t, x KORELACIJE – KOMPLETNA SLIKA SPOLJAŠNJE TEMPERATURE I USLOVA VLAŽNOSTI KAO OSNOVA ZA RAZLIČITE KALKULACIJE U KGH

t, x – CORRELATIONS – A COMPLETE IMAGE OF OUTDOOR TEMPERATURE AND HUMIDITY CONDITIONS – AS BASIS TO VARIOUS HVAC-CALCULATIONS

JÜRGEN MASUCH,
Scholze Ingenieur GmbH, Stuttgart, Germany

Opisana je važnost t,x korelacija za energetske kalkulacije i proračune opterećenja. Ovaj način opisivanja karakteristika u pogledu temperature i vlažnosti nekog mesta ima nekoliko prednosti. Moguće je proveriti rizik za izabranu tačku zimi i leti. Takođe se mogu definisati različite stanice sa istim rizikom (tabela 1). To može da se uradi i za temperaturu i za entalpiju, tako da se rezultati mogu prikazati u različite svrhe (proračun opterećenja, proračun strujanja vazduha za hladnjake, rashladne kule). Dvodimenzionalne informacije se mogu dodatno iskoristiti za energetski proračun tačku po tačku za specijalne sisteme klimatizacije. Lako je izračunati stepen-dane za različite temperaturske limite grejanja i slično opterećenje od vlaženja i odvlaživanja u cilju izbora nivoa vlažnosti. VDI ima nameru da ove informacije unese direktno u tabele (kao na slici 4). Kako rad sa ovim tebelama u Nemačkoj u poslednjih 30 godina olakšava projektovanje instalacija kao i proveru energetskog ponašanja zgrada, REHVA je sa VDI inicirala (zadatak 27) da se

The importance of t,x-correlations for load- and energy-calculations is described. This manner of describing the temperature and humidity characteristics of a place has several advantages. One has the possibility to check the risk for the chosen selection points in summer and winter. So one can define different stations with always the same risk (Table 1). This can be done for temperature and enthalpy so that the results can be listed for different purposes (load calculations, air calculations for coolers, cooling towers). The 2-dimensional information can be used in addition to make a point-by-point energy calculation for special air conditioning systems, it is easy to calculate degree-days for various temperature limits of heating and similarly humidification and dehumidification loads for free to choose humidity levels. VDI intends to add those information directly on the tables (like in Fig. 4). As the work with those tables existing in Germany since 30 years facilitates design of installation and also checking of the energetical behaviour of buildings REHVA has started with VDI an initiative (task force 27) to bring

ove informacije prikupe za 100 do 120 evropskih stanica.

together this kind of information for 100–120 European stations.

Ključne reči: *t, x korelacije; energetski proračun; klimatske promene; referentna test-godina*

Key words: *t, x correlations; energy calculations; climate changes; test reference year*

1. Uvod

Meteorološki podaci predstavljaju osnovu za proračun termičkih opterećenja i opterećenja od vlažnosti za sve tipove zgrada. Pre više od 100 godina definisani su ekstremni vremenski uslovi u cilju određivanja odgovarajućeg kapaciteta sistema za grejanje. Pre 50 godina urađeno je slilčno za sistem klimatizacije u letnjem periodu, a od pre više od 30 godina postoje metode energetskih proračuna koje uglavnom koriste referentne godine za nekoliko regiona.

Svi ovi osnovni uslovi nisu u potpunosti tačni, ali danas imamo mogućnost definisanja egzaktnih meteoroloških uslova za projektovanje instalacija na način koji podrazumeva poznavanje preostalog rizika budući da nikada neće biti urađen proračun sa apsolutno ekstremnim vrednostima.

Razjašnjenje je dato preko dvodimenzionalne tabele sa temperaturom „t“ i sadržajem pare „x“ spoljašnjeg vazduha, takozvanom t, x korelacijom.

2. t, x korelacije za različita mesta

Sledeća iskustva većinom se odnose na Nemačku, ali sa detaljnim informacijama o vremenu, mogu se primeniti širom sveta.

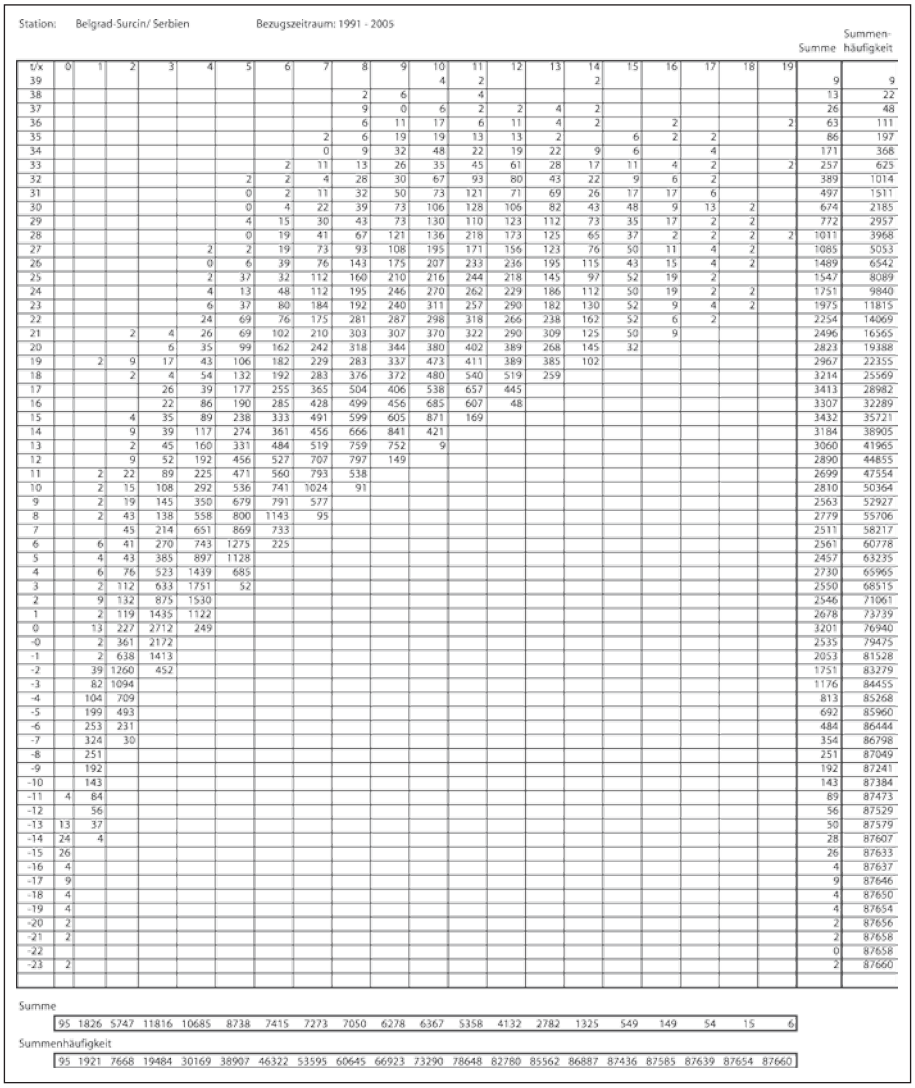
U Nemačkoj smo pre 30 godina publikovali prvi DIN 4710 [1] sa opštim vremenskim podacima za energetske kalkulacije instalacije KGH – za grejanje, hlađenje i klimatizaciju. Deo ovog stadarda bile su t, x korelacije – bazirane na periodu od 1951. do 1970, za 13 mesta u Zapadnoj Nemačkoj.

