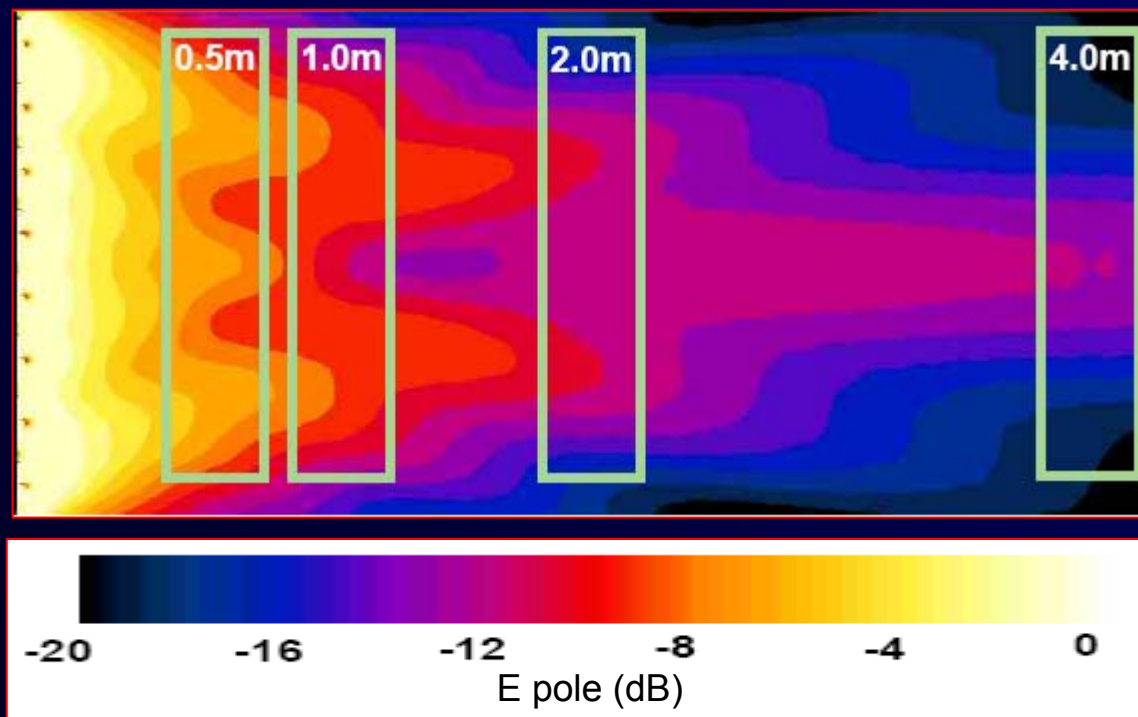


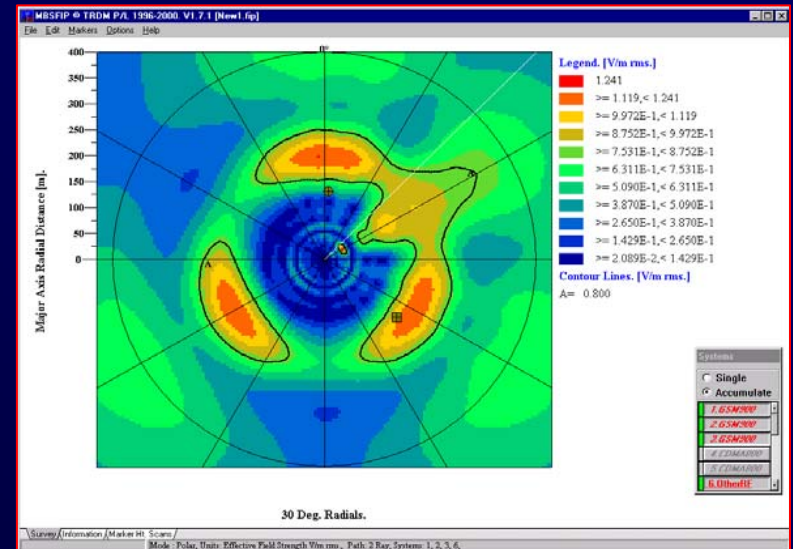
Zjišťování expozic RF v blízkosti telekomunikačních antén



Přetrvávající debata: Měření versus výpočet?



Měření věří všichni,
kromě člověka, který
jej provádí.



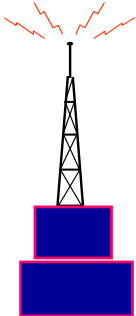
Výpočtu nevěří nikdo,
kromě člověka, který
jej provádí.



1

2

6



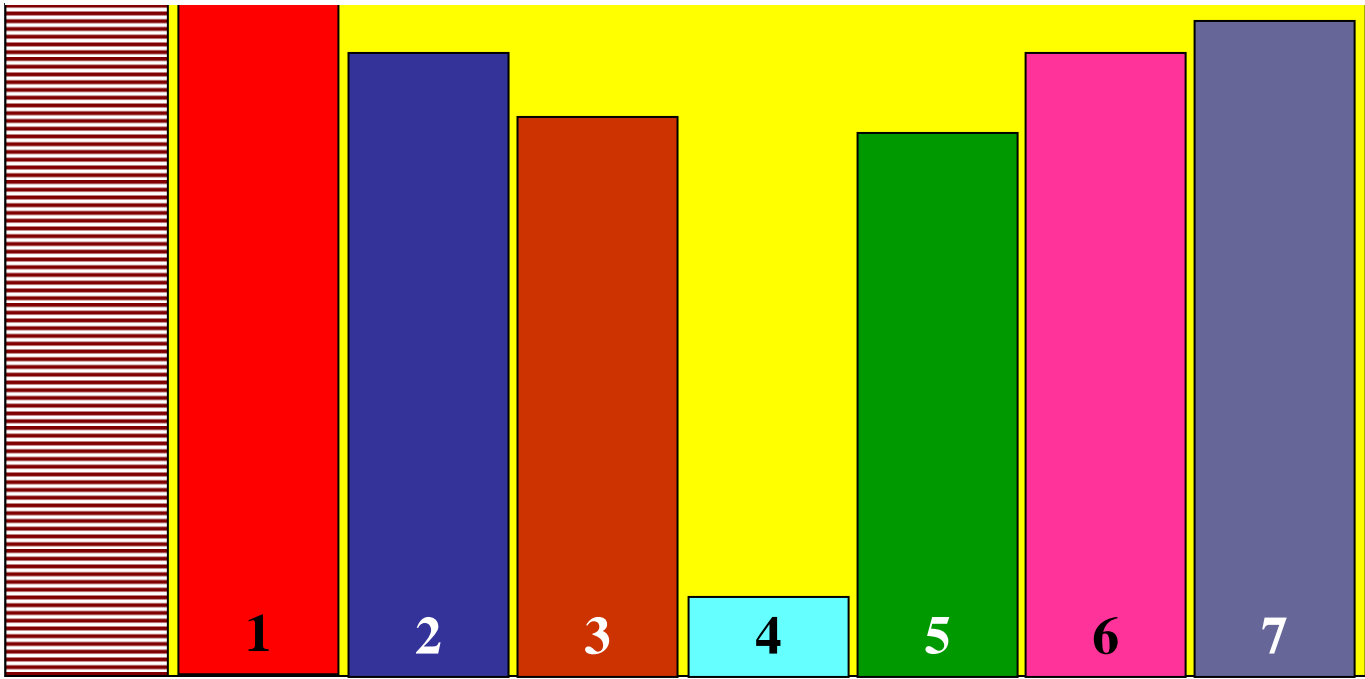
4

5

3

7

Okamžitý výkon základnové stanice



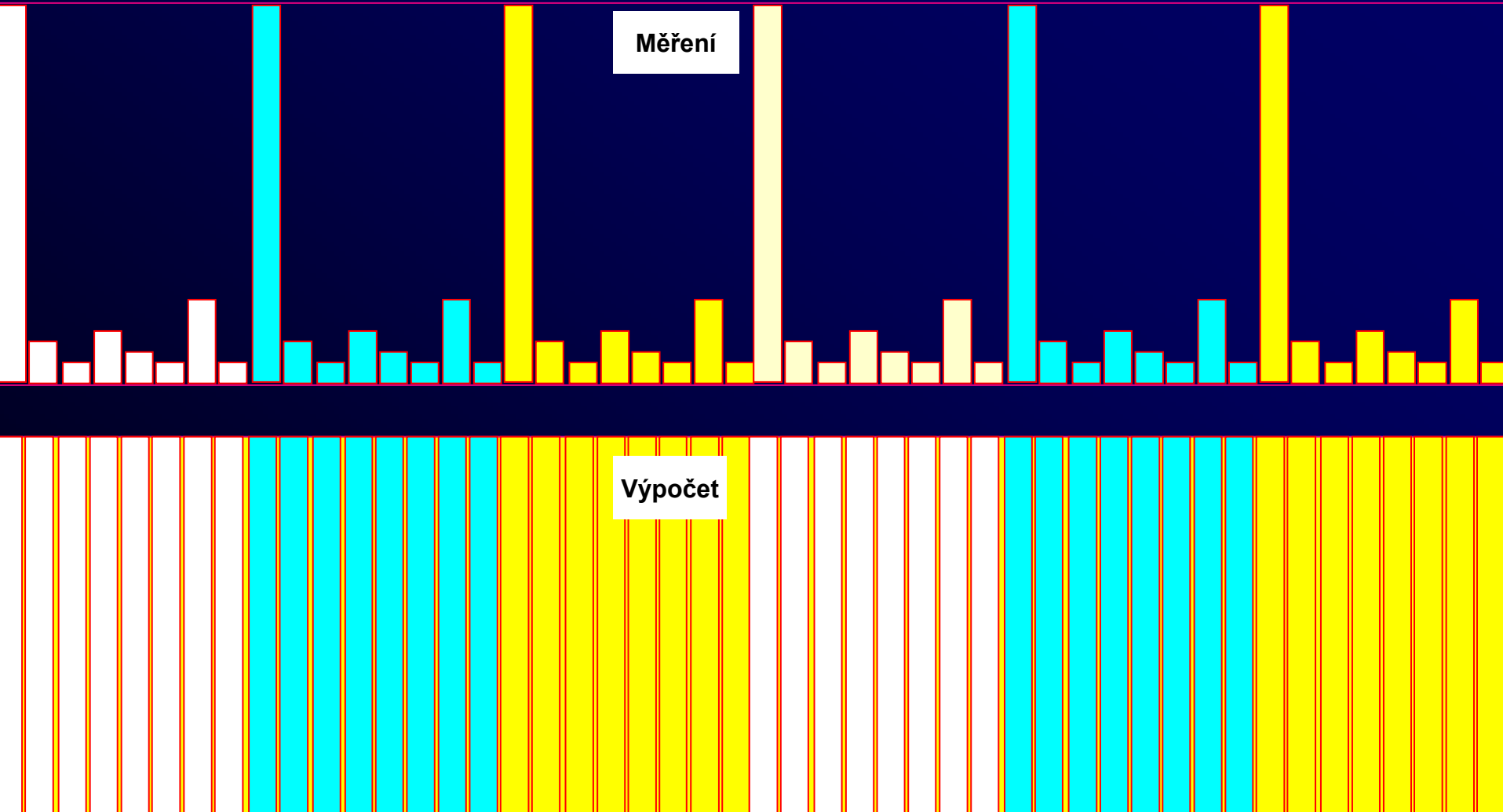
MĚŘENÍ versus VÝPOČET

Start

Stop

Měření

Výpočet



Měření nebo Výpočet?

Získáme referenční hodnoty **E,H,S**



V blízkém poli neplatí vztah **Z= E/H**,
musíme je měřit samostatně

V praxi používáme širokopásmová
měřidla (EMR-300)

Vzdálené pole

$$S = \frac{PG}{4\pi R^2}$$

$$E = 5,5 \sqrt{\frac{PG}{R}}$$

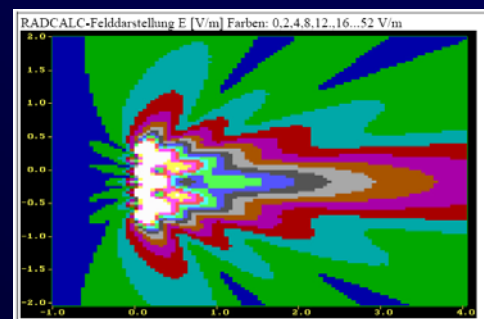
$$S = \frac{E^2}{377}$$

$$E = \sqrt{377S}$$

$$H = \sqrt{\frac{S}{377}}$$

Blízké pole

NEC, RADCALC



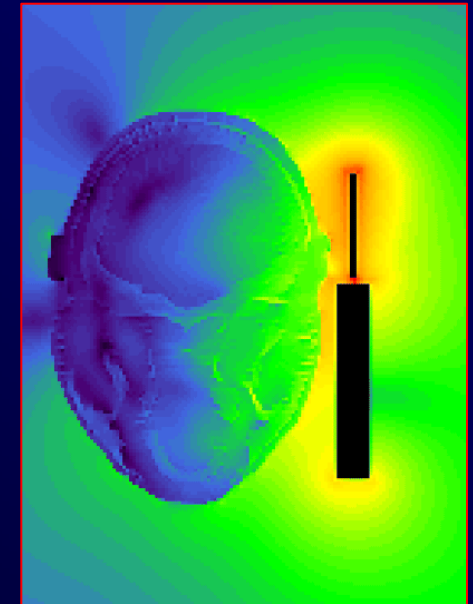
Měření i výpočet vedou k nadhodnocování skutečných hranic hygienické normy (zjišťujeme referenční hodnoty)

Příklad:

Mobilní telefon (GSM)

- povolený špičkový výkon 2 W
- je-li naměřeno **$E = 120 \text{ V/m}$**
-> **překračuje limit 42 V/m**

-
- reálné hodnoty SAR se pohybují
mezi 0,2 až 1,6 W/kg
-> **limit: 2W/kg není dosažen**



Přesnější řešení je:
stanovení hygienické hranice na základě
nejvyšších přípustných hodnot - SAR

Dvě nezávislé studie – výpočet SAR:

1. „Hansen study“ – Universita Wuppertal - Německo

**2. „Posouzení absorpce elektromagnetické energie
lidským tělem při expozici záření antén
základnových stanic “ - Vědecká a technologická
universita Federálního technolog. institutu - Švýcarsko**

Výpočet SAR na simulátoru EMP založeném na FDTD metodě.

FDTD

(Finite difference time domain method)

(Metoda konečných diferencí v časové oblasti)

Simulátor počítá hodnoty pro nehomogenní síť
175 miliónů voxelu.

(PC s 32 GB RAM to řeší přibližně půl dne)

1. Studie – 2x model člověka

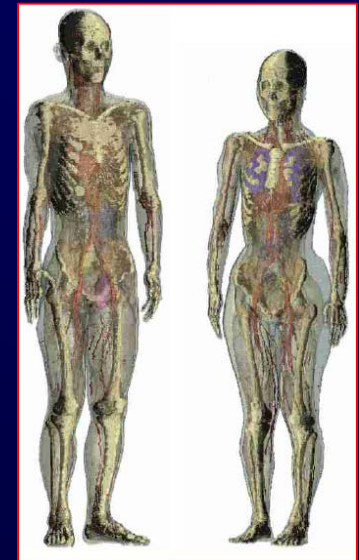
- a) 110 kg – dospělý muž
- b) 42 kg – adolescent

