

**Závěrečná zpráva smluvního výzkumu**  
***Kvantifikace úspor energie při vytápění otopným tělesem Tomton R1 oproti stávajícím otopným tělesům***

Specifikace projektu: MPO ČR Operační program PIK  
CZ.01.1.02/0.0/0.0/17\_115/0011101

Objednatel: TOMTON s.r.o.  
Velké Albrechtice 276, 742 91 Velké Albrechtice

IČO objednatele: 28614836

Zástupce objednatele: Bc. Rudolf Kalíšek  
kalisek@tomton-radiators.com  
Tel.: +420 596 142 108

Zhotovitel: Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta stavební (dále jen FAST VUT)  
*je součástí veřejné vysoké školy, která vznikla ze zákona (zákon č. 111/1998 Sb.) a nezapisuje se do obchodního rejstříku.*  
Veveří 331 / 95, 602 00 Brno  
Centrum AdMaS, EGAR

IČO zhotovitele: 00216305  
DIČ zhotovitele: CZ00216305

Zástupce zhotovitele: doc. Ing. Ondřej Šíkula, Ph.D., Centrum AdMaS, EGAR  
Tel.: +420 541 147 923  
[sikula.o@vutbr.cz](mailto:sikula.o@vutbr.cz)

V Brně dne 28. 2. 2018



doc. Ing. Ondřej Šíkula, Ph.D.

## Obsah

1.	Úvod .....	3
2.	Specifikace porovnávaných otopných těles .....	4
	Otopné těleso Tomton R1 – přirozená konvekce .....	4
	Otopné těleso Tomton R1 – nucená konvekce .....	4
	Otopné těleso deskové s jednou deskou .....	5
	Otopné těleso deskové s dvěma deskami .....	6
	Porovnání zvolených otopných těles .....	6
3.	CFD simulace výkonu a dynamiky otopných těles .....	8
	A. Stacionární CFD simulace OT .....	8
	TOMTON PK – stacionární simulace .....	8
	TOMTON NK – stacionární simulace .....	10
	DESK 10 – stacionární simulace .....	12
	DESK 20 – stacionární simulace .....	14
	B. Nestacionární CFD simulace OT .....	16
	TOMTON PK versus DESK 10 .....	16
	TOMTON NK versus DESK 20 .....	20
4.	Kvantifikace a porovnání spotřeb tepla otopných těles .....	24
	A. Zjednodušené modely OT .....	24
	B. Porovnání dynamiky otopných těles .....	27
	C. Vliv kvantitativní regulace otopných těles .....	30
5.	Závěr .....	34
6.	Použitá literatura .....	35

## 1. Úvod

Tento smluvní výzkum se obecně zabývá porovnáním tepelných výkonových vlastností otopných těles (konvektorů) nové konstrukce firmy Tomton s.r.o. typ R1 s vybranými stávajícími otopnými tělesy obdobného výkonu určenými pro teplovodní systémy vytápění. Pro srovnání byla vybrána desková otopná tělesa pracující na přirozené konvekci jakožto nejvíce rozšířený typ otopného tělesa v ČR.

Porovnání vychází z počítačových simulací tepelně-technických parametrů otopných těles (dále OT) metodou CFD a multizonální nestacionární simulace.

Vstupními podklady byly informace o výkonech a funkci otopných těles, či jejich částí (regulačních ventilů, ventilátorů) deklarovaných jejich výrobcí, nebo stanovené certifikovanými laboratorními postupy. Tepelný výkon OT v ustáleném stavu byl uvažován dle ČSN EN 442-2 [5].

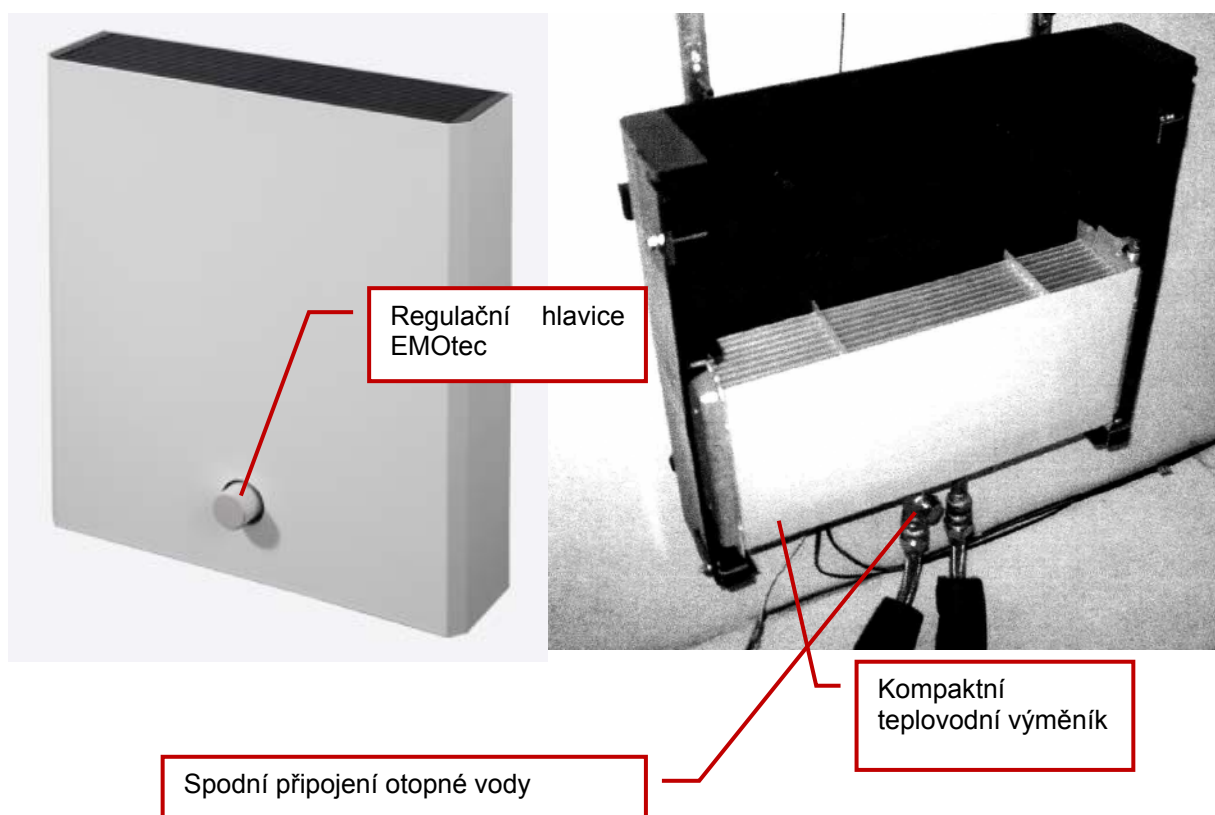
## 2. Specifikace porovnávaných otopných těles

Porovnáváno je otopné těleso Tomton R1 – konvektor využívající k vytápění přirozenou konvekci, nebo nucenou konvekci a srovnatelně výkonná desková otopná tělesa.

### Otopné těleso Tomton R1 – přirozená konvekce

Otopné těleso Tomton R1 – konvektor využívající k vytápění přirozenou konvekci (bez ventilátorů/s osazenými ventilátory mimo provoz). Vnější rozměry (výška / délka / hloubka) = 570/502/135 mm. Tepelný výkon za normativních podmínek 75/65/20 °C,  $q_m = 0,010821787 \text{ kg/s}$ ,  $\Phi = 453 \text{ W}$ .

Označení: **TOMTON PK.**

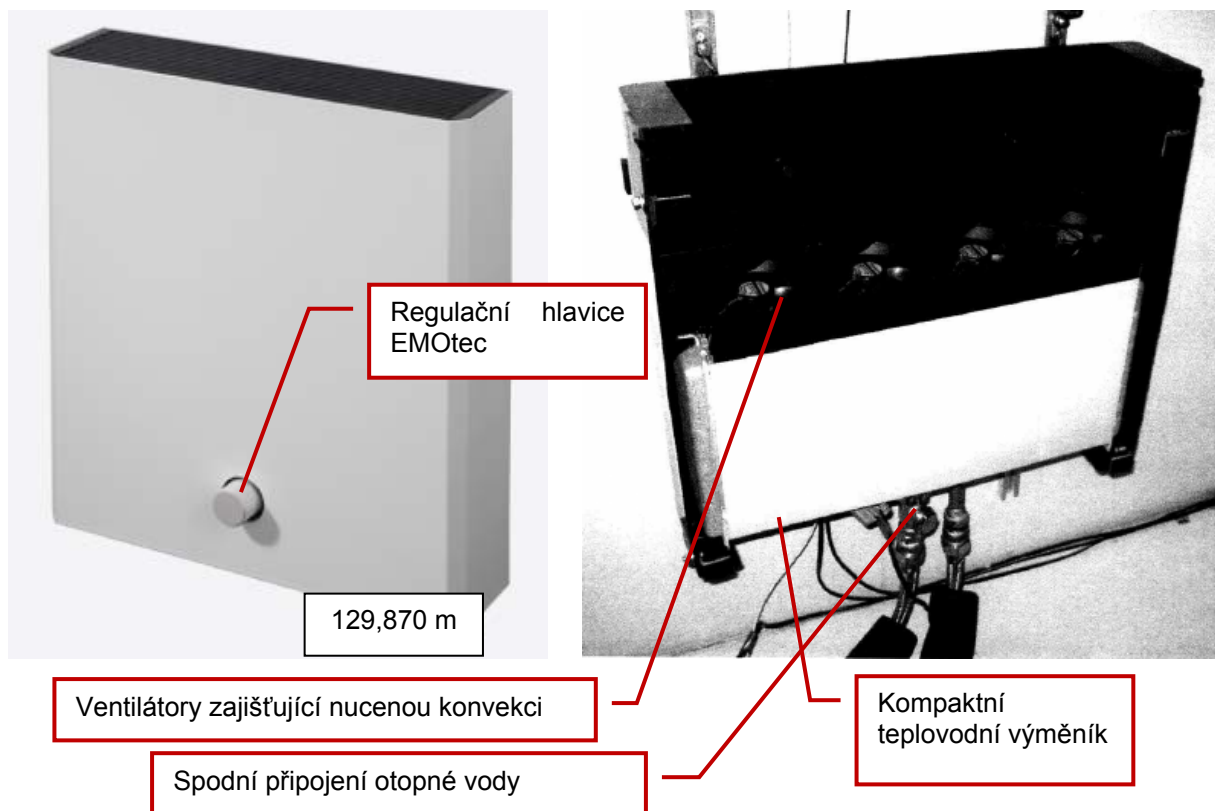


Obr 1 Otopné těleso Tomton R1 – konvektor s přirozenou konvekcí [1], [3]

### Otopné těleso Tomton R1 – nucená konvekce

Otopné těleso Tomton R1 – konvektor využívající k vytápění - nucenou konvekci (s činnými ventilátory). Vnější rozměry (výška / délka / hloubka) = 570/502/135 mm. Tepelný výkon za normativních podmínek 75/65/20 °C,  $q_m = 0,029049212 \text{ kg/s}$ ,  $\Phi = 1216 \text{ W}$ .

Označení: **TOMTON NK.**



Obr 2 Otopné těleso Tomton R1 – konvektor s nucenou konvekcí [1], [4]

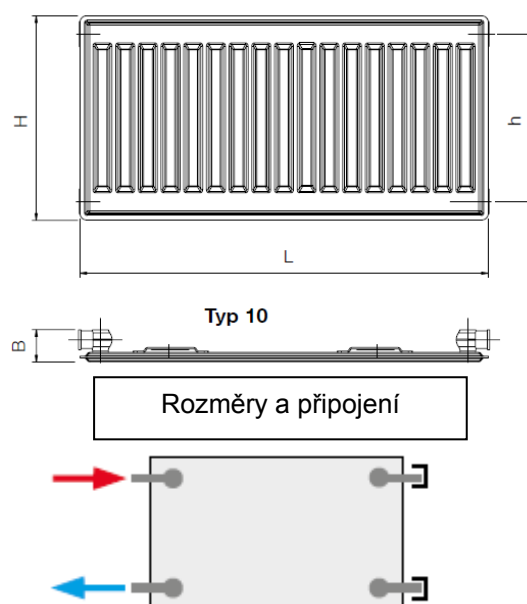
### Otopné těleso deskové s jednou deskou

Otopné těleso RADIK 10 1000/500 – deskové OT s připojením bočním jednostranným shora dolů, využívající k vytápění přirozenou konvekci. Vnější rozměry (výška / délka / hloubka) = 500/1000/47 mm. Tepelný výkon za normativních podmínek 75/65/20 °C ,  $q_m = 0,012279 \text{ kg/s}$ ,  $\Phi = 514 \text{ W}$ . Označení: **DESK 10**.



Ilustrační foto

Regulační termostatická hlavice



Typ 10

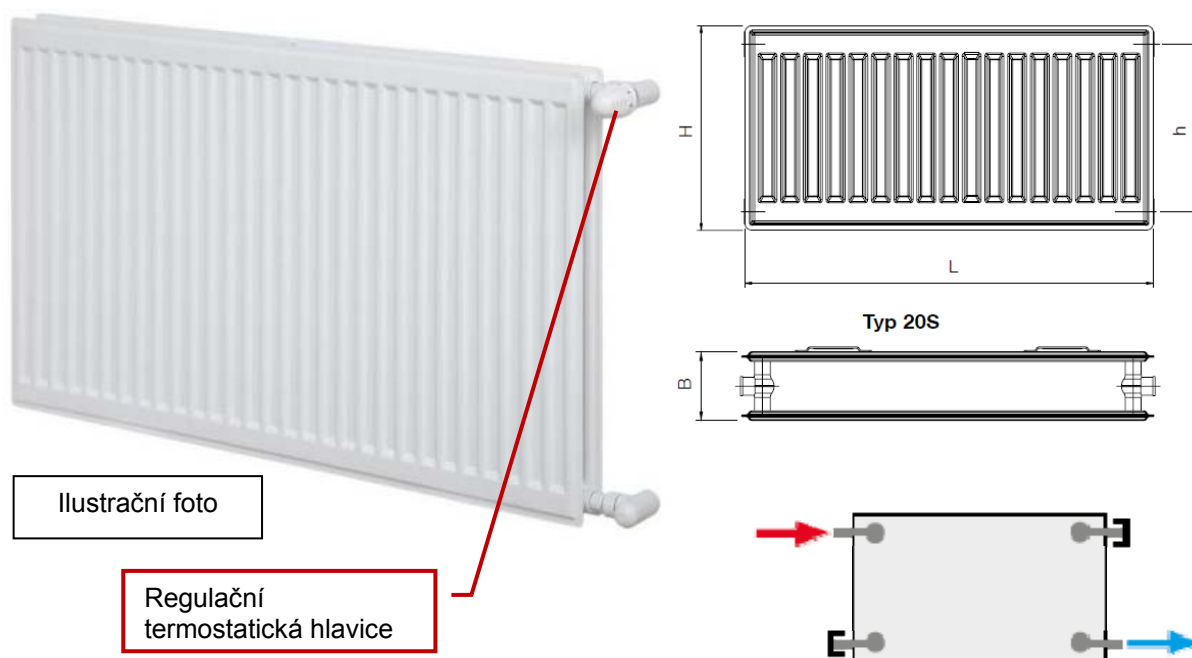
Rozměry a připojení

Obr 3 Deskové otopné těleso – RADIK 10 100/500, [2]

## Otopné těleso deskové s dvěma deskami

Otopné těleso RADIK CLEAN 20 800/900 – deskové OT s připojením bočním oboustranným shora dolů, využívající k vytápění přirozenou konvekci. Vnější rozměry (výška / délka / hloubka) = 900/800/100 mm. Tepelný výkon za normativních podmínek 75/65/20 °C ,  $q_m = 0,02795 \text{ kg/s}$ ,  $\Phi = 1170 \text{ W}$ .

Označení: **DESK 20**.



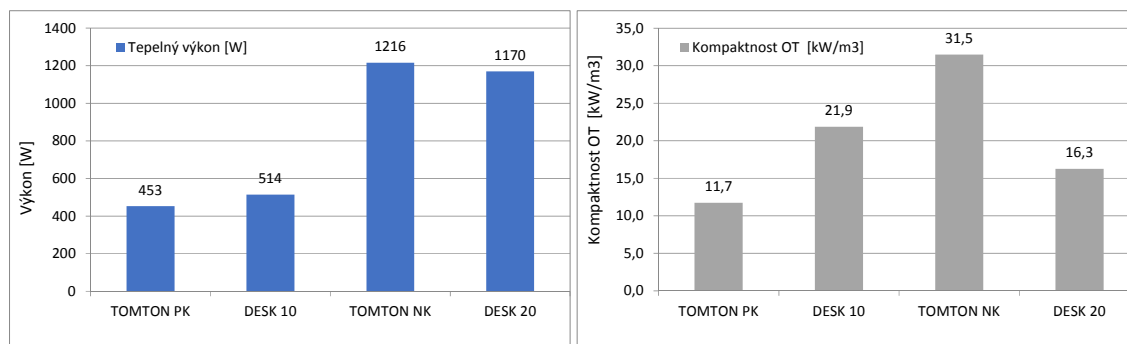
Obr 4 Deskové otopné těleso – RADIK CLEAN 20 800/900, [2]

## Porovnání zvolených otopných těles

Porovnání OT z hlediska jejich kompaktnosti – tepelného výkonu na objem obestaveného prostoru OT v místnosti udává Tab 1 a Obr 5. Odsud je patrné, že výkony dále porovnávaných dvojic TOMTON PK – DESK 10 a TOMTON NK – DESK 20 jsou srovnatelné a největší kompaktnost vykazuje TOMTON NK.

