

UNIVERZÁLNÍ TEPELNÝ KLIMATICKÝ INDEX UTCI – PRVNÍ TESTY

Martin Novák,
ČHMÚ, pobočka Ústí n.L.; KFGG PřF UK Praha

ÚVOD:

Stav okolního prostředí může znamenat pro lidský organismus zátěž, kterou je možno jen těžko popsat pomocí jednoduchých charakteristik. Diskomfort, který je způsoben nucenou snahou o obnovení stavu rovnováhy mezi organismem a okolním prostředím, souvisí většinou s radiačními a tepelnými toky, jejichž velikost je ovlivňována prostředím jako celkem, většinou pak teplotou okolního vzduchu, jeho vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu. Míru zátěže však ve skutečnosti neovlivňují pole těchto veličin samostatně, jedná se o jejich společné působení, kdy se vliv změn jedné charakteristiky může změnou jiné rušit či naopak zesilovat. Zejména v období 60. až 80. let minulého století byly ve světě vyvinuty stovky různých indexů, které se toto současné působení polí teploty, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu snažily kvantifikovat. Tyto indexy měly většinou řadu nedostatků. Typicky se věnovaly jen vybrané dvojici zmíněných charakteristik – indexy pro chladné období nebo celoročně chladné oblasti počítaly typicky jen s teplotou vzduchu a rychlostí větru, indexy letní popisující zátěž vedrem či dusnem zas teplotou a vlhkostí vzduchu. Při konstrukci ukazatelů se navíc často vycházelo z přísně lokálních empirických zkušeností. Výsledkem pak logicky byly indexy, jejich vypovídací schopnost byla omezena jen na malé oblasti. Další slabinou existujících indexů pak byla často jejich sezónnost, většinou navíc jejich výpočet vyžadoval vstupy, které nejsou v operativním provozu k dispozici.

V roce 2000 založila Mezinárodní biometeorologická společnost (ISB) specializovanou Komisi 6, jejímž vedením byl pověřen prof. Gerd Jendritzky (SRN). Jejím úkolem byl vývoj nového indexu popisujícího společné působení teploty, vlhkosti a proudění vzduchu s následujícími požadavky:

1. globální platnost nového indexu;
2. platnost indexu pro období celého roku;
3. vývoj bude postaven na fyziologickém působení zmíněných fyzikálních polí, zejména na radiační a tepelné bilanci lidského těla;
4. vstupy do výpočtu musí být standardně dostupné z měření meteorologických stanic;
5. index bude použitelný pro předpovědi a varovné systémy, stejně jako pro bioklimatologické výzkumy různých měřítek.

V roce 2004 se podařilo spustit v rámci evropského výzkumu akci COST730, která výzkum od ISB převzala a umožnila intenzifikaci prací. V rámci těchto aktivit vyvinutý ukazatel získal název Universal Thermal Climate Index (UTCI), v češtině Univerzální tepelný klimatický index.

Tato práce vznikla na základě hypotézy, že index hodnotící komplexní působení teploty, vlhkosti a rychlosti proudění by měl reagovat na změny všech zmíněných charakteristik, v zimě s důrazem na rychlost větru, v létě při vyšších teplotách na relativní vlhkost.

DATA:

Pro první testy UTCI byly vybrány meteorologicky významné dny v nedávné minulosti, u nichž bylo možné předpokládat významné rozdíly mezi měřenými teplotami (teplotní limit je používán např. v biometeorologické předpovědi ČHMÚ) a hodnotami UTCI, které vyjadřují „pocitovou teplotou“, jejich fyzikální rozměr tomu odpovídá. UTCI je uváděn ve °C. Vzhledem k možnosti testovat operativní data byla testovací lokalitou zvolena profesionální meteorologická stanice s vlastnostmi podobnými městské stanici: Praha – Libuš, z měřených meteorologických údajů byly vybrány řady teplot a relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti větru, a to s krokem 15 minut.. Jako významné dny byly pro tuto stanici vybrány: 18. - 19. leden 2007 (mediálně známý orkán Kyrill), nejchladnější den roku 2009 (20. prosinec), den s nejvyšší maximální teplotou roku 2009 (23. červenec) a den s nejvyšší průměrnou denní teplotou roku 2009 (17. srpen). U posledního dne je nutné poznamenat, že se jedná o denní průměrnou teplotu podle klimatologické metodiky [tedy $T_{AVG} = (T_7 + T_{14} + 2 \cdot T_{21})/4$, kde T_7 , T_{14} , T_{21} jsou teploty měřené v klimatických termínech 7, 14, resp. 21 hodin středního místního slunečního času. Pokud bychom průměrnou teplotu počítali jako aritmetický průměr všech naměřených teplot, byla by denní průměrná teplota 23.7. o 0,2 °C vyšší než 17.8.