2. studie – 2x model člověka

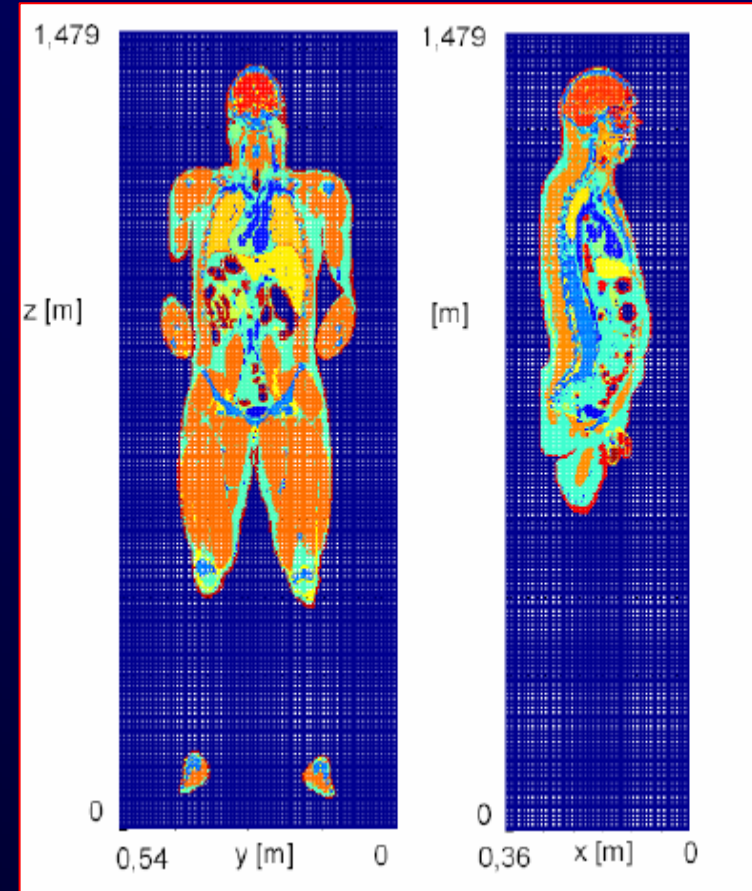
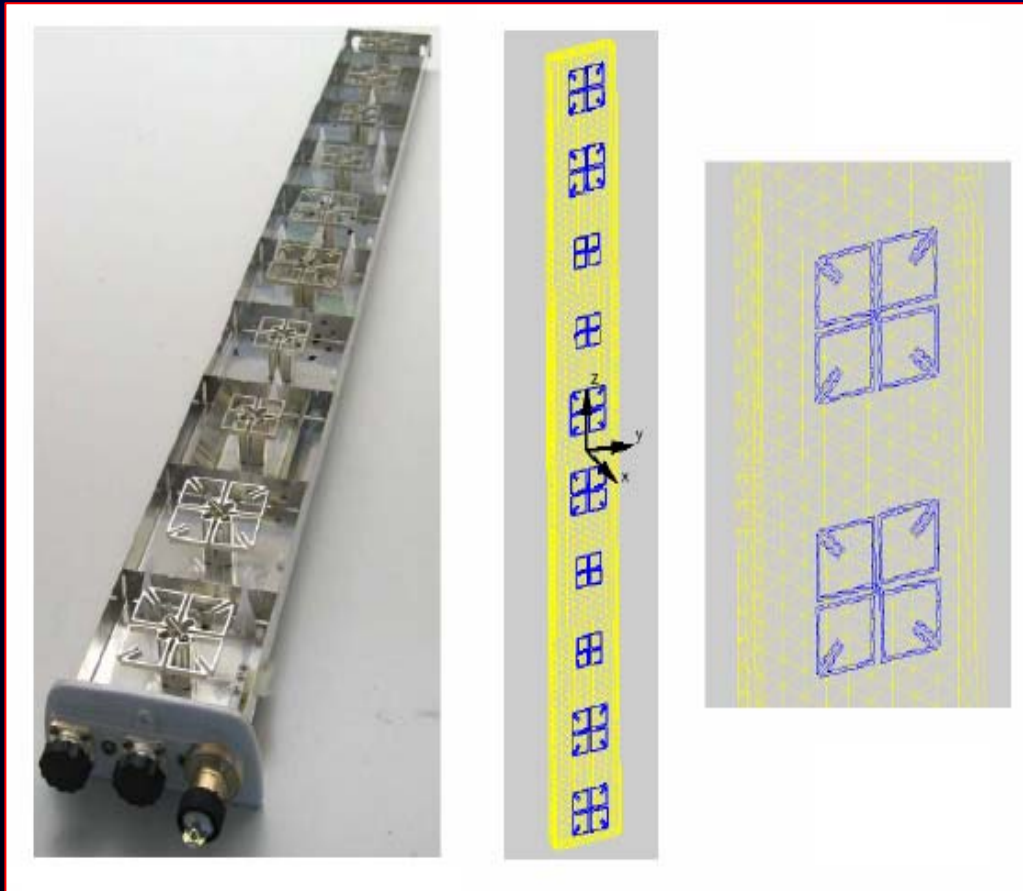
- a) 90 kg – 180 cm
- b) 53 kg – 160 cm

Tělo - rozlišení 2 mm
Hlava - rozlišení 1 mm

Zmapováno je více než
50 druhů tkání a orgánů

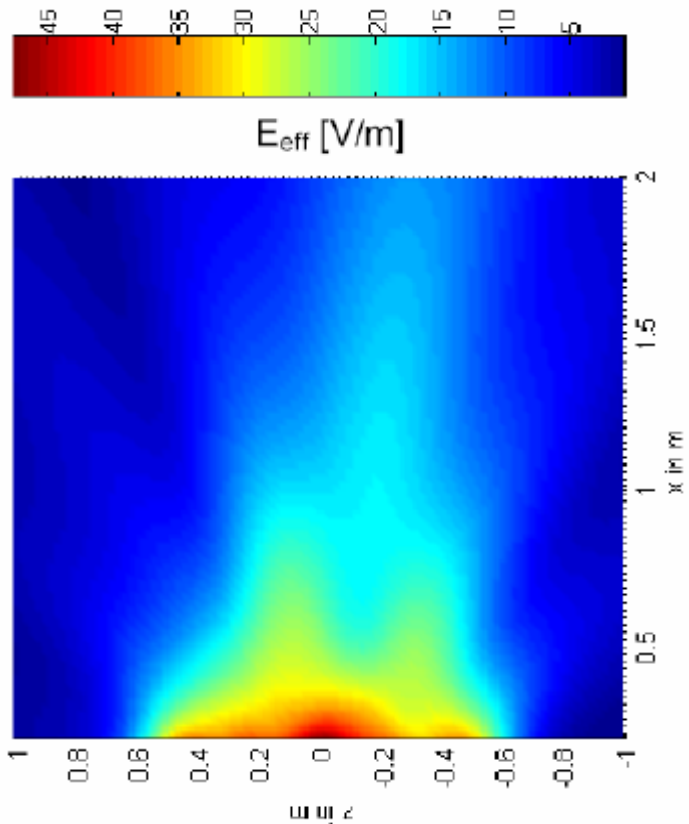


Přesné modely antén a lidského těla zaručují věrohodné výsledky simulací



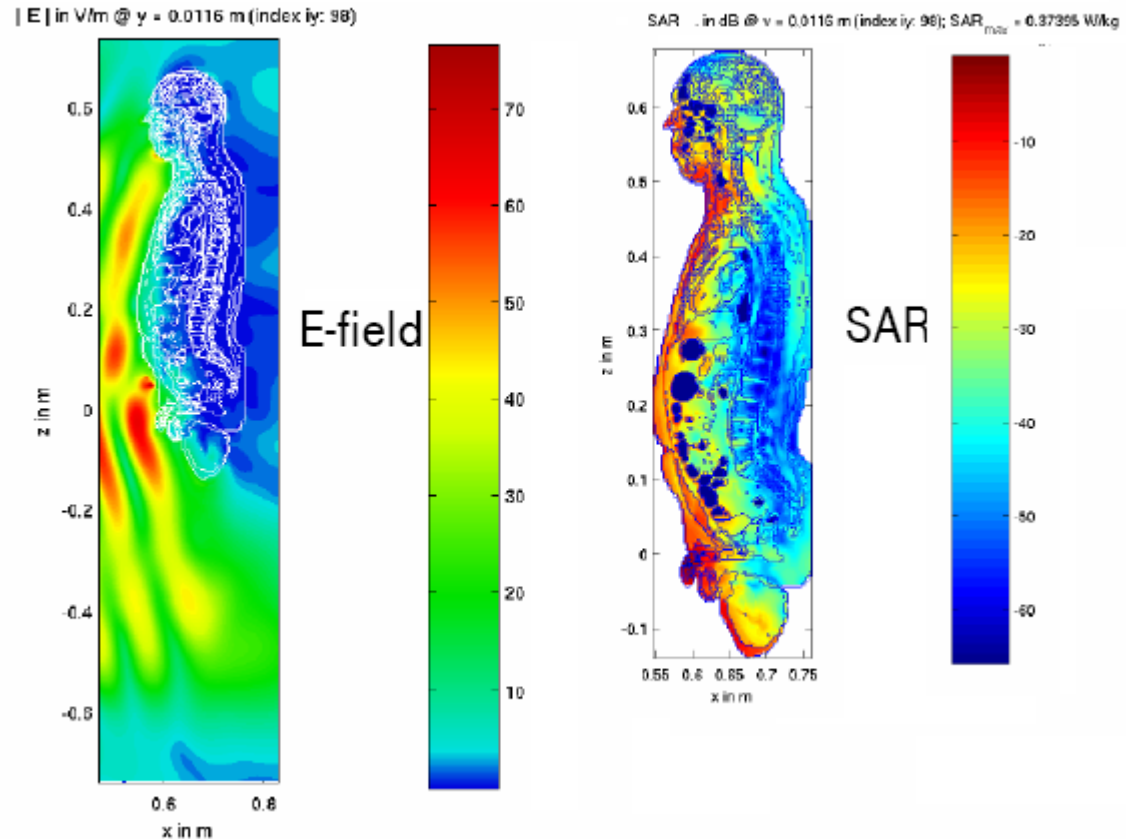
Charakter záření testované antény v blízkém poli

Vyzařovací charakteristika v blízkém poli



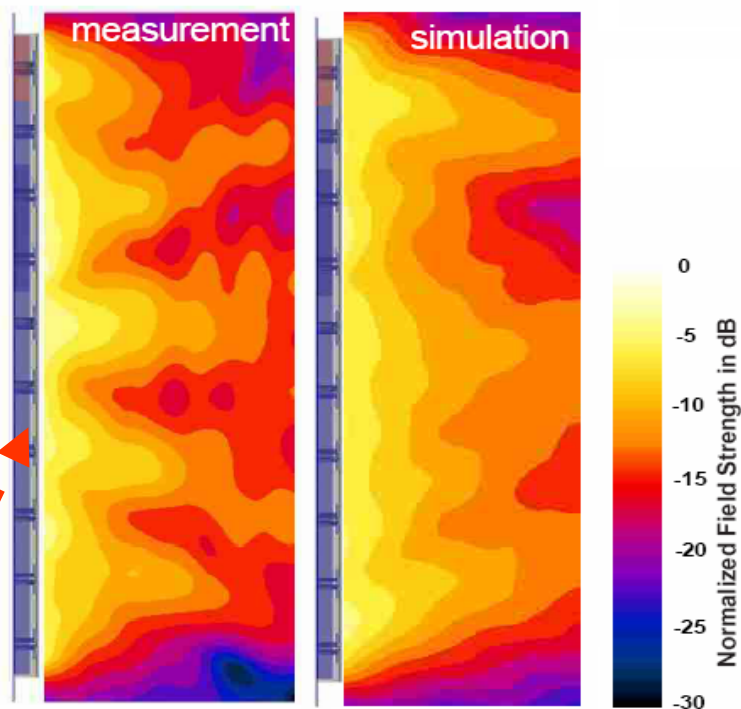
El. pole kolem těla a rozdělení SAR v těle

Rozložení El. pole a distribuce SAR v lidském těle



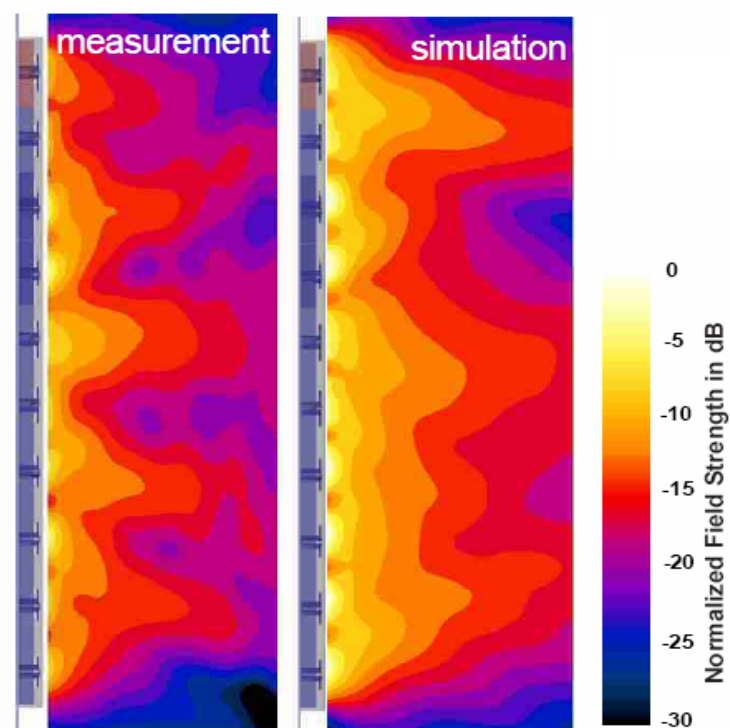
Porovnání naměřených a simulovaných hodnot elektrického a magnetického pole

Kathrein 742 215
E-Field at 1840 MHz



Měřené a simulované E pole
v rovině vedené středem antény
0 dB = 130V/m

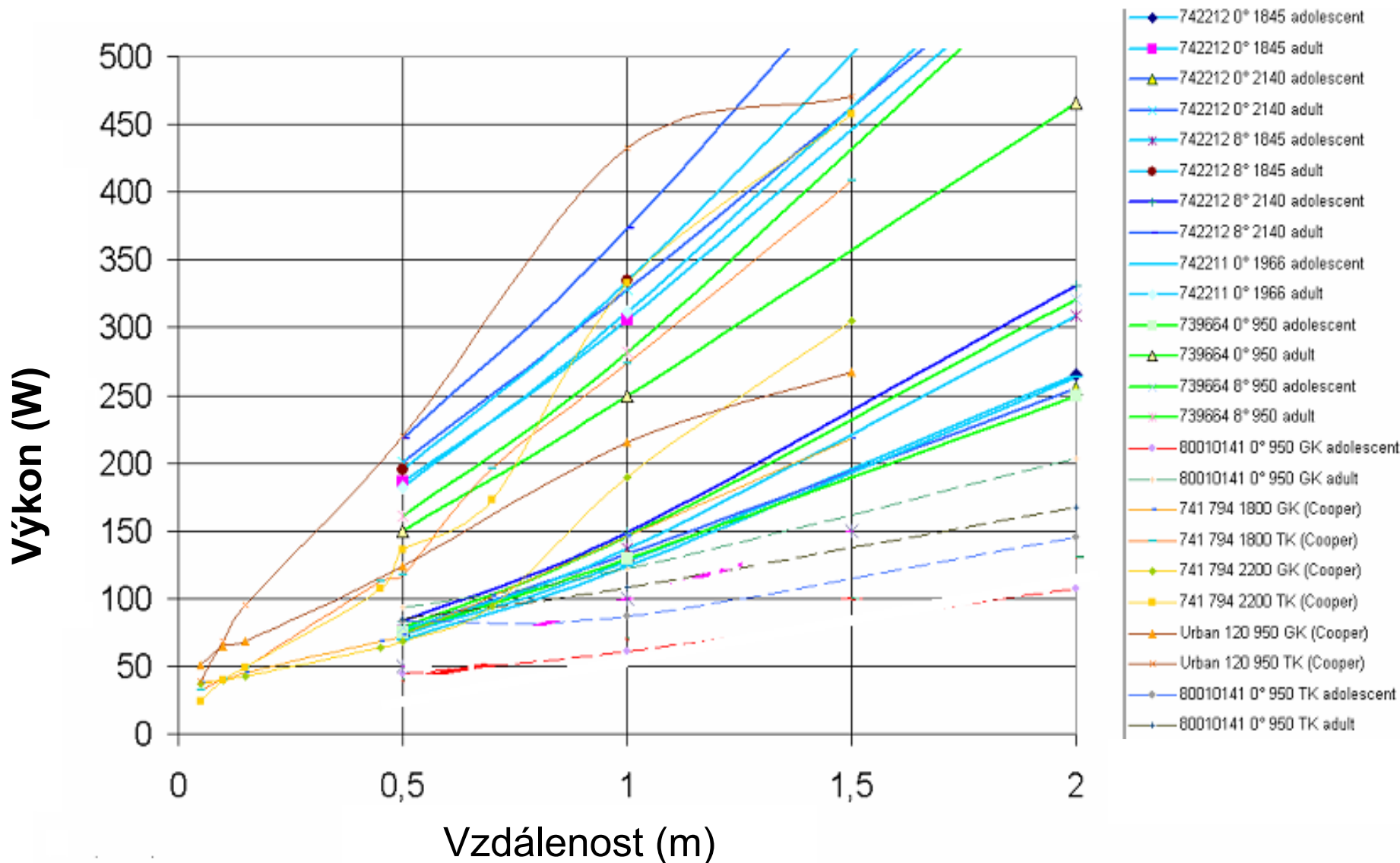
Kathrein 742 215
H-Field at 1840 MHz



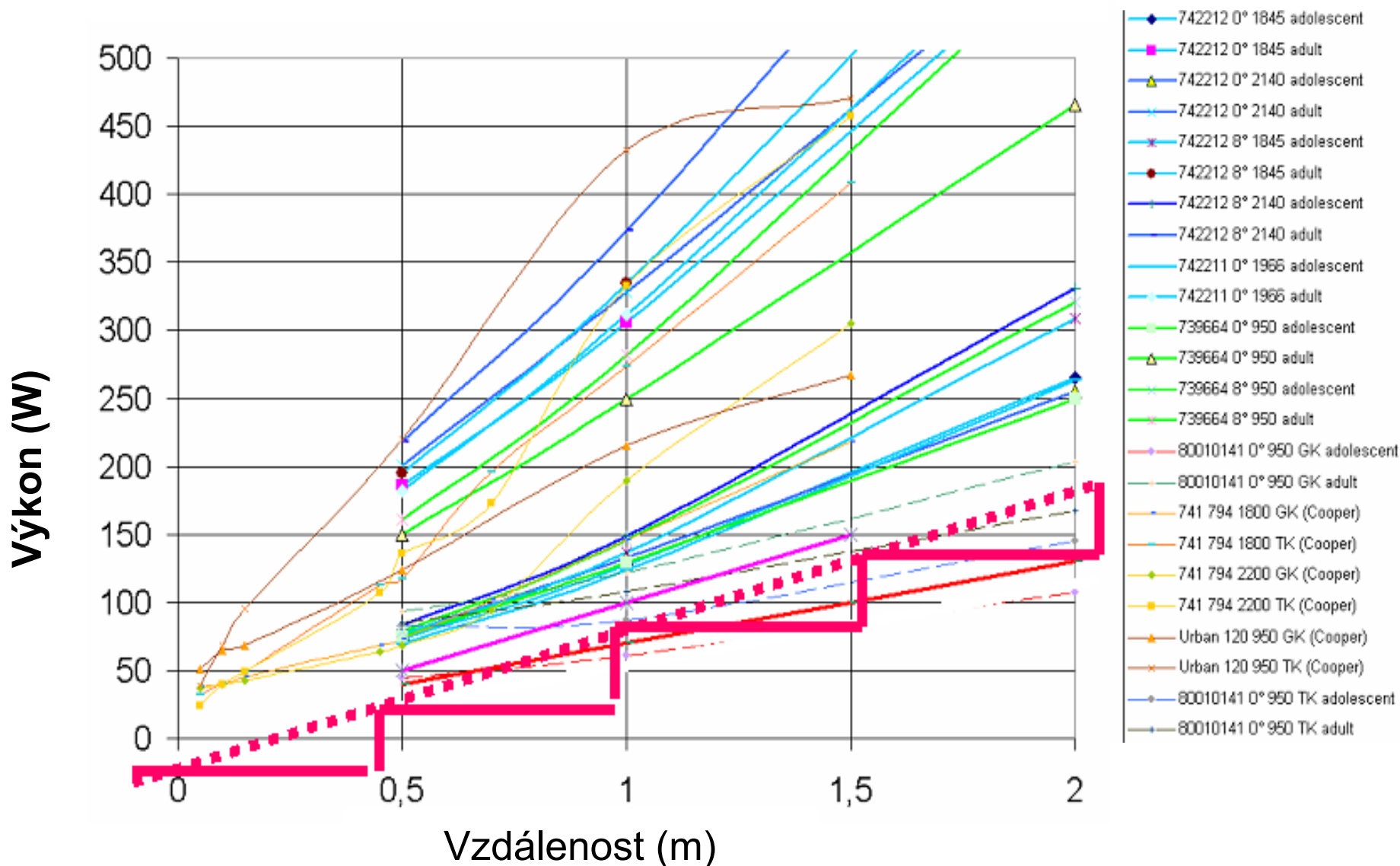
Měřené a simulované H pole
v rovině vedené středem antény
0 dB = 0,5A/m

Anténa

Testování antén s různými parametry (ϕ , dBi, D, f, ...), na dosažení přípustné SAR podle výkonu



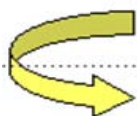
Testování antén s různými parametry (ϕ , dBi, D, f, ...), na dosažení přípustné SAR podle výkonu



Výsledek - tabulka vzdáleností - funkce výkonu.