Tab 1. Ekvivalentní tepelně-technické vlastnosti zjednodušených modelů OT

	Tepelný výkon [W]	Obestavěný objem [m <sup>3</sup> ]	Kompaktnost OT
	[W]	[m <sup>3</sup> ]	[kW/m <sup>3</sup> ]
TOMTON PK	453	0,0386289	11,7
DESK 10	514	0,0235	21,9
TOMTON NK	1216	0,0386289	31,5
DESK 20	1170	0,072	16,3



Obr 5 Porovnání výkonových charakteristik řešených OT

### 3. CFD simulace výkonu a dynamiky otopných těles

Tato část sestává z následujících částí:

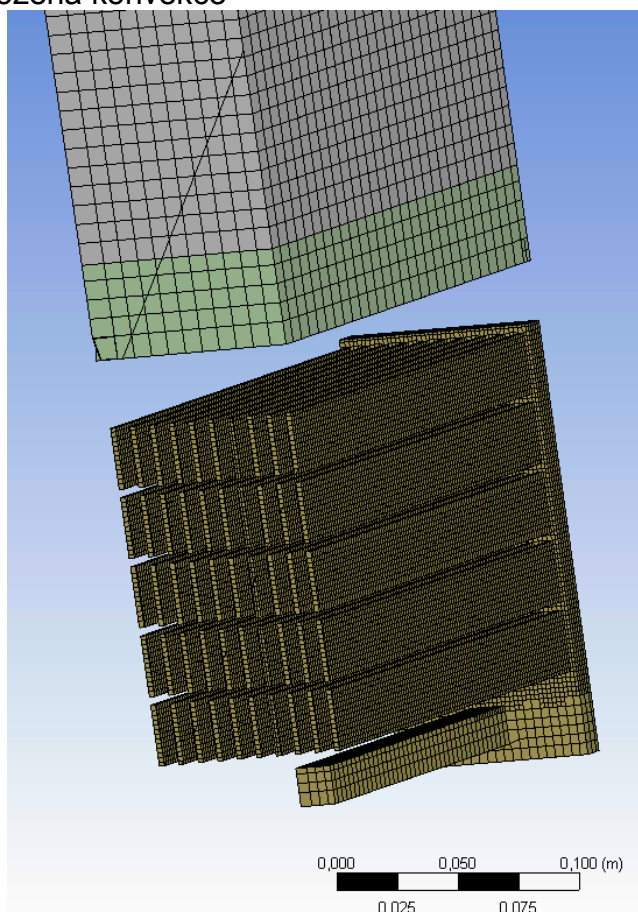
- Výsledků stacionárních CFD simulací a přenosu tepla OT Tomton R1 pracujících na přirozené a nucené konvekci srovnatelných 2 deskových OT pracujících na přirozené konvekci
- Výsledků nestacionárních CFD simulací a přenosu tepla OT Tomton R1 pracujících na přirozené a nucené konvekci srovnatelných 2 deskových OT pracujících na přirozené konvekci

#### A. Stacionární CFD simulace OT

CFD simulace výkonu otopných těles byly prováděny pro standardní teplotní podmínky 75/65/20 °C v testovací klimakomoře s chlazenými stěnami, která byla z důvodu snížení výpočetních nároků uvažována o rozměrech pouze (výška / délka / hloubka) 2,4 / 2 / 2 m a geometrické modely OT byly maximálně zjednodušeny.

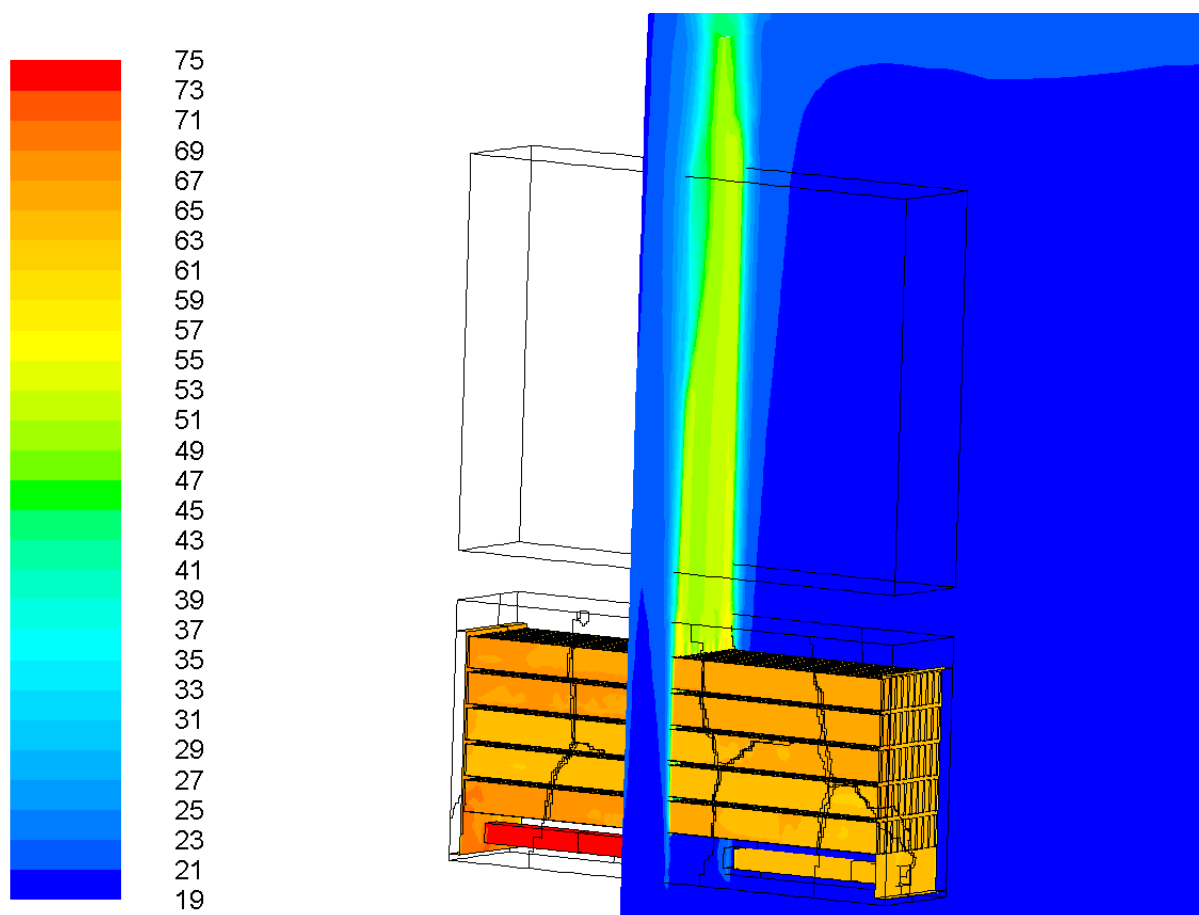
#### TOMTON PK – stacionární simulace

TOMTON PK – přirozená konvekce

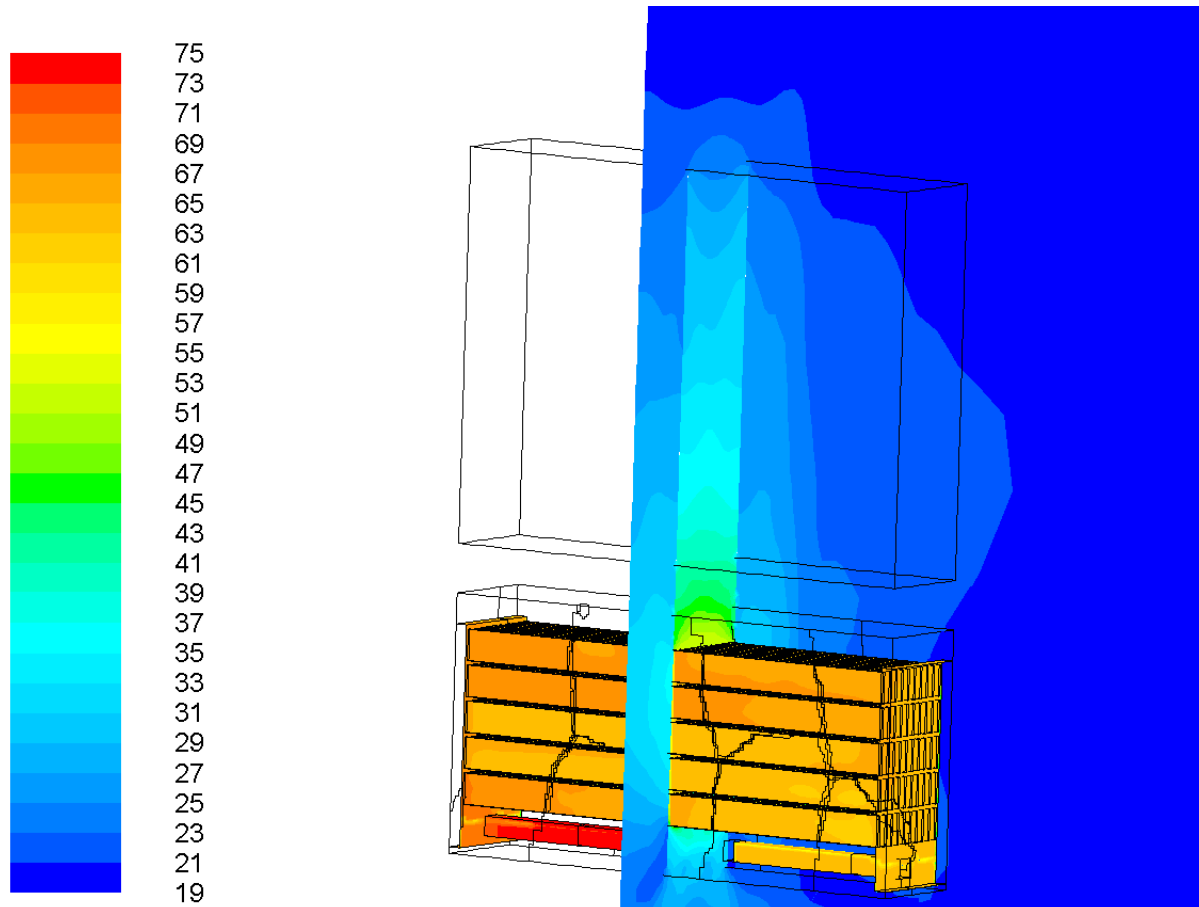


Obr 6 TOMTON PK – ukázka výpočetní sítě CFD modelu

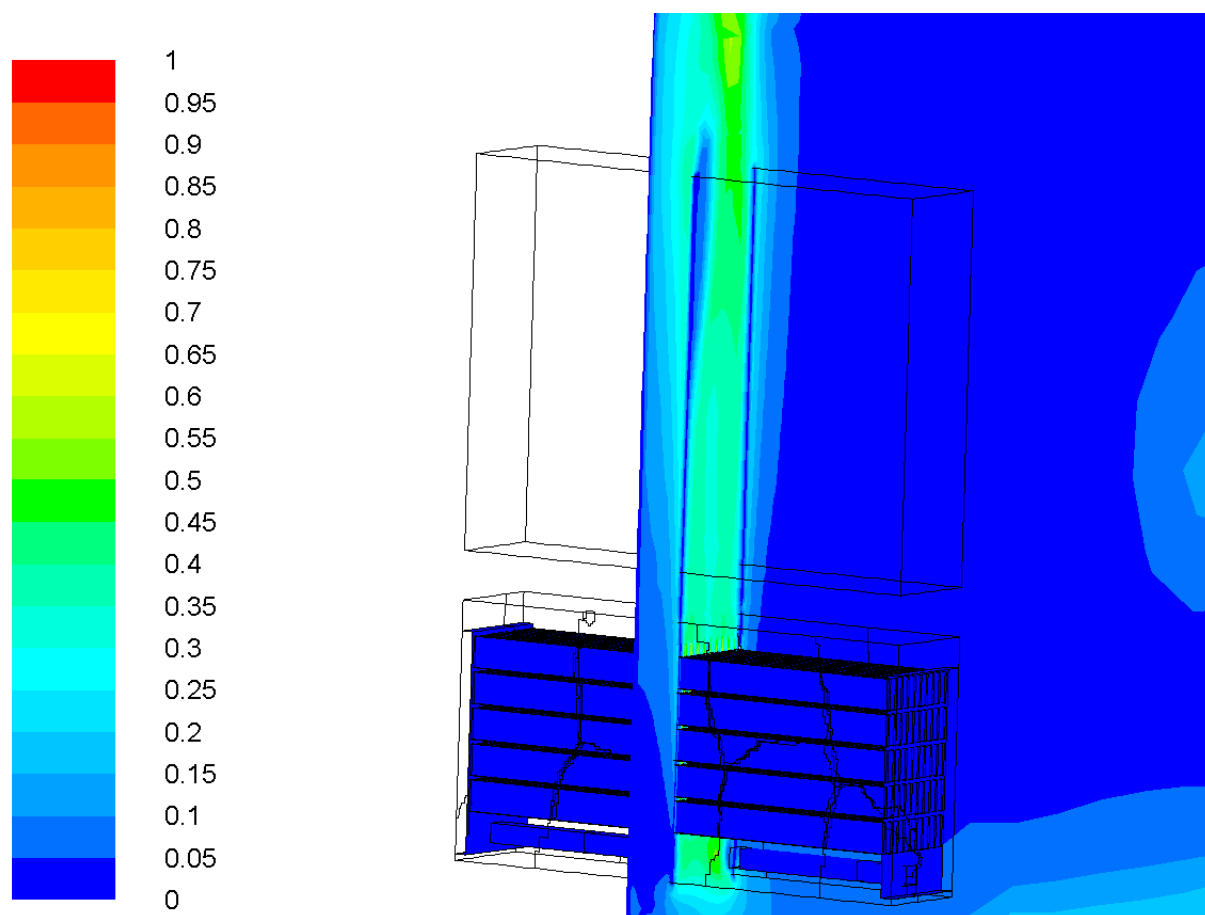




Obr 7 TOMTON PK – teploty [°C]



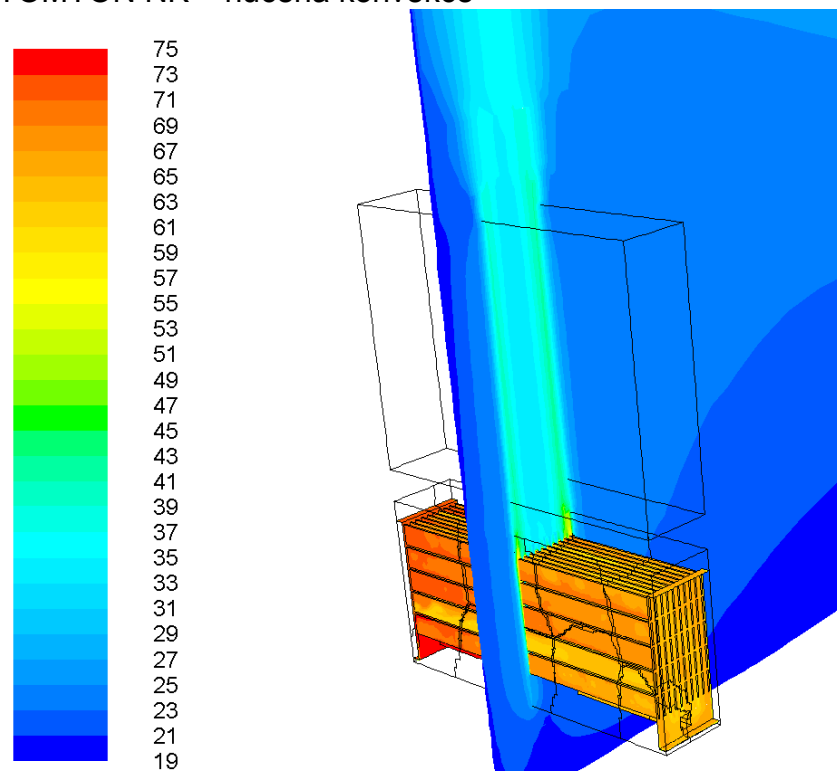
Obr 8 TOMTON PK – střední radiační teploty [°C]