Air temperature T_a ° Celsius

$\Delta T_{mrt} = T_{mrt} - T_a$ Kelvin

Water vapour pressure hPa

Rel. humidity RH %

Wind speed v in 10m m/s

UTCI: 37.9 ° Celsius

Author of F77 UTCI source code: Barbara Wojtach, Institute of Meteorology and Hydrology, Warsaw, Poland, based on [original F90 UTCI source code](#) of Peter Broede, IfADo - Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors at Dortmund Technical University, Germany.

Obr. 1: Kalkulátor hodnot UTCI (zdroj: www.utci.org).

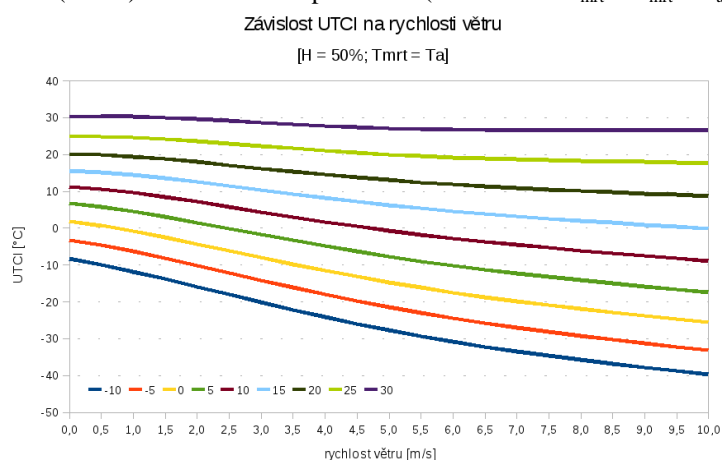
Pro výpočet hodnot UTCI byl využit kalkulátor hodnot umístěný koncem roku 2009 na oficiálních stránkách projektu www.utci.org. Do něj (obr. 1) se kromě zmíněných charakteristik zadává také parametr ΔT_{mrt} , který je rozdílem mezi střední radiační teplotou T_{mrt} a teplotou vzduchu T_a . Velikost T_{mrt} je závislá zejména na množství oblačnosti a její výšce a optické hustotě, vlhkosti vzduchu, insolaci, radiačních vlastnostech okolí. Rozdíl ΔT_{mrt} se dá nahradit v našich podmínkách hodnotami v rozmezí mezi -10 K (zimní jasná klidná noc) až +30 K (letní jasný den, v čase kolem kulminace Slunce, tedy kolem místního poledne). Pro radiačně nevýrazná období ale lze často položit $\Delta T_{mrt} = 0$.

Tab. 1: Hodnoty UTCI [°C] v závislosti na teplotě vzduchu a rychlosti větru.

		Teplota vzduchu [°C]								
		-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Rychlost větru [m/s]	0,0	-8,3	-3,2	1,9	6,8	11,3	15,6	20,0	24,8	30,2
	0,5	-9,9	-4,6	0,7	5,8	10,6	15,2	19,9	24,9	30,4
	1,0	-11,8	-6,3	-0,8	4,5	9,7	14,5	19,4	24,6	30,3
	1,5	-13,8	-8,2	-2,5	3,1	8,5	13,6	18,8	24,2	30,0
	2,0	-15,9	-10,2	-4,3	1,5	7,2	12,6	18,0	23,6	29,6
	2,5	-18,0	-12,2	-6,1	-0,1	5,8	11,5	17,1	23,0	29,2
	3,0	-20,1	-14,2	-8,0	-1,7	4,4	10,3	16,2	22,3	28,7
	3,5	-22,2	-16,1	-9,8	-3,3	3,0	9,2	15,4	21,7	28,2
	4,0	-24,1	-18,0	-11,5	-4,8	1,7	8,2	14,6	21,1	27,8
	4,5	-26,0	-19,8	-13,1	-6,3	0,5	7,2	13,8	20,5	27,4
	5,0	-27,7	-21,4	-14,7	-7,7	-0,7	6,2	13,1	20,0	27,1
5,5	-29,3	-23,0	-16,1	-9,0	-1,8	5,4	12,4	19,6	26,9	
6,0	-30,8	-24,4	-17,5	-10,2	-2,8	4,6	11,9	19,2	26,7	
6,5	-32,2	-25,8	-18,7	-11,3	-3,7	3,9	11,4	18,9	26,6	
7,0	-33,5	-27,0	-19,9	-12,3	-4,5	3,2	10,9	18,7	26,5	
7,5	-34,6	-28,1	-20,9	-13,2	-5,3	2,6	10,5	18,5	26,5	
8,0	-35,7	-29,2	-21,9	-14,1	-6,1	2,0	10,1	18,3	26,5	
8,5	-36,8	-30,2	-22,9	-15,0	-6,8	1,5	9,8	18,1	26,5	
9,0	-37,8	-31,2	-23,8	-15,8	-7,5	0,9	9,4	18,0	26,5	
9,5	-38,7	-32,2	-24,7	-16,6	-8,2	0,4	9,1	17,8	26,5	
10,0	-39,7	-33,1	-25,6	-17,4	-8,9	-0,1	8,7	17,6	26,5	