Antény jsou rozděleny na dvě skupiny podle úhlu horizontální charakteristiky

Vzdálenost	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
$\geq 60^\circ$	70 W	120 W	180 W	250 W
$< 60^\circ$	40 W	60 W	80 W	100 W

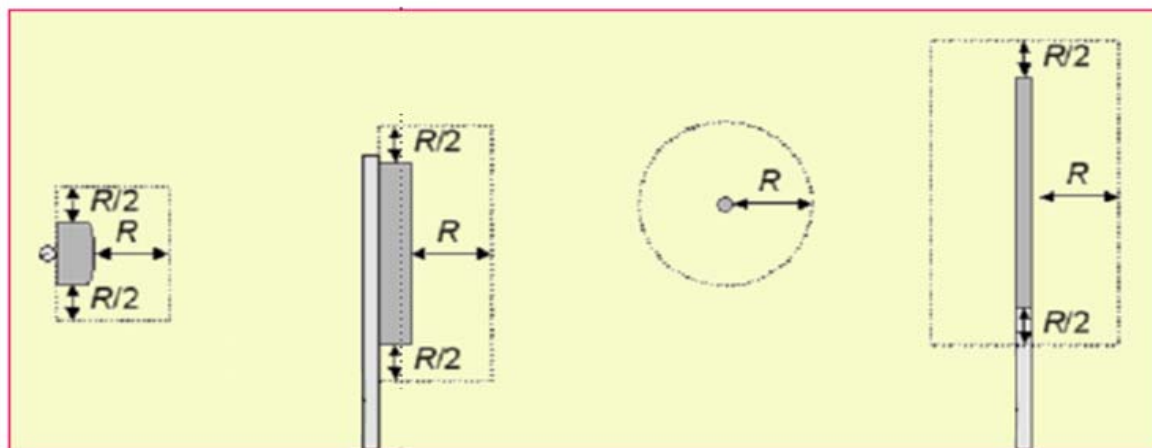


Referenční **2,66 m** **3,26 m** **3,77 m** **4,21 m**



Bezpečnostní vzdálenosti

před	2 m
nad, pod	1 m
vlevo, vpravo	1 m
za	0 m



Obě studie potvrzují doporučení NRL:

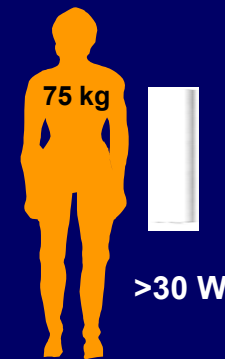
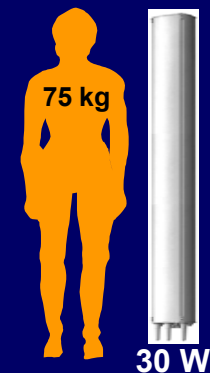
- Pro antény srovnatelné s výškou člověka a s výkonem do 30 W nejsou nutné žádné restriktce ani v těsné blízkosti
- U antén kratších než výška člověka a s výkonem vyšším než 30 W je nutno stanovit bezpečnou vzdálenost. Při vysokých výkonech je nutno napájení vypnout po dobu práce na anténě.
- **Další možnost - pravidlo 6 minut**

Příklad:

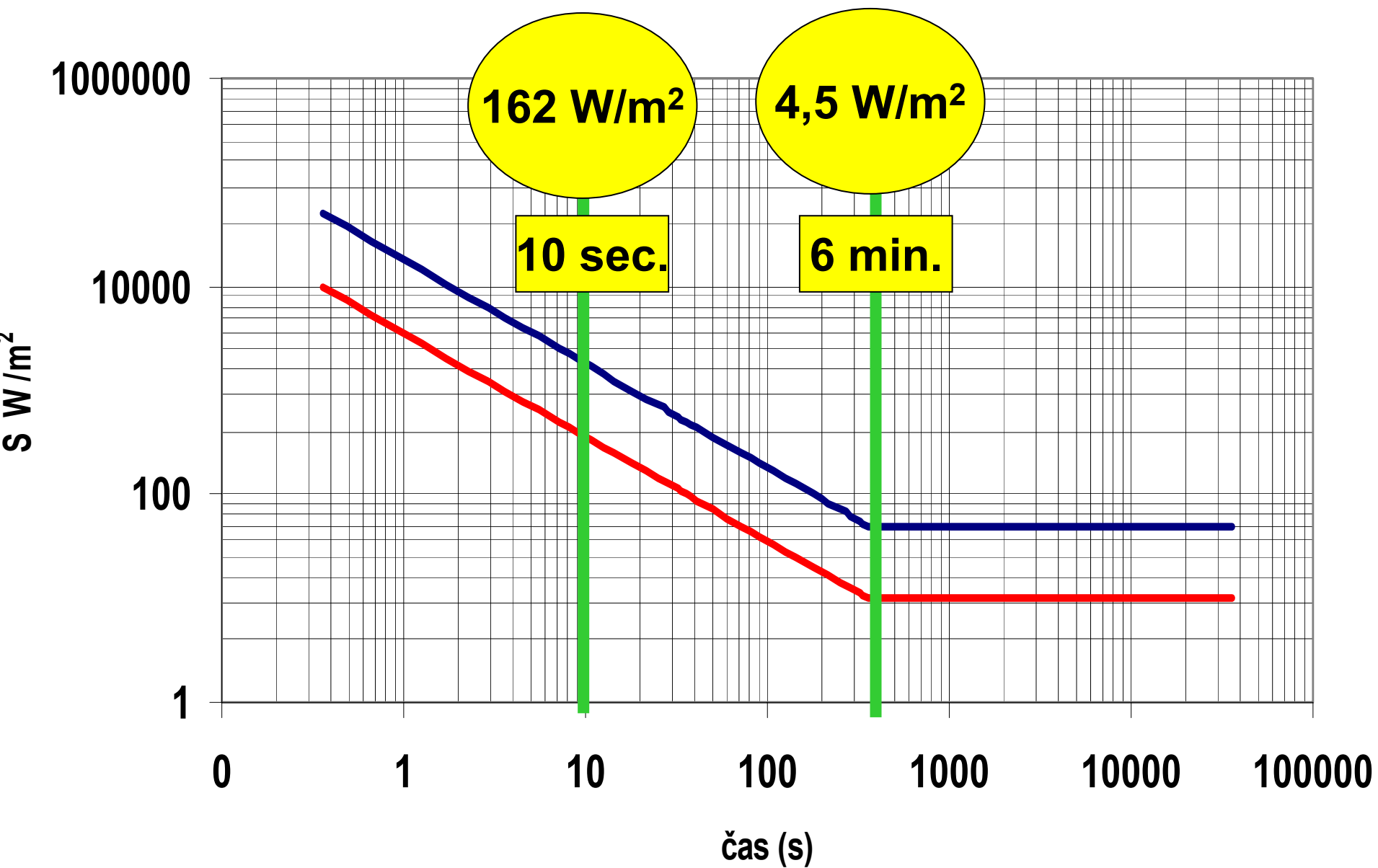
(6 minutes) x (22,5 W/m²) – 6 min. - 24 h.

(2 minutes) x (67,5 W/m²) – každých 6 min.

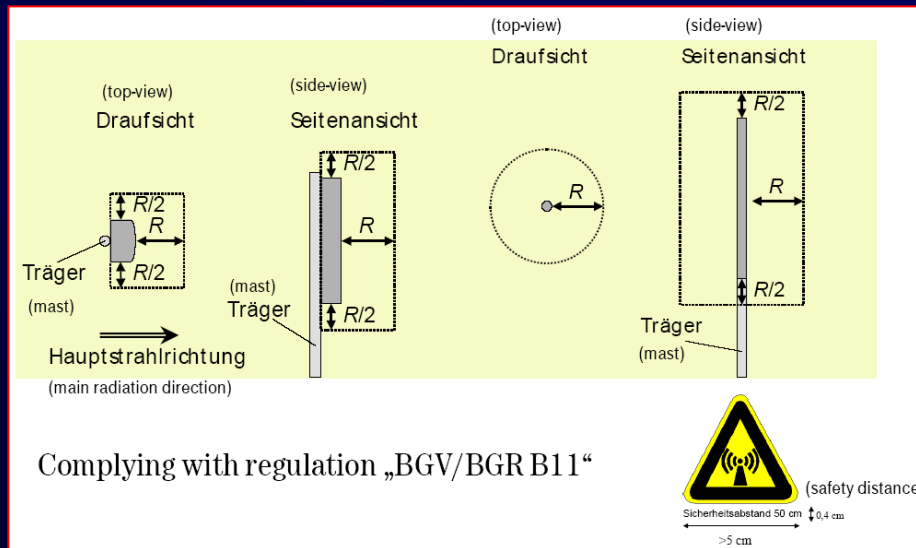
(1 minute) x (135 W/m²) – každých 6 min.



S_{\max} v závislosti na čase



V Německu je uvedená metoda používána všemi operátory



Bezpečnostní vzdálenosti

před	2 m
nad, pod	1 m
vlevo, vpravo	1 m
za	0 m

Operátoři v ČR se k této metodě rovněž přiklonili. Je to velmi praktický způsob stanovení hranic pro pohyb zaměstnanců před anténami.

Připravili jsme jednotnou metodiku

pro zjišťování expozic EMP od základnových stanic

Metodika kombinuje SAR metodu pro zaměstnance

Vzdálenost	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
$\geq 60^\circ$	70 W	120 W	180 W	250 W
$< 60^\circ$	40 W	60 W	80 W	100 W

a klasický způsob zjišťování hygienických hranic na základě referenčních hodnot pro ostatní osoby

Vzdálené pole

$$S = \frac{PG}{4\pi r^2}$$

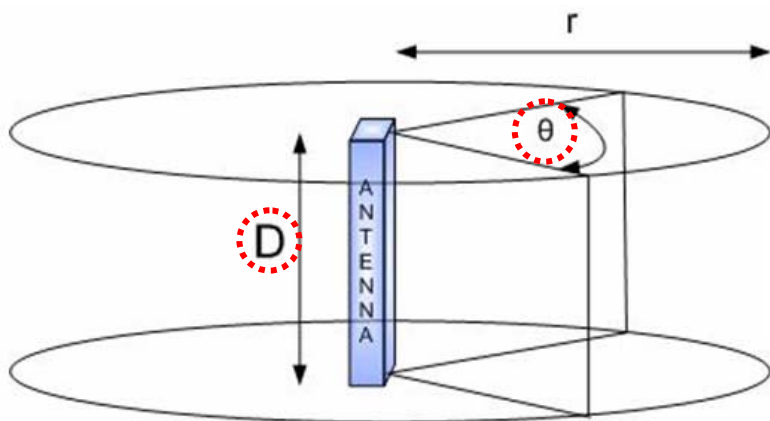
Blízké pole

$$S = \frac{P}{r \cdot D \cdot \left(\frac{\theta \cdot \pi}{180}\right)}$$

Hranice shody - podle referenčních hodnot

Blízké pole

(cylindrický model)



$$S = \frac{P}{r \cdot D \cdot \left(\frac{\theta \cdot \pi}{180} \right)}$$

Kde:

r = hranice shody

P = výkon (W)

S = hustota zářivého toku (W/m²)

D = výška antén (m)

θ = horizontální úhel vyzařování (°)

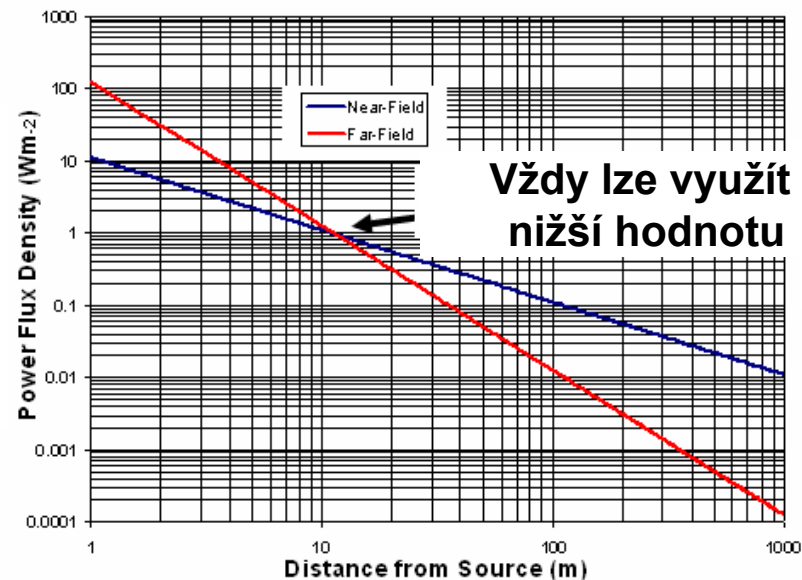
Vzdálené pole

(sférický model)

$$S = \frac{PG}{4\pi r^2}$$

VP výpočet nadhodnocuje skutečnou hodnotu v **BP**

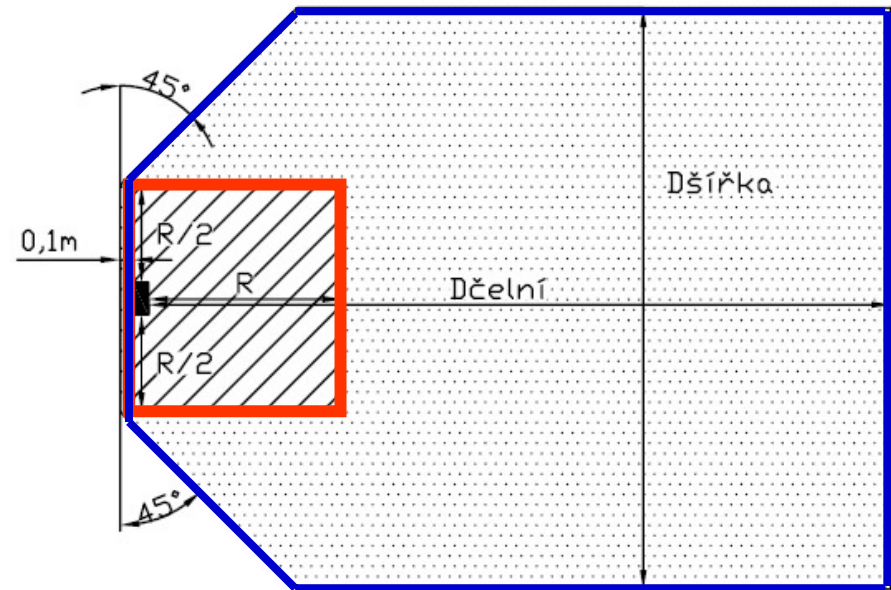
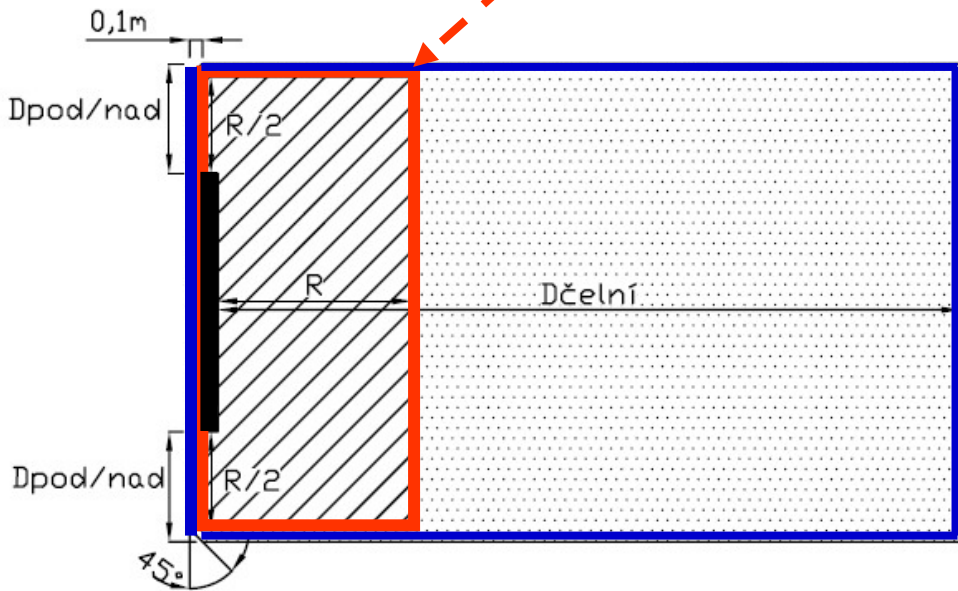
BP výpočet nadhodnocuje skutečnou hodnotu v **VP**