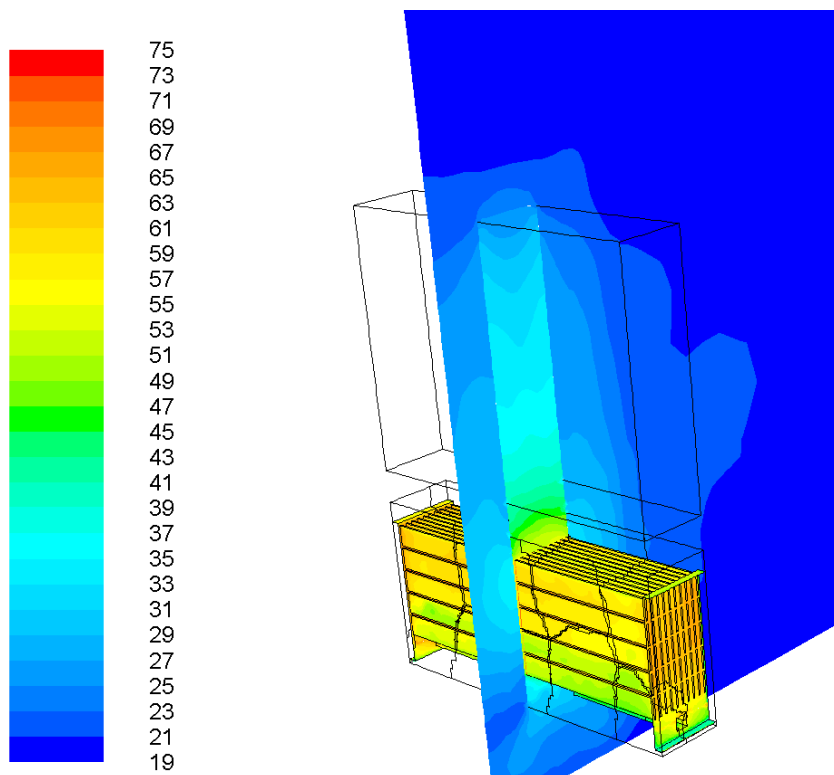
Obr 9 TOMTON PK – rychlosti [m/s]

**TOMTON NK – stacionární simulace**

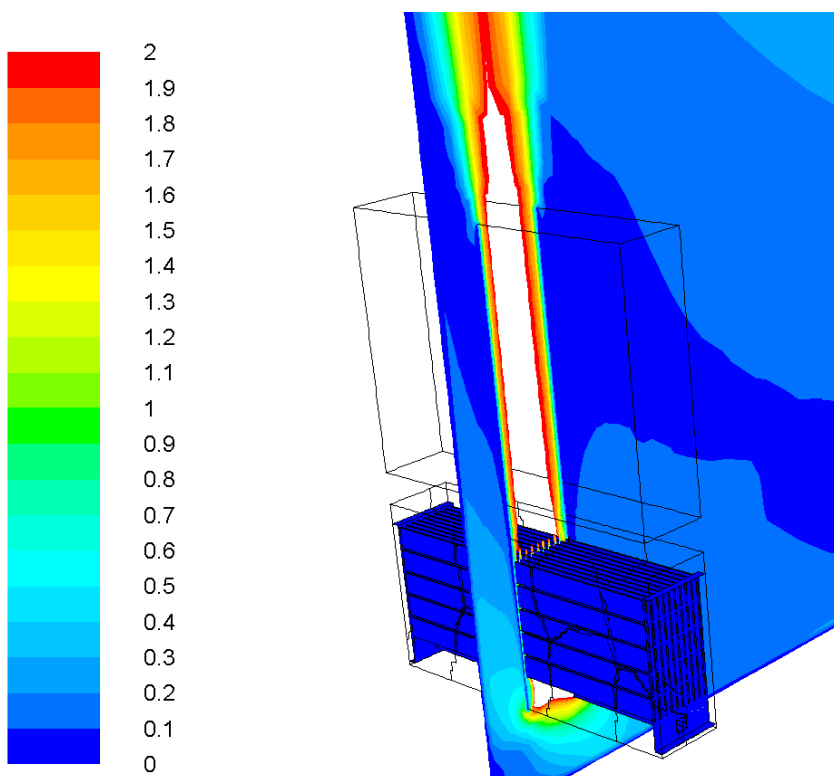
TOMTON NK – nucená konvekce



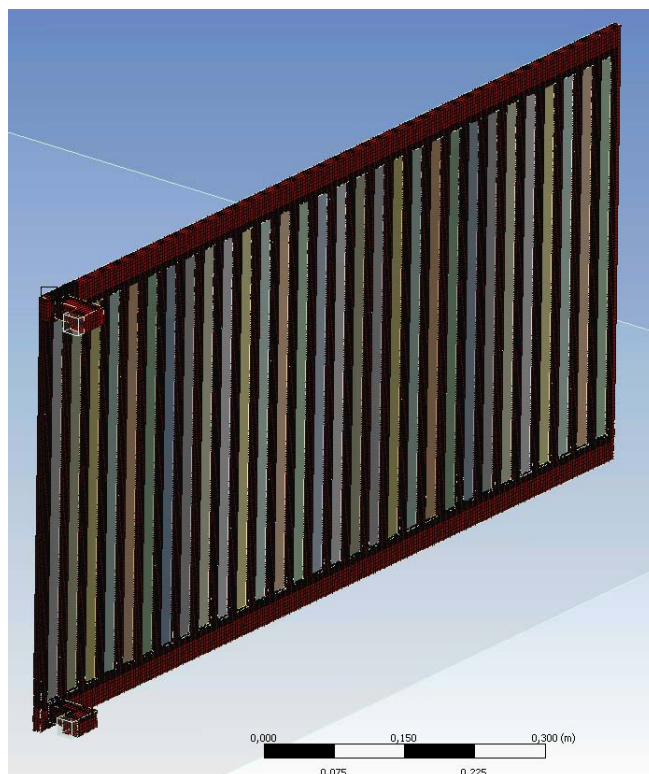
Obr 10 TOMTON NK – teploty [°C]



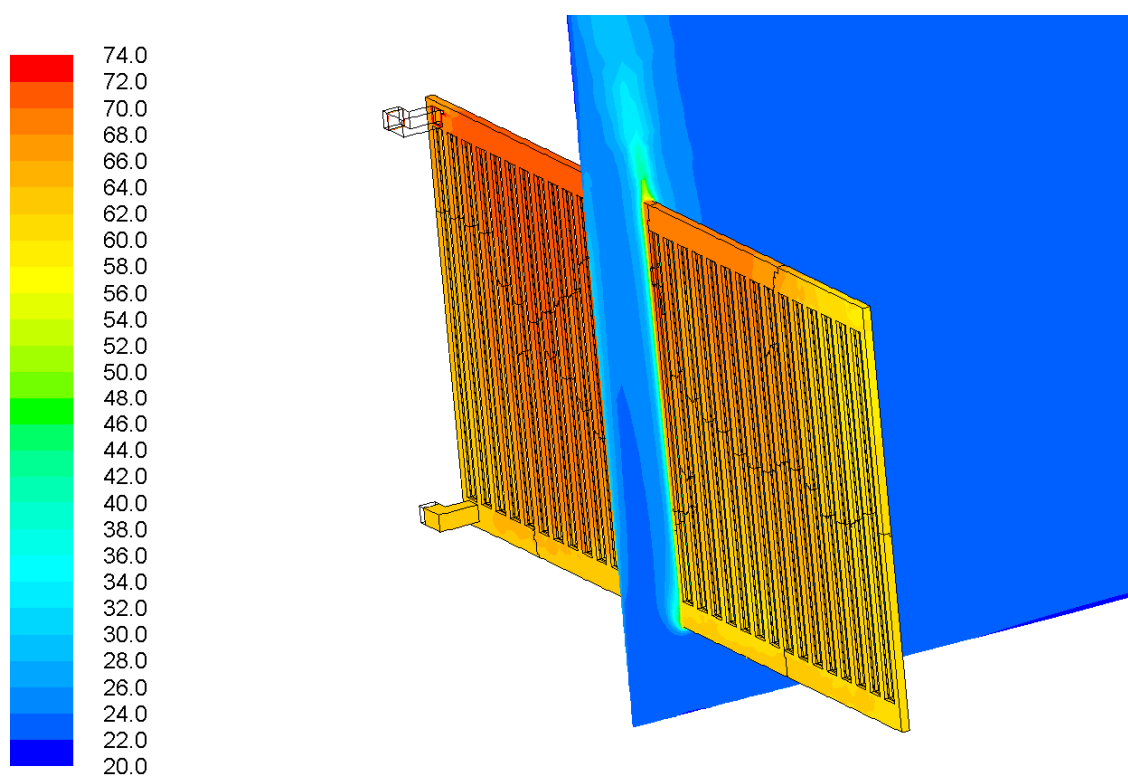
Obr 11 TOMTON NK – střední radiační teploty [°C]



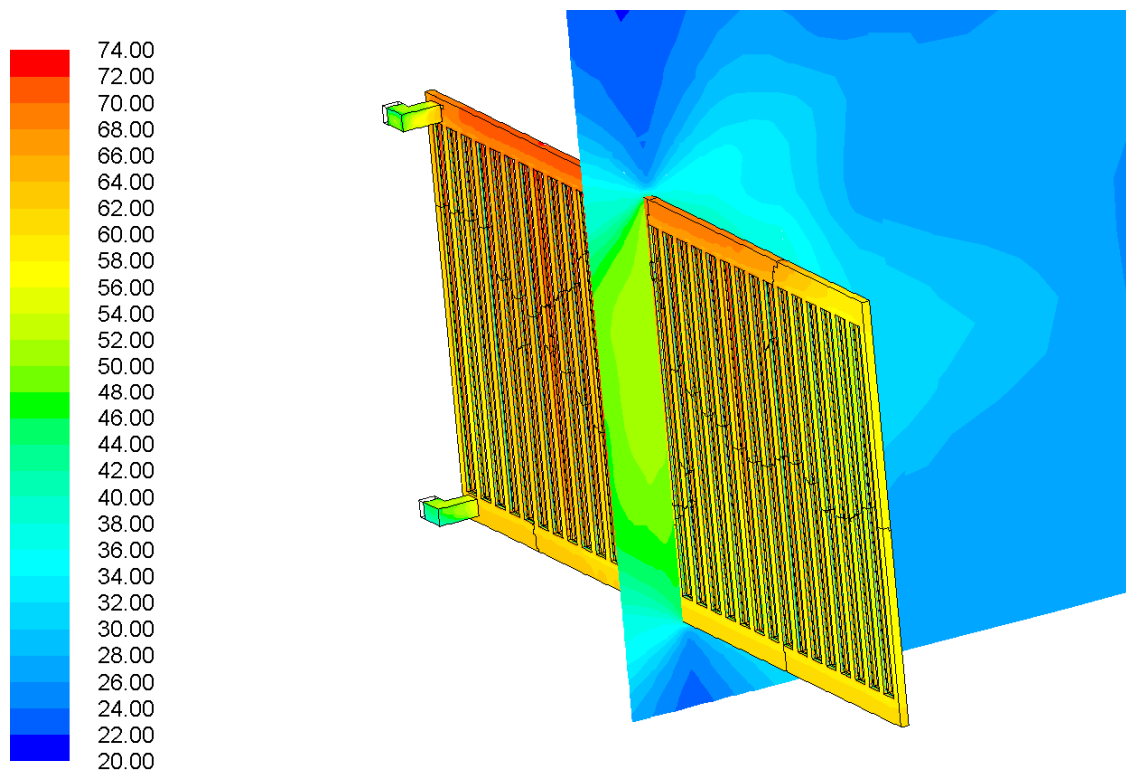
Obr 12 TOMTON NK – rychlosti [m/s]

**DESK 10 – stacionární simulace**

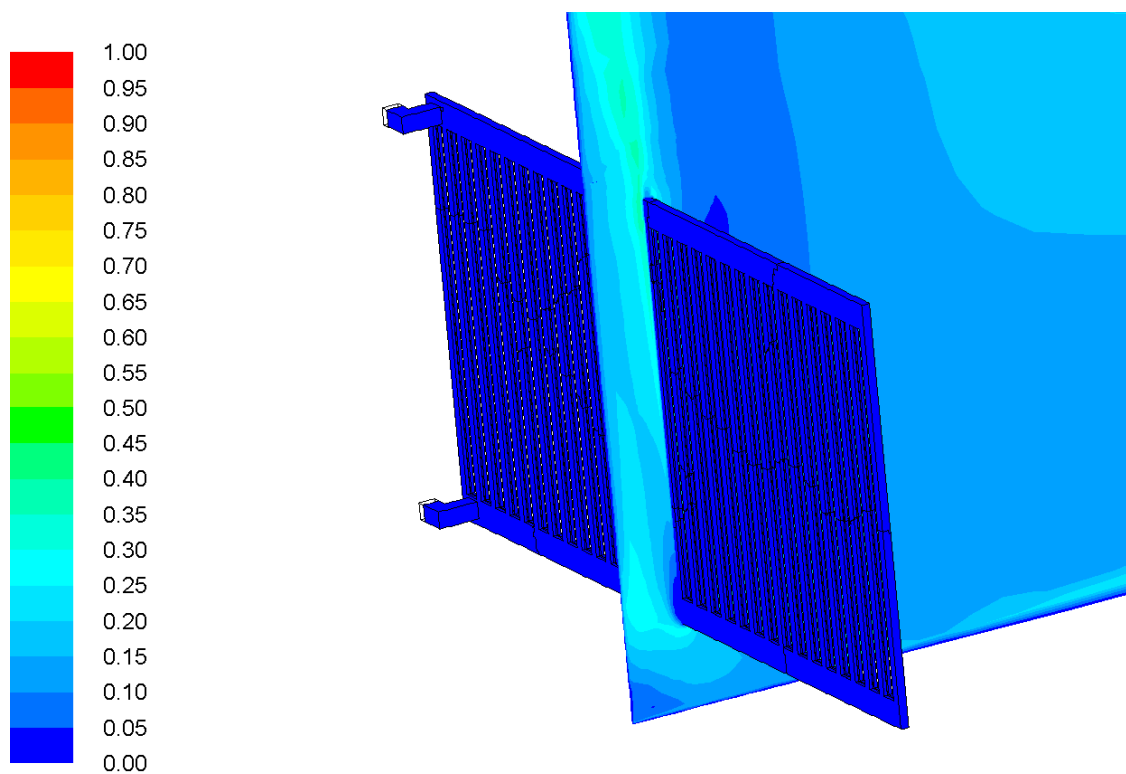
Obr 13 DESK 10 – ukázka výpočetní sítě CFD modelu



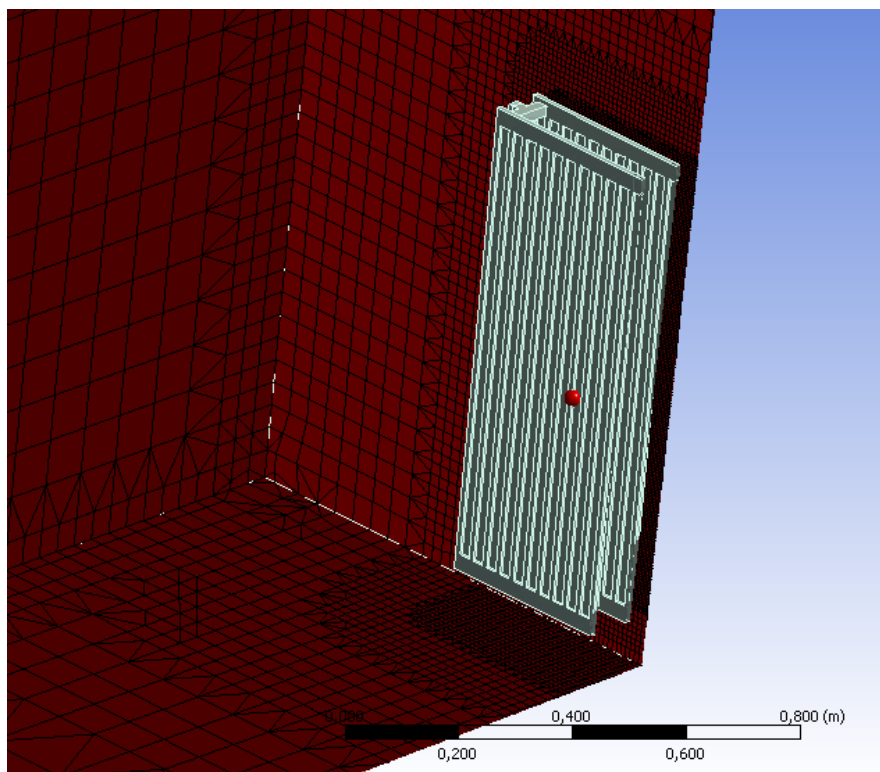
Obr 14 DESK 10 – teploty [°C]