Aktuelni DIN 4710 (2003) [2] za ujedinjenu Nemačku uzeo je u obzir za 15 stanica osnovni period od 1961. do 1990. Zbog posmatranih klimatskih promena, kao konsekvencu smo uzeli u obzir period od 1991. do 2005. kao bazu za poređenje sa trenutnom meteorološkom situacijom, i to je u međuvremenu publikovano u VDI 4710.3 [3] za istih 15 stanica. Ovde smo prikazali ovaj tip tabela kao primer za Beograd/Surčin, što je bilo potrebno za proračun u okviru beogradskog projekta (slika 1).

Objašnjenje vrednosti je sledeće. Na ordinati možete naći temperature od –23°C do +39°C, a na apscisi sadržaj vodene pare od 0 g/kg do 20 g/kg suvog vazduha. (t = 0 znači od 0°C do 0,9°C, t = – 0 znači t = 0 do –0,9°C i tako dalje; x = 0 znači 0 g/kg do 0,9 g/kg suvog vazduha, x = 19 znači od 19 g/kg do 19,9 g/kg suvog vazduha.)

Brojevi u tabeli predstavljaju 1/10 časa, tako da broj 1143 znači da je 114,3 č/god. temperatura bila između 8°C i 8,9°C i istovremeno sadržaj vodene pare između 6 g/kg i 6,9 g/kg suvog vazduha.

Na dnu se nalaze prvo sve sume po kolonama, a onda zbirne sume učestalosti po x. Sa strane su date sume po vrstama i krajnje desno zbirne sume učestalosti temperatura.



Station: Belgrad-Surcin/ Serbien Bezugszeitraum: 1991 - 2005

t/x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Summe	Summenhäufigkeit
39											4	2			2						9	9
38									2	6		4									13	22
37									9	0	6	2	2	4	2						26	48
36									6	11	17	6	11	4	2		2			2	63	111
35								2	6	19	19	13	13	2		6	2	2			86	197
34								0	9	32	48	22	19	22	9	6		4			171	368
33							2	11	13	26	35	45	61	28	17	11	4	2		2	257	625
32						2	2	4	28	30	67	93	80	43	22	9	6	2			389	1014
31						0	2	11	32	50	73	121	71	69	26	17	17	6			497	1511
30						0	4	22	39	73	106	128	106	82	43	48	9	13	2		674	2185
29						4	15	30	43	73	130	110	123	112	73	35	17	2	2		772	2957
28						0	19	41	67	121	136	218	173	125	65	37	2	2	2	2	1011	3968
27					2	2	19	73	93	108	195	171	156	123	76	50	11	4	2		1085	5053
26					0	6	39	76	143	175	207	233	236	195	115	43	15	4	2		1489	6542
25					2	37	32	112	160	210	216	244	218	145	97	52	19	2			1547	8089
24					4	13	48	112	195	246	270	262	229	186	112	50	19	2	2		1751	9840
23					6	37	80	184	192	240	311	257	290	182	130	52	9	4	2		1975	11815
22					24	69	76	175	281	287	298	318	266	238	162	52	6	2			2254	14069
21			2	4	26	69	102	210	303	307	370	322	290	309	125	50	9				2496	16565
20				6	35	99	162	242	318	344	380	402	389	268	145	32					2823	19388
19		2	9	17	43	106	182	229	283	337	473	411	389	385	102						2967	22355
18			2	4	54	132	192	283	376	372	480	540	519	259							3214	25569
17				26	39	177	255	365	504	406	538	657	445								3413	28982
16				22	86	190	285	428	499	456	685	607	48								3307	32289
15			4	35	89	238	333	491	599	605	871	169									3432	35721
14			9	39	117	274	361	456	666	841	421										3184	38905
13			2	45	160	331	484	519	759	752	9										3060	41965
12			9	52	192	456	527	707	797	149											2890	44855
11		2	22	89	225	471	560	793	538												2699	47554
10		2	15	108	292	536	741	1024	91												2810	50364
9		2	19	145	350	679	791	577													2563	52927
8		2	43	138	558	800	1143	95													2779	55706
7			45	214	651	869	733														2511	58217
6		6	41	270	743	1275	225														2561	60778
5		4	43	385	897	1128															2457	63235
4		6	76	523	1439	685															2730	65965
3		2	112	633	1751	52															2550	68515
2		9	132	875	1530																2546	71061
1		2	119	1435	1122																2678	73739
0		13	227	2712	249																3201	76940
-0		2	361	2172																	2535	79475
-1		2	638	1413																	2053	81528
-2		39	1260	452																	1751	83279
-3		82	1094																		1176	84455
-4		104	709																		813	85268
-5		199	493																		692	85960
-6		253	231																		484	86444
-7		324	30																		354	86798
-8		251																			251	87049
-9		192																			192	87241
-10		143																			143	87384
-11	4	84																			89	87473
-12		56																			56	87529
-13	13	37																			50	87579
-14	24	4																			28	87607
-15	26																				26	87633
-16	4																				4	87637
-17	9																				9	87646
-18	4																				4	87650
-19	4																				4	87654
-20	2																				2	87656
-21	2																				2	87658
-22																					0	87658
-23	2																				2	87660

Summe																			
	95	1826	5747	11816	10685	8738	7415	7273	7050	6278	6367	5358	4132	2782	1325	549	149	54	15	6

Summenhäufigkeit																			
	95	1921	7668	19484	30169	38907	46322	53595	60645	66923	73290	78648	82780	85562	86887	87436	87585	87639	87654	87660

Slika 1. t, x korelacija za period 1991–2005. za Beograd/Surčin

U cilju poređenja sa načinom prikazivanja projektnih podataka od strane ASHRAE [4], na slici 2 su dati podaci ASHRAE za Beograd/Surčin.