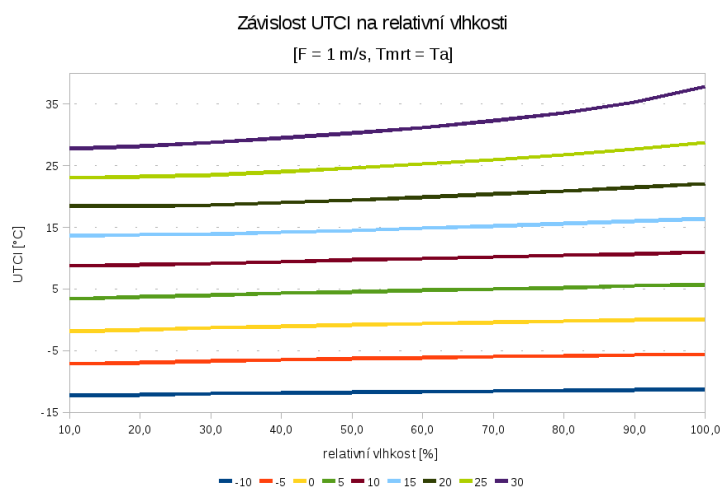
METODY:

V první řadě byly testovány vlastnosti UTCI, reakce hodnot tohoto indexy na změny jednotlivých komponent. Závislost UTCI na rychlosti větru jsou uvedeny v tab. 1 a graficky na obr. 2. V obou případech byla měněna teplota, pro ostatní složky byly voleny konstantní hodnoty ($H = 50\%$, $\Delta T_{mrt} = 0$). Dále byly testovány závislosti UTCI na vlhkosti vzduchu (obr. 3) a na radiačních poměrech (na rozdílu $\Delta T_{mrt} = T_{mrt} - T_a$).



Obr. 2: Hodnoty UTCI [°C] v závislosti na teplotě vzduchu a rychlosti větru.

Na následujících obr. 3 a 4 jsou grafy závislostí UTCI na vlhkosti vzduchu a na rozdílu ΔT_{mrt} .



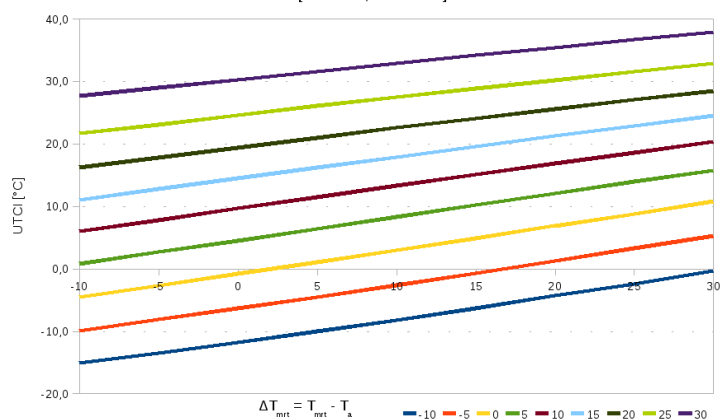
Obr. 3: Hodnoty UTCI [°C] v závislosti na teplotě vzduchu a vlhkosti vzduchu.