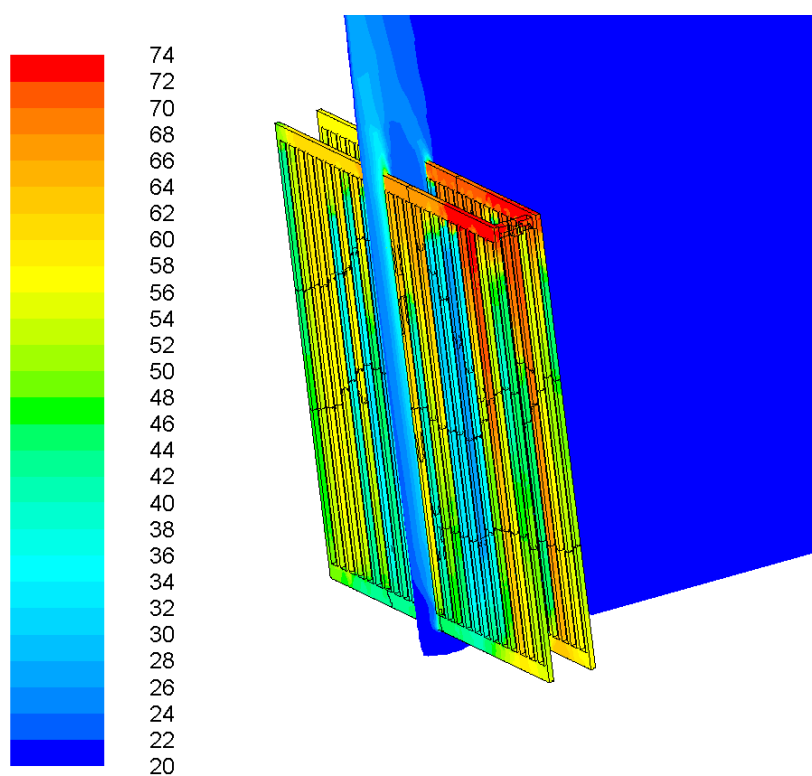
Obr 15 DESK 10 – střední radiační teploty [°C]



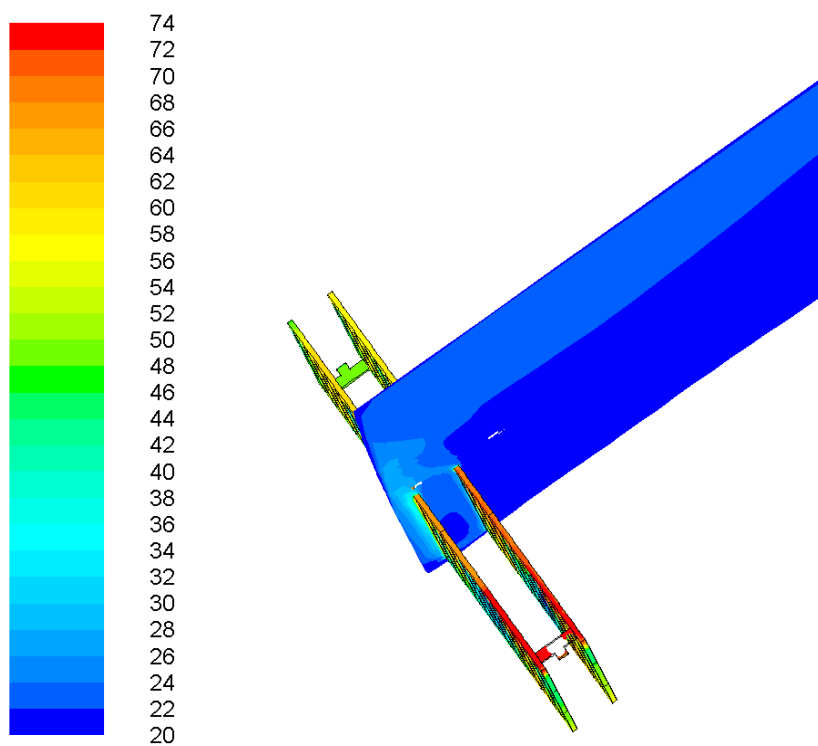
Obr 16 DESK 10 – rychlosti [m/s]

**DESK 20 – stacionární simulace**

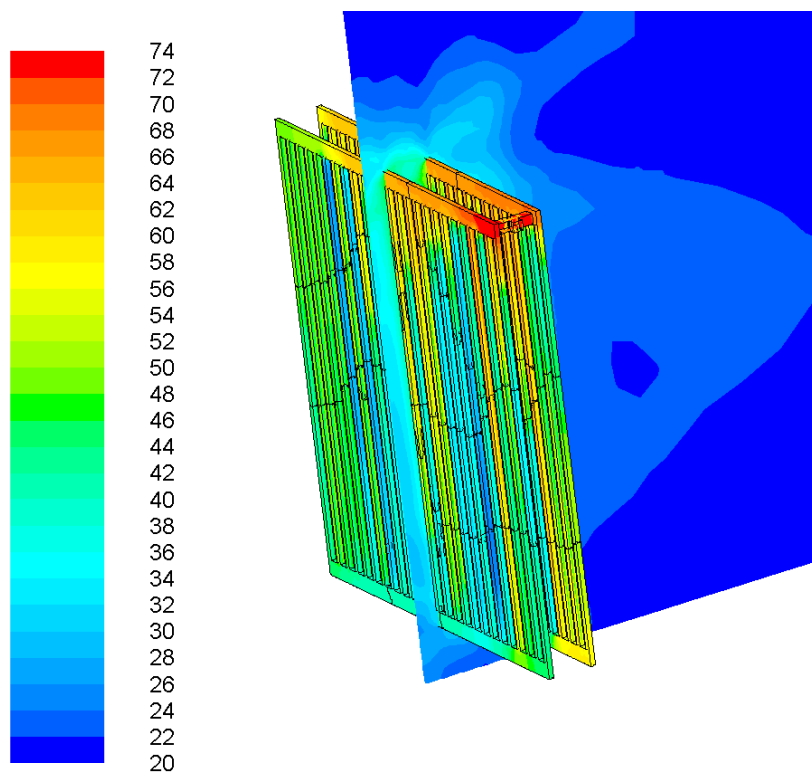
Obr 17 DESK 20 – ukázka výpočetní sítě CFD modelu



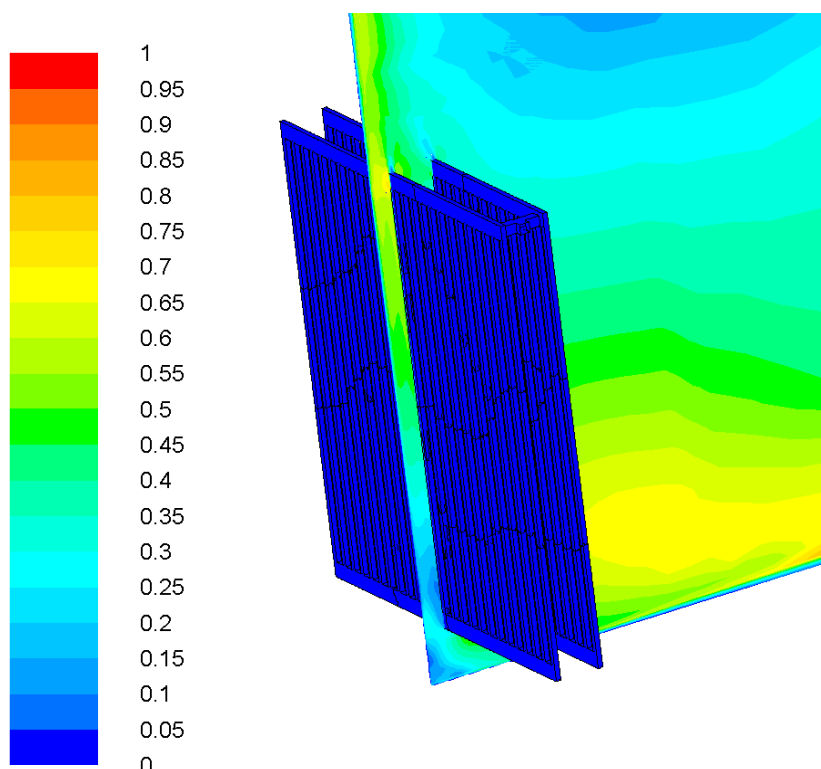
Obr 18 DESK 10 – teploty [°C]



Obr 19 DESK 10 – teploty [°C]



Obr 20 DESK 10 – střední radiální teploty [°C]



Obr 21 DESK 10 – rychlosti [m/s]

## B. Nestacionární CFD simulace OT

Obálka testovací klimakomory byla uvažována z materiálů se zanedbatelnou tepelnou kapacitou, aby tato neovlivňovala sledované nestacionární chování OT, kterými byly jejich skokový náhřev a chladnutí.

Náhřev OT začínal z teploty OT a otopné vody vněm obsažené o teplotě 20 °C. Při zahájení náhřevu byla do OT přiváděna otopná voda o nominálním průtoku  $q_m$  – viz kapitola 2 a teplotě 75 °C. V případě simulace varianty TOMTON NK, bylo navíc při startu uvažováno zapnutí ventilátoru na jeho nominální výkon, kterého dosahuje při napětí 12 V – blíže [4], [7].

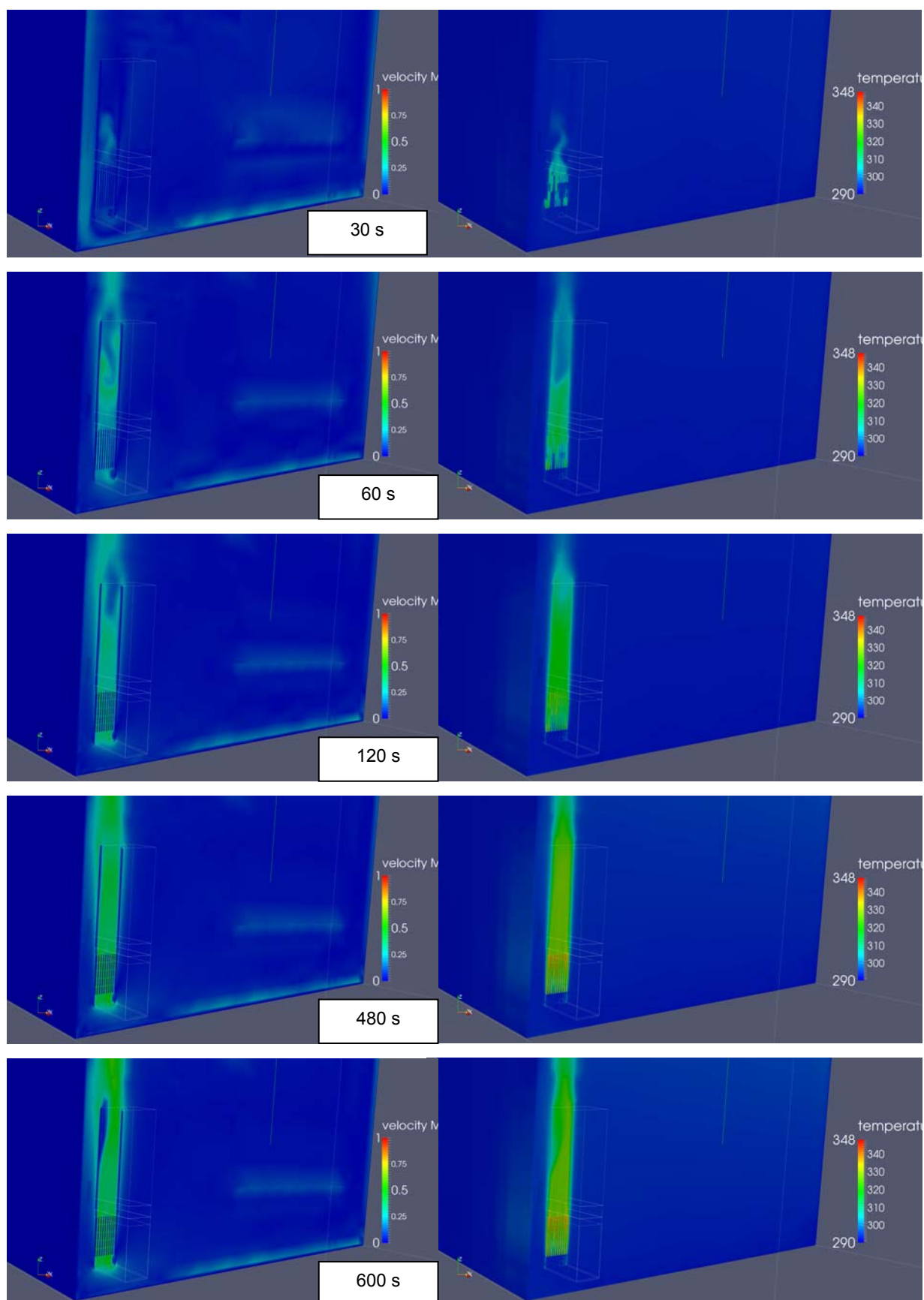
Chladnutí OT začínalo z plně nahřátého a časově ustáleného tepelného stavu OT, kdy při nominálním průtoku  $q_m$  byla teploty výstupní vody 65 °C. Se začátkem chladnutí byl ve všech případech skokově snížen průtok otopné vody na 0 kg/s. V případě simulace varianty TOMTON NK, bylo navíc při startu uvažováno vypnutí ventilátoru, přičemž hybnost vzduchu vzniklá nucenou konvekcí byla pro zjednodušení zanedbána, čímž tento případ chladnutí splynul s případem TOMTON PK.

V průběhu simulace byl sledován tepelný výkon OT předávaný do okolí současně konvekcí i radiací. Posuzován je čas T90%, kdy dojde k 90% změně (nárůstu, či poklesu) tepelného výkonu OT.

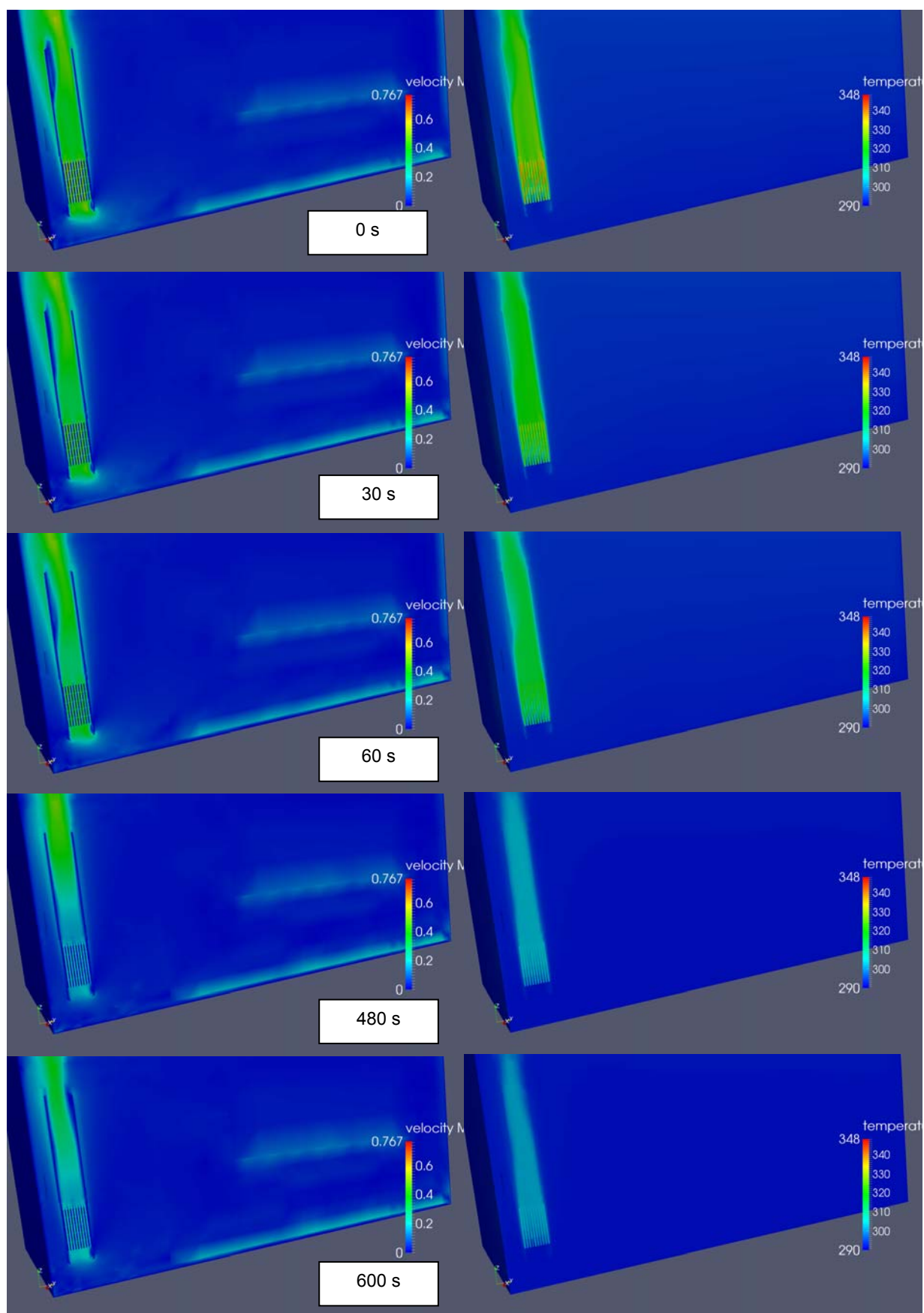
### TOMTON PK versus DESK 10

Na Obr 22 jsou zobrazeny rychlosti a teploty ve vybraných časových bodech.

