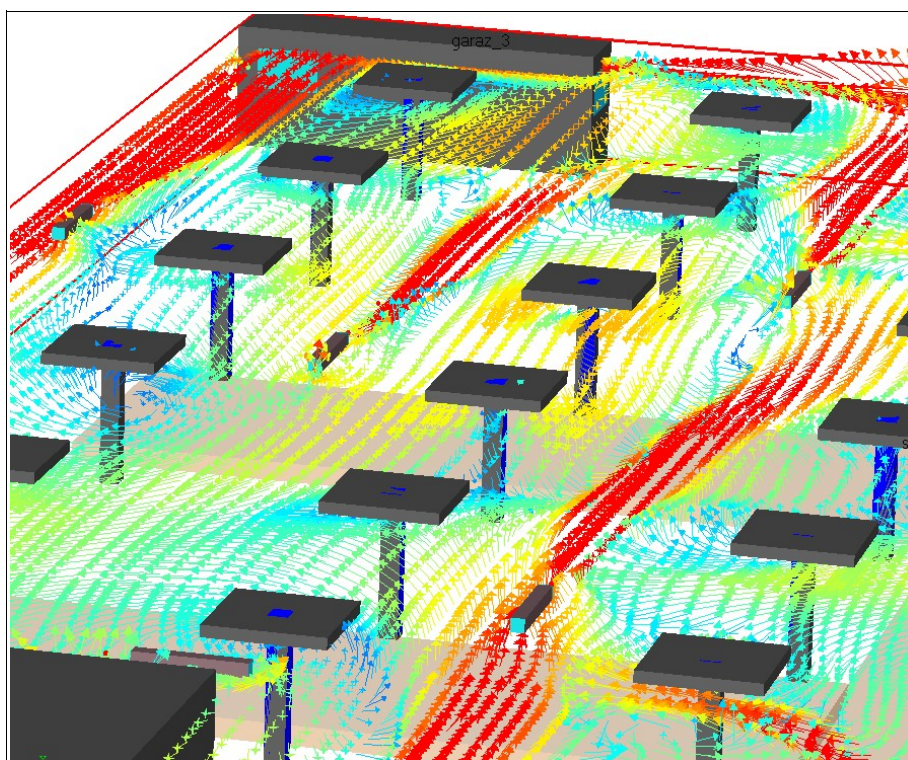


## CFD SIMULACE VĚTRÁNÍ PODZEMNÍHO PARKOVIŠTĚ POMOCÍ PROUDOVÝCH VENTILÁTORŮ FAKULTA INFORMATIKY, MUNI, BRNO



<b>Název akce:</b>	CERIT
<b>Objednatel:</b>	Pelčák a partner, s.r.o.
<b>Dodavatel:</b>	Klimakom spol. s r.o. Zámecká 4 643 00 Brno – Chrlice
<b>Řešitel:</b>	Ing. Peter Podoliak Ing. Vojtěch Zubíček, Ph.D.
<b>Termín objednávky:</b>	25.03.2010
<b>Termín odevzdání:</b>	28.05.2010

## **1. ÚVOD**

Předmětem tohoto posudku je zhodnocení větrání podzemních garáží pomocí proudových ventilátorů na akci CERIT, MASARYKOVA UNIVERZITA, FAKULTA INFORMATIKY.

Posudek se nevyjadřuje k žádným jiným technickým nebo právním požadavkům na výstavbu.

### **1.1. PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ**

Jako podklad pro zpracování sloužily zejména tyto podklady:

1. Stavební výkresy v elektronické podobě (půdorys, řez) poskytnuté objednatelem
2. ČSN 73 60 58 Změna b – 8/1989 Základní ustanovení
3. Technické podklady k proudovému ventilátoru ARJ 315 – 2 (4)
4. Simulační CFD software FLOVENT 7.2

## **2. VĚTRÁNÍ HROMADNÝCH GARÁŽÍ**

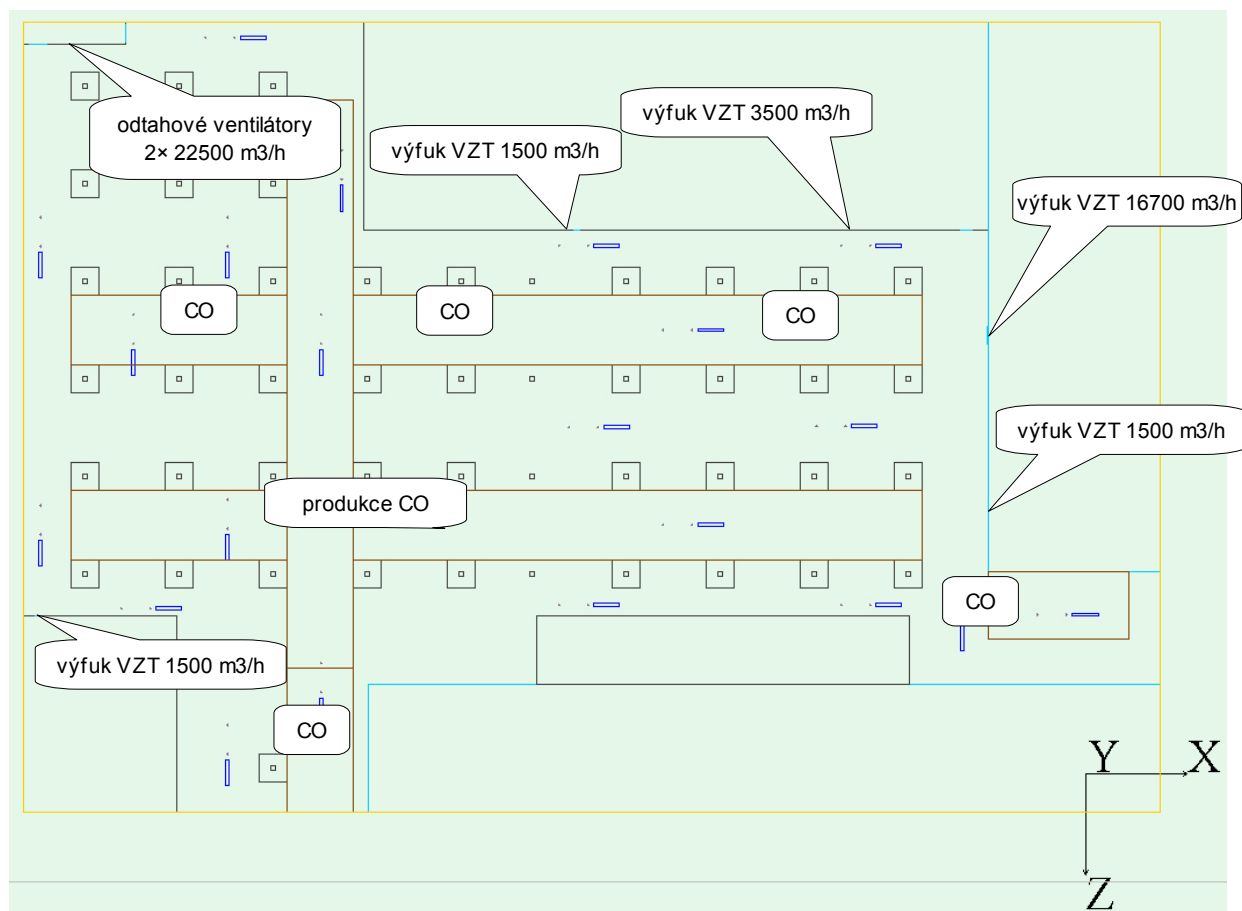
Základní platná legislativa, řešící větrání hromadných garáží ČSN 73 60 58, definuje potřebnou výměnu větracího vzduchu. Při návrhu je nutno dodržet rovnoměrné provětrání celého prostoru garáží. Jako jedno z možných řešení se nabízí větrání podzemních garáží pomocí odvodních ventilátorů v kombinaci s proudovými ventilátory. Řešení větrání garáže s aplikací těchto ventilátorů nám výrazně snižuje nároky na potrubní síť systému větrání. Správný návrh počtu proudových ventilátorů a jejich rozmístění je složitou záležitostí, která vyžaduje aplikaci simulačního řešení. Umožňuje nám optimalizovat distribuci vzduchu a rozložení proudových ventilátorů po ploše garáže tak, aby při provozu nedocházelo k výskytu zvýšených koncentrací CO nad povolenou míru. Táto situace hromadění CO může nastat při nedůkladném, či nerovnoměrném provětrání garáží.

### **3. SIMULAČNÍ ŘEŠENÍ**

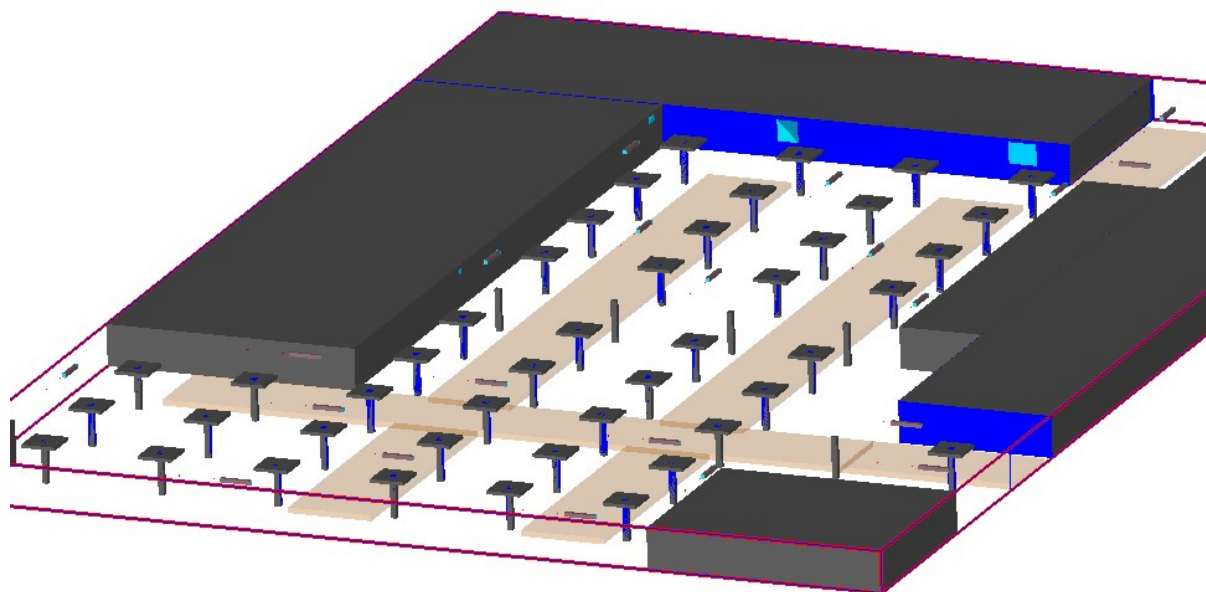
Pro řešení byly použity zaslané stavební podklady – půdorysy a řezy. Na základě podkladů byl zpracován geometrický počítačový model atria v software-u Flovent (obr. 1). Řešené veličiny jsou simulované pro ustálený stav prostředí. Proudění u povrchů bylo popsáno LVEL k- $\epsilon$  modelem turbulence. Jednotlivé řešené veličiny jsou zobrazované v charakteristických rovinách vhodných pro zhodnocení jevů odehrávajících se v prostoru atria. Skalární veličiny jsou v řezech zobrazované jako barevné pole, vektorové veličiny se zobrazují jako vektory.