Speciálně u radiačních poměrů je nutno upozornit na fakt, že v grafu (obr. 4) jsou obsaženy hodnoty, které jsou ve skutečnosti nereálné. V zimě, kdy při jasných a klidných nocích může ΔT_{mrt} klesnout až na -10 K, v extrému k -15 K, nebude rozhodně teplota vzduchu +30 °C, stejně jako v létě přes den, kdy je teplota vzduchu kolem 30 °C, je nereálná hodnota $\Delta T_{mrt} < 10$ K.

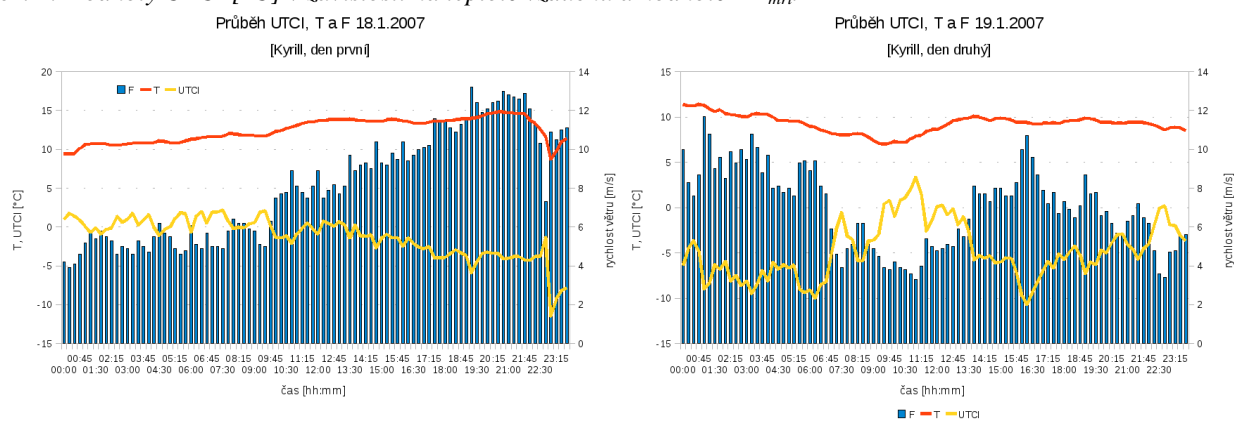
Na dalších grafech už je znázorněn denní průběh teploty vzduchu a UTCI ve výše uvedených meteorologicky významných dnech nedávné minulosti. Na obr. 5 jsou data z obou dnů s výrazně zesíleným prouděním (Kyrill). Zajímavý je rozdíl v průběhu meteorologických veličin mezi oba dny, který odpovídá přechodu celého frontálního systému. Většina prvního dne je typickým příkladem vývoje před teplou frontou, naopak druhý den odpovídá oblasti za studenou frontou. Na obr. 6 (nejchladnější den) je pak dobře znát závislost UTCI na rychlosti větru.

Závislost UTCI na radičních poměrech

[H = 50%; F = 1 m/s]



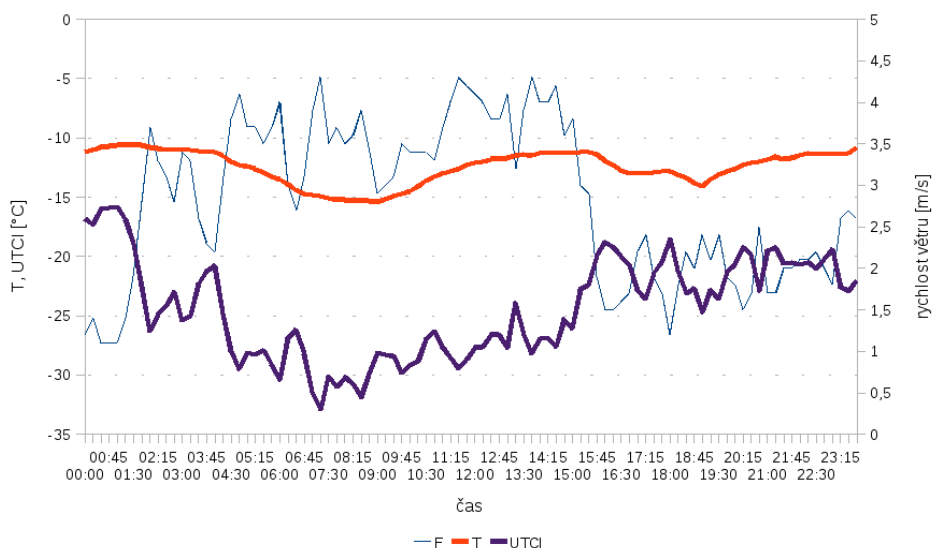
Obr. 4: Hodnoty UTCI [°C] v závislosti na teplotě vzduchu a hodnotě ΔT_{mrt} .