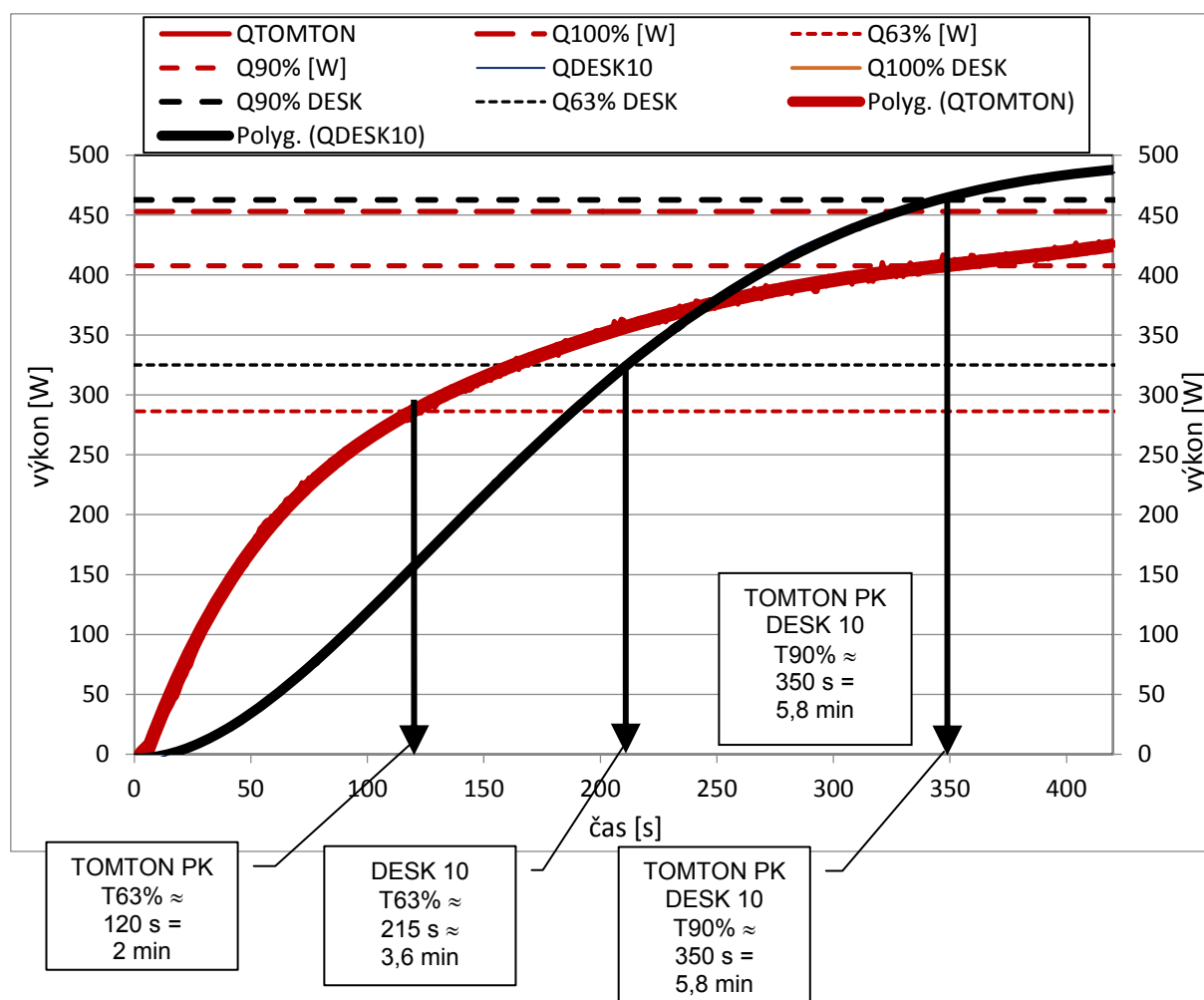




Obr 22 TOMTON PK – náhřev – rychlosti [m/s] a teploty [K]

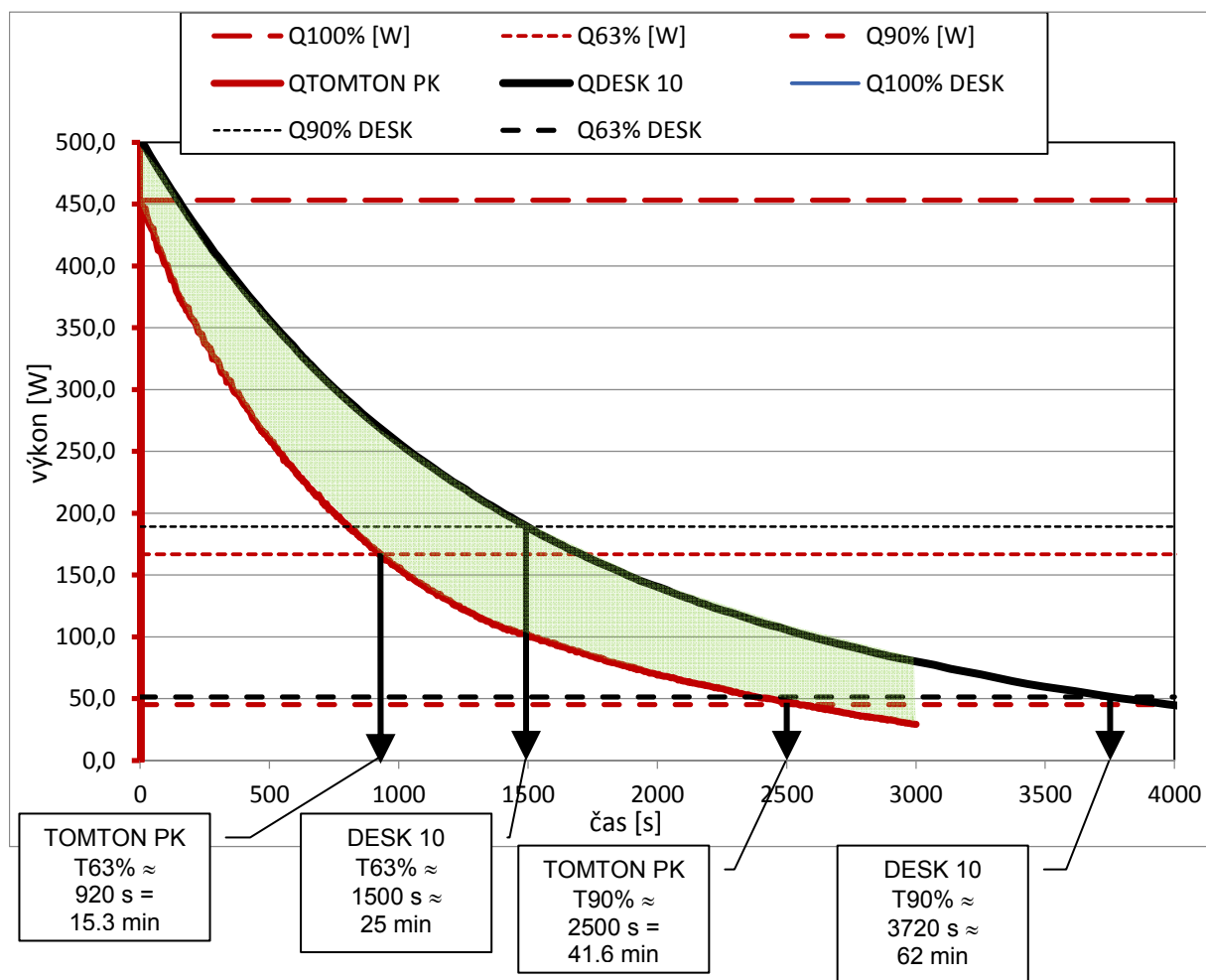


Obr 23 TOMTON PK – chlazení – rychlosti [m/s] a teploty [K]



Obr 24 Srovnání průběhu náhřevu TOMTON PK a DESK 10

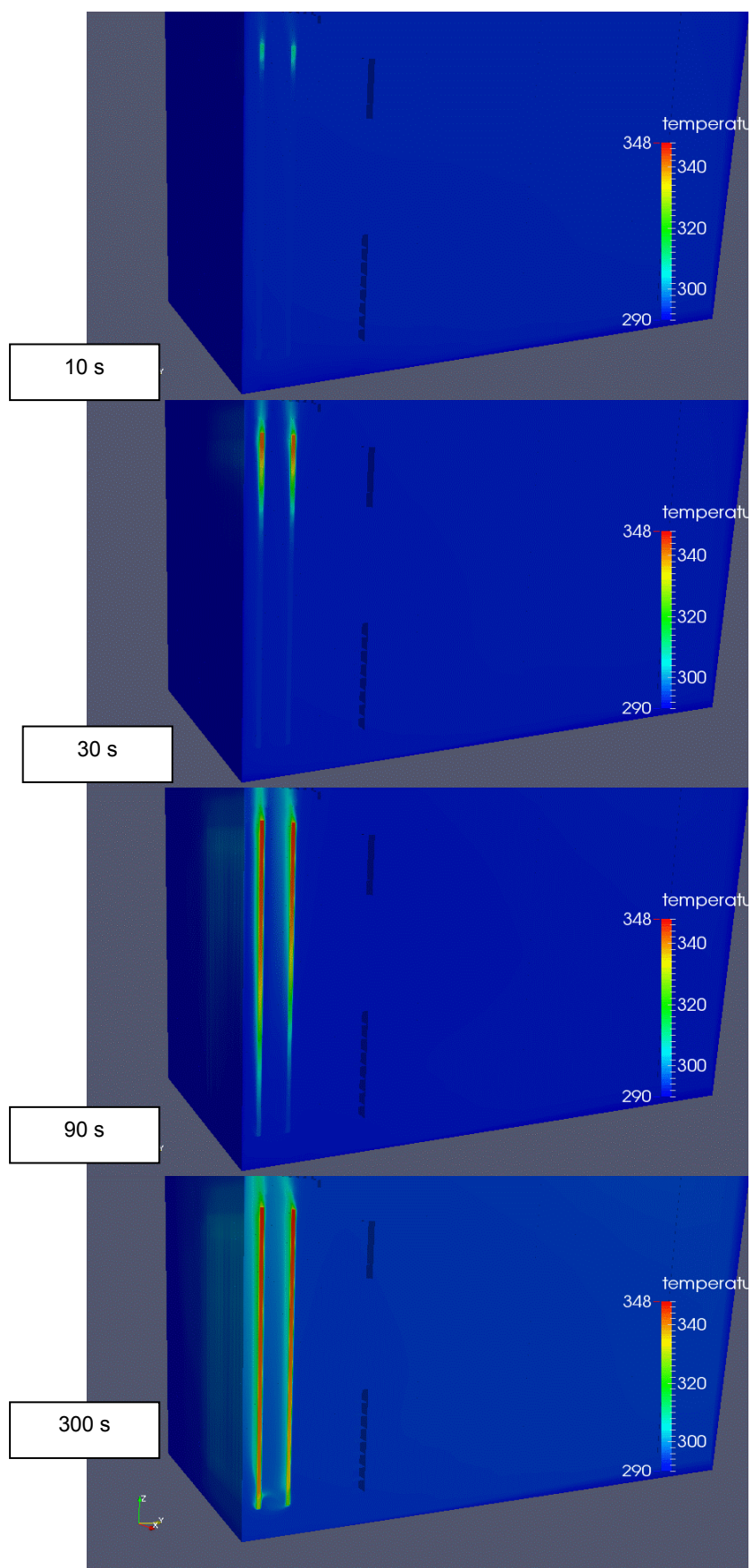
OT TOMTON PK vykazuje výrazně strmější náhřev tepelného výkonu v počátečních fázích, zatímco DESK 10 zejména vykazuje relativně strmější růst výkonu v době po dosažení jeho 63%. OT TOMTON PK tak vykazuje dobu T63% kratší o 44 %, čas T90% vykazují obě OT přibližně stejný.



Obr 25 Srovnání průběhu chladnutí TOMTON PK a DESK 10

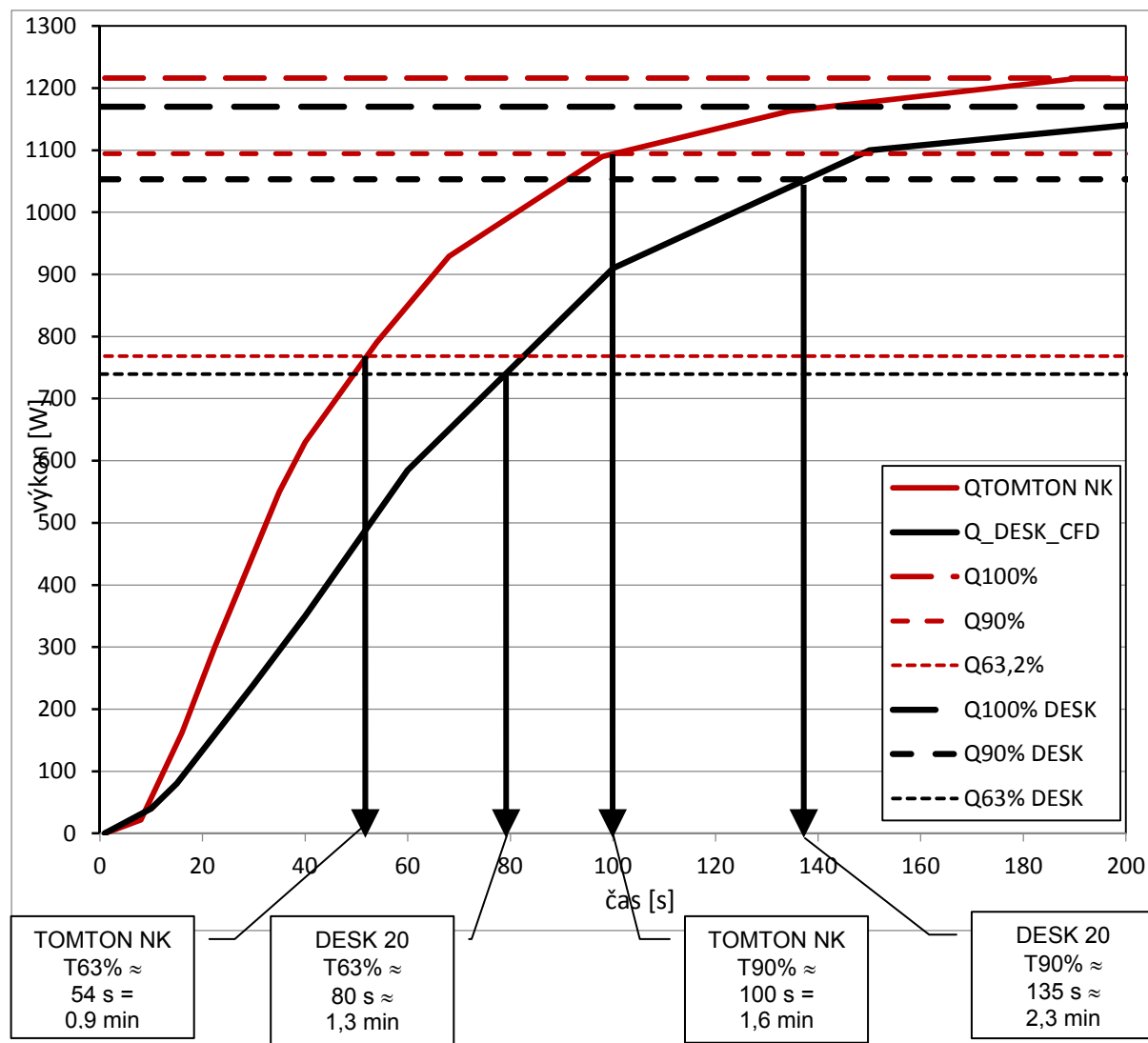
OT TOMTON PK vykazuje strmější chladnutí a také výrazně kratší doby T63% (o 39 %) a T90% (o 33 %) než OT DESK 10. Zelená plocha pak vyjadřuje část množství tepla, které lze používáním OT TOMTON NK ušetřit.