#### **3.1. GEOMETRICKÝ MODEL**

Pro CFD modelování byl vytvořen zjednodušený model garáže s geometrií odpovídající stavebnímu řešení. Simulace byla provedená na strukturované pravoúhlé síti, takže byla zhušťována dle potřeby správného popsání fyzikálních jevů. Proudění kontaminovaného vzduchu bylo řešeno jako dvoufázové proudění. Za škodlivinu je považováno CO, které je generováno z výfuků aut při jejich chodu. Plošně po podlaze garáží byly definovány zdroje vzniku škodlivin dle reálné možné produkce. V prostoru garáží bylo také počítáno s výfukem vzduchu ze strojoven VZT, co má také značný vliv na charakter proudění v garážích. Detailnější schéma modelu je na obr. 1,2.



Obr. 1: Hlavní geometrie modelu a umístění zdrojů



Obr. 2: 3D vyobrazení výpočetního modelu garáží

### 3.2. OKRAJOVÉ PODMÍNKY

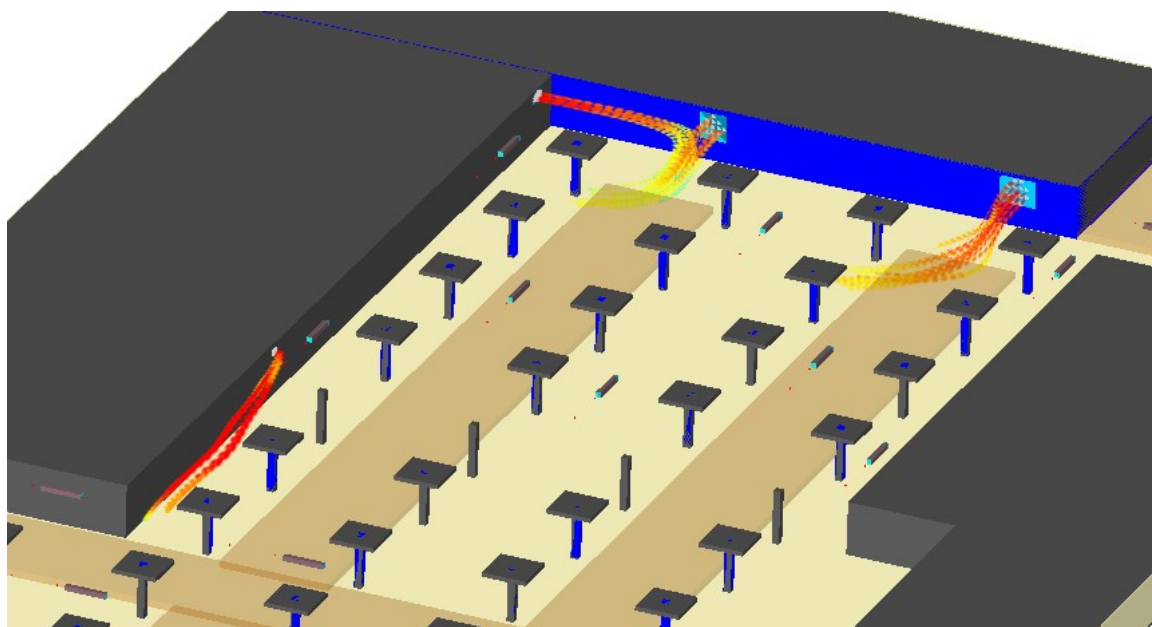
Pro určení vzniku škodliviny v prosotoru jsme vycházeli z počtu parkovacích míst a minimálního průtoku vzduchu na jedno parkovací místo předepsaného dle normy. Výpočtový tok CO produkovaných ve spalínách jednoho vozidla je stanoven na  $M_{CO} = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Minimální průtok vzduchu na 1 stání je  $V = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ . Pro koncentraci CO v exteriéru je dána hodnota 10ppm pro velkoměstskou zástavbu, 5ppm pro městskou zástavbu. Maximální přípustná koncentrace CO v ovzduší garáže je 87ppm. Na základě uvedených hodnot lze podle následujícího vztahu určit současnost vozidel v provozu.

$$V = \frac{M_{co} * n_p}{(C_p - C_e) * 10^{-6} * n} \Rightarrow n_p$$

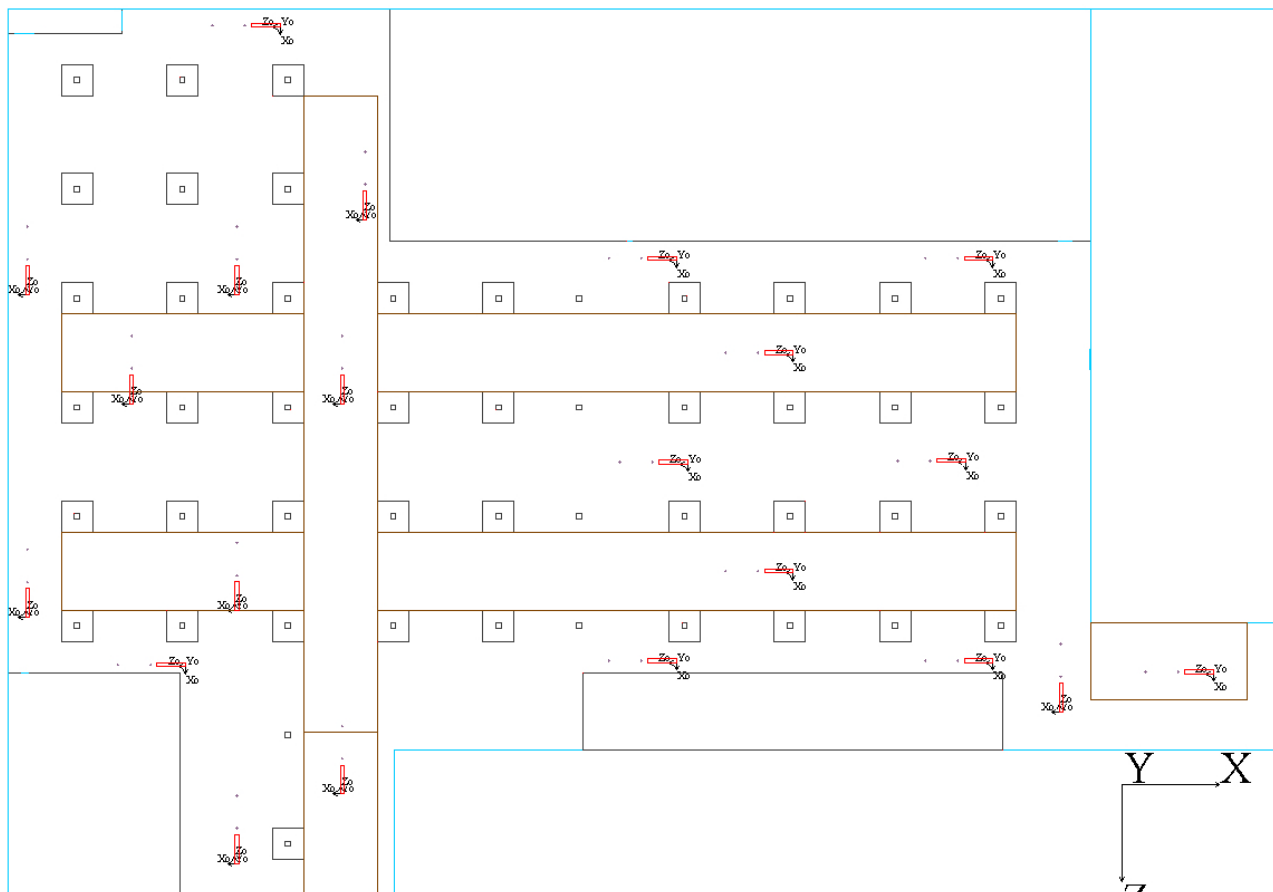
Pro náš případ simulací a počet parkovacích míst = 126 bylo výsledkem 5,82 aut současně produkujících CO jako škodlivinu. Todle množství vznikajícího CO bylo do simulace zadáno jako zdroj generující CO, ve výšce 0,4m. Místa s vyšší pravděpodobností stání aut v chodu – okolí vstupně-výstupní závory ; byla zatížena vyšším podílem vznikající škodliviny.



Dále byla zadefinována vyústění odpadního vzduchu (obr. 3) do prosotů garáží dle dokumentace vzduchotechniky. Vzduch vyfukovaný ze strojoven VZT byl brán jako kontaminován škodlivinou koncentrace 10 ppm, podobně jako ostatní venkovní prostředí. Jako proudové ventilátory byly uvažovány ventilátory typu ARJ 315-2. Průtok vzduchu ventilátorem je 4500 m<sup>3</sup>/h a jeho dosah dle technického listu je 22m. Ventilátory jsou osazeny pod stropem ve výšce 2,8 m nad podlahou. Jejich rozmístnění je zřejmé z obr. 4. Do prostoru bylo po optimalizaci rozmístnění rozloženo celkem 21 proudových ventilátorů.



*Obr. 3: Výfuky VZT do prostoru garáží*

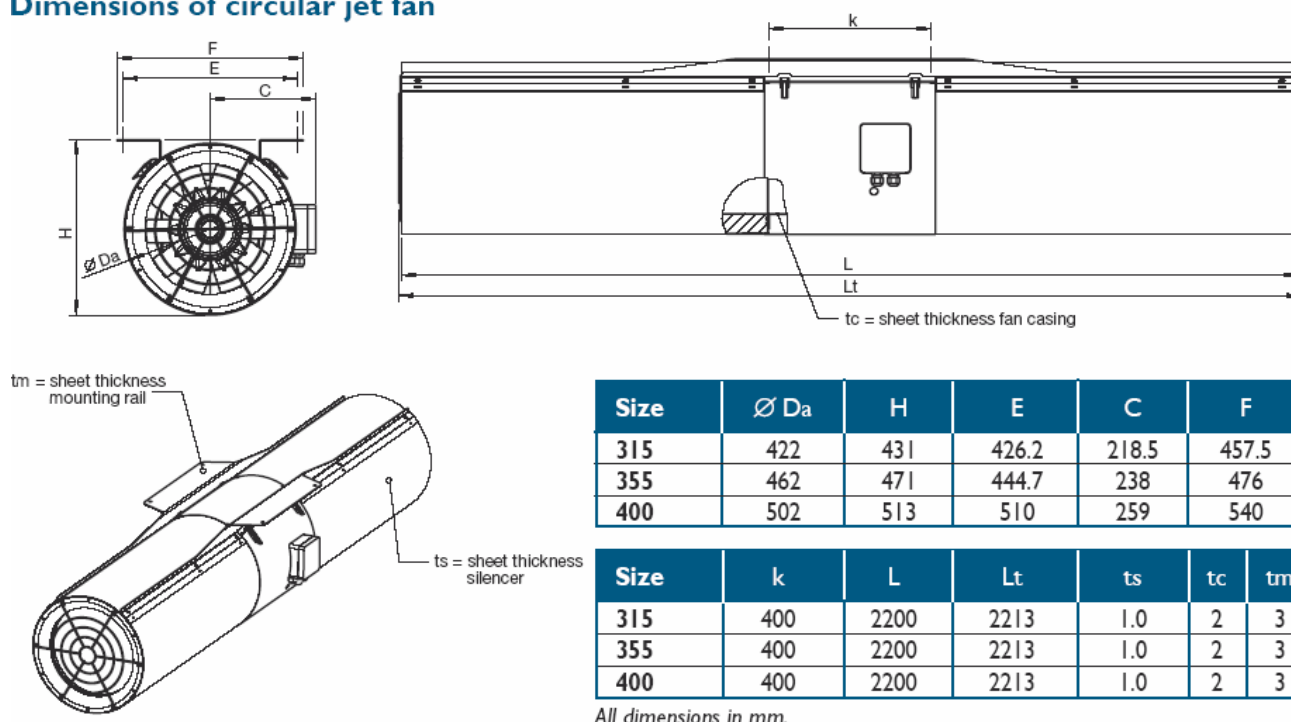


Obr. 4: Rozložení proudových ventilátorů po optimalizaci (celkem 21 kusů)

