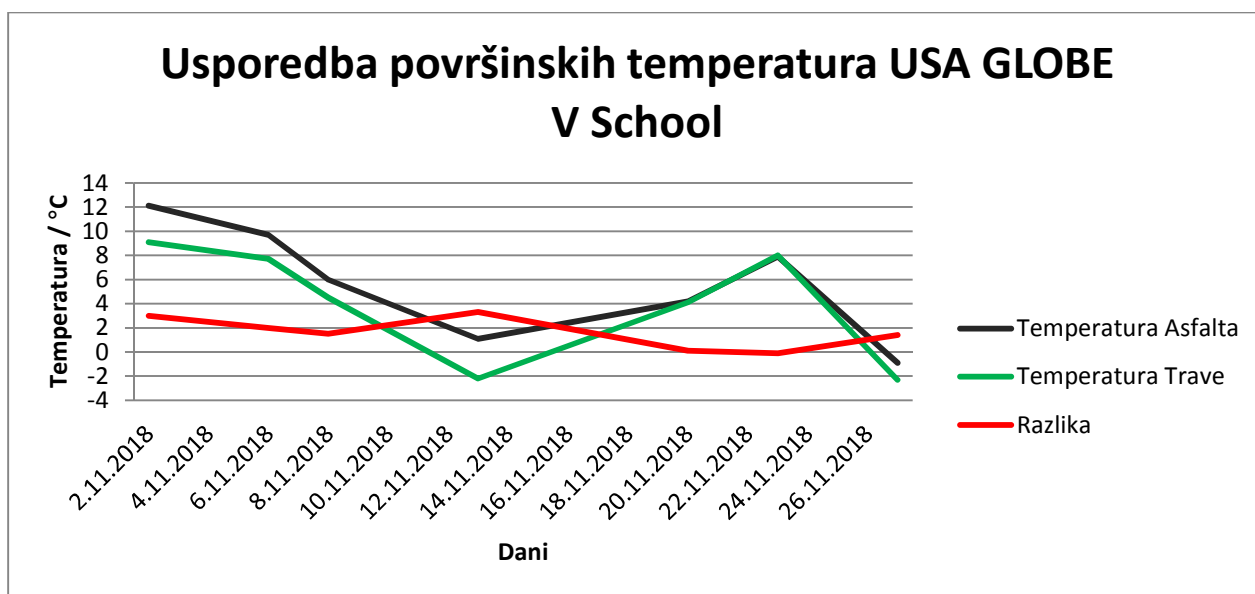
1. Ida Middle School, USA
2. Medicinska škola Varaždin, RH
3. USA GLOBE v School, USA



Graf 3. Usporedba površinskih temperatura na asfaltu i travi mjenjenih u 12h po lokalnom vremenu, te razlika temperatura, Ida Middle School, USA



Graf 4. Usporedba površinskih temperatura na asfaltu i travi mjerenih u 12h po lokalnom vremenu, te razlika temperatura, Medicinska škola Varaždin, RH



Graf 5. Usporedba površinskih temperatura na asfaltu i travi mjerenih u 12h po lokalnom vremenu, te razlika temperatura, USA GLOBE v School, USA

Koeficijenti korelacije:

$r_{xy} = 0.59640$ (Ida Middle School, USA)

$r_{xy} = 0.97959$ (Medicinska škola Varaždin, RH)

$r_{xy} = 0.96137$ (USA GLOBE v School, USA)

Rasprava i zaključci

Iz naših 47 mjerenja možemo zaključiti da smo potvrdili kako temperatura zraka na 2 metra ovisi o površinskoj temperaturi, što prikazuje graf 2. Također, zbog relativno lošeg odabira lokacije temperatura travnate površine u većini slučajeva je bila veća od asfalta, iako razlike nisu bile velike.

Nakon obrade ostalih podataka, 289 mjerenja, preuzetih iz GLOBE baze pokazali smo kako površina asfalta u velikoj većini slučajeva ima veću temperaturu od trave. Koeficijent korelacije iz svih 289 mjerenja je 0,85.

Iz prikazanih rezultata možemo reći da smo potvrdili našu hipotezu da je temperatura zraka iznad asfaltiranih površina veća nego iznad travnatih površina, ali u ograničenim uvjetima. Osim što naš broj mjerenja nije velik, sva su naša mjerenja bila u terminu oko solarnog podneva, te ne možemo sa sigurnošću tvrditi što se događa s površinskim temperaturama podloga noću i rano ujutro. Ako se asfalt brže zagrijava, mogli bi smo pretpostaviti da se i brže hladi. U tom smislu ovo istraživanje otvara neka nova pitanja.