Výsledek - kombinovaná zóna zobrazující hranice shody pro zaměstnance (SAR) a pro ostatní osoby (referenční hodnoty)

Distance	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
H-Angle $\geq 60^\circ$	70 W	120 W	180 W	250 W
H-Angle $< 60^\circ$	40 W	60 W	80 W	100 W

$$S = \frac{P}{r \cdot D \cdot \left(\frac{\theta \cdot \pi}{180}\right)} \quad S = \frac{PG}{4\pi r^2}$$



anténa

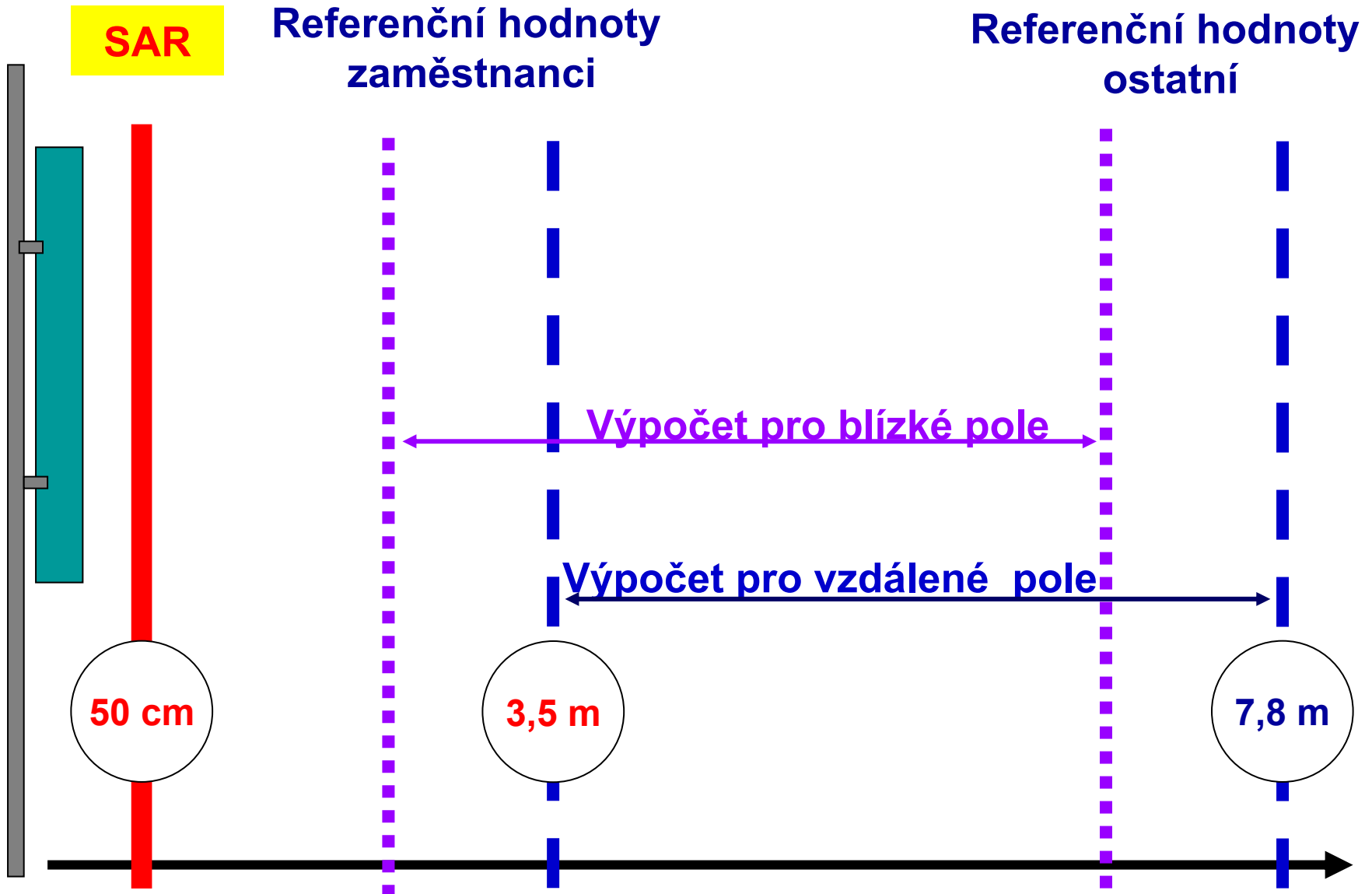


zaměstnanci

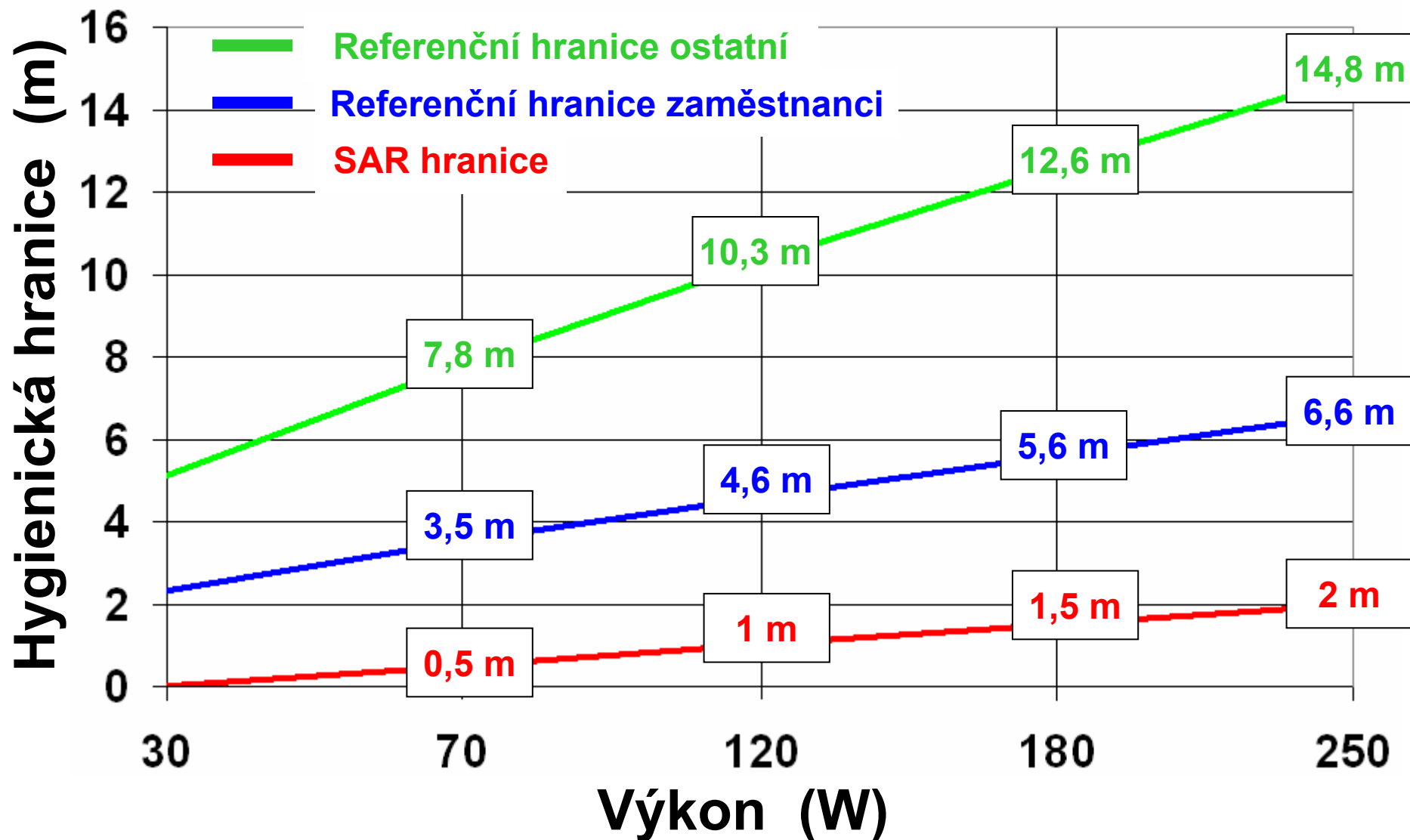


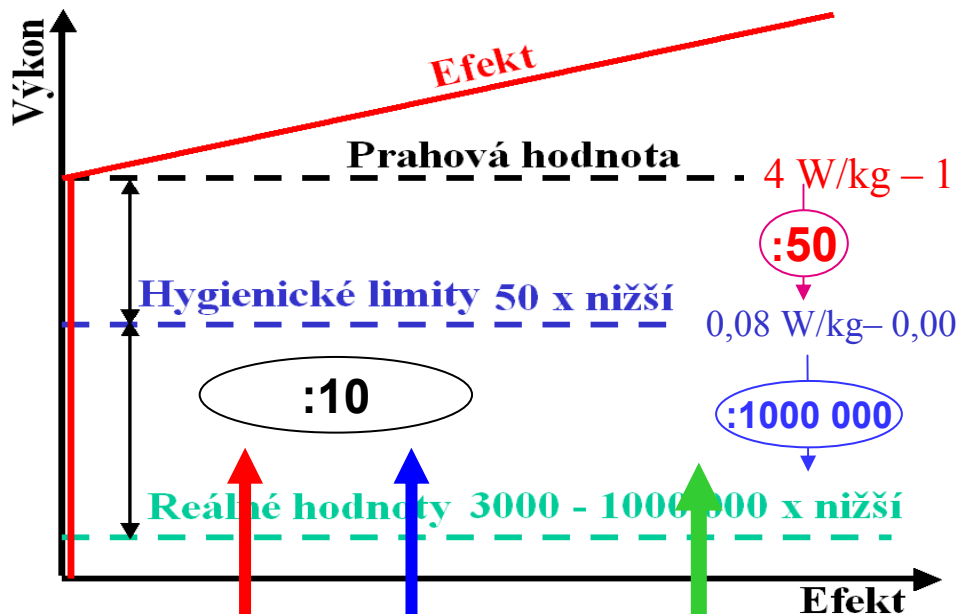
ostatní osoby

Hranice shody (hygienické normy)



Hranice shody podle SAR metody a podle referenčních hodnot

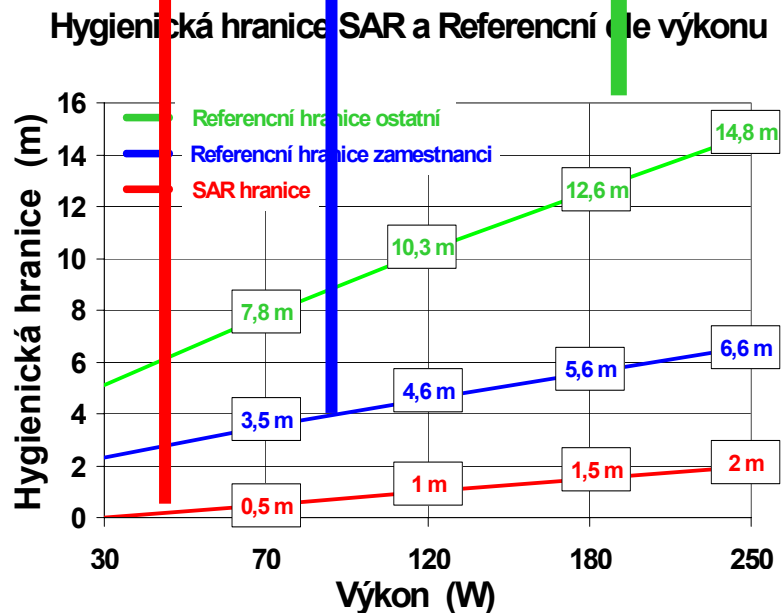




Překročení hygienické hranice nepředstavuje žádné nebezpečí.

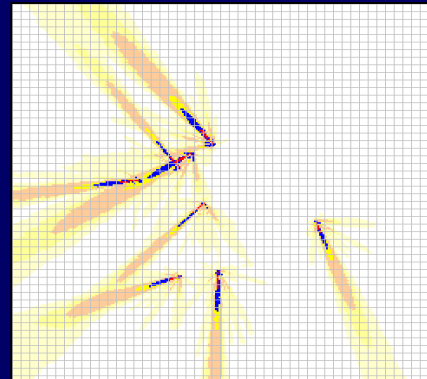
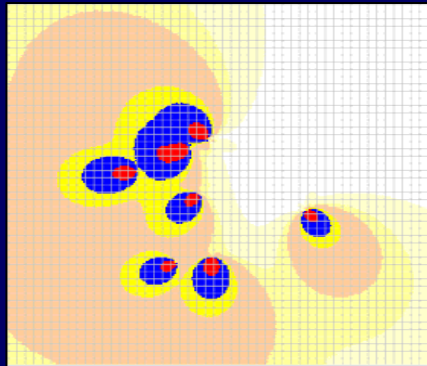
Hygienická hranice byla stanovena se značnou zálohou bezpečnosti.

Kolem každé antény operátorů lze projít i v těsné blízkosti aniž by došlo k překročení stanoveného limitu

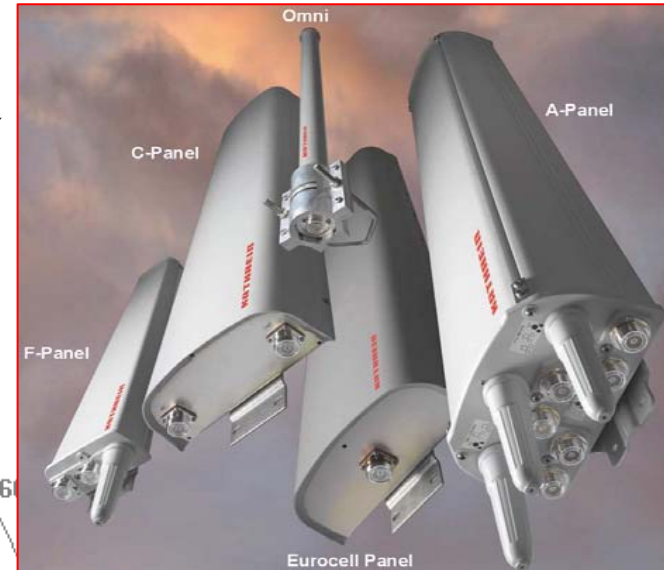
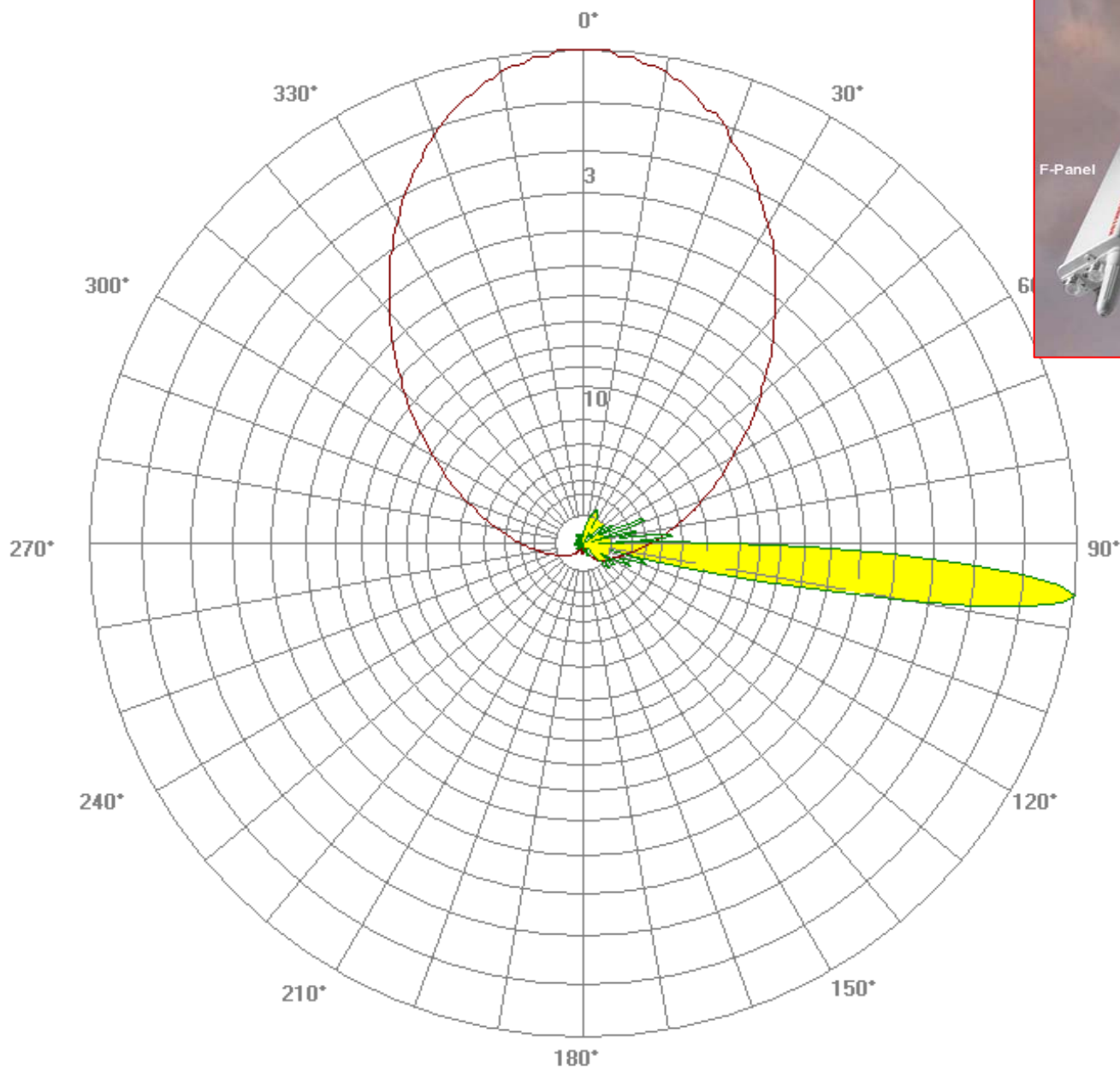