AJR/AJ8	Air Volume	Thrust	Outlet velocity	Outlet area	effective throwing length
315–2/4	4500/2250 m <sup>3</sup> /h	23/6 N	16,05/8,025 m/s	0,077891 m <sup>2</sup>	approx 22/10m
355–2/4	6400/3200 m <sup>3</sup> /h	37/9 N	17,97/8,985 m/s	0,098929 m <sup>2</sup>	approx 32/12m

Tab. 1: Fyzikální parametry proudových ventilátorů

## Dimensions of circular jet fan



Obr. 5: Technické parametry proudového ventilátoru ARJ 315-2

## 4. VÝSLEDKY ŘEŠENÍ

Pomocí výpočetního programu Flovent byly pro ustálený stav prostředí vytvořeny simulace veličin, které jsou charakteristické pro zhodnocení účinnosti odtahu škodlivin z prostoru. Řešené veličiny ukazují v řezech a pohledech jednak na pole rychlostí, ale hlavně na pole koncentrací škodliviny CO. Je zřejmé, že posouváním vzduchu v prostorech garáže dochází také k hromadění škodliviny a tím ke zvyšování její koncentrace. Na žádném místě však koncentrace CO nepřesáhla



normou povolenou hodnotu 87 ppm. Maximální hodnota koncentrace v prostoru garáží byla 76,8 ppm. Tento stav byl dosažen po optimálním rozmístění 21 ks proudových ventilátorů.

Další významnou veličinou při hodnocení provětrání je index stáří vzduchu (LMA = Local Mean Age). Udává čas, za který se na dané místo v prostoru dostane čerstvý vzduch. Regiony s nízkými hodnotami vykazují dobré provětrání, vysoké hodnoty poukazují na špatnou dodávku čerstvého vzduchu.

## 5. ZÁVĚR

Na základě výsledků počítačové simulace větrání garáží pomocí proudových ventilátorů, prezentovaných v příloze této zprávy, můžeme konstatovat, že uvedené technické řešení dokáže zabezpečit potřebnou výměnu vzduchu v celém objemu garáže.

Pole koncentrací vykazují pozitivní výsledky po celé výšce prostoru. V žádném místě nepřekročí koncentrace CO povolenou hodnotu 87 ppm určenou normou pro pobyt osob po dobu 30 minut. Navíc, jestli dojde někdy v realitě k lokálnímu navýšení koncentrace nad přípustnou hodnotu, tak některé zahraniční normy uvádějí ještě jako přípustné hodnoty koncentrace 150-200 ppm pro krátkodobý pobyt osob 5-15 minut, což je hodnota vysoko nad limitem uvedeným v naší normě.

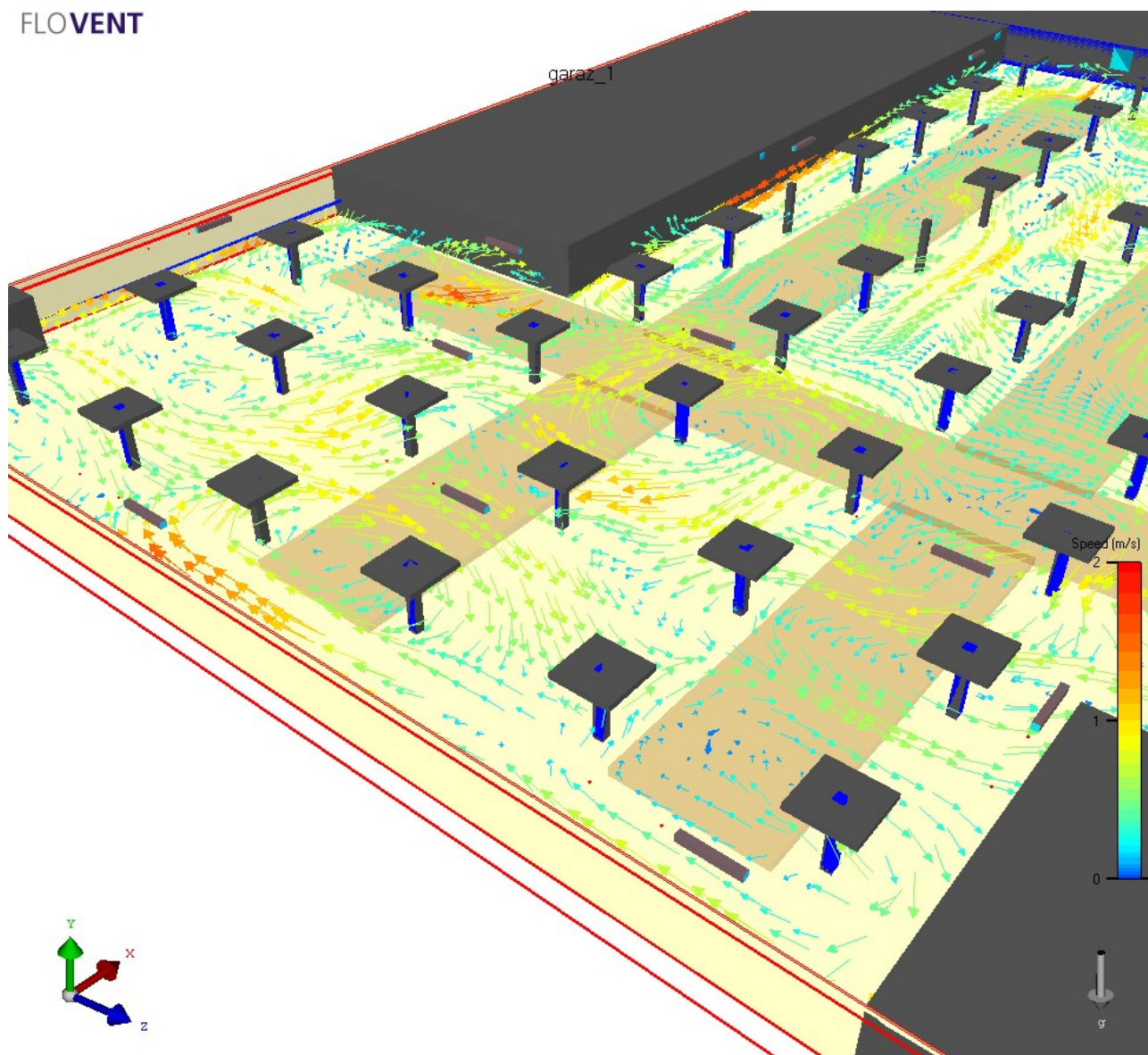
Výsledky simulací poukazují ještě na některé malé lokální oblasti garáží, kde je výměna vzduchu nižší, ale není nutno tyto náležitosti dál řešit. Jedině, bude-li to možné, navrhl bych, umístit do rohu (místo odsávání vzduchu z garáží) výustku s větší plochou odsávání, nebo zabezpečit jinak efektivnější odsávání.

V Brně, dne 31.5.2010

Ing. Peter Podoliak

## PRÍLOHY

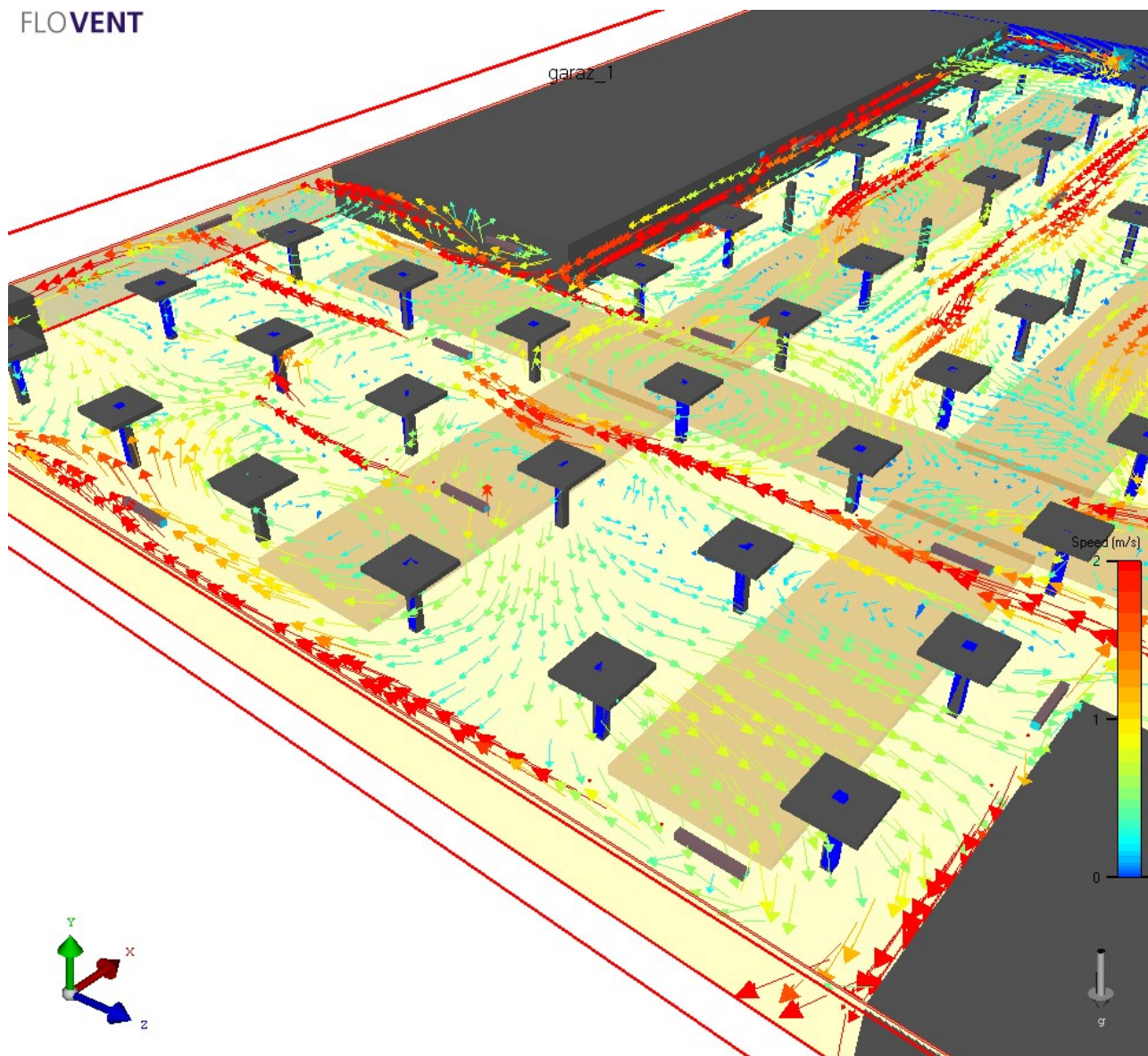
### FLOVENT



Obr. 6: Obráz proudění, vektory rychlostí - axonometrie ( $H=1m$ )