3. Problem rizika u proračunu opterećenja

t, x korelacije omogućavaju identifikaciju za projektni režim u pogledu temperature, vlažnosti i entalpije, koliko časova u godini je ovaj režim prekoračen.

Za Nemačku, ako se pogleda 15 stanica prema DIN 4710 [2], može se videti da su uobičajene odabrane vrednosti zimi i leti prevaziđene u oko 0,1% časova u toku

godine. U prošlosti projektne vrednosti nisu birane prema ovoj metodi nego je zimi, prema DIN 4701 [5], profesor Esdorn za Nemačku definisao dnevnu projektnu temperaturu kao najnižu dvodnevnu srednju vrednost temperature koja se pojavljuje 10 puta u 20 godina [6]. To je skoro ekvivalentno gore pomenutom 0,1%-tnom riziku.

2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI) © 2009 ASHRAE, Inc.

BEOGRAD/SURCIN, Serbia WMO#: 132720

Lat: 44.82N Long: 20.28E Elev: 99 StdP: 100.14 Time Zone: 1.00 (EUW) Period: 82-06 WBAN: 99999

Annual Heating and Humidification Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB	
	99.6%	99%	99.6%			99%			0.4%		1%			
			DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD
1	-11.0	-8.3	-13.2	1.2	-9.9	-10.9	1.5	-7.3	11.5	0.7	10.2	0.8	2.2	270

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%			
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD
7	11.7	33.8	21.8	32.0	21.5	30.1	20.8	23.0	30.9	22.2	29.6	21.4	28.5	3.0	30

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Hours
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		8 to 4 &
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	12.8/20.6
20.6	15.4	26.6	19.8	14.7	25.7	19.0	13.9	24.5	68.4	30.9	65.3	29.7	62.6	28.5	830

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Max	Extreme Annual DB				n-Year Return Period Values of Extreme DB							
				Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years	
1%	2.5%	5%	WB	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
10.4	8.8	7.5	28.1	-15.0	36.7	4.5	2.0	-18.3	38.1	-20.9	39.3	-23.4	40.4	-26.6	41.9

Monthly Climatic Design Conditions

			Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Temperatures, Degree-Days and Degree-Hours		Tavg	11.9	0.4	2.1	6.8	12.0	17.3	20.0	22.1	22.1	17.9	12.9	6.5	1.8
		Sd		4.82	5.38	5.07	4.35	3.71	3.63	3.34	3.40	3.44	4.54	4.94	4.85
		HDD10.0	1088	297	227	126	29	1	0	0	0	0	24	128	256
		HDD18.3	2755	555	456	359	193	64	23	6	7	49	175	356	511
		CDD10.0	1772	1	4	26	89	226	300	375	375	237	113	23	3
		CDD18.3	396	0	0	0	3	31	73	123	124	37	6	0	0
		CDH23.3	4060	0	0	4	40	301	729	1292	1282	369	51	1	0
		CDH26.7	1515	0	0	0	3	67	258	539	546	97	5	0	0
Monthly Design Dry Bulb and Mean Coincident Wet Bulb Temperatures	0.4%	DB		14.7	18.4	23.2	28.9	30.9	34.1	35.9	36.8	32.2	27.2	21.8	16.2
		MCWB		10.6	11.6	14.0	16.5	19.4	22.0	22.1	21.9	21.0	18.6	15.2	11.7
	2%	DB		11.2	15.1	20.2	24.2	28.7	31.9	33.2	34.0	29.1	24.8	18.2	13.1
		MCWB		8.4	9.9	12.3	15.4	18.9	21.6	22.1	21.5	19.5	17.3	13.3	9.8
	5%	DB		9.1	12.1	17.8	22.0	26.8	29.9	31.9	31.9	27.2	22.3	15.8	10.9
		MCWB		7.2	8.4	11.4	14.1	18.2	20.9	21.8	21.1	18.6	16.0	12.0	8.4
	10%	DB		7.0	9.4	15.0	19.8	24.8	27.8	29.9	29.8	25.2	20.1	13.8	8.2
		MCWB		5.6	6.8	10.0	13.1	17.2	20.0	21.1	20.5	17.9	15.0	10.9	6.7
Monthly Design Wet Bulb and Mean Coincident Dry Bulb Temperatures	0.4%	WB		10.7	12.1	14.5	17.3	20.8	23.6	24.2	24.4	21.6	19.6	15.7	12.0
		MCDB		13.7	17.6	22.0	24.9	27.6	31.1	32.4	31.9	29.7	25.7	20.5	16.0
	2%	WB		8.8	10.2	13.1	16.0	19.6	22.3	23.1	22.7	20.4	17.8	13.7	10.1
		MCDB		11.3	14.6	19.2	22.8	26.7	29.6	30.9	30.7	27.7	23.1	17.4	12.7
	5%	WB		7.2	8.7	11.6	14.7	18.7	21.4	22.3	21.8	19.4	16.6	12.3	8.5
		MCDB		8.9	12.0	16.8	20.8	25.3	28.4	29.8	29.3	25.9	21.4	15.4	10.7
	10%	WB		5.5	6.9	10.2	13.5	17.6	20.4	21.5	21.1	18.4	15.5	10.9	6.8
		MCDB		6.7	9.1	14.4	18.7	23.7	26.6	28.5	28.4	24.2	19.6	13.5	8.0
Mean Daily Temperature Range	5% DB	MDBR		6.1	7.8	9.6	10.1	10.9	10.8	11.7	11.8	11.3	10.3	7.7	6.0
		MCDBR		9.9	12.1	13.9	13.5	13.6	14.0	14.6	15.2	14.7	13.1	11.5	9.5
		MCWBR		7.4	7.9	7.9	6.9	6.1	5.9	5.8	5.8	6.7	7.0	7.3	7.0
	5% WB	MCDBR		9.5	11.6	12.8	12.5	12.6	12.7	13.2	12.9	13.5	12.2	10.5	9.1
		MCWBR		7.2	7.8	7.6	6.7	6.0	5.8	5.7	5.7	6.5	6.9	6.8	6.8
Clear Sky Solar Irradiance		taub		0.332	0.360	0.419	0.462	0.448	0.468	0.478	0.471	0.436	0.384	0.356	0.334
		taud		2.254	2.079	1.950	1.850	1.952	1.949	1.932	1.960	2.020	2.182	2.230	2.287
		Ebn,noon		765	804	801	799	825	808	794	783	776	771	727	723
		Edh,noon		97	130	164	194	180	182	183	172	151	116	97	87