Expoziční situace na sdílené základnové stanici „U Šalamounky“

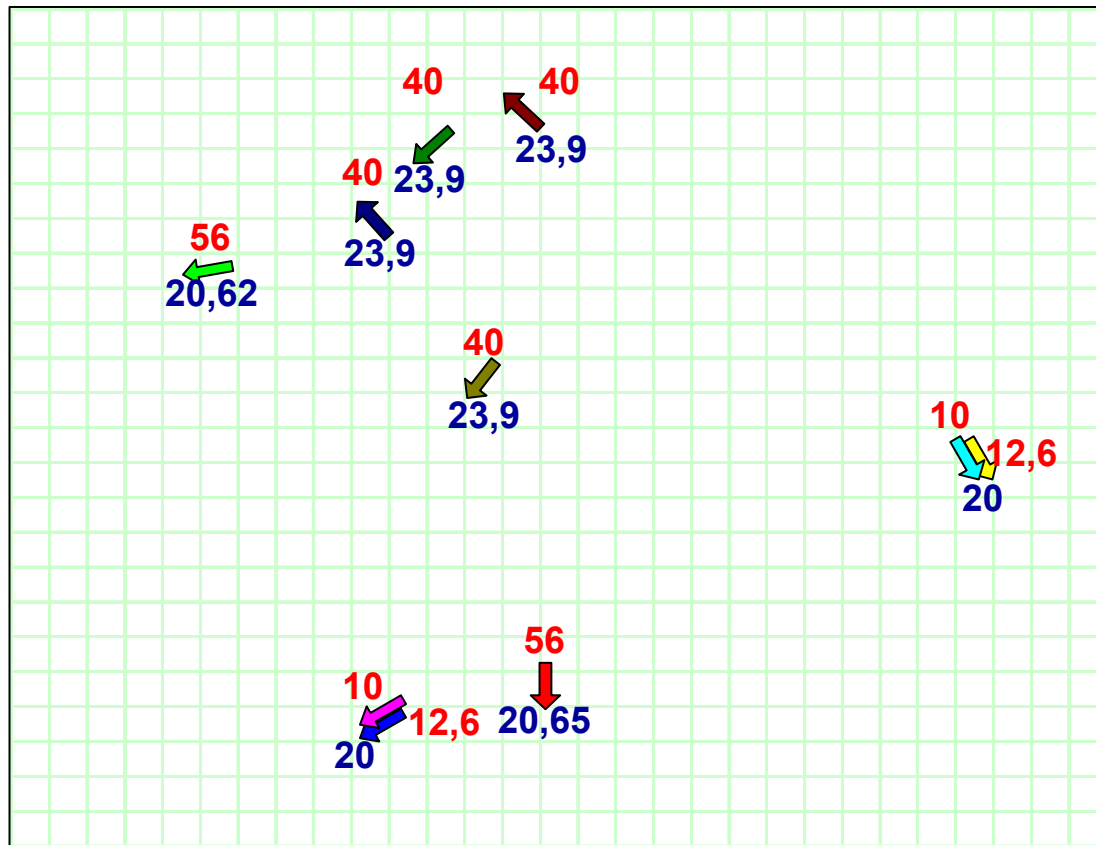
Porovnání nového způsobu výpočtu
s hranicemi shody dle charakteristik
antén (Kathrein)



Kathrein – horizontální a vertikální charakteristika



Rozmístění antén (Praha_U Šalamounky)

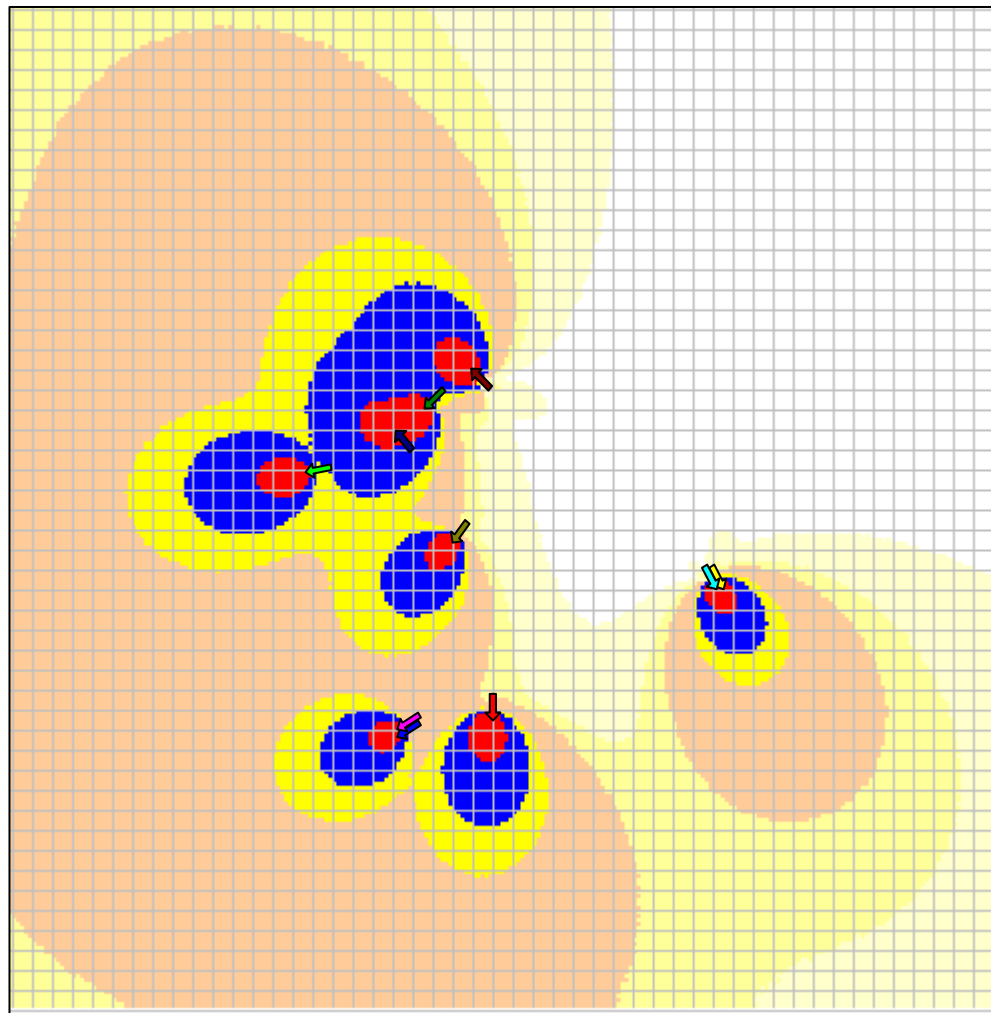


Výšky (m)
Výkony (P)

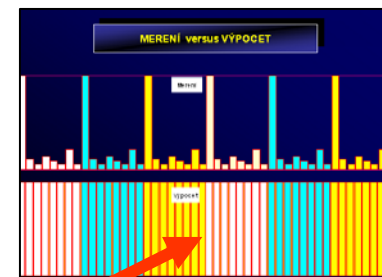
50 x 50 m

Situace pro stejnou výšku antén

Předpoklad: maximální zisk antén je v jednom řezu



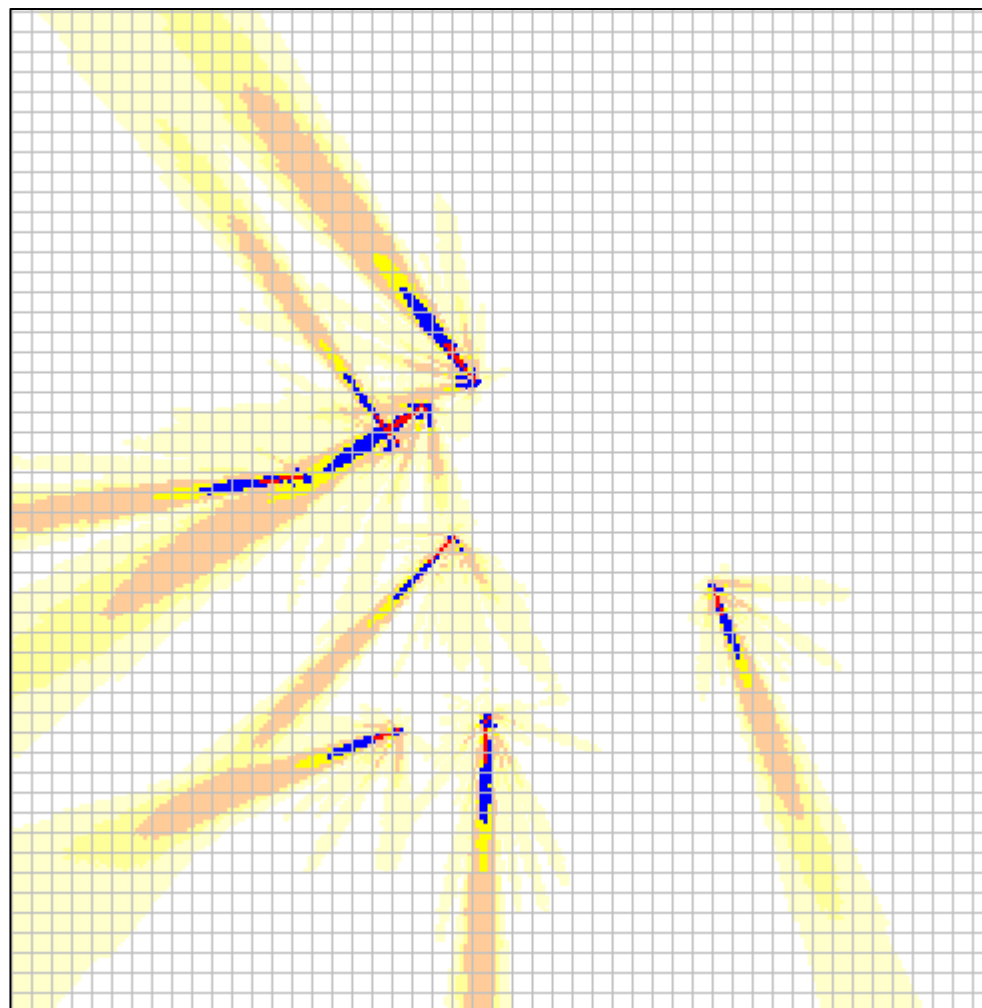
50 x 50 m



Red	zaměstnanci
Blue	ostatní osoby
Yellow	50% ost. os.
Orange	10% ost. os.
Light Yellow	5% ost. os.
Pale Yellow	1% ost. os.

Zobrazení vertikálních charakteristik

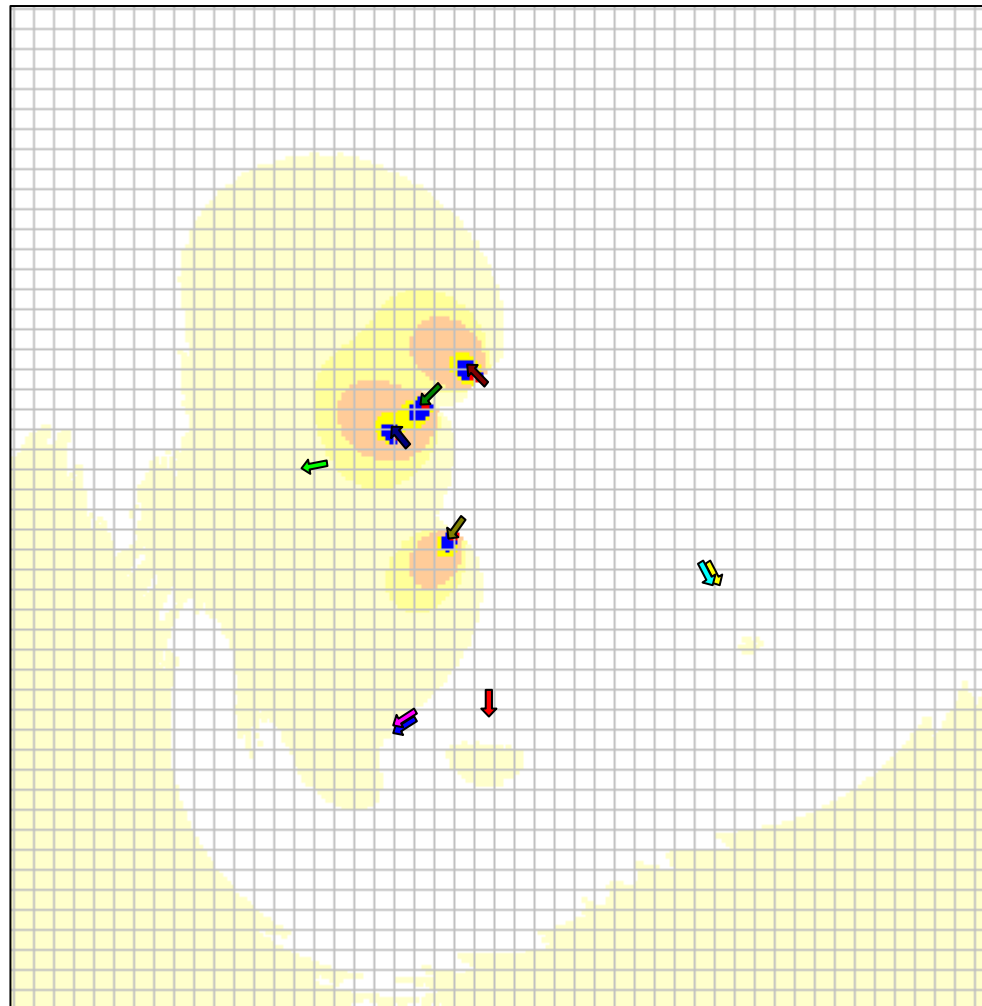
Pouze pro názornost – antény otočené o 90°







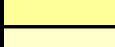
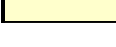
50 x 50 m

Řez ve výšce = 23,9 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

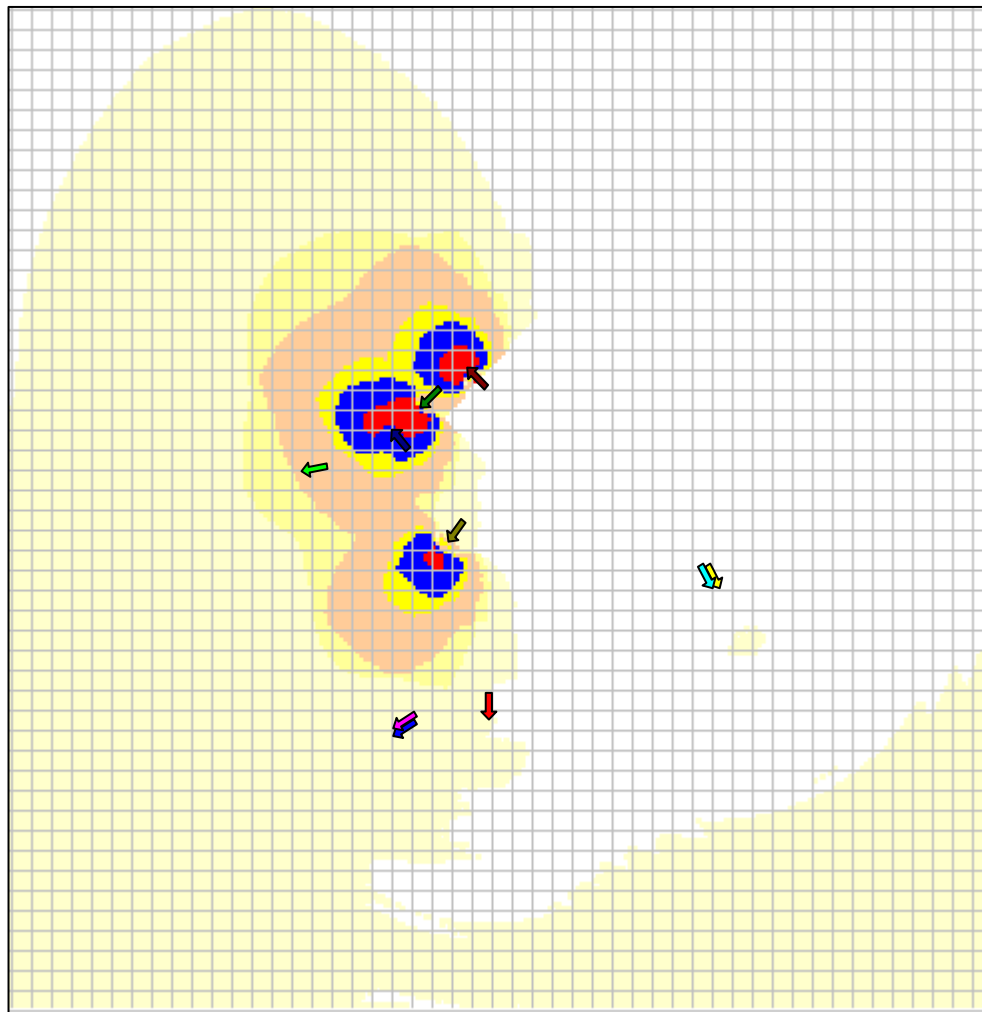


50 x 50 m






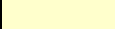
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 23,7 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