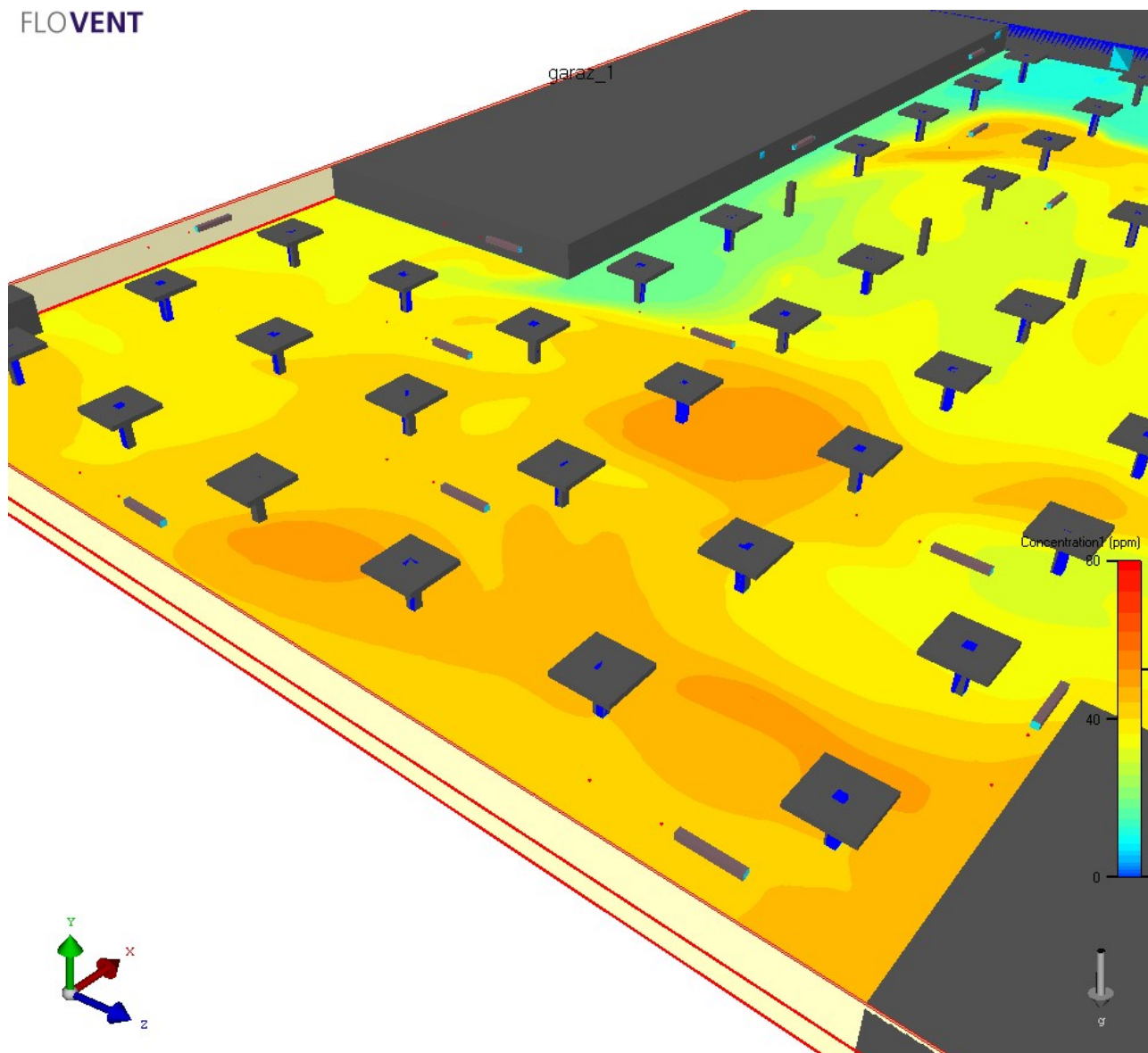


## FLOVENT



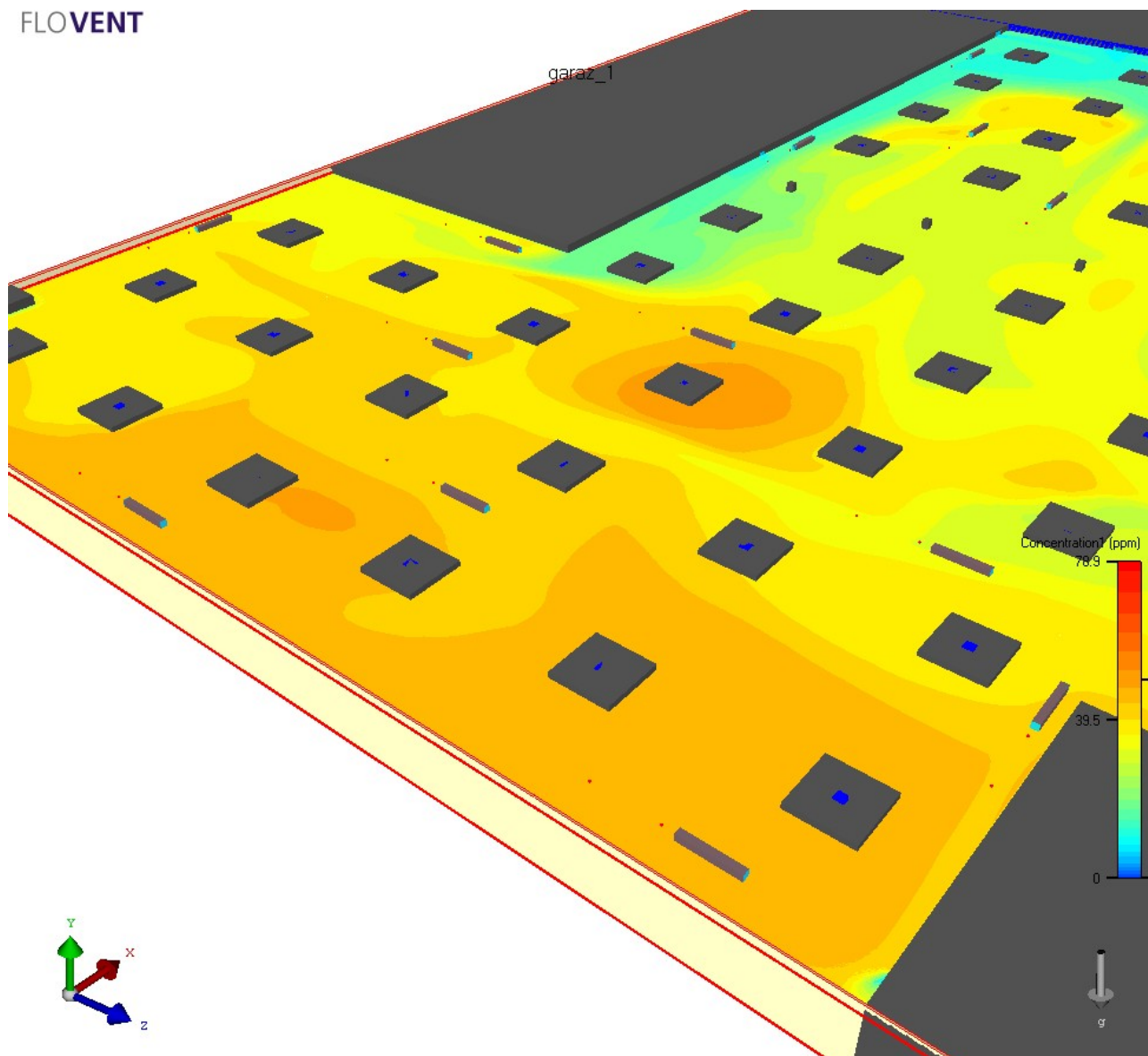
Obr. 7: Obrázek proudění, vektory rychlostí - axonometrie ( $H=2,5m$ )

## FLOVENT



Obr. 8: Pole koncentrací - axonometrie ( $H=1m$ )