### TOMTON NK versus DESK 20



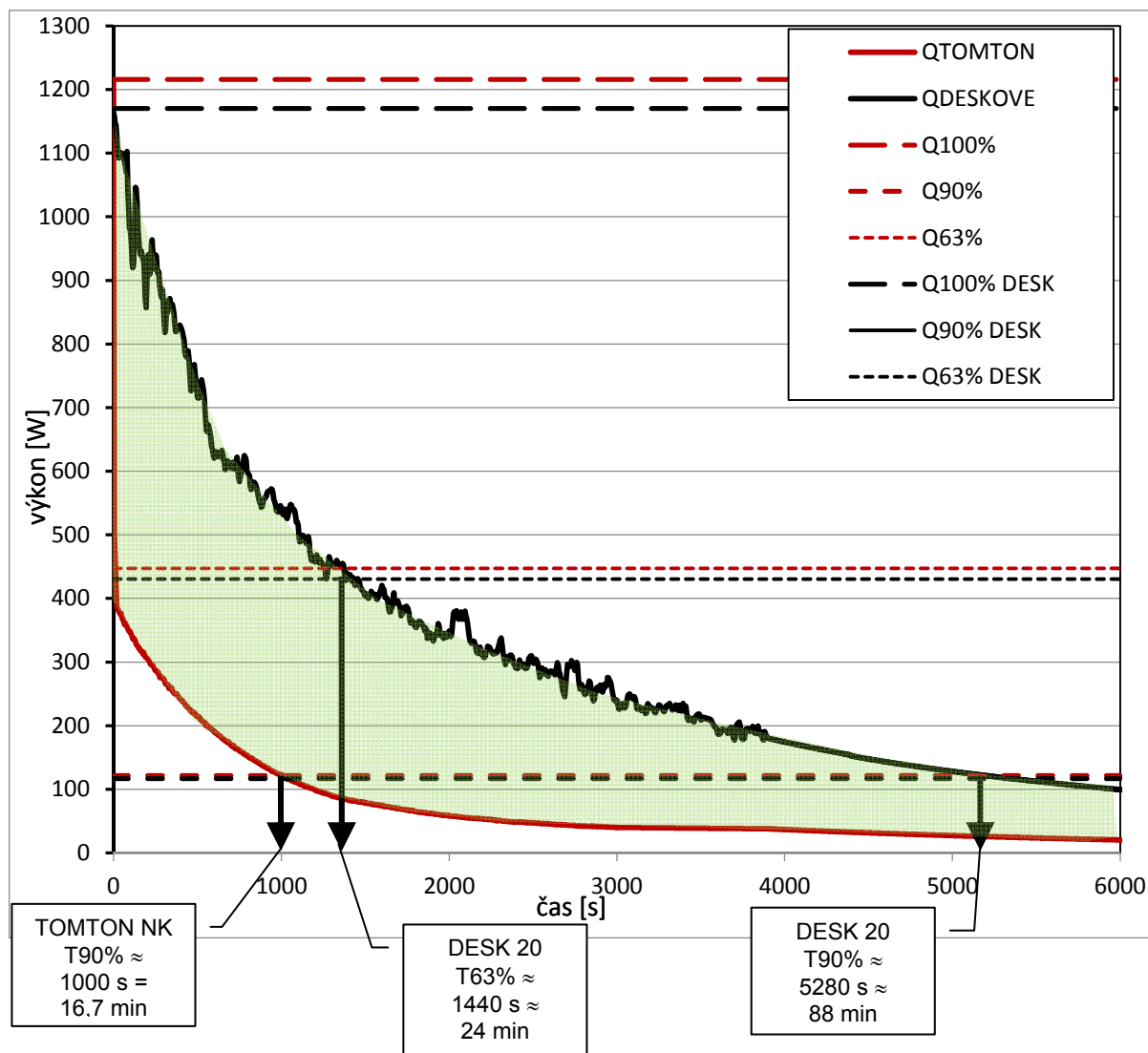
Obr 26 DESK 20 – náhřev – teploty [K]





Obr 27 Srovnání průběhu náhřevu TOMTON NK a DESK 20

OT TOMTON NK vykazuje strmější náhřev tepelného výkonu oproti OT DESK 10 a tedy i kratší doby T63% (o 33%) a T90% (o 26%). OT TOMTON NK je tedy schopno v případě potřeb vytápět svým dynamičtějším náhřevem rychleji přivádět teplo do místnosti a dosáhnout v ní požadované teploty.



Obr 28 Srovnání průběhu chladnutí TOMTON NK a DESK 20

OT TOMTON NK vykazuje extrémní pokles výkonu dodávaného do místnosti při vypnutí ventilátoru a tedy i výrazně kratší doby chladnutí T90% (o 81%). Zelená plocha pak vyjadřuje část množství tepla, které lze používáním OT TOMTON NK ušetřit.

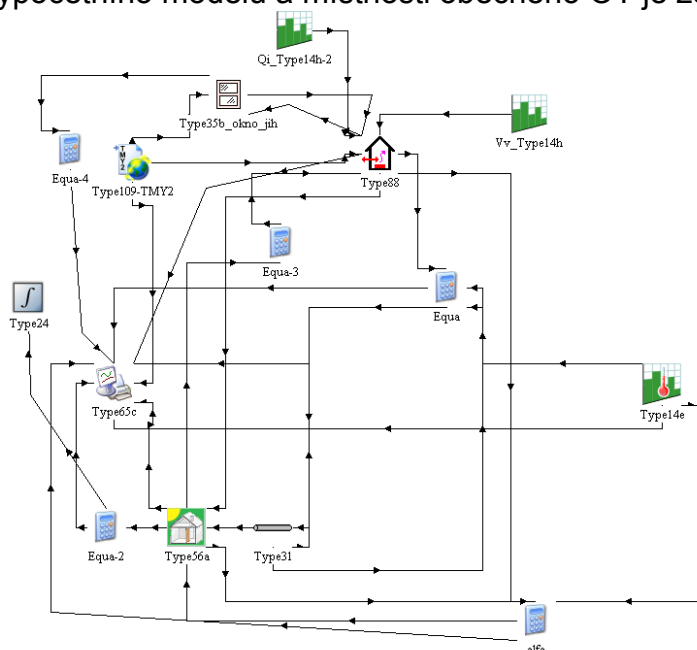
## 4. Kvantifikace a porovnání spotřeb tepla otopných těles

Tato kapitola sestává z následujících podčástí:

- A Zjednodušené modely OT – vytvoření zjednodušených počítačových modelů tepelného chování porovnávaných otopných těles v softwaru TRNSYS.
- B Porovnání dynamiky otopných těles – vyhodnocení nestacionárních simulací provozu a tepelného chování OT.
- C Vliv kvantitativní regulace otopných těles – modelování a simulace vlivu kvantitativní regulace otopných těles na spotřebu tepla.

### A. Zjednodušené modely OT

Tato část se zabývá popisem vytvořených zjednodušených počítačových modelů dynamického chování samotných otopných těles v softwaru TRNSYS. Schéma vytvořeného výpočetního modelu a místnosti obecného OT je zobrazeno na Obr 29.



Obr 29 Schéma výpočetního modelu OT a místnosti v softwaru TRNSYS

Tab 2. Ekvivalentní tepelně-technické vlastnosti zjednodušených modelů OT

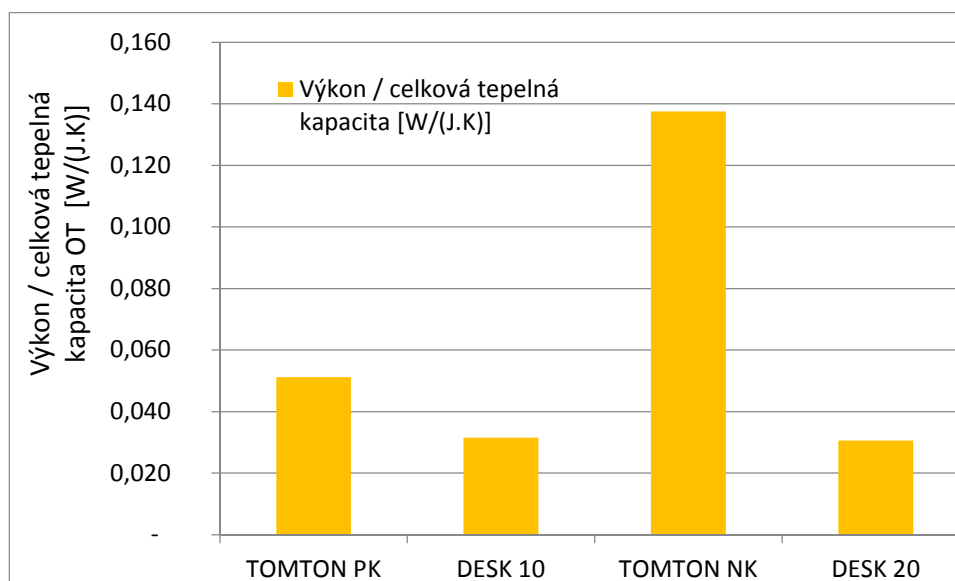
TOMTON PK		Q(70/20)= 453 W		m'w= 0,010822 kg/s		
		W		m'w= 38,96 l/h		
				alfa= 7,878 W/(m2K)		
mT=	8,4 kg	cT=	480 J/(kg.K)	CT=	4 032 J/(K)	
mw=	1,15 kg	cw=	4186 J/(kg.K)	Cw=	4 814 J/(K)	
S=	1,15 m2	i/mekv.w:				
m ekv.w=	2,1 kg(litry)	0,544196		C=	8 846 J/(K)	
DESKOVE 10		Q(70/20)= 514 W		m'w= 0,012279 kg/s		
l=1000, h=500,				m'w= 44,20 l/h		
				alfa= 11,422 W/(m2K)		
mT=	10,4 kg	cT=	480 J/(kg.K)	CT=	4 992 J/(K)	
mw=	2,7 kg	cw=	4186 J/(kg.K)	Cw=	11 302 J/(K)	
S=	0,9 m2	i/mekv.w:				
m ekv.w=	3,89 kg(litry)	0,231211		C=	16 294 J/(K)	



TOMON NK			Q(70/20)= 1216 W		m'w= 0,029049 kg/s				
			W		m'w= 104,58 l/h				
					alfa= 21,148		W/(m2K)		
mT= 8,4		kg	cT= 480		J/(kg.K)	CT= 4 032		J/(K)	
mw= 1,15		kg	cw= 4186		J/(kg.K)	Cw= 4 814		J/(K)	
S= 1,15		m2	i/mekv.w:						
m ekv.w= 2,1		kg(litry)	0,544196		C= 8 846		J/(K)		
					C= 4 186 000		J/(m3.K)		
DESKOVE 20 l=800, h=900,			Q(70/20)= 1170 W		m'w= 0,02795 kg/s				
			W		m'w= 100,62 l/h				
					alfa= 7,065		W/(m2K)		
8,3 l/m		mT= 21,8		kg	cT= 480		J/(kg.K)	CT= 10 464	J/(K)
6,64 l		mw= 6,64		kg	cw= 4186		J/(kg.K)	Cw= 27 795	J/(K)
35,5 kg/m		S= 3,312		m2	i/mekv.w:				
28,4 kg s vodou		m ekv.w= 9,14		kg(litry)	0,362373		C= 38 259		J/(K)
21,76 kg bez vody		m ekv.w= 9,9		kg(litry)			Cpoužitá= 55 000		J/(K)

Tab 3. Ekvivalentní tepelně-technické vlastnosti OT - srovnání

	Objem vody v OT	Celková tepelná kapacita OT	Tepelný výkon	Výkon / celková tepelná kapacita
	[l]	[J/K]	[W]	[W/(J.K)]
TOMTON PK	1,15	8 846	453	0,051
DESK 10	2,7	16 294	514	0,032
TOMTON NK	1,15	8 846	1216	0,137
DESK 20	6,64	38 259	1170	0,031

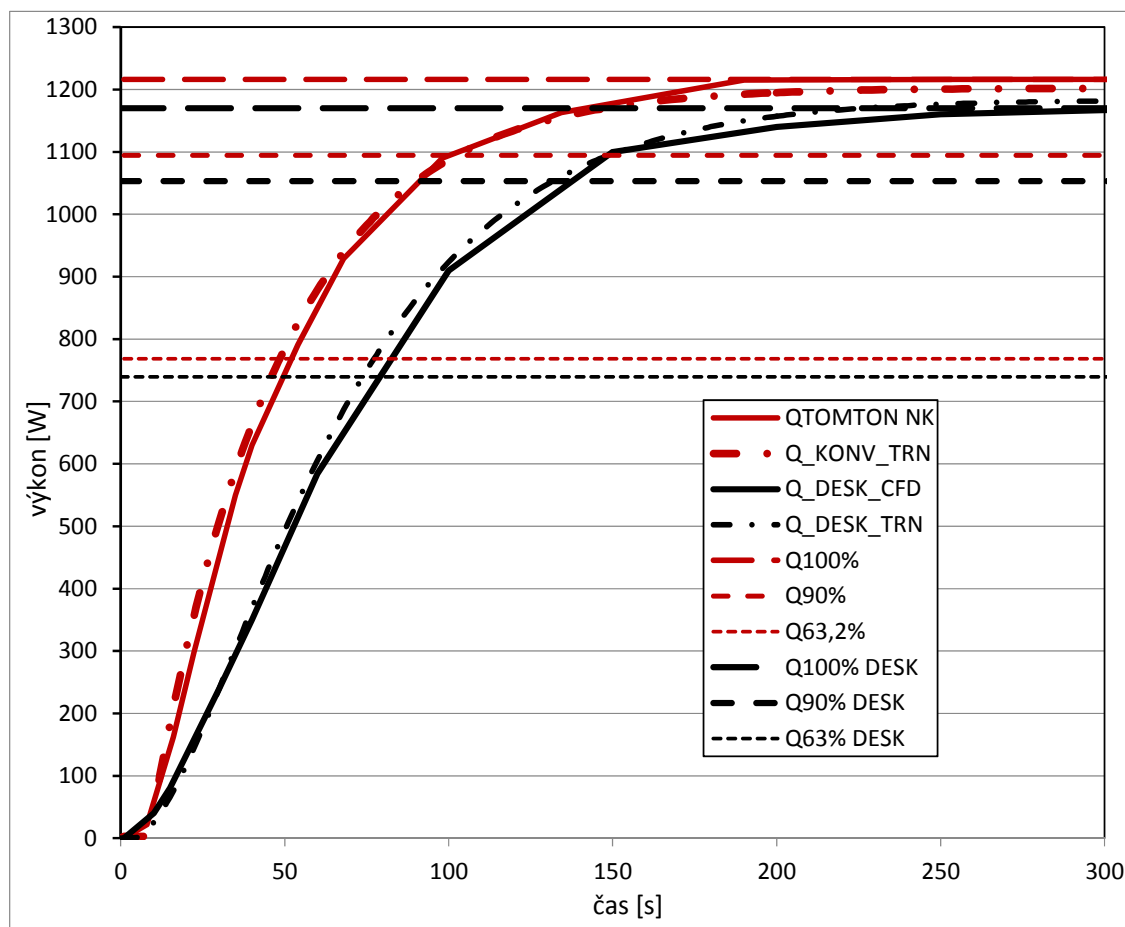


Obr 30 Porovnání dynamiky posuzovaných OT

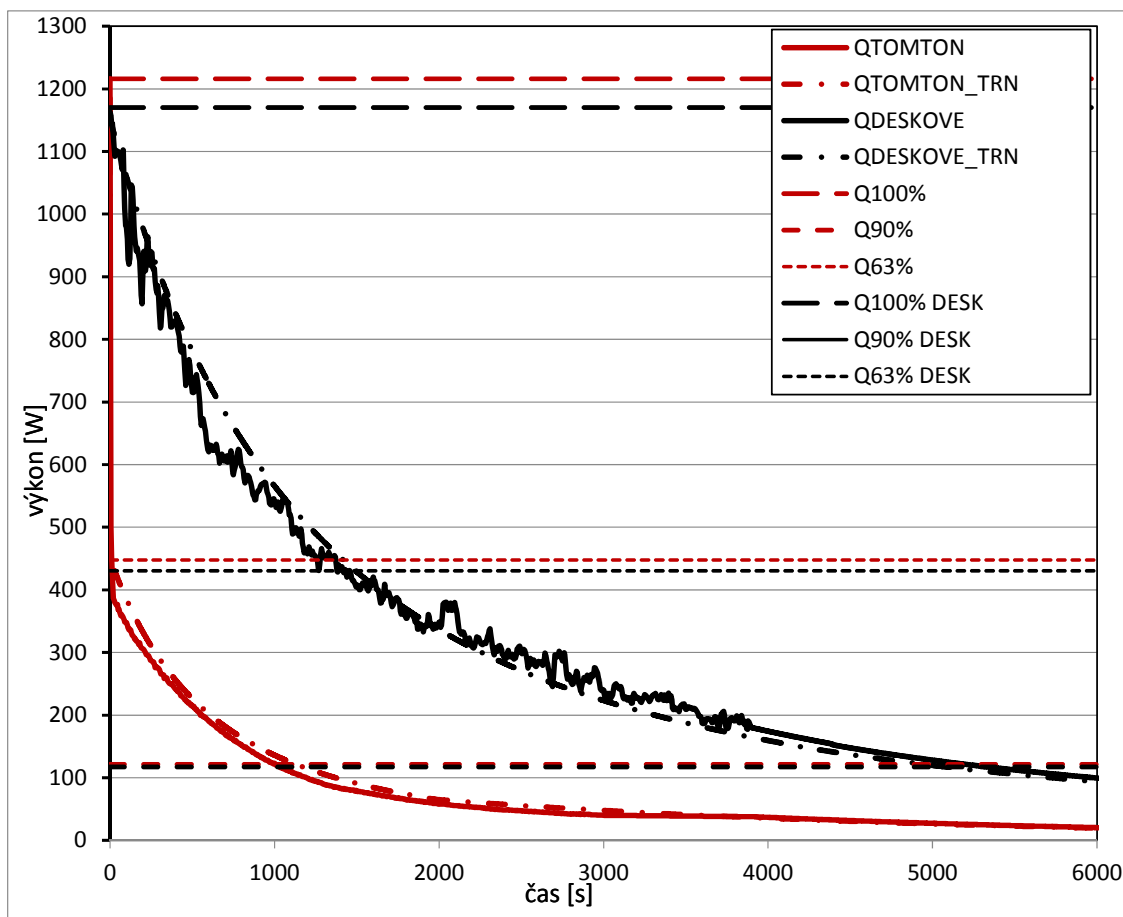
Z Tab 2, Tab 3 a **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** vyplývá, že s rostoucím objemem vody a tepelné kapacity pláště OT roste i jeho celková tepelná kapacita. Poměr tepelného výkonu ku celkové ekvivalentní tepelné kapacitě OT je pak charakteristikou vypovídající o tepelné setrvačnosti OT při dynamických stavech vytápění. Čím větší tato charakteristika je, tím dynamičtější tepelné chování dané OT vykazuje. V tomto srovnání vychází TOMTON NK více než čtyřnásobně dynamičtější než srovnávaná desková OT. Souhrnný součinitel přestupu tepla z teplosměnné plochy OT do vytápěné

místnosti je v dynamických stavech uvažován jako závislý na rozdílu střední teploty OT a teploty místnosti.