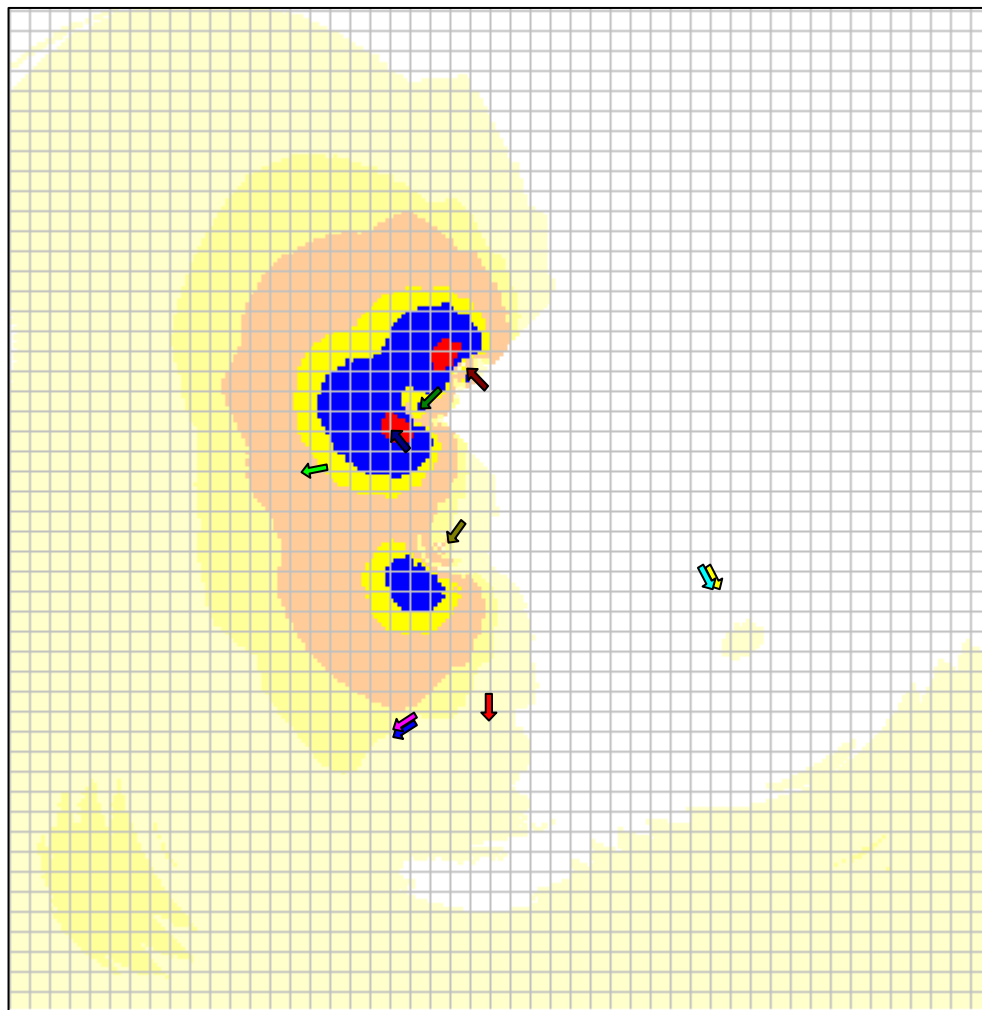


50 x 50 m

	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 23,5 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

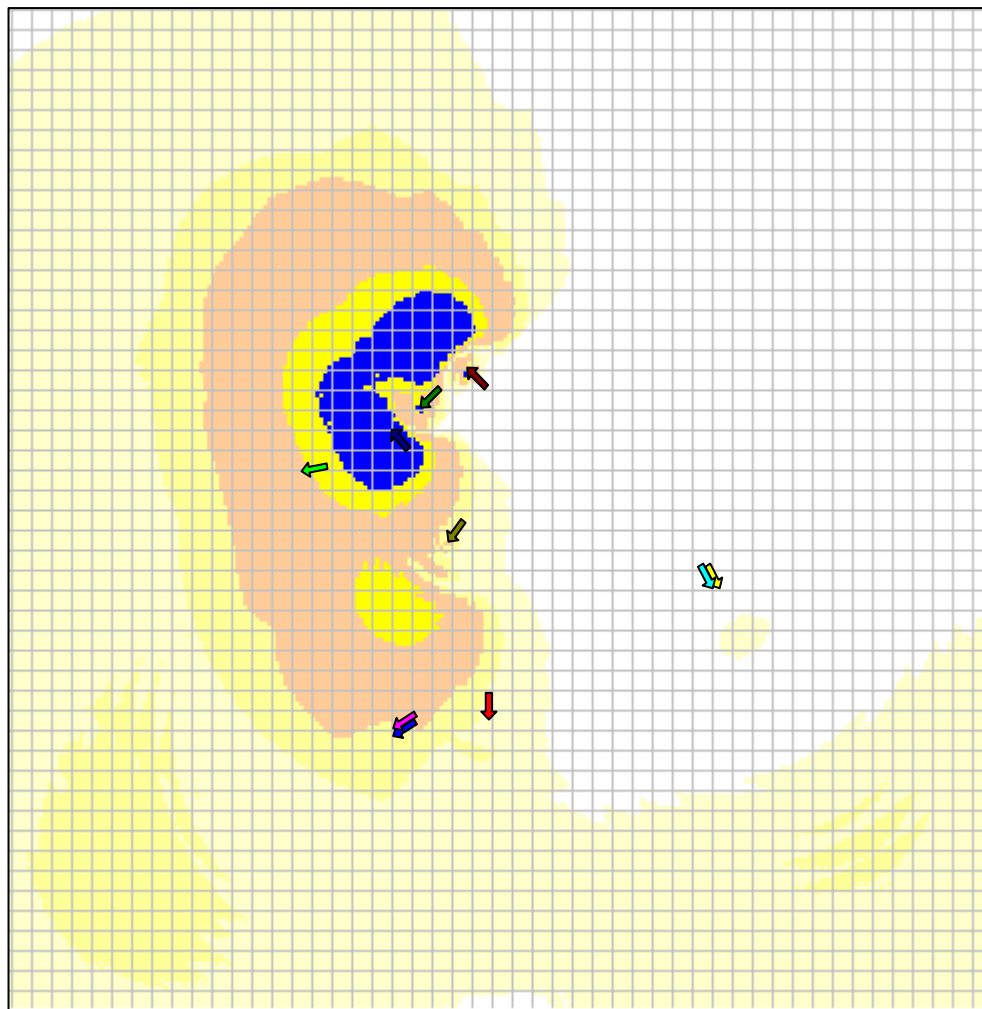


50 x 50 m

Red	zaměstnanci
Blue	ostatní osoby
Yellow	50% ost. os.
Orange	10% ost. os.
Light Yellow	5% ost. os.
Very Light Yellow	1% ost. os.

Řez ve výšce = 23,3 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

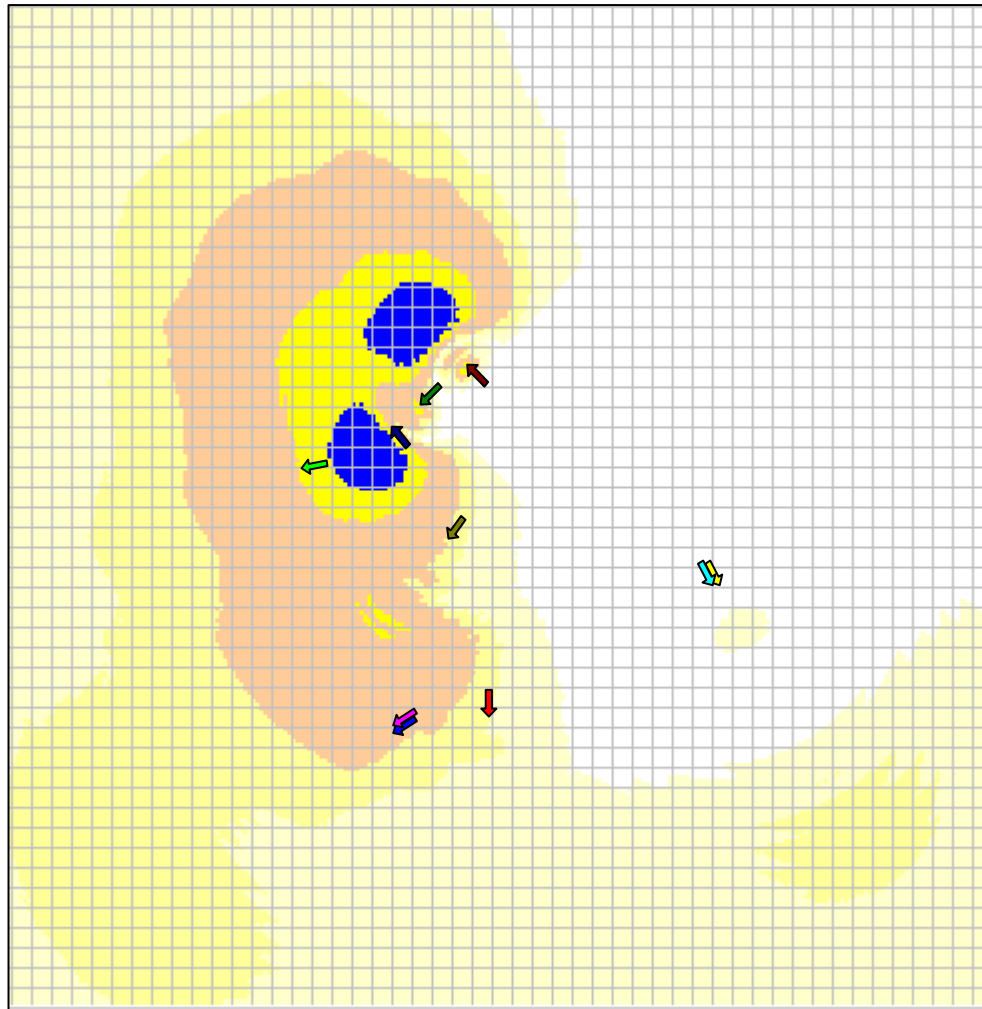


50 x 50 m







Red	zaměstnanci
Blue	ostatní osoby
Yellow	50% ost. os.
Orange	10% ost. os.
Light Yellow	5% ost. os.
Very Light Yellow	1% ost. os.

Řez ve výšce = 23,1 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

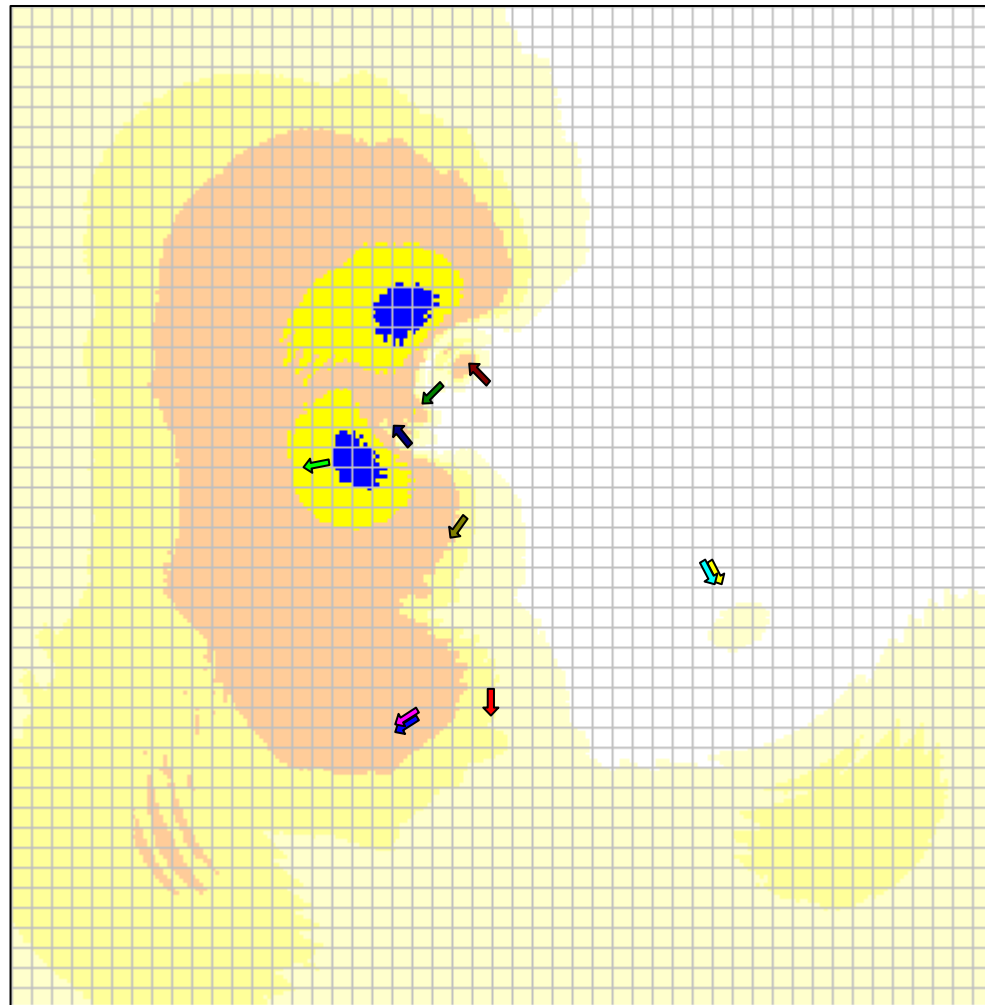


50 x 50 m







	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 22,9 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

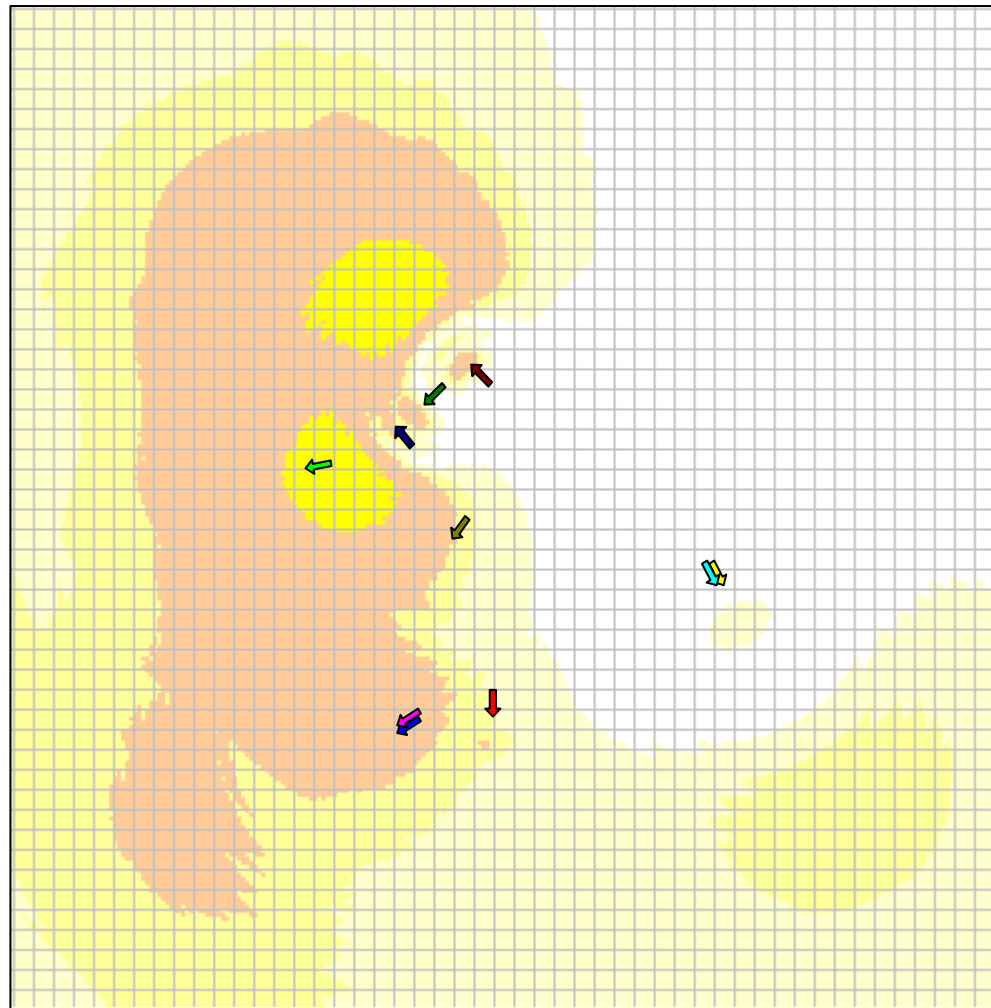


50 x 50 m

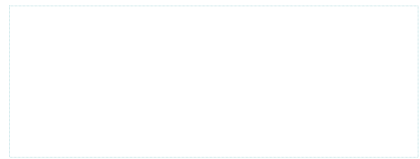
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 22,7 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9