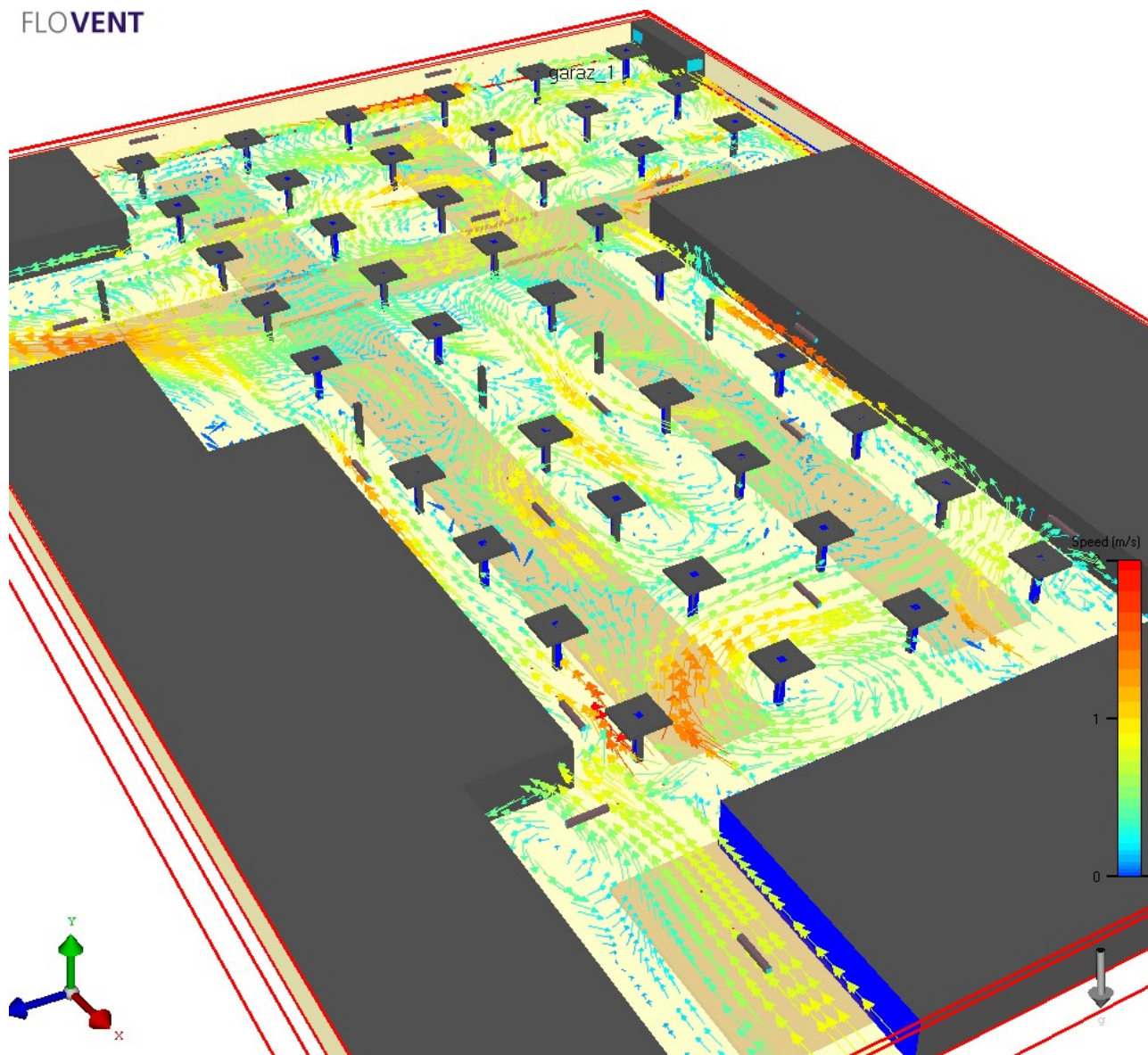
## FLOVENT



Obr. 9: Pole koncentrací - axonometrie ( $H=2,5m$ )



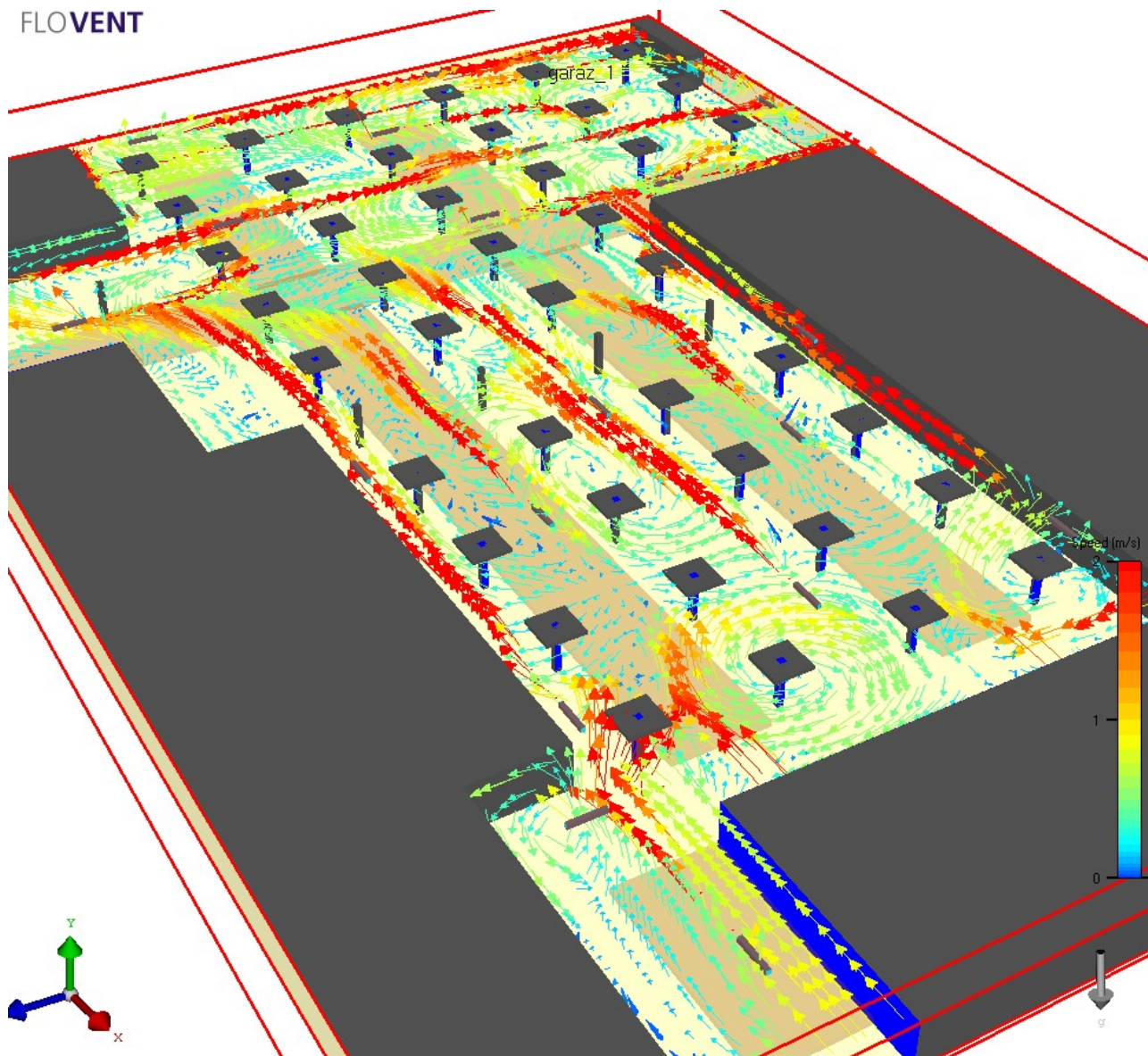
## FLOVENT



Obr. 10: Pole vektorů rychlostí - axonometrie ( $H=1m$ )