CDDn Cooling degree-days base n°C, °C-day
CDHn Cooling degree-hours base n°C, °C-hour
DB Dry bulb temperature, °C
DP Dew point temperature, °C
Ebn,noon) Clear sky beam normal and diffuse hori-
Edh,noon) zontal irradiances at solar noon, W/m2
Elev Elevation, m
Enth Enthalpy, kJ/kg
HDDn Heating degree-days base n°C, °C-day
Hours 8/4 & 12.8/20.6 Number of hours between 8 a.m. and 4 p.m with DB between 12.8 and 20.6 °C
HR Humidity ratio, g of moisture per kg of dry air
Lat Latitude, °
Long Longitude, °
MCDB Mean coincident dry bulb temperature, °C
MCDBR Mean coincident dry bulb temp. range, °C
MCDP Mean coincident dew point temperature, °C
MCWB Mean coincident wet bulb temperature, °C
MCWBR Mean coincident wet bulb temp. range, °C
MCWS Mean coincident wind speed, m/s
MDBR Mean dry bulb temp. range, °C
PCWD Prevailing coincident wind direction, °, 0 = North, 90 = East
Period Years used to calculate the design conditions
Sd Standard deviation of daily average temperature, °C
StdP Standard pressure at station elevation, kPa
taub Clear sky optical depth for beam irradiance
taud Clear sky optical depth for diffuse irradiance
Tavg Average temperature, °C
Time Zone Hours ahead or behind UTC, and time zone code
WB Wet bulb temperature, °C
WBAN Weather Bureau Army Navy number
WMO# World Meteorological Organization number
WS Wind speed, m/s

Slika 2. Projektni podaci iz ASHRAE za Beograd/Surčin

U Nemačkoj VDI će uskoro osnovati radnu grupu u cilju analiziranja prihvatljivog rizika. Mi znamo da je rizik u pogledu proračuna opterećenja zgrade, sada kada će naše zgrade u budućnosti biti pravljene sa boljom izolacijom (manje K vrednosti), od minorne važnosti, ali je od važnosti za proračune sa strane vazduha (izbor cevnih zmija, projektovanje rashladnih kula).

U tabeli 1 su prikazane razlike za slučaj sa 0,1% i 0,2% rizika za 15 nemačkih stanica.

Tabela 1. Izbor ekstremnih vrednosti temperatura i entalpija za 15 stanica u Nemačkoj sa rizikom od 0,1% ili 0,2% (iz VDI 4710,3)

Reprezentativne stanice DIN 4710	Rizik 0,1%			Rizik 0,2 %		
	Leto		Zima	Leto		Zima
	Temperatura, °C	Entalpija, kJ/kg suvog vazduha	Temperatura, °C	Temperatura, °C	Entalpija, kJ/kg suvog vazduha	Temperatura, °C
Bremerhaven	31	63,5	–10	30	61,0	–9
Rostock-Warnemünde	31	61,5	–11	29	59,5	–10
Hamburg-Fuhlsbüttel	32	62,5	–12	31	60,5	–11
Potsdam	33	64,5	–14	32	62,5	–13
Essen	32	64,0	–11	31	61,5	–9
Bad Marienburg	30	59,5	–13	28	58,0	–12
Kassel	32	63,5	–12	31	61,0	–11
Braunlage	29	58,0	–16	28	56,0	–14
Chemnitz	31	62,0	–15	30	60,5	–13
Hof	31	60,5	–16	30	58,5	–15
Fichtelberg	25	55,0	–17	24	53,0	–16
Mannheim	35	67,0	–13	34	64,5	–11
Mühldorf (Passau)	33	65,5	–19	32	63,5	–17
Stötten	30	61,0	–15	29	59,0	–13
Garmisch-Partenkirchen	31	61,5	–18	30	60,0	–17

To znači da spoljni klimatski uslovi mogu biti kritičniji nego odabrane vrednosti tokom 9 ili 17 dana/godišnje, i da je u prošlosti prihvaćeni rizik u Nemačkoj bio između 0,1% i 0,2% – takođe i leti.

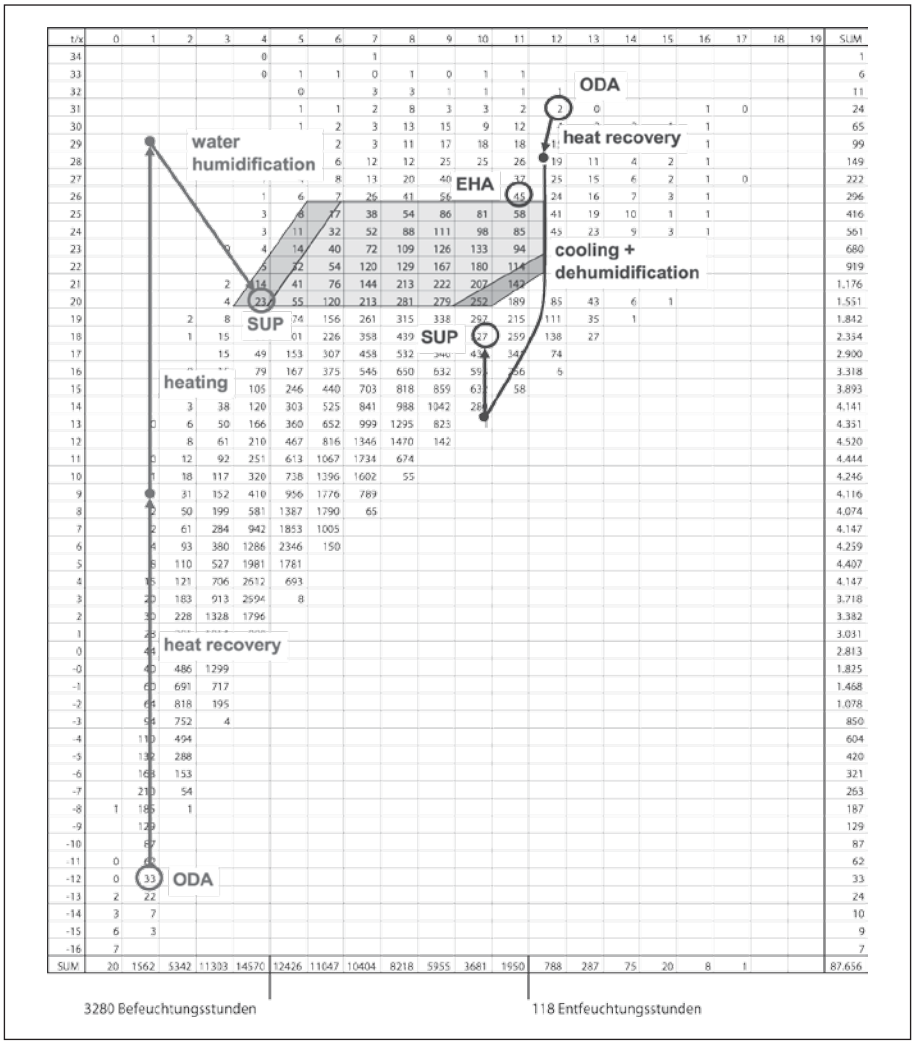
ASHRAE [4] je, u principu, izabrao drugi način da prikaže projektne klimatske uslove, kao što su temperature po suvom i vlažnom termometru i entalpija. Rizik da se te projektne vrednosti prevaziđu postavljen je više (0,4%, 1% ili 2%). Ovo može biti moguće za opterećenje zgrade, ali sigurno ne za hladnjake i rashladne kule.