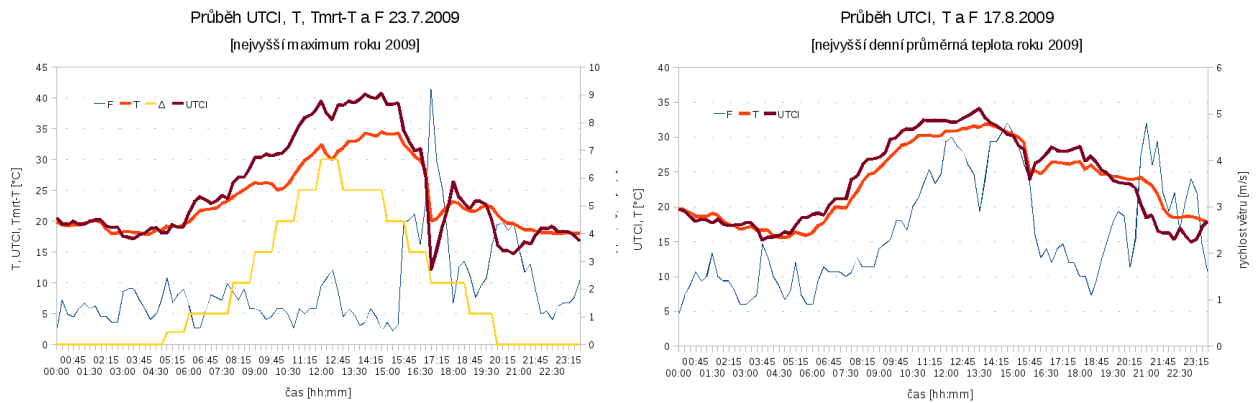
Obr. 5: Průběh hodnot UTCI, teploty vzduchu a rychlosti větru - první (vlevo) a druhý (vpravo) den epizody se zesíleným prouděním (Kyrill).

Průběh UTCI, T a F 20.12.2009

[nejchladnější den roku 2009]



Obr. 6: Průběh hodnot UTCI, teploty vzduchu a rychlosti větru v nejchladnější den roku 2009 na stanici Praha-Libuš (20.12.2009).



Obr. 7: Průběh UTCI, teploty vzduchu a rychlosti větru ve dvou velmi teplých dnech. Pro 23.7. (vlevo) i průběh zadaných hodnot ΔT_{mrt} .

Průběh obou velmi teplých dnů (obr. 7) dokumentuje jak roli větru, jehož zchlazovací efekt je při vyšších teplotách nižší, ale přesto patrný, tak roli radiační složky (obr. 7 vlevo). Právě výraznější radiační složka je hlavní příčinou většího rozdílu mezi UTCI a teplotou vzduchu v poledních hodinách 23.7.2009 (vlevo) než 17.8.2009 (vpravo).

ZÁVĚRY:

Chování indexu UTCI odpovídá předpokladům, index respektuje vliv jednotlivých složek. Do budoucna bude ale nutné provést zejména plošné testy, které by měly prokázat jeho použitelnost na celém území republiky při různých situacích. V případě zařazení indexu UTCI do rutinně sestavované biometeorologické předpovědi ale bude potřeba vyřešit hlavně výpočet hodnoty ΔT_{mrt} přímo ze standardních výstupů z matematického modelu a z výstupů navazujícího modulu AIP (systém automatické interpretace počasí). Bez kvalitních odhadů tohoto radiačního členu UTCI by nebylo jeho každodenní užití možné. Všechny ostatní vstupy do výpočtu hodnoty UTCI jsou běžně měřené (pro zpětné výpočty), a také běžně předpovídané (tzn. jsou také běžnou součástí standardní sady výstupů z matematických modelů atmosféry).

POUŽITÁ LITERATURA:

- Blazejczyk, K., 1994: New climatological-and-physiological model of the human heat balance outdoor (MENEX) and its applications in bioclimatological studies in different scales. Zeszyty IgiPZ PAN, Nr. 28, pp 27-58.
- Fanger, P.O., 1970: Thermal Comfort, Analysis and Application in Environment Engineering. Danish Technical Press, Copenhagen.
- Höppe, P., 1999: The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int. J. Biometeorol. 43, pp 71-75.
- 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.