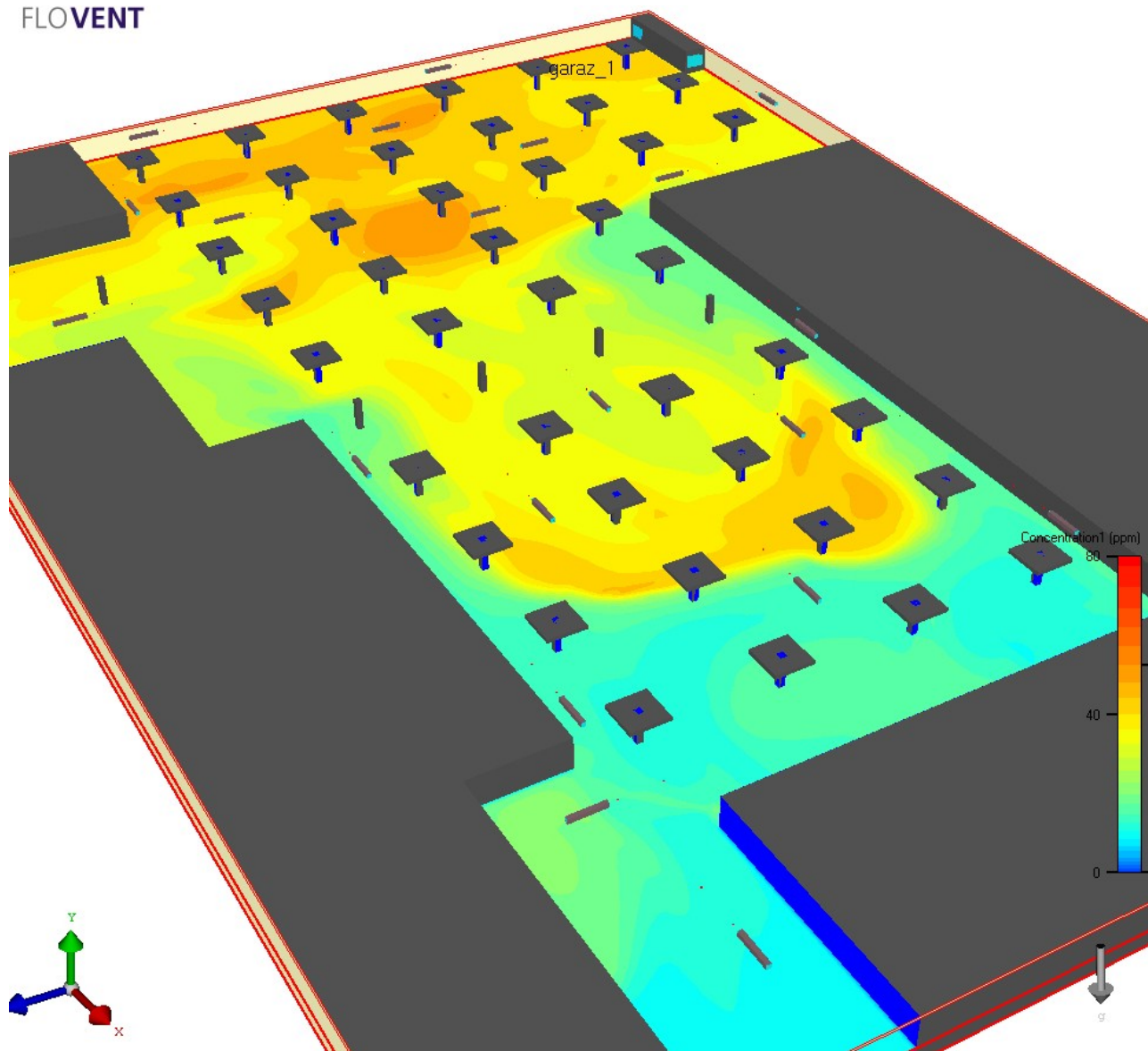


FLOVENT



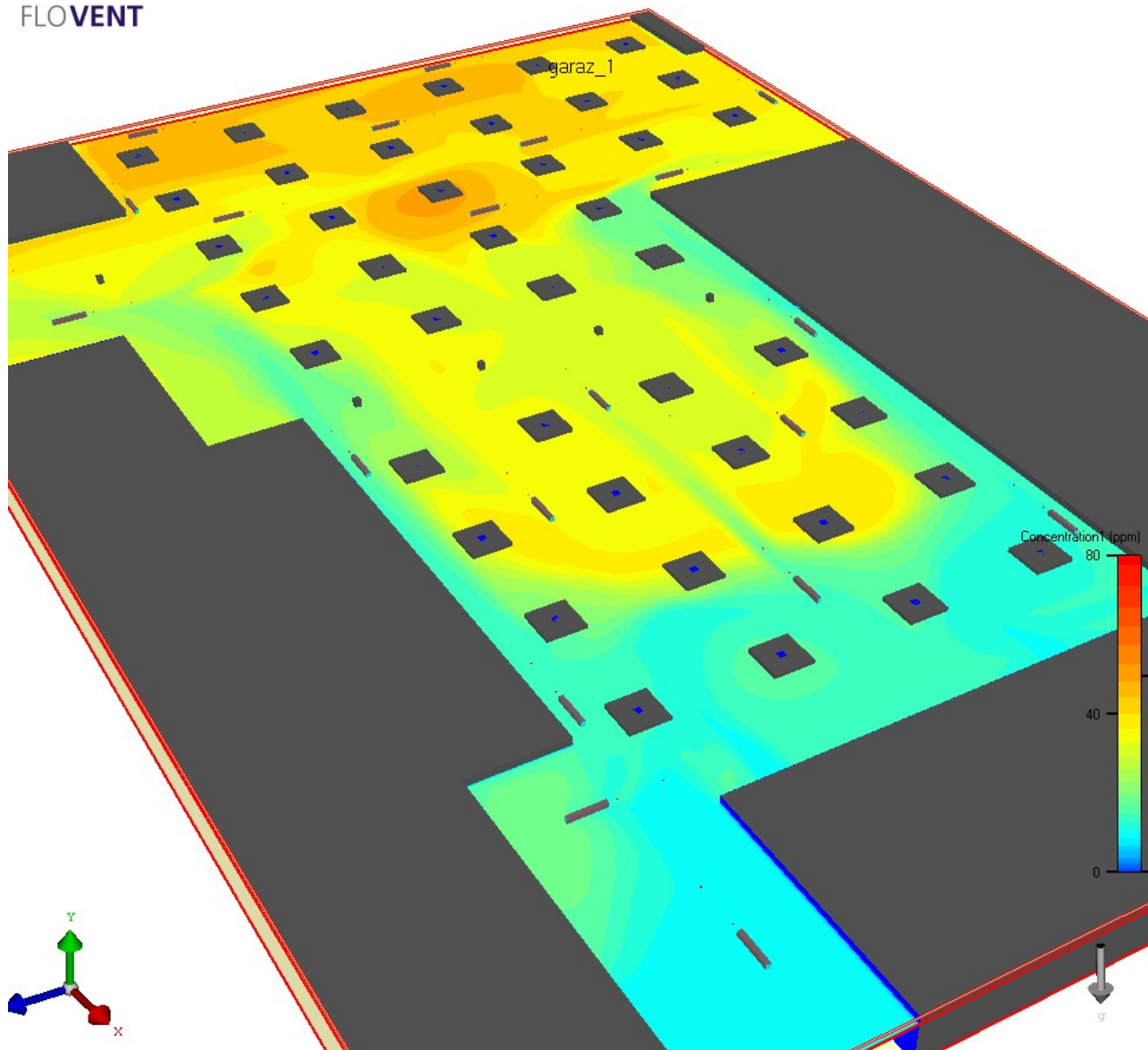
Obr. 11: Pole vektorů rychlostí - axonometrie ( $H=2,5m$ )

## FLOVENT



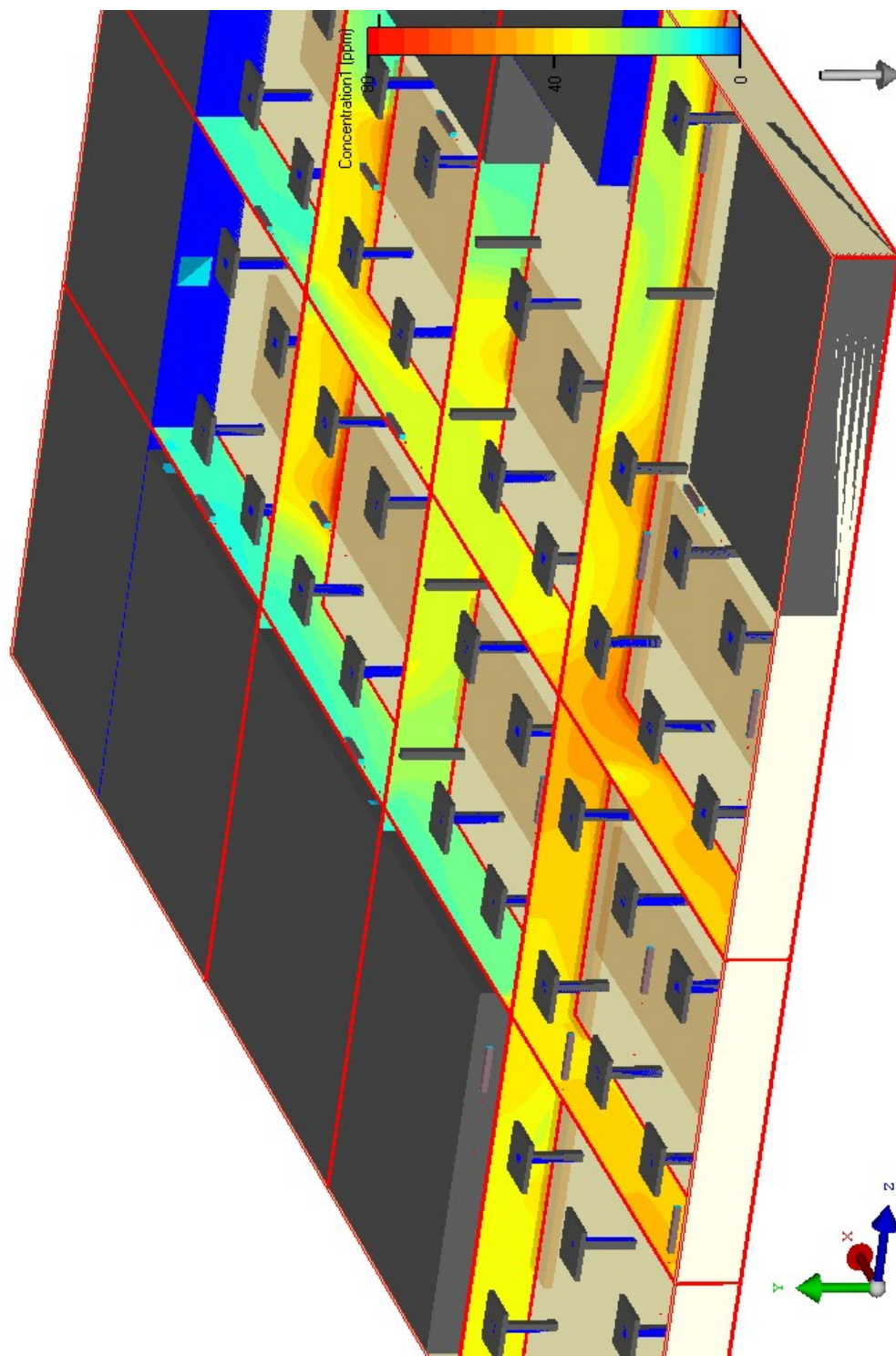
Obr. 12: Pole koncentrací - axonometrie ( $H=1m$ )

## FLOVENT

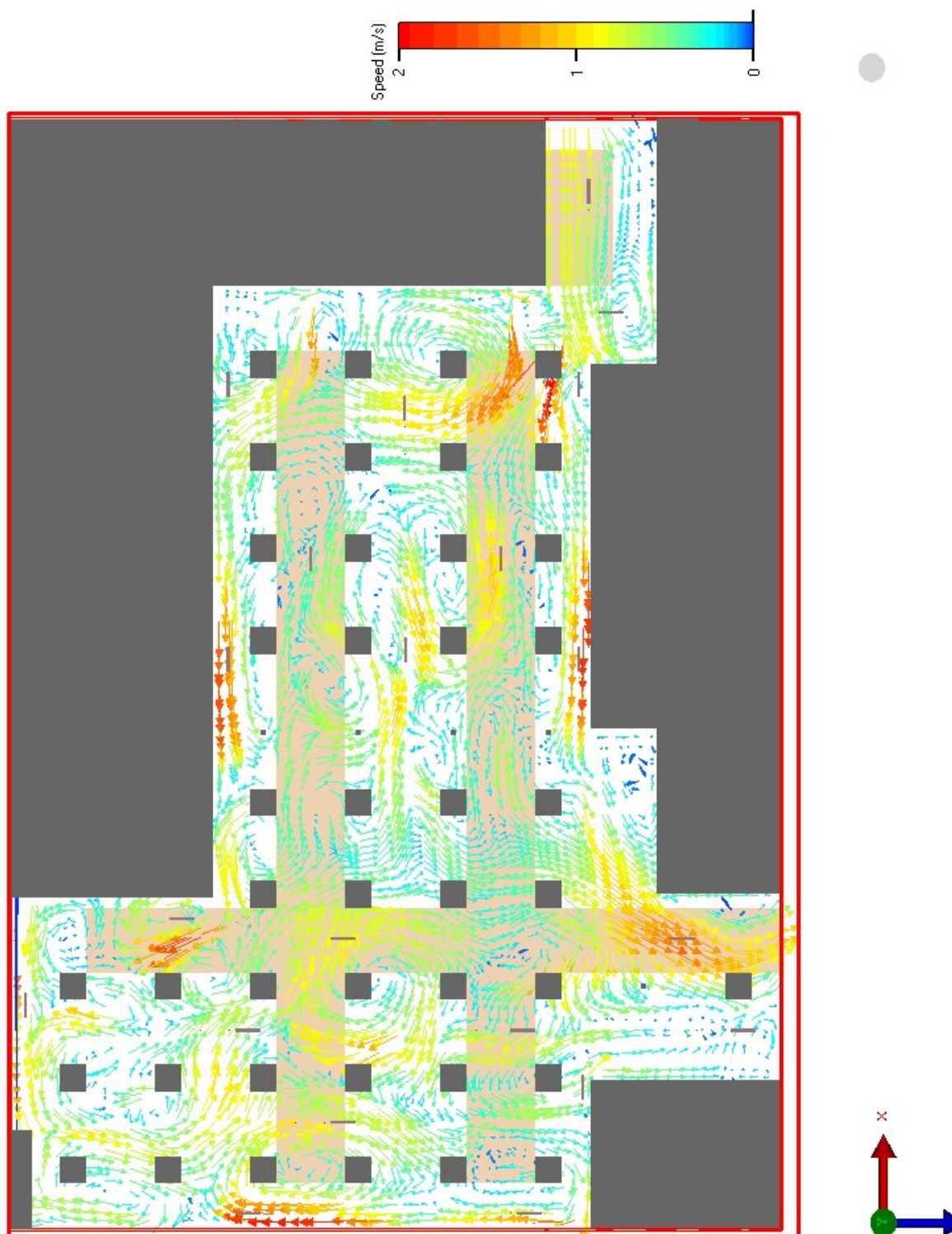


Obr. 13: Pole koncentrací - axonometrie ( $H=2,5m$ )