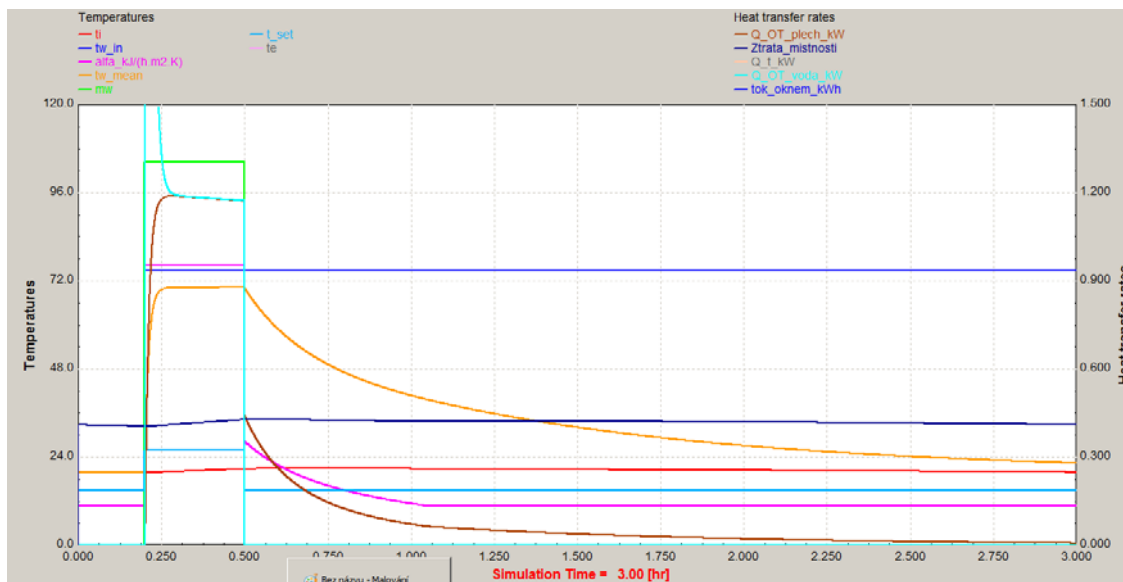
Chování výpočetního modelu založeného na předchozích tepelně-technických charakteristikách je vyobrazeno na Obr 33.



Obr 31 Porovnání náhřevu OT TOMTON NK a DESK 20CFD v TRNSYS se CFD simulacemi



Obr 32 Porovnání chladnutí OT TOMTON NK a DESK 20CFD v TRNSYS se CFD simulacemi



Obr 33 Příklad výstupu průběhu teplot a tepelných toků OT TOMTON NK

## B. Porovnání dynamiky otopných těles

Vyhodnocení nestacionárních simulací provozu, tepelného chování a potřeb tepla místnosti vytápěné otopnými tělesy s využitím náhradních modelů otopných těles.

Pro porovnání vlivu dynamiky náhřevu a chladnutí a spotřeby tepla byly zvoleny OT TOMTON NK a DESK 20 – blíže [11]. Aby bylo možno posoudit vliv samotných OT na spotřebu tepla na vytápění (bez dalších vlivů, jakými jsou zdroj tepla, otopná soustavy a typ regulace výkonu OT) je, u obou OT uvažováno s kvantitativní regulací výkonu skokovým otevřením/uzavřením otopné vody, která je vždy k dispozici o teplotě  $t = 75\text{ °C}$  a která tak při své regulační funkci reaguje extrémně rychle na měnící se teplotu interiéru.

Zvolená vytápěná místnost představuje dnes běžnou obytnou místnost se 2 ochlazenými stěnami a oknem o podlahové ploše  $20\text{ m}^2$ . Tepelně-technické vlastnosti odpovídají požadavkům normy na tepelný odpor a je uvažováno větrání infiltrací s konstantní intenzitou výměny vzduchu  $n = 0,5\text{ h}^{-1}$ .

Pro porovnání tepelného chování byl zvolen slunný lednový den s průměrnou teplotou venkovního vzduchu  $+2,24\text{ °C}$  na jižní Moravě. V místnosti byla požadovaná teplota interiéru zvolena s ohledem na dobu spánku, vstávání, odchod do práce (mimo domov) apod. běžné rodiny, dle.

Tab 4. Předpokládaný provoz místnosti

Činnost	Spánek	Ranní provoz	Mimo domov	Večerní provoz
Čas [h]	21:00 - 4:00	4:00 - 6:00	6:00 - 16:00	16:00 - 21:00
Požadovaná teplota [°C]	19 °C	20 °C	17 °C	20 °C

Tab 5 porovnává tepelnou kapacitu daných OT, spotřebu tepla a její úsporu při modelovém, skokovém chladnutí plně nabitých OT při teplotě místnosti  $20\text{ °C}$ . Zde uváděná hodnota 77 % je teoretická, nejvýše dosažitelná hodnota úspory tepla na vytápění zvolenými OT. Reálná hodnota úspory bude vždy nižší, a to o tolik, o kolik méně dynamické změny v potřebě otopného výkonu při vytápění reálné místnosti nastanou.

Tab 5. Předpokládaný provoz místnosti.

	tepelná kapacita	skokové chladnutí po dobu 3 000 s	skokové chladnutí po dobu 10 000 s
	$C$	$E$	$E$
	[J/K]	[kWh]	[kWh]
DESKOVÉ OT	38 259,04	0,082	0,600
KONVEKTOR	8 845,90	0,020	0,148
ÚSPORA [%]	77%	76%	75%

Tab 6. Teploty ve vytápěné místnosti během 24 h testovacího lednového dne.

OT	Teplota místnosti v 0 h	Teplota místnosti ve 24:00	Teplota místnosti skutečná průměrná	Teplota místnosti požadovaná průměrná	Průměrné přetápění místnosti
	$t$	$t$	$t$	$t$	$Dt$
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[K]
DESKOVÉ OT		18,69	18,74	18,33	0,41

19,00

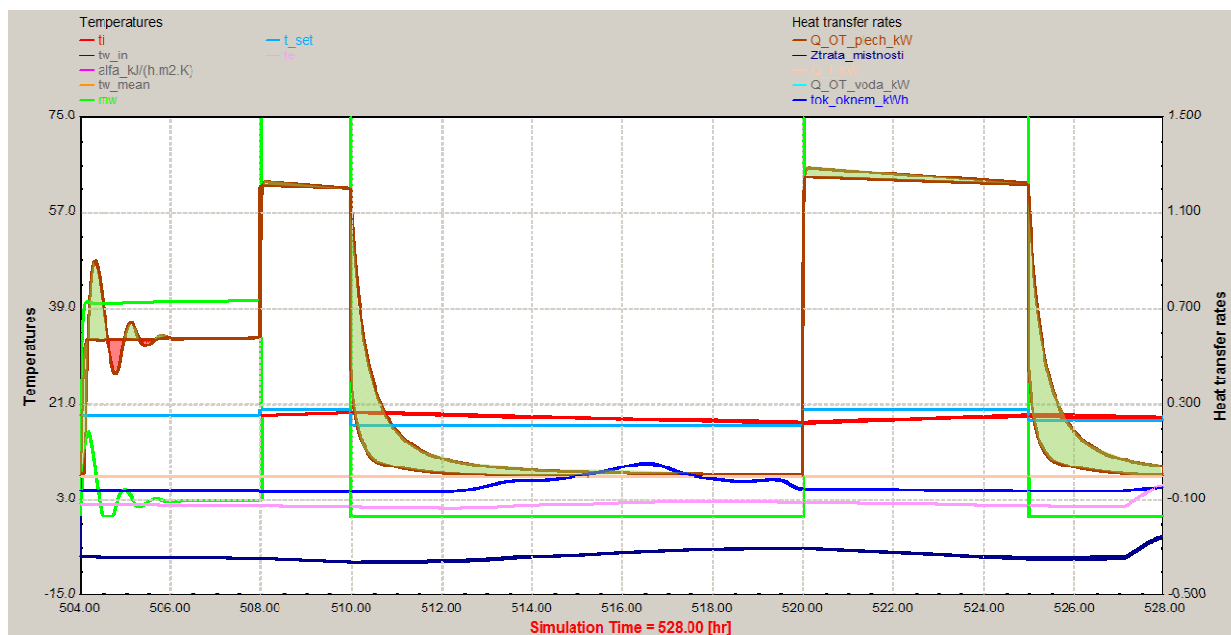
KONVEKTOR	19,00	18,24	18,55	18,33	0,21
-----------	-------	-------	-------	-------	------

Tab 7 shrnuje podstatné složky tepelné bilance místnosti za testovaných 24 h. Z výsledků vyplývá, že ač má deskové OT lehce menší výkon než konvektor, tak kvůli své větší tepelné setrvačnosti, dodává do místnosti více tepla, čímž navyšuje její celkovou tepelnou ztrátu a v důsledku větší dosažené průměrné teploty místnosti, méně využívá tepelné zisky oken radiací. Nejvýznamnějším výsledkem je však úspora tepla při vytápění konvektorem oproti deskovému otopnému tělesu o hodnotě ~11 %.

Tab 7. Předpokládaný provoz místnosti.

	teplo dodané do OT	teplo dodané OT do místnosti	tepelné ztráty místnosti prostupem	tepelné ztráty místnosti větráním infiltrací	tepelné zisky oken radiací	změna vnitřní energie místnosti
	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
DESKOVÉ OT	12,64	12,40	9,07	2,00	0,073457	1,40
KONVEKTOR	11,16	11,16	8,97	1,98	0,075702	0,29
ÚSPORA [%]	11,7%	10,1%	1,2%	1,2%	3,0%	79,4%

Průběh všech významných veličin pro oba způsoby vytápění místnosti současně je znázorněn na Obr 34. Zelené plochy prezentují úsporu tepla dynamičtějšího OT TOMTON NK oproti méně dynamickému OT DESK 20, u červených ploch je tomu naopak.



Obr 34 Průběh sledovaných veličin během dne

Z dosažených výsledků vyplývá, že vytápění zvolené místnosti dynamičtějším otopným tělesem (TOMTON NK) vykazuje v daném případě:

- nižší tepelné ztráty místnosti prostupem;
- nižší tepelné ztráty místnosti infiltrací;
- větší pasivní využití solární tepelných zisků o ~3 %;
- menší průměrné přetápění místnosti o ~0,2 K;
- úsporu tepla na vytápění ~11 %.

### C. Vliv kvantitativní regulace otopných těles

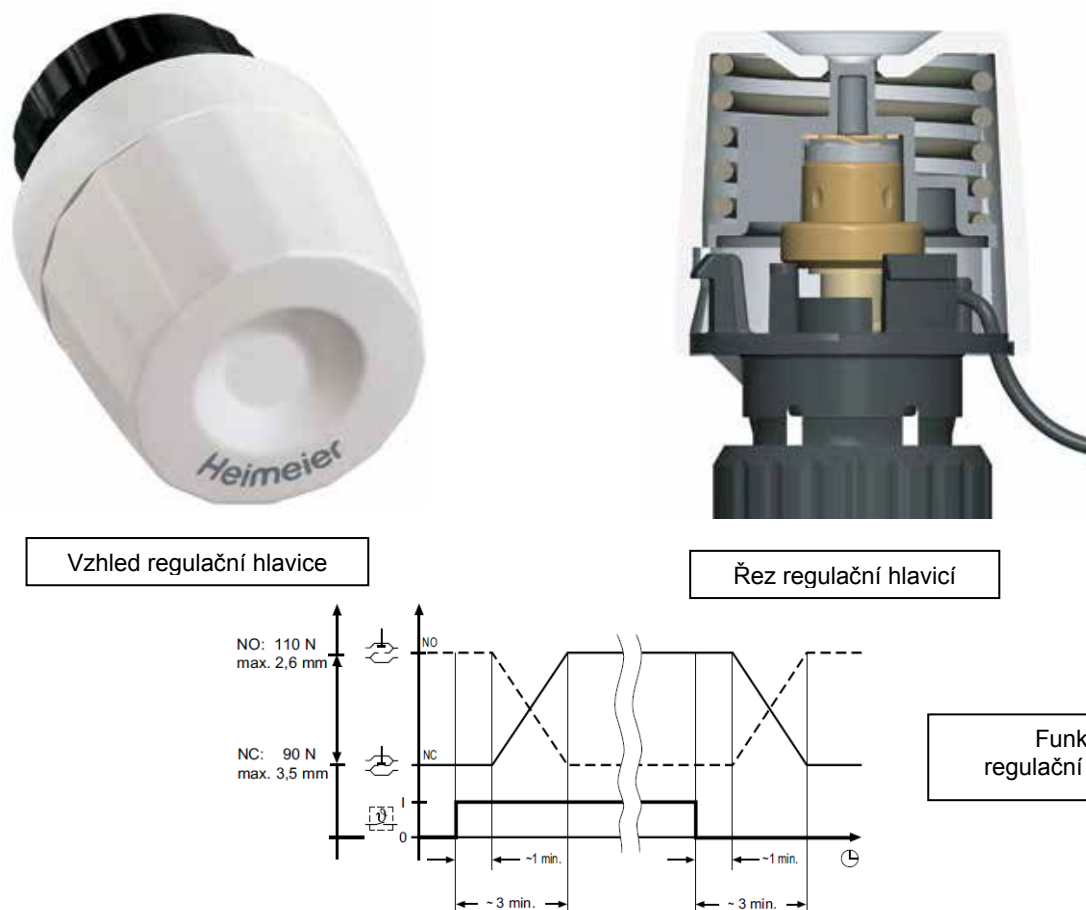
Tato část se zabývá vytvořením zjednodušených počítačových modelů dynamického chování kvantitativního způsobu regulace OT a posouzením jejich vlivu na spotřebu tepla na vytápění.

Nejčastějším způsobem regulace tepelného výkonu OT je kvantitativní regulace realizovaná škrcením průtoku otopné vody do tělesa termostatickým ventilem (dále jen TRV), která při své funkci reaguje na teplotu v místnosti. Tím však vzniká prodleva mezi časem překročení teploty v místnosti nastavené (například působením vnitřních tepelných zisků v místnosti) a uzavřením průtoku vody. Tato prodleva je způsobena zpožděním – dobou potřebnou k nahřátí kapalinového senzoru TRV + dobou potřebnou k uzavření TRV (čas nutný pro pohyb kuželky v celé trase dané zdvihem ventilu).

U běžných TRV je doba ~ 25 minut – viz [8], [9], maximální povolená doba pro uzavření TRV je dle normy [10] 40 minut.