4. Dodatne informacije osim t, x korelacija

Da se vratimo na t, x korelacije. U suprotnosti sa tabelama ASHRAE, ove dvodimenzionalne t, x informacije svih događaja dozvoljavaju da se dođe do različitih dodatnih informacija. Objasnićemo na nekoliko primera kakve su te mogućnosti.

Slika 3 pokazuje da je principijelno moguće izvoditi energetski proračun sa svim tačkama t, x korelacije sa težinskim faktorom koji uzima u obzir broj časova pojavljivanja na terenu i imajući u vidu različite tipove energije (grejanje, hlađenje, ovlaživanje, odvlaživanje).

Jedina restrikcija je da zapremina vazduha treba da je konstantna.



Slika 3. Proračun obrade vazduha za sve tačke u korelaciji vodi do dobre energetske aproksimacije za instalacije sa konstantnim protokom vazduha

Kada je u pitanju nemački standard VDI 4710,3 već smo dodali zbirne sume učestanosti entalpije leti, a biće dodate još neke informacije.

U desnoj koloni su date sve informacije koje se tiču stepen-dana. Dodaćemo neke cifre kod stepen-dana sa različitim grejnim limitima, kako je to predloženo u VDI 4710.2 [7].

U liniji na dnu uradili smo isto u cilju identifikacije gram-sat/godina za ovlaživanje i odvlaživanje – takođe sa različitim ograničenjima. Te vrednosti su sada integrisane u tabelu u cilju izvođenja praktičnog posla sa tabelama (slika 4).

5. Posledice klimatskih promena

Budući da t, x korelacije u Nemačkoj postoje od 1951. do 1970, od 1961. do 1990. i sada od 1991. do 2005, moguće je detaljno uporediti šta se desilo u poslednjoj dekadi u pogledu "klimatskih promena", što se vrlo često razmatra u štampi.

Za Nemačku smo uporedili t, x korelacije od 1961. do 1990. sa onima od 1991. do 2005. [8]. U tabeli 2 su prikazani rezultati za 15 stanica u Nemačkoj i tu se mogu videti temperature i sadržaj vode.

Prikazane su aktuelne projektne temperature leti i zimi i onda je pažnja usredsređena na broj časova godišnje sa višim ili (zimi) nižim temperaturama.

Za Bremerhaven, na primer, u periodu 1961–1990. bilo je 10 sati sa temperaturom preko 29°C, a u periodu 1991–2005, 27 časova/godišnje.

U zimskom periodu je u prošlosti bilo 7 sati sa temperaturom ispod –12°C, sada 2 sata.

Kada se poredi vlažnost, u prošlosti je bio 151 sat sa vlažnošću ispod x = 2 g/kg suvog vazduha, a sada imamo 109 sati. Preko 12 g/kg suvog vazduha je bilo 140 sati godišnje, sada 206 sati.

Prema ovome možemo zaključiti da u Nemačkoj postoji blagi porast temperature, a takođe i vlažnosti.

Predložili smo određene promene u projektnim parametrima za Nemačku, koje još nisu razmatrane, niti su donete odgovarajuće odluke u okviru tela za standardizaciju.

U tabeli 1 je dat prvi predlog temperatura sa različitim rizikom i smatramo da ćemo ubrzo imati razjašnjenje u cilju unificiranog proračuna u budućnosti.

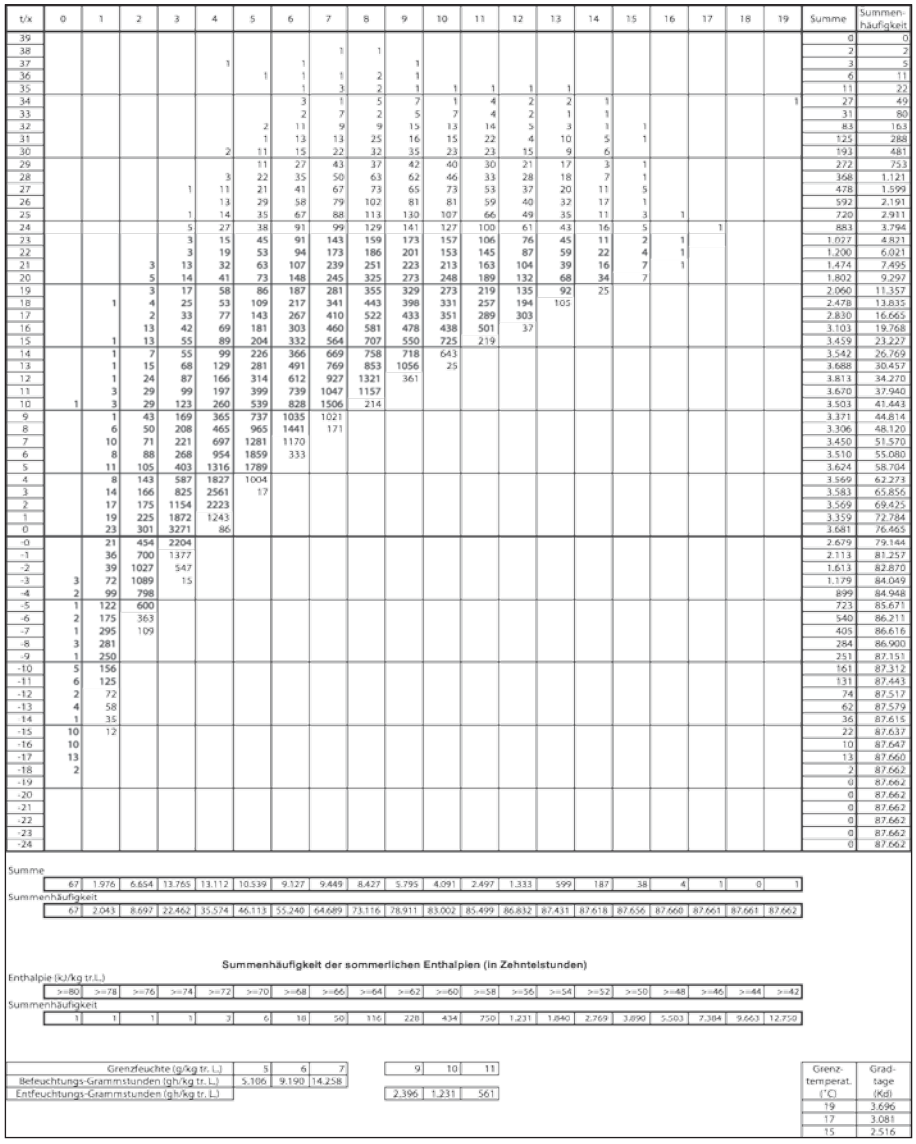
6. Energetski proračuni sa referentnom test-godinom (RTG) ili sa t, x korelacijama