Obr. 14: Pole koncentrací po výšce - axonometrie



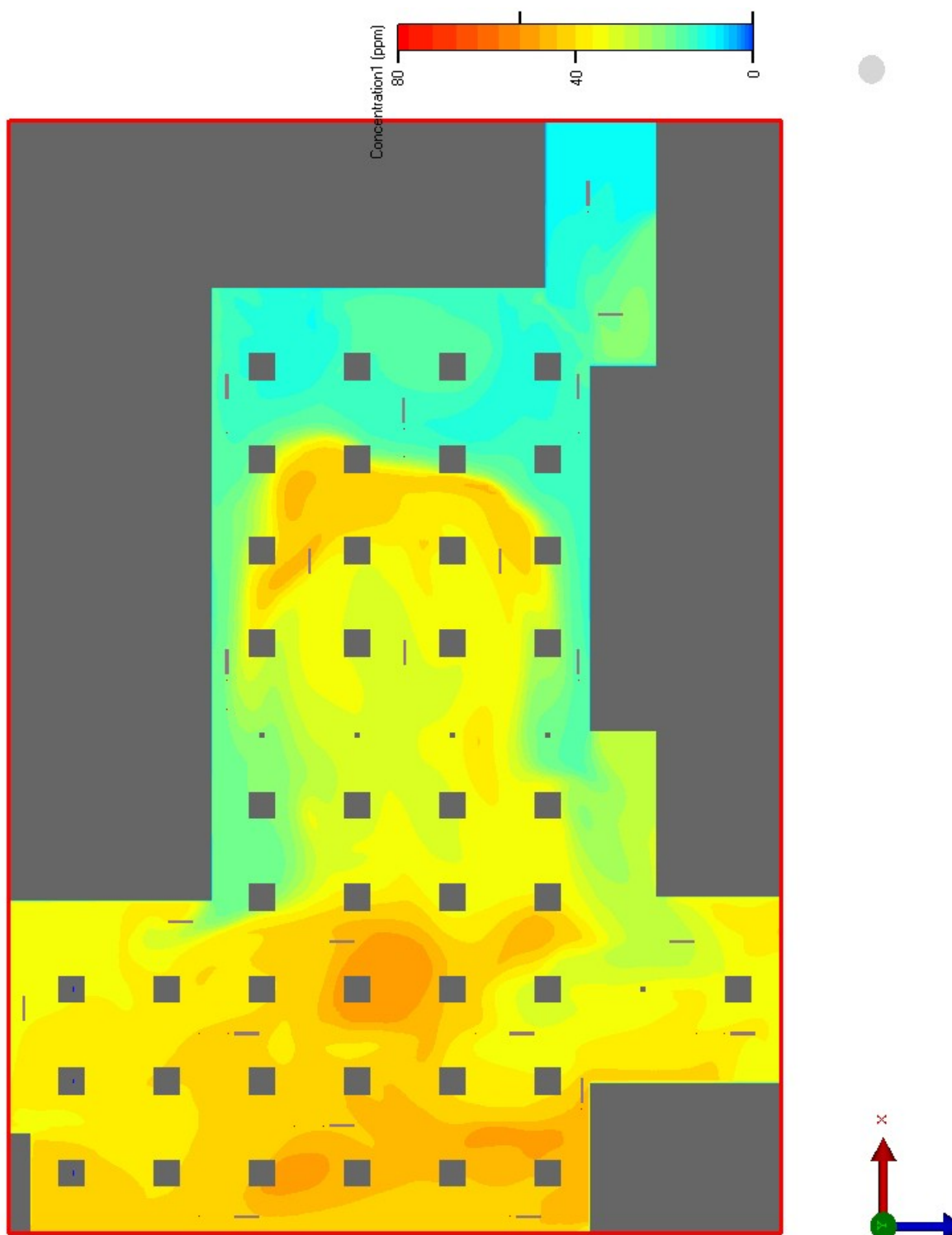
Obr. 15: Pole vektorů rychlostí ( $y=1\text{m}$ )

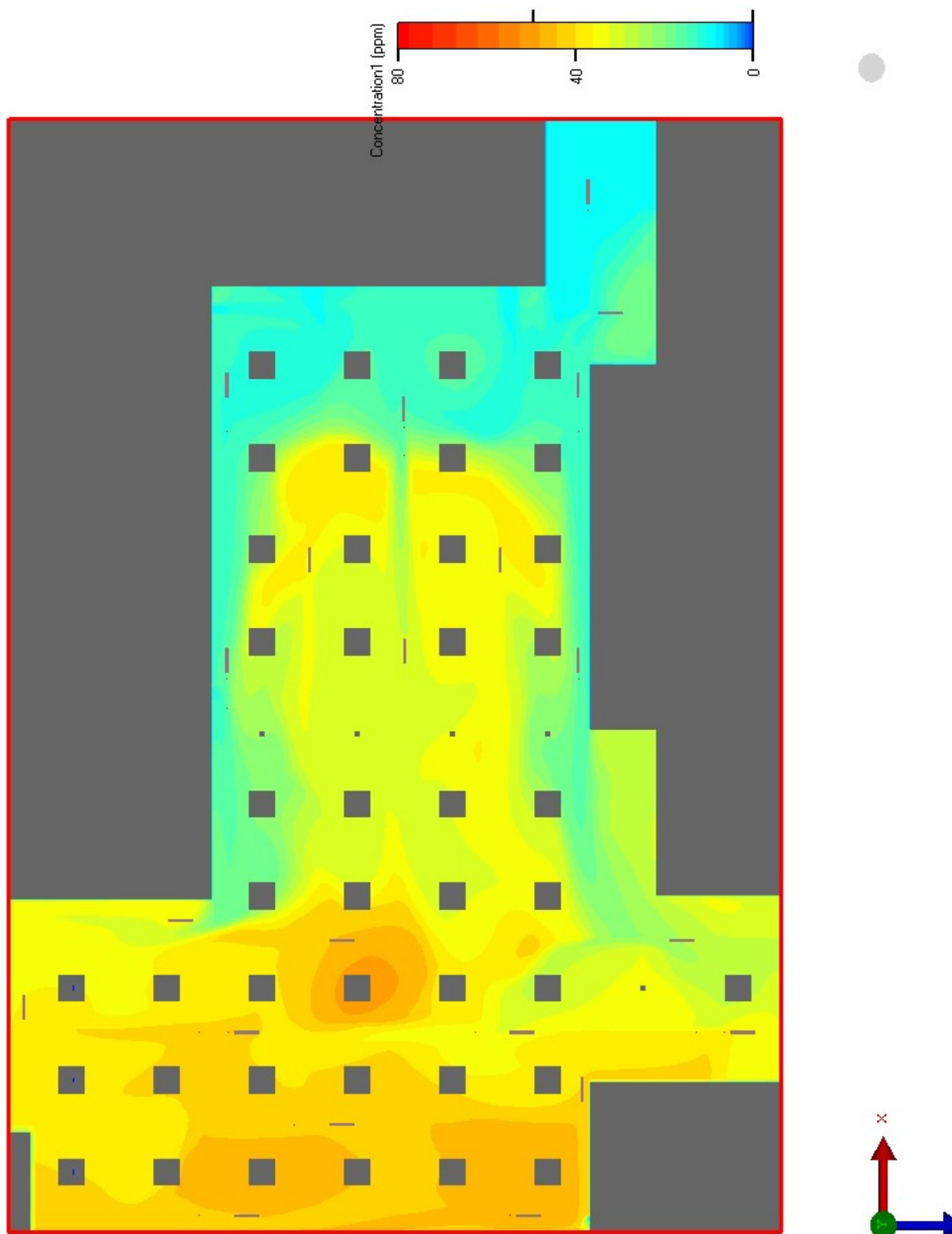




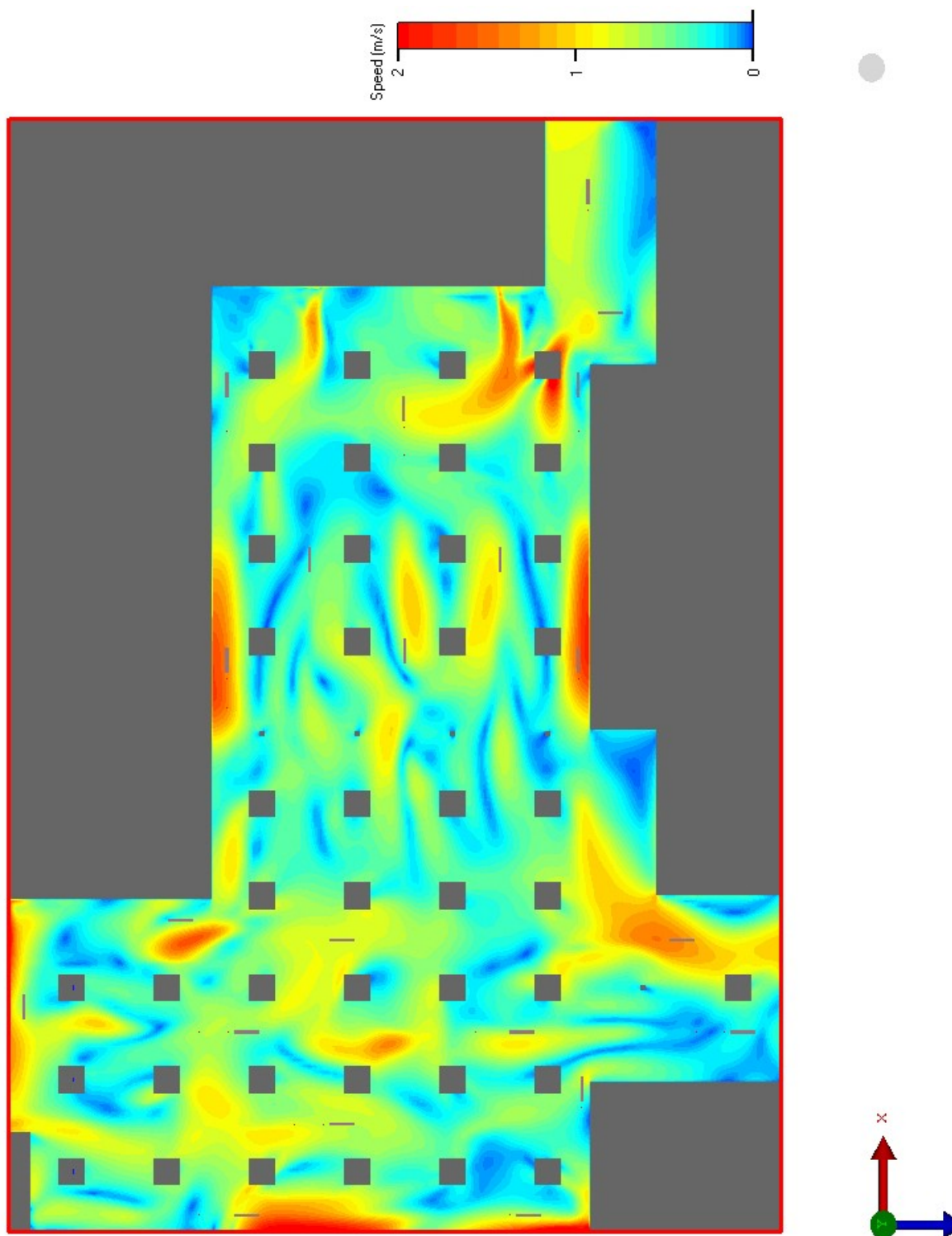
Obr. 16: Pole vektorů rychlostí ( $y=2,5m$ )