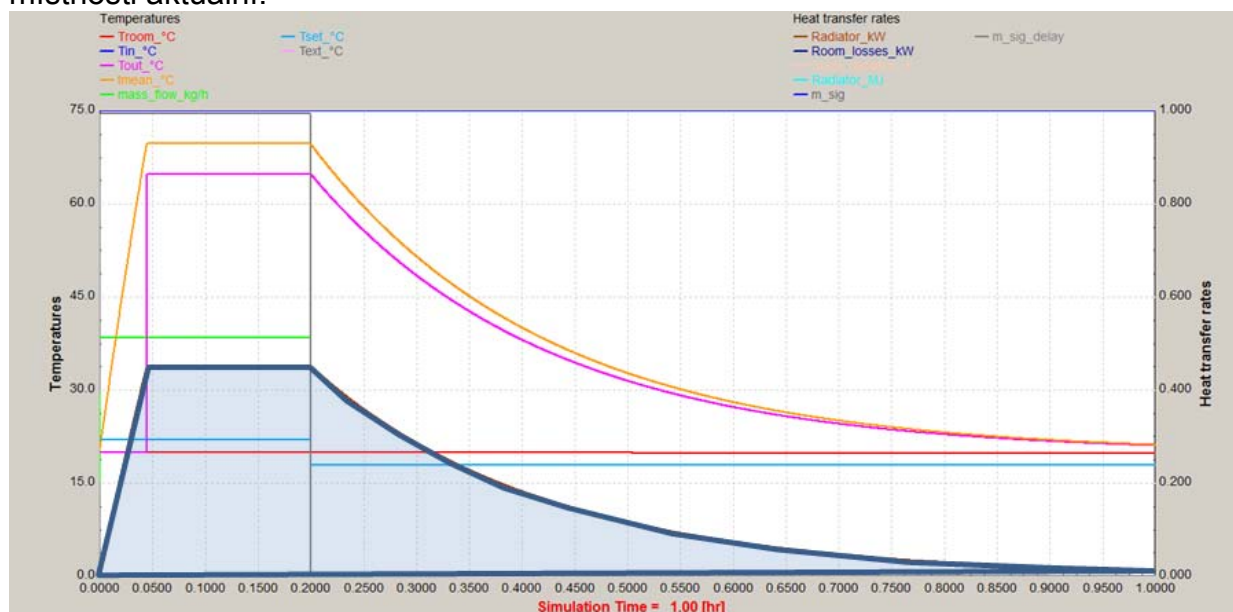
V případě použití TRV s termickým pohonem kuželky – viz Obr 35, [6], [14] – je možné elektricky řízeným zahříváním tepelně roztažné kapaliny dobu zpoždění zkrátit na ~ 1 minutu a dobu uzavírání zkrátit na ~ 2 minuty a výrazně tím omezit dobu kdy je místnost vlivem tepelného toku z OT nežádoucím způsobem přetápěna.

Vliv doby zpoždění a doby uzavření TRV na příkladu OT TOMTON PK byl simulován v softwaru TRNSYS ve variantách A, B, C, D – viz Obr 36, Obr 37, Obr 38, Obr 39.

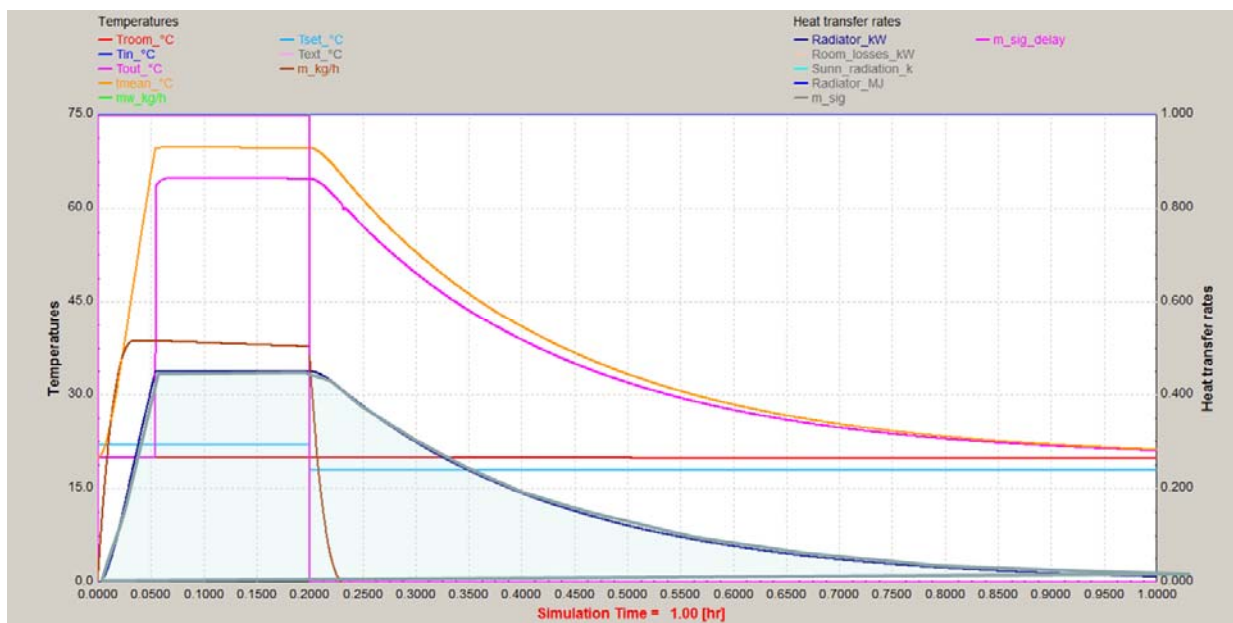


Obr 35 EMOTec – termický pohon pro otopná a vzduchotechnická klimatizační zařízení

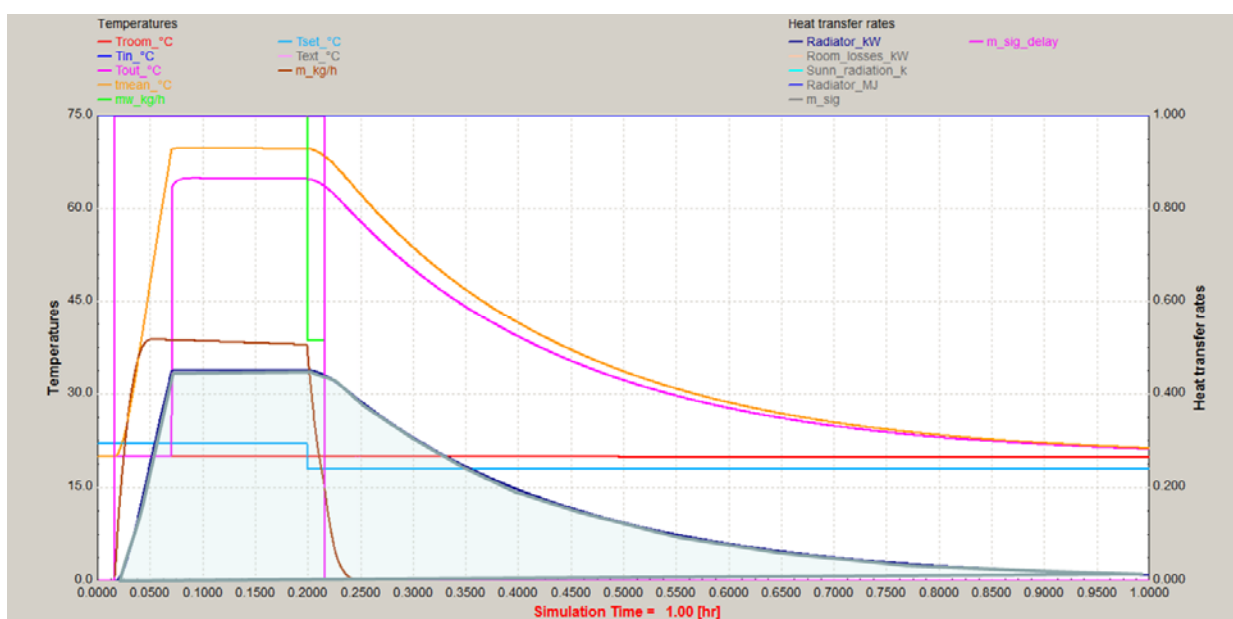
Uzavírání průtoku termostatickou hlavicí  $m_{rel}$  bylo uvažováno podle vztahu  $m_{rel} = (T_{set} - T_{room})^2$ , kde  $T_{set}$  je teplota místnosti nastavená a  $T_{room}$  je teplota místnosti aktuální.



Obr 36 Průběh teplot a tepelných toků při zpoždění 0 min a době uzavírání 0 min – var. A.

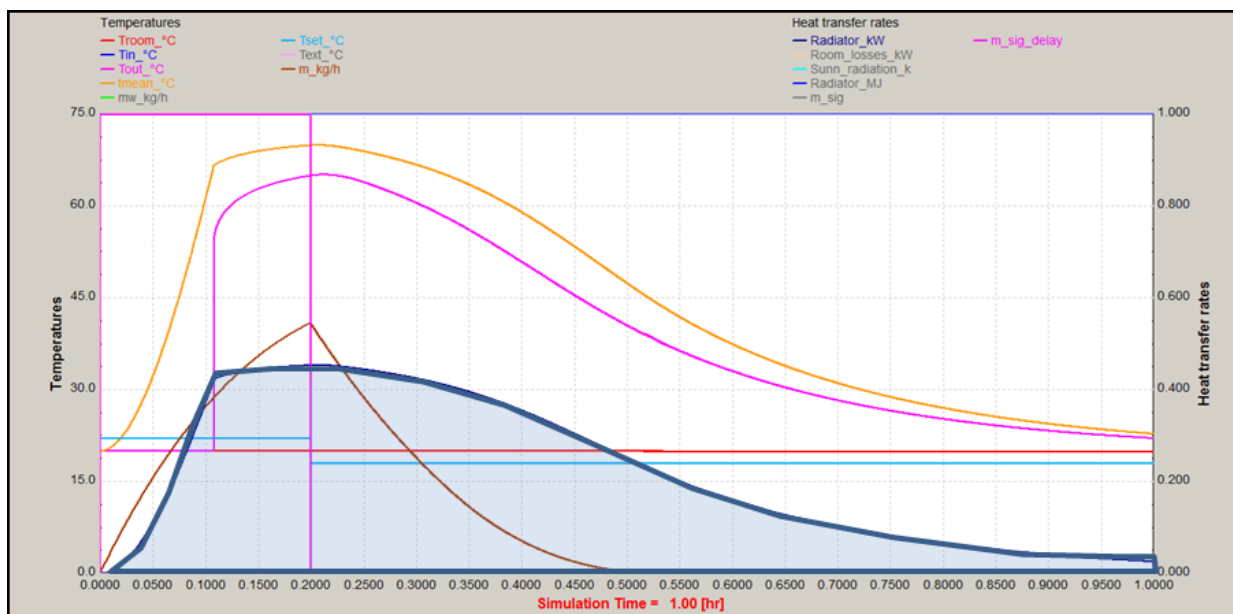


Obr 37 Průběh teplot a tepelných toků při zpoždění 0 min a době uzavírání 2 min – var. B.



Obr 38 Průběh teplot a tepelných toků při zpoždění 1 min a době uzavírání 2 min – var. C.





Obr 39 Průběh teplot a tepelných toků při zpoždění 0 min a době uzavírání 20 min – var. D.

Z dosažených výsledků vyplývá, že ve variantě C (odpovídající TRV s termickým pohonem) lze v daném případě ušetřit ~ 19 % tepla na vytápění oproti variantě D (odpovídající standardnímu TRV s dobou zpoždění 20 minut).

## 5. Závěr

Tato závěrečná zpráva smluvního výzkumu „Kvantifikace úspor energie při vytápění otopným tělesem Tomton R1 oproti stávajícím otopným tělesům“ se zabývala specifikací porovnávání otopných těles, CFD simulacím stacionárním i dynamickým (náhřevu a chladnutí otopných těles) a multizonální numerickou simulací spotřeby tepla na vytápění při použití těchto otopných těles ve zvolené místnosti a při zvoleném profilu užívání.

Z výsledků obecně vyplývá, že OT TOMTON vykazují, oproti běžným deskovým OT, vysoký měrný výkon a současně malou tepelnou kapacitu, čímž dosahují větší dynamiky. Tímto jsou schopny:

- rychleji zajistit požadovanou teplotu v místnosti při zátoku;
- méně přehřívat vytápěné místnosti v době, po jejich odstávce a šetřit tím teplo na vytápění – v daném modelovém případě až cca 11 %;
- více pasivně využívat solární zisky;
- méně přetápět vytápěnou místnost.

Způsob regulace OT TOMTON využívající TRV s termickým pohonem dále zajistí rychlejší reakci kvantitativním řízením výkonu OT oproti standardním TRV.

Návazné výsledky, související s tímto tématem byly publikovány v [11], [12], [13], [14], [15].

## 6. Použitá literatura

- [1] Radiátor TOMTON R1. Technická specifikace. Dostupné z: <http://www.tomton-radiators.com/produkt/radiator-tomton-r1/>
- [2] Radik desková otopná tělesa. Katalog výrobce 12/2016. Korado, a.s. Česká Třebová. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik.html>
- [3] HEATTEST, s.r.o. zkušební laboratoř otopných těles akreditovaná ČIA (č. L1477). Pavel Pouche, Vojtěch Harok. Protokol o zkoušce č. /test report No. 073/2016 ze dne 8.9.2016 – zkouška tepelného výkonu konvektorů TOMTON nástěnných samotížných typů SI011P, LE011P, SW011P a FU011P.
- [4] HEATTEST, s.r.o. zkušební laboratoř otopných těles akreditovaná ČIA (č. L1477). Pavel Pouche, Vojtěch Harok. Protokol o zkoušce č. /test report No. 070/2016 ze dne 1.9.2016 – zkouška tepelného výkonu konvektorů TOMTON nástěnných s ventilátory typů SI011N, LE011N, SW011N a FU011N.
- [5] ČSN EN 442-2, Otopná tělesa: Část 2: Zkoušky a jejich vyhodnocování, 2015. Praha: ČNI.
- [6] IMI HEIMEIER. EMOTec – termický pohon pro otopná a vzduchotechnická klimatizační zařízení. Technická data a pokyny k projektování. [www.imi-hydronic.com](http://www.imi-hydronic.com). 2340-32.483 10.2014.
- [7] Technical specification. MagLev Motor Fan. Technical specification Technical specification. <http://www.sunon.com/>
- [8] Danfoss HS, Data sheet, Radiator thermostats type RA2000, valve bodies type RA-FN (series D) and RA-G. 12/2010 | VDSXG202
- [9] Danfoss Ltd, RA2000 Commercial TRVs, Part No: 410v06 05/16.
- [10] EN 215/A1 Thermostatic radiator valves: Requirements and test methods. 2nd ed. Brussels: CEN, 2006. Print.
- [11] ŠIKULA, O.; CHARVÁT, P.; ROZEHNAL, D. DYNAMIKA OTOPNÝCH TĚLES A JEJICH VLIV NA SPOTŘEBU TEPLA. In Konference Vytápění Třeboň 2017. Novotného lávka 5, Praha 1 (ČSVTS): Společnost pro techniku prostředí, 2017. s. 214-218. ISBN: 978-80-02-02712- 6.
- [12] ŠIKULA, O.; CHARVÁT, P.; ROZEHNAL, D. Vliv náhřevu a chladnutí otopných těles na energetickou náročnost budov. In Vykurovanie 2017: 25. medzinárodná vedecko-odborná konferencia. Bratislava: SSTP Bratislava, 2017. s. 399-403. ISBN: 9788089878062.
- [13] ŠIKULA, O.; CHARVÁT, P.; ROZEHNAL, D. POROVNÁNÍ OTOPNÝCH PLOCH Z HLEDISKA SPOTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ. tzbportal. sk, 2017, roč. 2017, č. 4, s. 1-4. ISSN: 1338-3418.
- [14] ŠIKULA, O.; CHARVÁT, P.; ADJLOUT, L.; LADJEDEL, O. MODELING OF RADIATORS WITH MASS FLOW CONTROL. In Buildings and Environment: From Research to Application. Applied Mechanics and Materials. Switzerland: Trans Tech Publications, 2017. s. 1-8. ISBN: 978-3-0357-1202- 5. ISSN: 1662-7482.
- [15] ŠIKULA, O.; ADJLOUT, L.; LADJEDEL, O.; REFFAS, S.; YAHIAOUI, T. PASIVNÍ VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH ZISKŮ PŘI DYNAMICKÉM VYTÁPĚNÍ BUDOV. In VYKUROVANIE 2018 - 26. medzinárodná vedecko-odborná konferencia na tému: Nové trendy v zásobovaní budov teplom. Bratislava: SSTP Bratislava, 2018. s. 449-452. ISBN: 9788089878208.