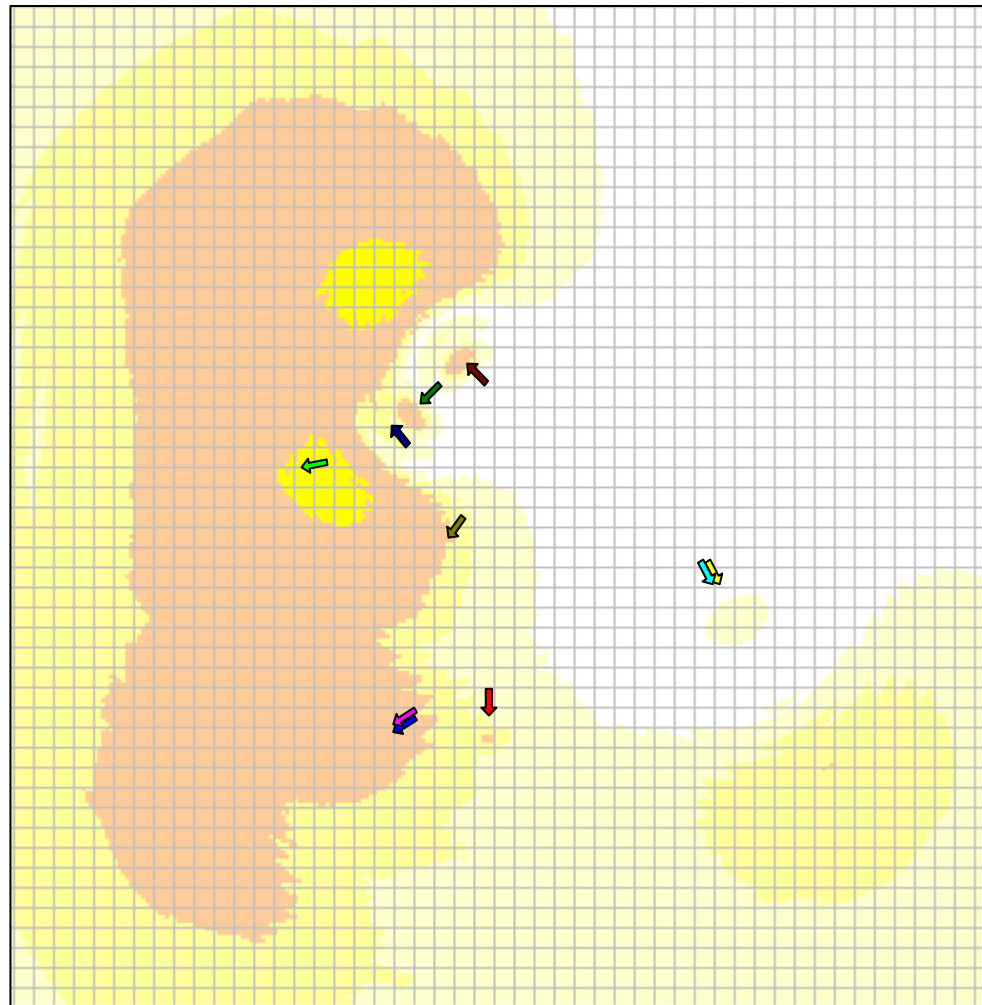
50 x 50 m








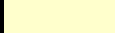
Red	zaměstnanci
Blue	ostatní osoby
Yellow	50% ost. os.
Orange	10% ost. os.
Light Yellow	5% ost. os.
Very Light Yellow	1% ost. os.

Řez ve výšce = 22,5 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

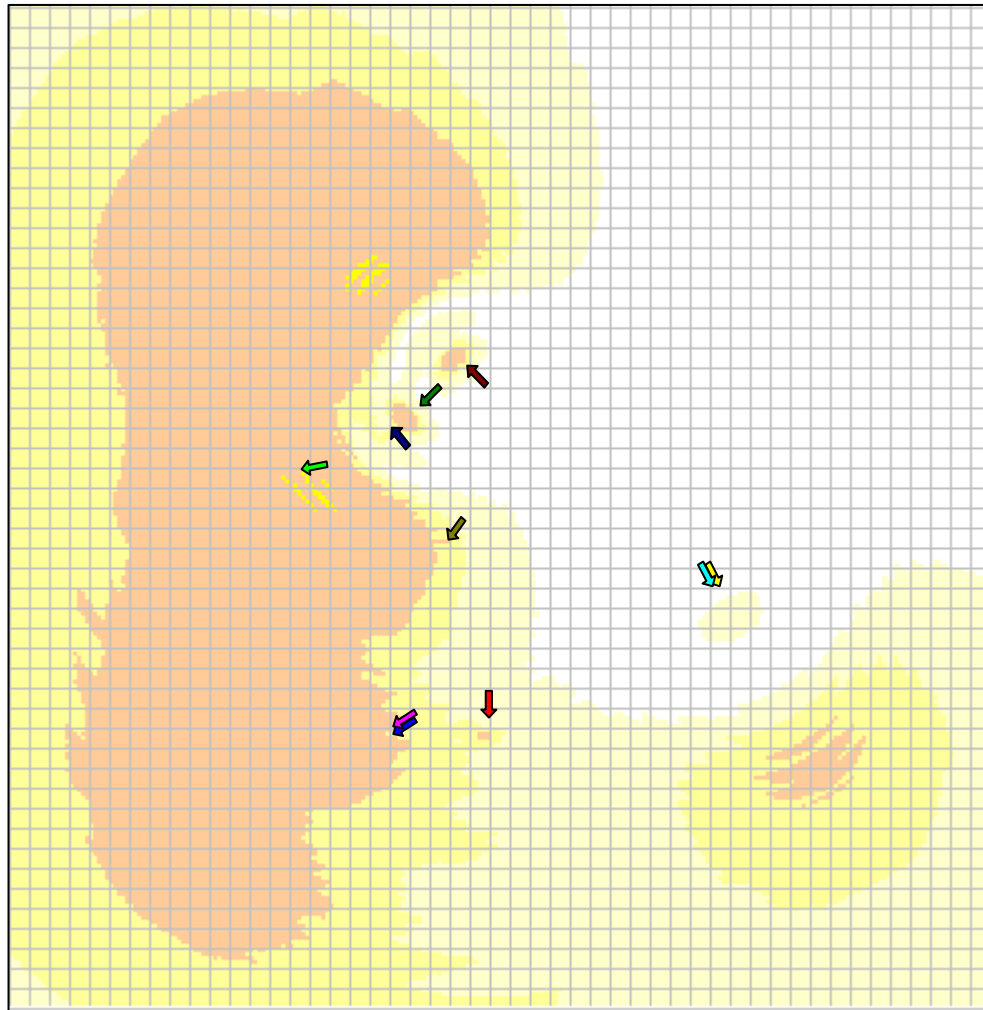


50 x 50 m






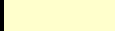
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 22,3 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

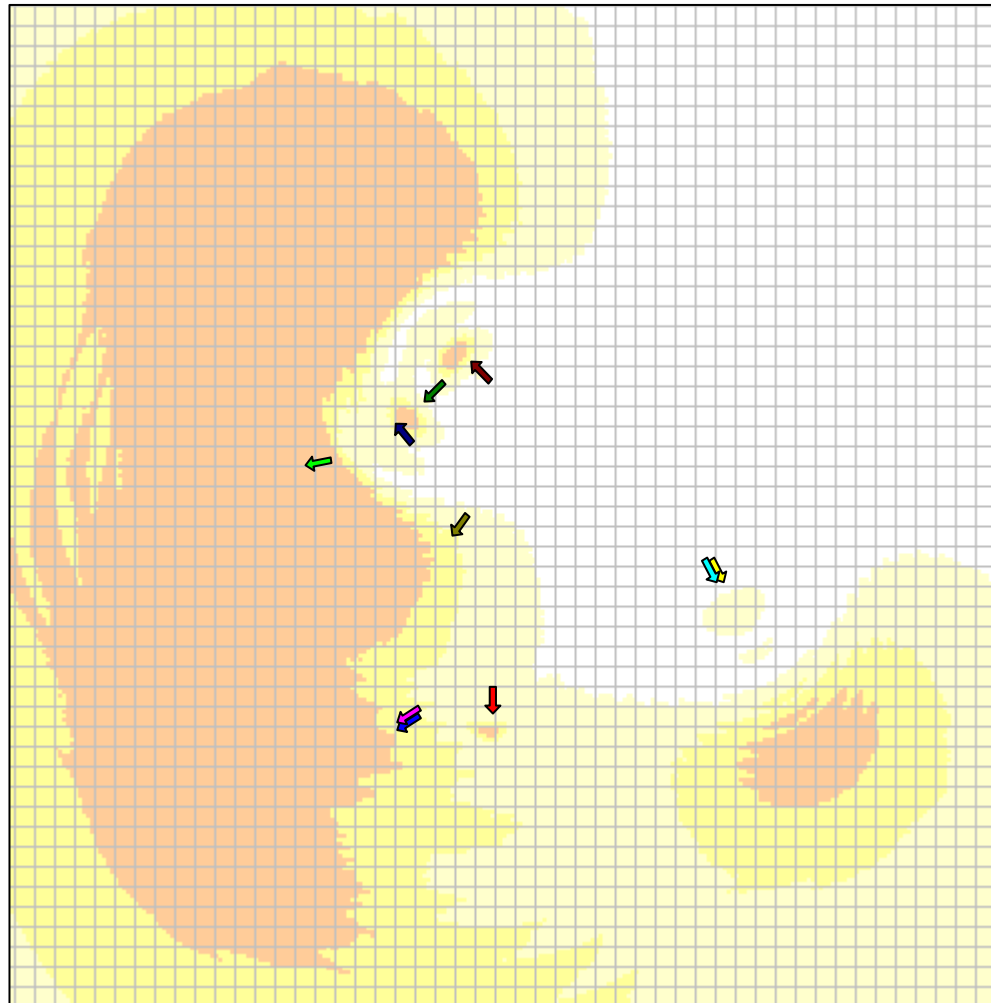


50 x 50 m

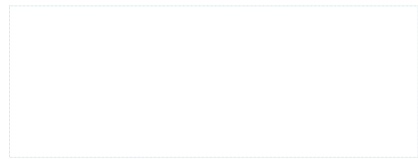
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.







Řez ve výšce = 22,1 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9



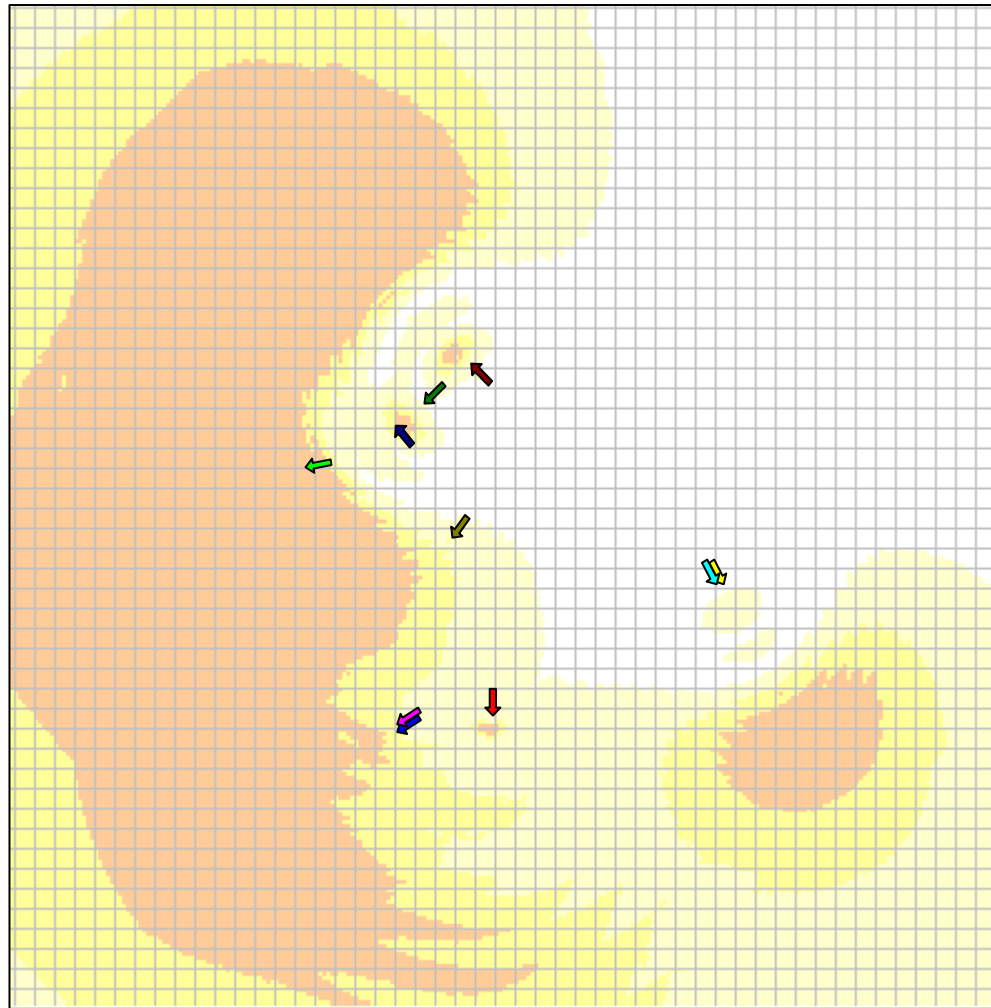
50 x 50 m








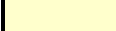
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 21,9 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

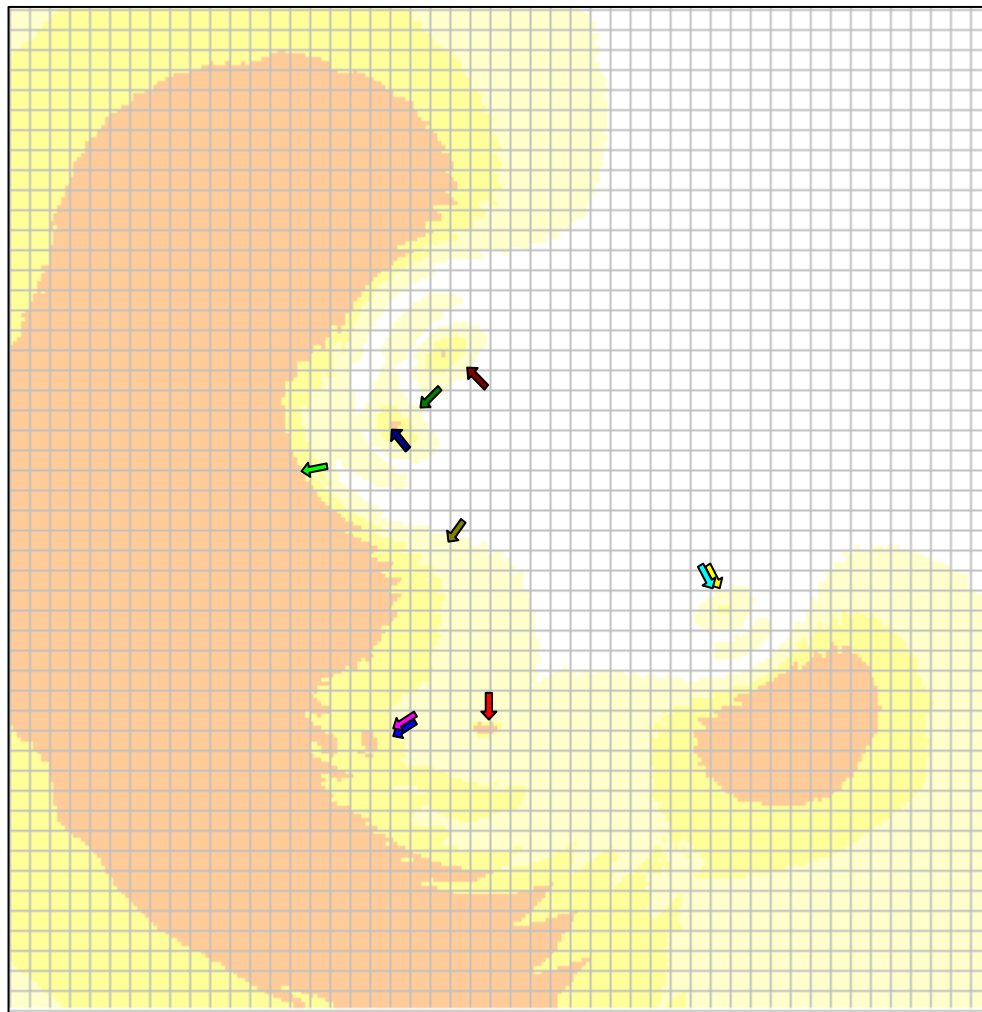


50 x 50 m






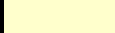
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 21,7 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