U poglavlju 4 je opisano da sa konstantnom zapreminom spoljašnjeg vazduha imamo odličnu aproksimaciju energetskog ponašanja instalacija KGH preko t, x korelacija.

Referentna test-godina (RTG) je, pored svega, najbolja mogućnost da se dobiju dobri rezultati za sve vrste instalacija. Ali t, x korelacije mogu pomoći u identifikaciji kvaliteta RTG-a.

Glavni zadatak RTG-a je energetska analiza zgrade. Ponekad se detaljni rezultati koriste da bi se pratilo ponašanje zgrade u ekstremnim vremenskim uslovima. Ako se porede RTG sa t, x korelacijom, onda se može doneti ocena kvaliteta RTG u posebnim tačkama.

Na slici 5 je primer za Nemačku (Manhajm) kao t, x korelacija (1961–1990) i odgovarajući grafikon (slika 6) sa RTG. U ovom slučaju odstupanja su minimalna.



t/x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Summe	Summenhäufigkeit
39																					0	0
38								1	1												2	2
37					1		1			1											3	5
36						1	1	1	2	1											6	11
35							1	3	2	1	1	1	1	1							11	22
34							3	1	5	7	1	4	2	2	1					1	27	49
33							2	7	2	5	7	4	2	1	1						31	80
32						2	11	9	9	15	13	14	5	3	1	1					83	163
31						1	13	13	25	16	15	22	4	10	5	1					125	288
30					2	11	15	22	32	35	23	23	15	9	6						193	481
29						11	27	43	37	42	40	30	21	17	3	1					272	753
28					3	22	35	50	63	62	46	33	28	18	7	1					368	1.121
27				1	11	21	41	67	73	65	73	53	37	20	11	5					478	1.599
26					13	29	58	79	102	81	81	59	40	32	17	1					592	2.191
25				1	14	35	67	88	113	130	107	66	49	35	11	3	1				720	2.911
24				5	27	38	91	99	129	141	127	100	61	43	16	5		1			883	3.794
23				3	15	45	91	143	159	173	157	106	76	45	11	2	1				1.027	4.821
22				3	19	53	94	173	186	201	153	145	87	59	22	4	1				1.200	6.021
21			3	13	32	63	107	239	251	223	213	163	104	39	16	7	1				1.474	7.495
20			5	14	41	73	148	245	325	273	248	189	132	68	34	7					1.802	9.297
19			3	17	58	86	187	281	355	329	273	219	135	92	25						2.060	11.357
18		1	4	25	53	109	217	341	443	398	331	257	194	105							2.478	13.835
17			2	33	77	143	267	410	522	433	351	289	303								2.830	16.665
16			13	42	69	181	303	460	581	478	438	501	37								3.103	19.768
15		1	13	55	89	204	332	564	707	550	725	219									3.459	23.227
14		1	7	55	99	226	366	669	758	718	643										3.542	26.769
13		1	15	68	129	281	491	769	853	1056	25										3.688	30.457
12		1	24	87	166	314	612	927	1321	361											3.813	34.270
11		3	29	99	197	399	739	1047	1157												3.670	37.940
10	1	3	29	123	260	539	828	1506	214												3.503	41.443
9		1	43	169	365	737	1035	1021													3.371	44.814
8		6	50	208	465	965	1441	171													3.306	48.120
7		10	71	221	697	1281	1170														3.450	51.570
6		8	88	268	954	1859	333														3.510	55.080
5		11	105	403	1316	1789															3.624	58.704
4		8	143	587	1827	1004															3.569	62.273
3		14	166	825	2561	17															3.583	65.856
2		17	175	1154	2223																3.569	69.425
1		19	225	1872	1243																3.359	72.784
0		23	301	3271	86																3.681	76.465
-0		21	454	2204																	2.679	79.144
-1		36	700	1377																	2.113	81.257
-2		39	1027	547																	1.613	82.870
-3	3	72	1089	15																	1.179	84.049
-4	2	99	798																		899	84.948
-5	1	122	600																		723	85.671
-6	2	175	363																		540	86.211
-7	1	295	109																		405	86.616
-8	3	281																			284	86.900
-9	1	250																			251	87.151
-10	5	156																			161	87.312
-11	6	125																			131	87.443
-12	2	72																			74	87.517
-13	4	58																			62	87.579
-14	1	35																			36	87.615
-15	10	12																			22	87.637
-16	10																				10	87.647
-17	13																				13	87.660
-18	2																				2	87.662
-19																					0	87.662
-20																					0	87.662
-21																					0	87.662
-22																					0	87.662
-23																					0	87.662
-24																					0	87.662

Summe

67	1.976	6.654	13.765	13.112	10.539	9.327	9.449	8.427	5.795	4.091	2.497	1.333	599	187	38	4	1	0	1

Summenhäufigkeit

67	2.043	8.697	22.462	35.574	46.113	55.240	64.689	73.116	78.911	83.002	85.499	86.832	87.431	87.618	87.656	87.660	87.661	87.661	87.662

Summenhäufigkeit der sommerlichen Enthalpien (in Zehntelstunden)

Enthalpie (kJ/kg tr.L.)