Nadalje, ovo istraživanje osim pitanja hlađenja podloga, otvorilo je i pitanje što se događa s površinskim temperaturama različitih podloga kada je stanje tla vlažno a nastupila su veća zagrijavanja u prethodnim danima.

Izvori podataka

1. <https://www.globe.gov/documents/348614/7537c1bd-ce82-4279-8cc6-4dbe1f2cc5b5>
2. Gelo, B. (2010.), Opća i pomorska meteorologija, Zadar: Sveučilište u Zadru
3. GLOBE baza podataka, globe.gov

Prilog 1

Tablica s izmjerenim podacima na odabranim lokacijama u blizini Šumarske i drvodjeljske škole Karlovac

Datum	Temperatura asfalta	Stanje asfalta	Temperatura trave	Stanje trave	Naoblaka	Razlika (Asfalt-Trava)	Koeficijent Korelacije	temp. zraka
12.12.2018	2	dry	1	wet	9	1	0,871853131	2
17.12.2018	1,8	dry	-3	wet	10	4,8		2
19.12.2018	-0,7	dry	-3,3	snow	0	2,6		1
21.12.2018	3,9	wet	5	wet	1	-1,1		1
24.12.2018	6,3	wet	8,3	wet	5	-2		9
27.12.2018	-2	wet	3,7	wet	9	-5,7		1
30.12.2018	2	wet	5,6	wet	9	-3,6		2
1.1.2019	1,9	wet	10,2	wet	5	-8,3		1
2.1.2019	0,9	wet	6,5	wet	10	-5,6		1
4.1.2019	-4	snow	-1,9	snow	9	-2,1		5
7.1.2019	-1,7	snow	-2,6	snow	10	0,9		9
9.1.2019	-0,8	wet	3,1	wet	10	-3,9		2
11.1.2019	-2,9	wet	6,2	wet	10	-9,1		1
14.1.2019	4,3	dry	11,4	dry	10	-7,1		2
16.1.2019	0,7	wet	11,3	wet	10	-10,6		2
18.1.2019	-1,7	snow	-1,8	snow	10	0,1		2
21.1.2019	1,9	wet	2,7	wet	9	-0,8		8
23.1.2019	-0,9	wet	-6,6	snow	5	5,7		8
25.1.2019	-0,6	wet	-6,7	snow	9	6,1		1
28.1.2019	0,5	wet	-1,8	snow	10	2,3		9
30.1.2019	2,4	wet	0,7	wet	1	1,7		9
4.2.2019	5,6	wet	3,9	wet	1	1,7		6
6.2.2019	2,4	wet	9,7	wet	1	-7,3		2
8.2.2019	5,3	dry	8	dry	10	-2,7		4
11.2.2019	4	wet	4	wet	9	0		5
13.2.2019	7,7	dry	9,7	dry	10	-2		5
15.2.2019	7	dry	11,5	dry	10	-4,5		1
18.2.2019	11	dry	18,5	dry	10	-7,5		1
20.2.2019	11,7	dry	16,7	dry	10	-5		-1,2
22.2.2019	10,7	dry	15,1	dry	5	-4,4		-1,8
25.2.2019	9,6	dry	10,4	dry	10	-0,8		1
27.2.2019	14,6	dry	24,8	dry	9	-10,2		0
1.3.2019	18,3	dry	20,5	dry	5	-2,2		9
4.3.2019	15,7	dry	15,9	dry	10	-0,2		1
6.3.2019	14,9	dry	20,7	dry	10	-5,8		2
8.3.2019	19,1	dry	25,6	dry	10	-6,5		1
11.3.2019	6,1	wet	8,8	dry	10	-2,7		-0,2
13.3.2019	10	dry	7	wet	10	3		0

21.3.2019	18,7	dry	18,8	dry	1	-0,1		4
22.3.2019	19	dry	18,6	dry	0	0,4		6
25.3.2019	26,6	dry	21,5	dry	0	5,1		4
26.3.2019	10,1	wet	10,6	wet	9	-0,5		3
27.3.2019	12	dry	9,6	dry	10	2,4		9
28.3.2019	24,5	dry	20,5	wet	9	4		3
29.3.2019	29,4	dry	22,4	dry	1	7		-2
1.4.2019	26,3	dry	22,8	dry	3	3,5		1
2.4.2019	21,8	dry	20,5	dry	1	1,3		6