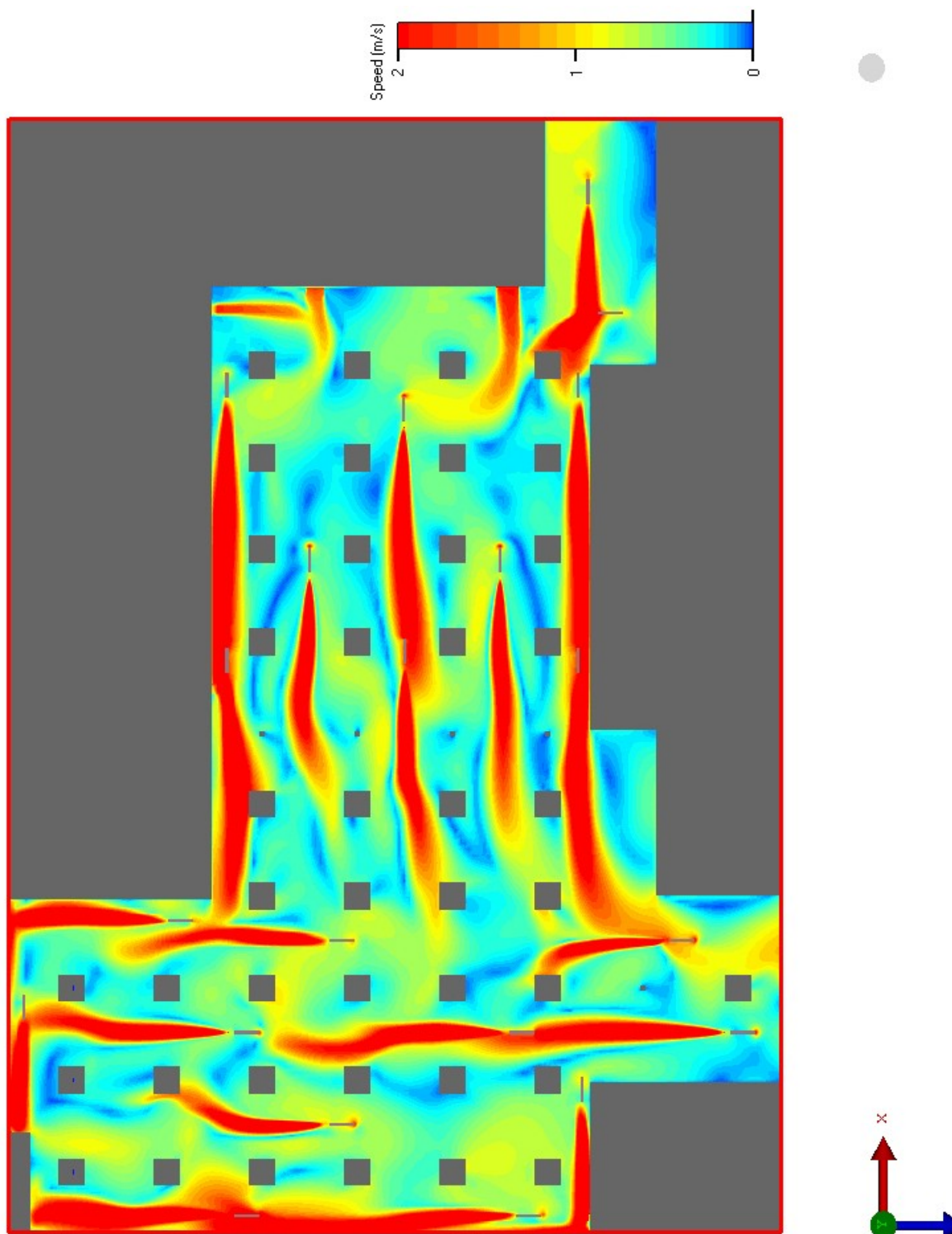




Obr. 18: Pole koncentrací ( $y=2,5m$ )

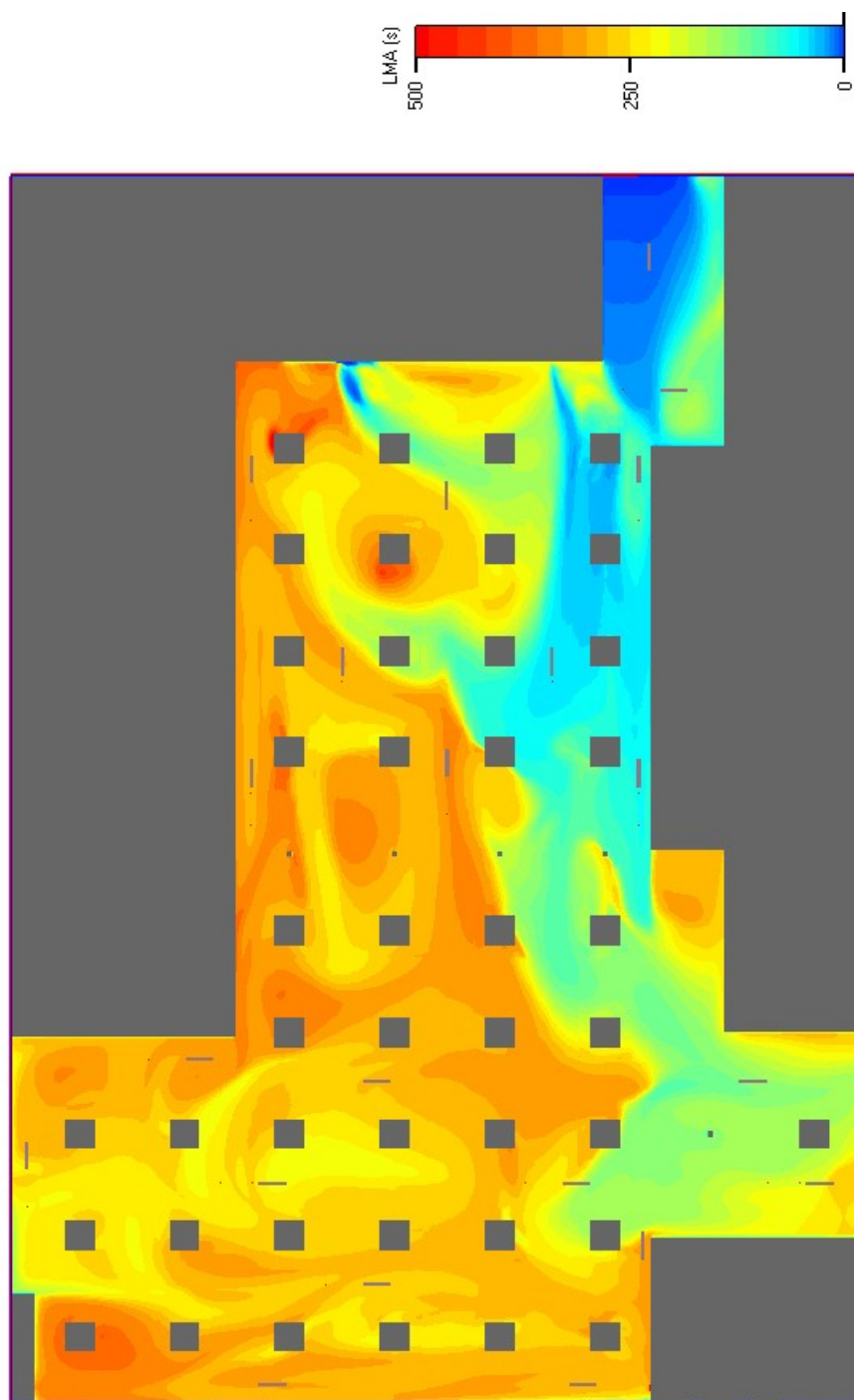


Obr. 19: Pole rychlostí ( $y=1m$ )

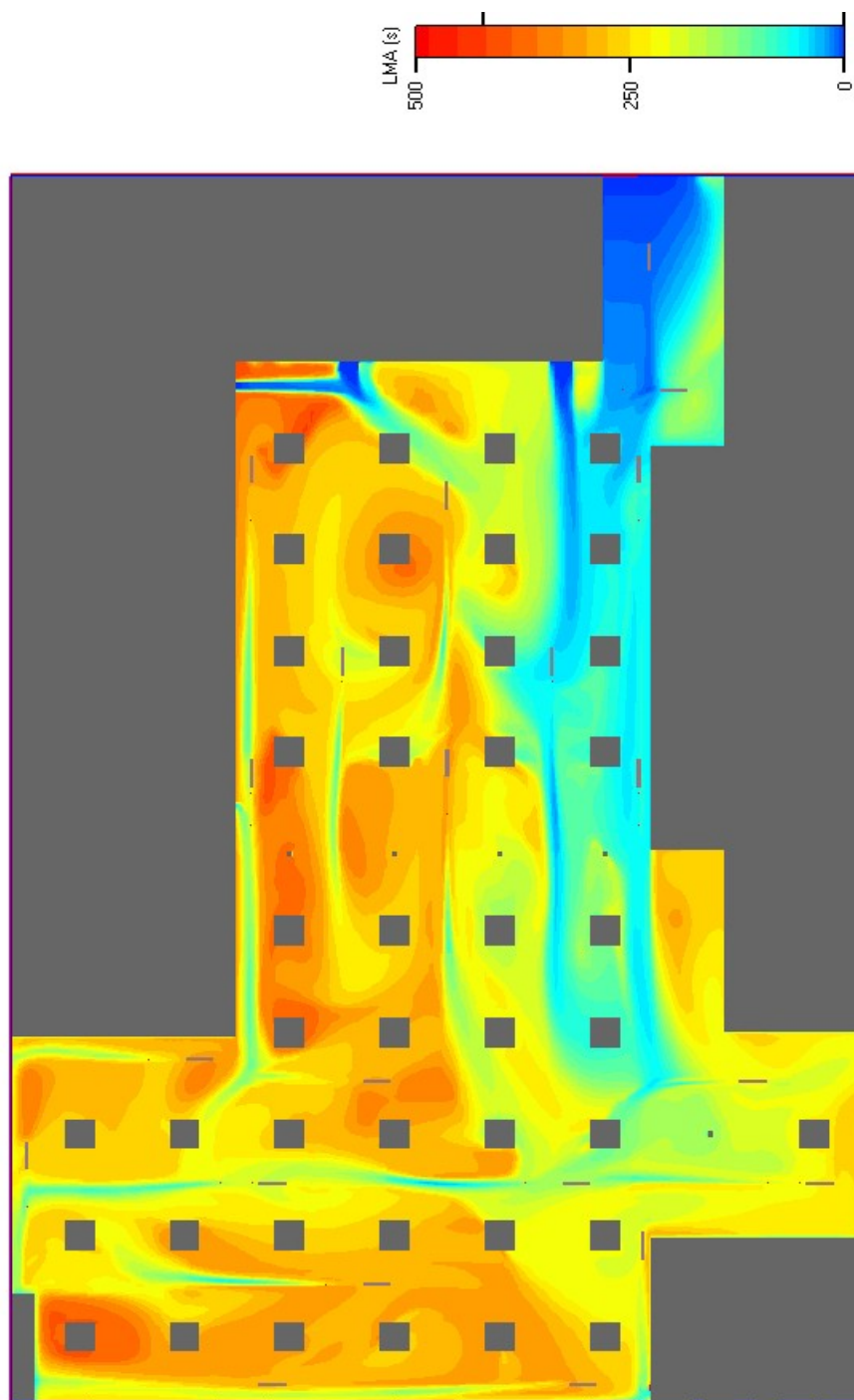


Obr. 20: Pole rychlostí ( $y=2,5m$ )





Obr. 21: Pole indexu stáří vzduchu ( $y=1\text{m}$ )



Obr. 22: Pole indexu stáří vzduchu ( $y=2,5m$ )