>=80	>=78	>=76	>=74	>=72	>=70	>=68	>=66	>=64	>=62	>=60	>=58	>=56	>=54	>=52	>=50	>=48	>=46	>=44	>=42

Summenhäufigkeit

1	1	1	1	3	6	18	50	116	228	434	750	1.231	1.840	2.769	3.890	5.503	7.384	9.663	12.759

Grenzfeuchte (g/kg tr. L.)	5	6	7	9	10	11
Befeuchtungs-Grammstunden (gh/kg tr. L.)	5.106	9.190	14.258			
Entfeuchtungs-Grammstunden (gh/kg tr. L.)				2.396	1.231	561

Grenz-temperat. (°C)	Grad-tage (Kd)
19	3.696
17	3.081
15	2.516

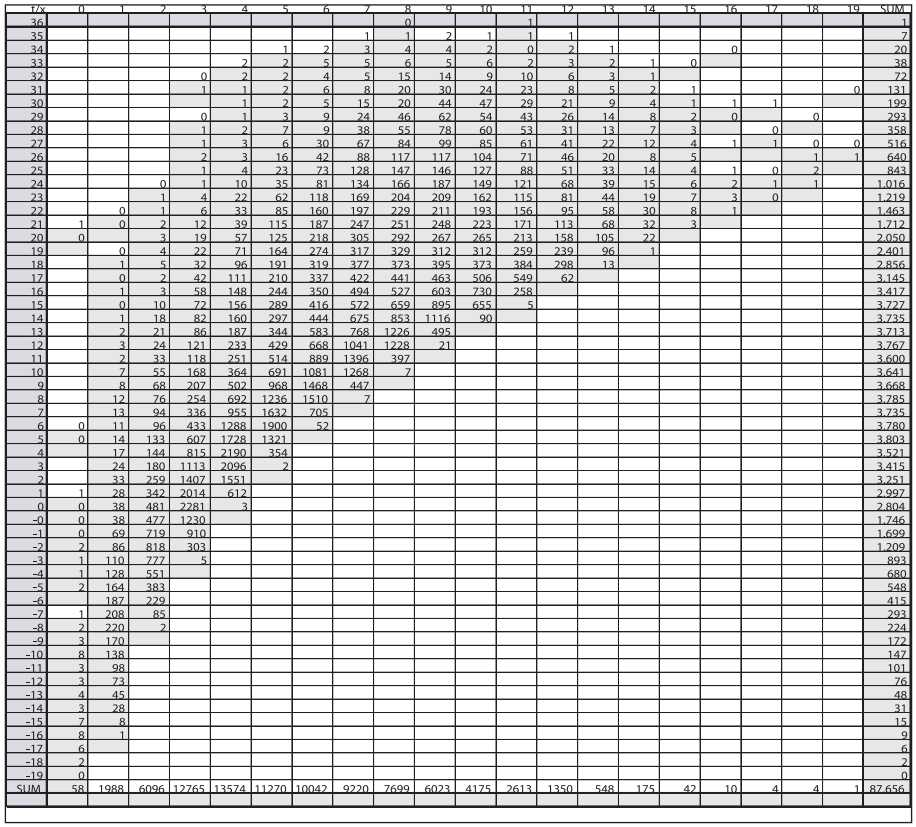
Slika 4. t, x korelacija sa dodatnim informacijama

7. t, x korelacija za Evropu i ceo svet

Budući da projektovanje instalacija nije više ekskluzivni nacionalni zadatak zbog globalnih interakcija, VDI je pripremio meteorološki standard za 20 stanica u neevropskim zemljama (VDI 4710.1 [9]). U tom standardu se, na primer, mogu naći sve neophodne meteorološke informacije – uključujući t, x korelacije – za stanice u različitim klimatskim zonama – od Aljaske do Australije.

Tabela 2. Procena na bazi poređenja t, x korelacija 1961–1990. i 1991–2005, za 15 stanica u Nemačkoj

Prekoračenje temperature leti				Prekoračenje temperature zimi			Granice sadržaja vodene pare			
Stanica	t_L (°C)	Časova preko t_L		t_Z (°C)	Časova ispod t_Z		x < 2 g/kg suvog vazduha		x > 12 g/kg suvog vazduha	
		Staro	Novo		Staro	Novo	Staro	Novo	Staro	Novo
		1961–1990.	1991–2005.		1961–1990.	1991–2005.	1961–1990.	1991–2005.	1961–1990.	1991–2005.
		[h/god.]			[h/god.]		[h/god.]		[h/god.]	
Bremerhaven	29	10	27	–12	7	2	151	109	140	206
Rostock	29	9	13	–12	12	3	175	112	113	161
Hamburg	29	17	36	–12	28	8	229	192	91	132
Potsdam	32	8	14	–14	25	8	320	243	131	210
Essen	32	2	6	–10	23	10	158	137	118	159
Bad Marienb.	29	4	9	–14	11	4	261	221	90	120
Kassel	32	4	7	–12	30	11	251	182	103	171
Braunlage	27	9	15	–16	9	5	425	288	51	58
Chemnitz	29	10	24	–14	29	10	330	252	65	129
Hof	29	7	24	–18	12	2	399	279	67	117
Fichtelberg	24	6	9	–18	15	5	646	473	18	44
Mannheim	33	7	19	–12	19	10	205	181	213	237
(Passau	32	2	–	–14	44	–	344	–	218	–
Mühldorf/Inn	32	3	12	–14 –16 –18	56 31 15	44 24 12	306	271	221	332
Stötten	29	3	13	–16	11	2	320	228	101	191
Garmisch–P.	29	12	30	–18	16	8	395	336	124	153



t/x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	SUM
36									0			1									1
35								1	1	2	1	1	1								7
34						1	2	3	4	4	2	0	2	1			0				20
33					2	2	5	5	6	5	6	2	3	2	1	0					38
32				0	2	2	4	5	15	14	9	10	6	3	1						72
31				1	1	2	6	8	20	30	24	23	8	5	2	1				0	131
30					1	2	5	15	20	44	47	29	21	9	4	1	1	1			199
29				0	1	3	9	24	46	62	54	43	26	14	8	2	0		0		293
28				1	2	7	9	38	55	78	60	53	31	13	7	3		0			358
27				1	3	6	30	67	84	99	85	61	41	22	12	4	1	1	0	0	516
26				2	3	16	42	88	117	117	104	71	46	20	8	5			1	1	640
25				1	4	23	73	128	147	146	127	88	51	33	14	4	1	0	2		843
24			0	1	10	35	81	134	166	187	149	121	68	39	15	6	2	1	1		1.016
23			1	4	22	62	118	169	204	209	162	115	81	44	19	7	3	0			1.219
22		0	1	6	33	85	160	197	229	211	193	156	95	58	30	8	1				1.463
21	1	0	2	12	39	115	187	247	251	248	223	171	113	68	32	3					1.712
20	0		3	19	57	125	218	305	292	267	265	213	158	105	22						2.050
19		0	4	22	71	164	274	317	329	312	312	259	239	96	1						2.401
18		1	5	32	96	191	319	377	373	395	373	384	298	13							2.856
17		0	2	42	111	210	337	422	441	463	506	549	62								3.145
16		1	3	58	148	244	350	494	527	603	730	258									3.417
15		0	10	72	156	289	416	572	659	895	655	5									3.727
14		1	18	82	160	297	444	675	853	1116	90										3.735
13		2	21	86	187	344	583	768	1226	495											3.713
12		3	24	121	233	429	668	1041	1228	21											3.767
11		2	33	118	251	514	889	1396	397												3.600
10		7	55	168	364	691	1081	1268	7												3.641
9		8	68	207	502	968	1468	447													3.668
8		12	76	254	692	1236	1510	7													3.785
7		13	94	336	955	1632	705														3.735
6	0	11	96	433	1288	1900	52														3.780
5	0	14	133	607	1728	1321															3.803
4		17	144	815	2190	354															3.521
3		24	180	1113	2096	2															3.415
2		33	259	1407	1551																3.251
1	1	28	342	2014	612																2.997
0	0	38	481	2281	3																2.804
-0	0	38	477	1230																	1.746
-1	0	69	719	910																	1.699
-2	2	86	818	303																	1.209
-3	1	110	777	5																	893
-4	1	128	551																		680
-5	2	164	383																		548
-6		187	229																		415
-7	1	208	85																		293
-8	2	220	2																		224
-9	3	170																			172
-10	8	138																			147
-11	3	98																			101
-12	3	73																			76
-13	4	45																			48
-14	3	28																			31
-15	7	8																			15
-16	8	1																			9
-17	6																				6
-18	2																				2
-19	0																				0
SUM	58	1988	6096	12765	13574	11270	10042	9220	7699	6023	4175	2613	1350	548	175	42	10	4	4	1	87.656

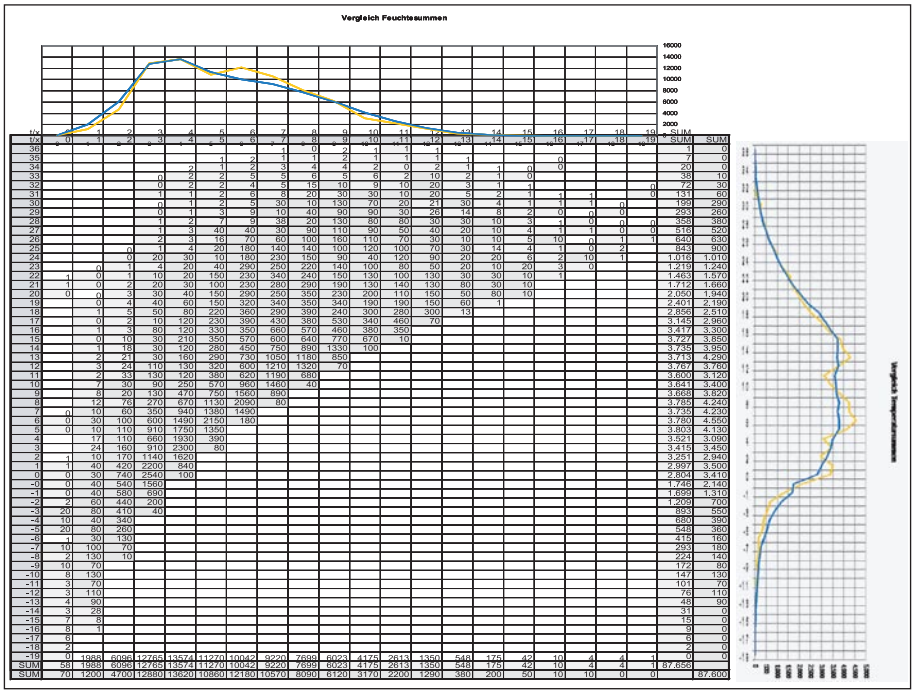
Slika 5. Primer t, x korelacije za Mannheim

Zamisao nije bila da se ovim standardom pokriju svi različiti klimatski uslovi širom sveta, nego da se pokažu različiti rezultati kao primeri i da se prikaže informacija da je Nemački mereorološki servis u Hamburgu (Deutscher Wetterdienst DWD) u stanju da dostavi približno iste podatke za više od 5000 stanica širom sveta. Sigurno da nije moguće da se to uvek garantuje za period od 15 godina, ali naši primeri prikazuju srednje vrednosti za 10 godina.

U maju 2009, svi nemački napori za preciznu definiciju graničnih meteoroloških uslova su prikazani na Generalnoj skupštini REHVA-e u Amsterdamu [10], na kojoj je odlučeno da se t, x korelacije koriste kao pouzdana baza u cilju identifikacije meteorološke situacije za oko 100 do 120 stanica širom svih evropskih zemalja. Ovaj rad je ponovo prihvaćen od strane VDI i DWD i počeće na kraju 2009. godine. Nekoliko evropskih delegata će učestvovati u ovom poslu.

Literatura

[1] *** DIN 4710. *Meteorologische Daten zur Berechnung des Energieverbrauches von heiz- und raumlufttechnischen Anlagen.* Berlin. November 1982 (Entwurf Mai 1979).



Slika 6. Poređenje t, x korelacija za Mannheim sa RTG

[2] *** DIN 4710. *Statistics on German meteorological data for calculating the energy requirement for heating and air conditioning equipment.* Berlin. Jan. 2003.

[3] *** VDI 4710,3. *Meteorological data for the building-services. t, x-correlations from 1991 to 2005 for 15 climatic zones in Germany,* Draft, Düsseldorf. (August 2009.)

[4] *** *ASHRAE-Handbook of Fundamentals* (2009), Chapter 14 (Climatic Design Information).

[5] *** DIN 4701. *Rules for calculation the heat requirements of buildings.* (March 1983)

[6] **Esdorn, H. u. G. Wentzlaff,** *Zum Einfluss der Gebäudespeicherfähigkeit auf die Norm-Außentemperatur*, HLH 32 (1981) Nr. 10, S. 394–401.

[7] *** VDI 4710.2. *Meteorological data for the building-services, Degree-days.* (May 2007).

[8] **Masuch, J. u. K. Hollenbach,** *Klimawandel (Climatic Change),* HLH 59 (2008) Nr. 10, S. 47–53.

[9] *** VDI 4710,1. *Meteorological data for building services purposes, Non-European Climatic Data,* Düsseldorf, Dec. 2008.

[10] **Masuch, J.,** *Presentation of European Meteorological Data for Load- and Energetical Calculations according to VDI 4710,1 and 3.* REHVA General Assembly 14–16.09.09 Amsterdam, Workshop for task force 27.