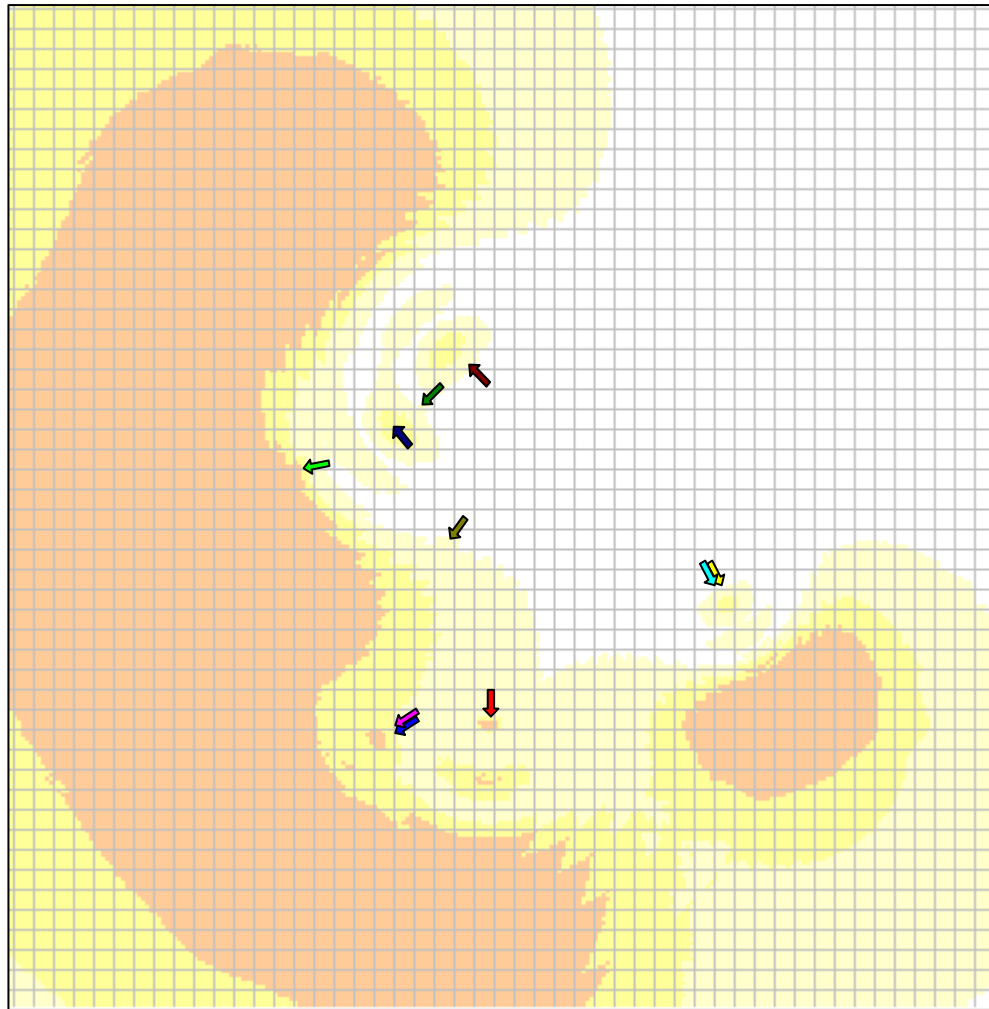


50 x 50 m

	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 21,5 m

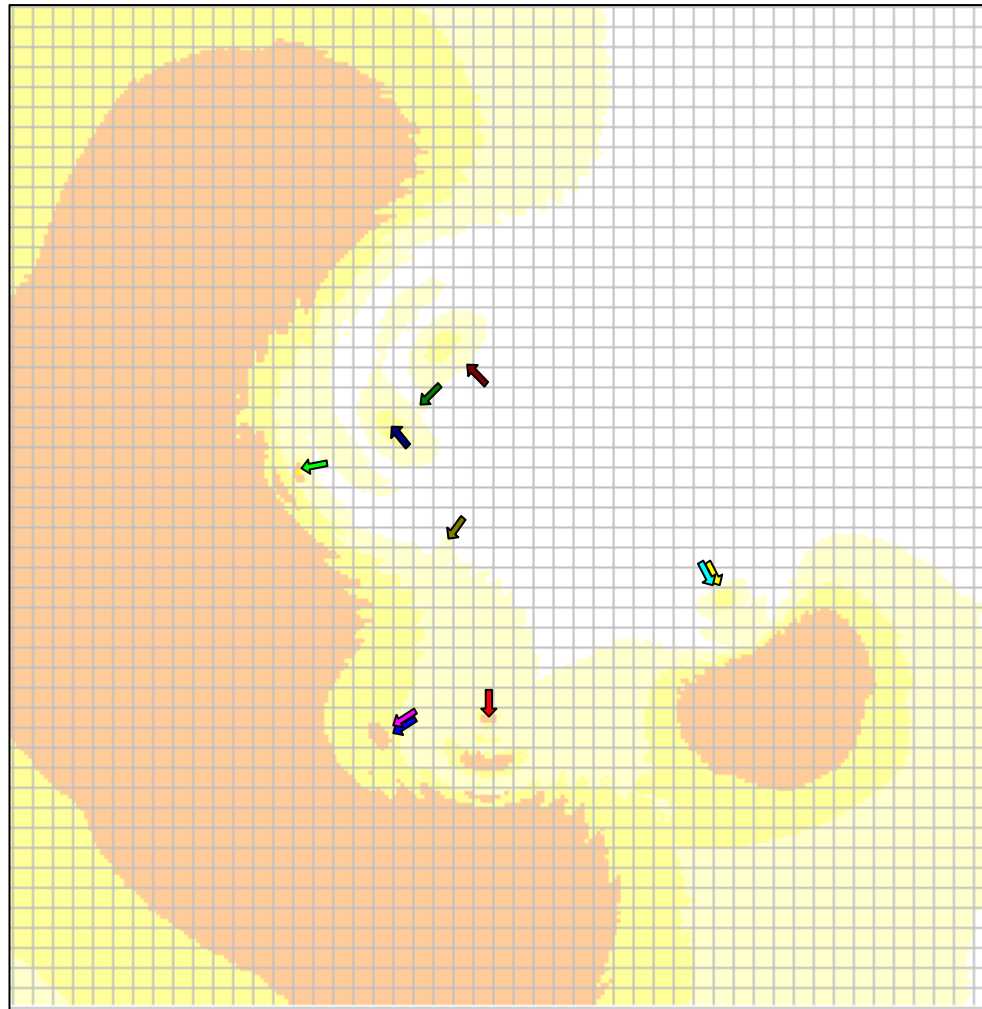
23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9



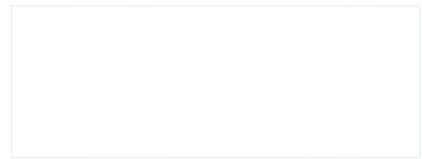
Red	zaměstnanci
Blue	ostatní osoby
Yellow	50% ost. os.
Orange	10% ost. os.
Light Yellow	5% ost. os.
Very Light Yellow	1% ost. os.






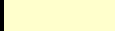
Řez ve výšce = 21,3 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9



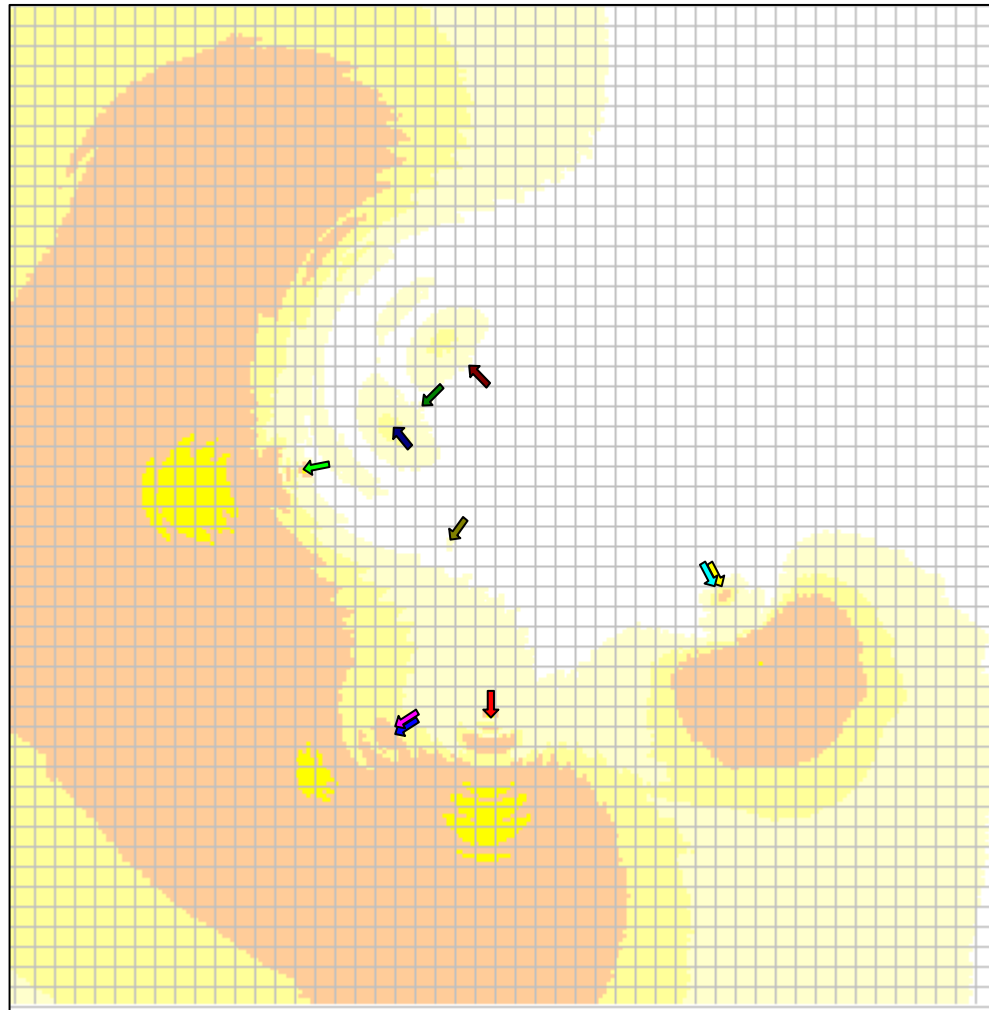
50 x 50 m









	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 21,1 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

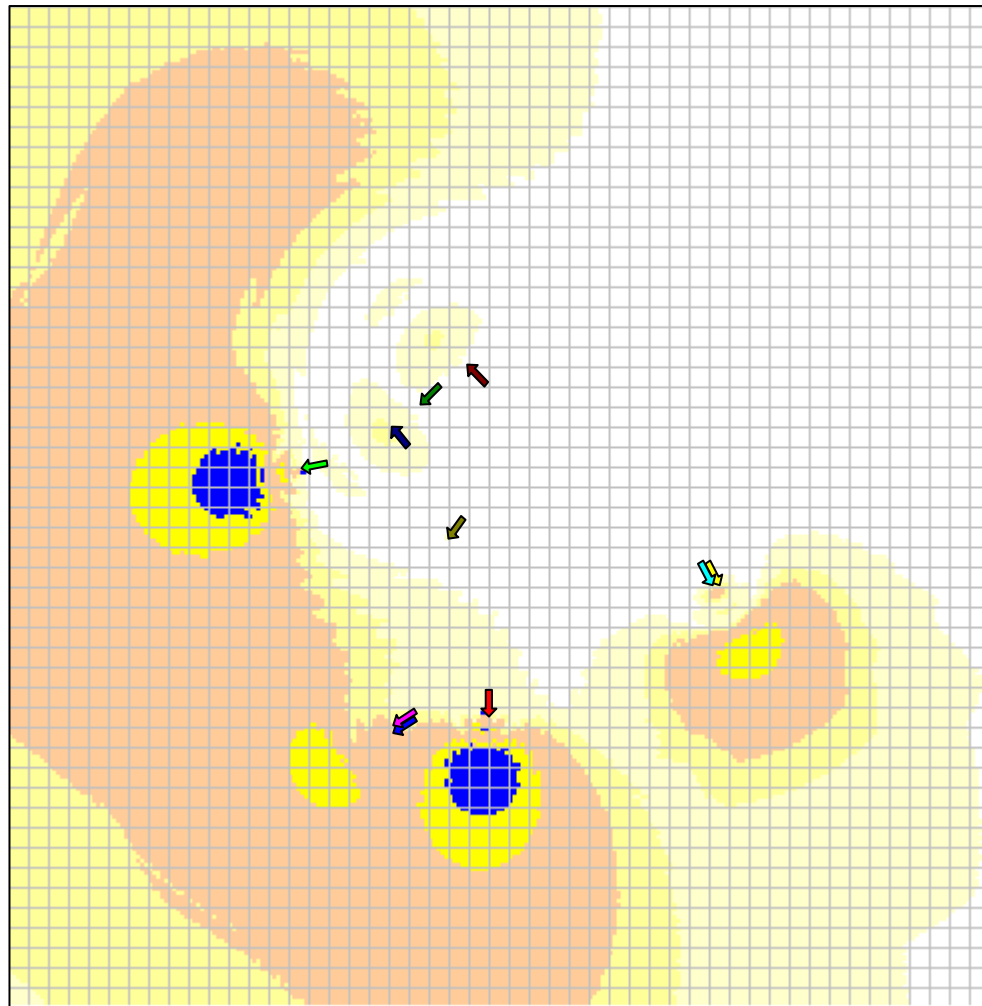


50 x 50 m

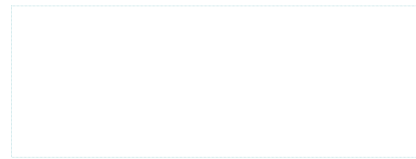
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.






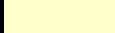
Řez ve výšce = 20,9 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9



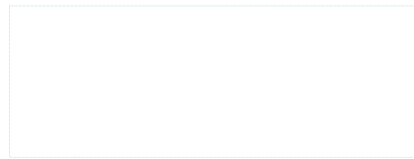
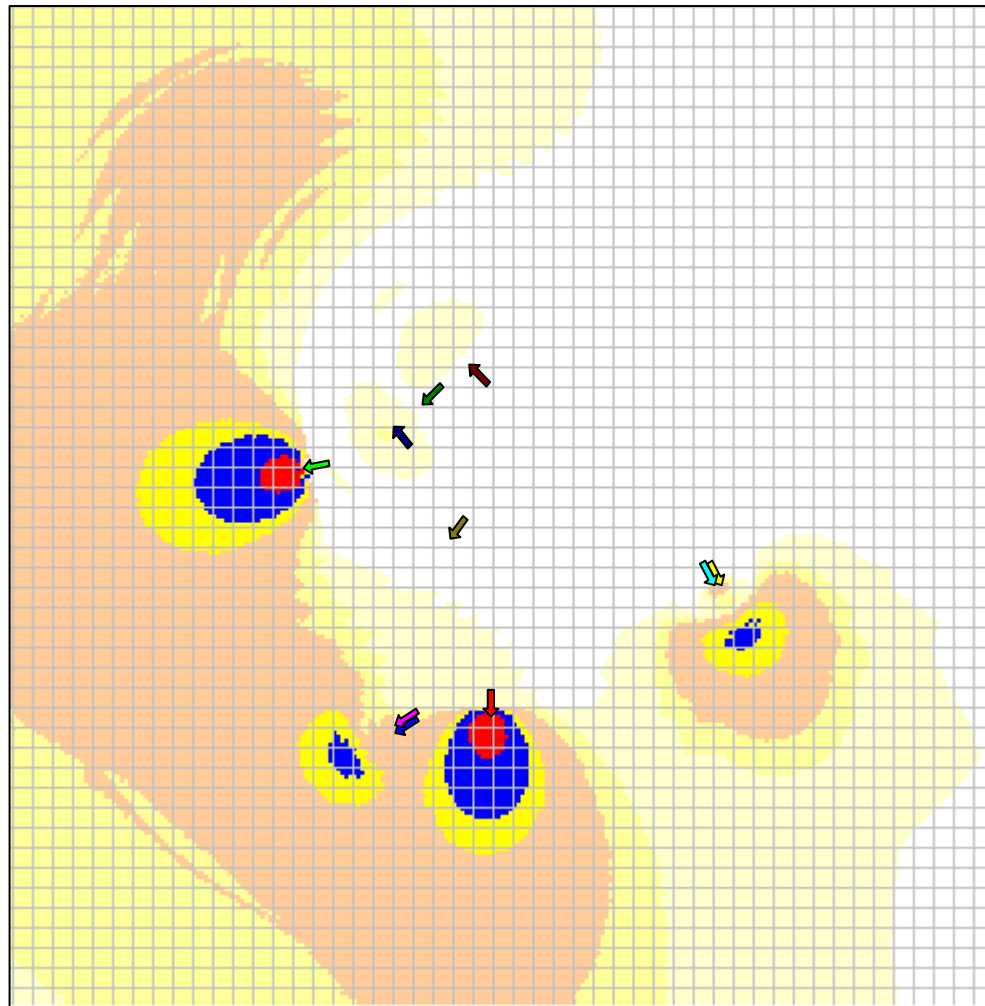
50 x 50 m



	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 20,7 m

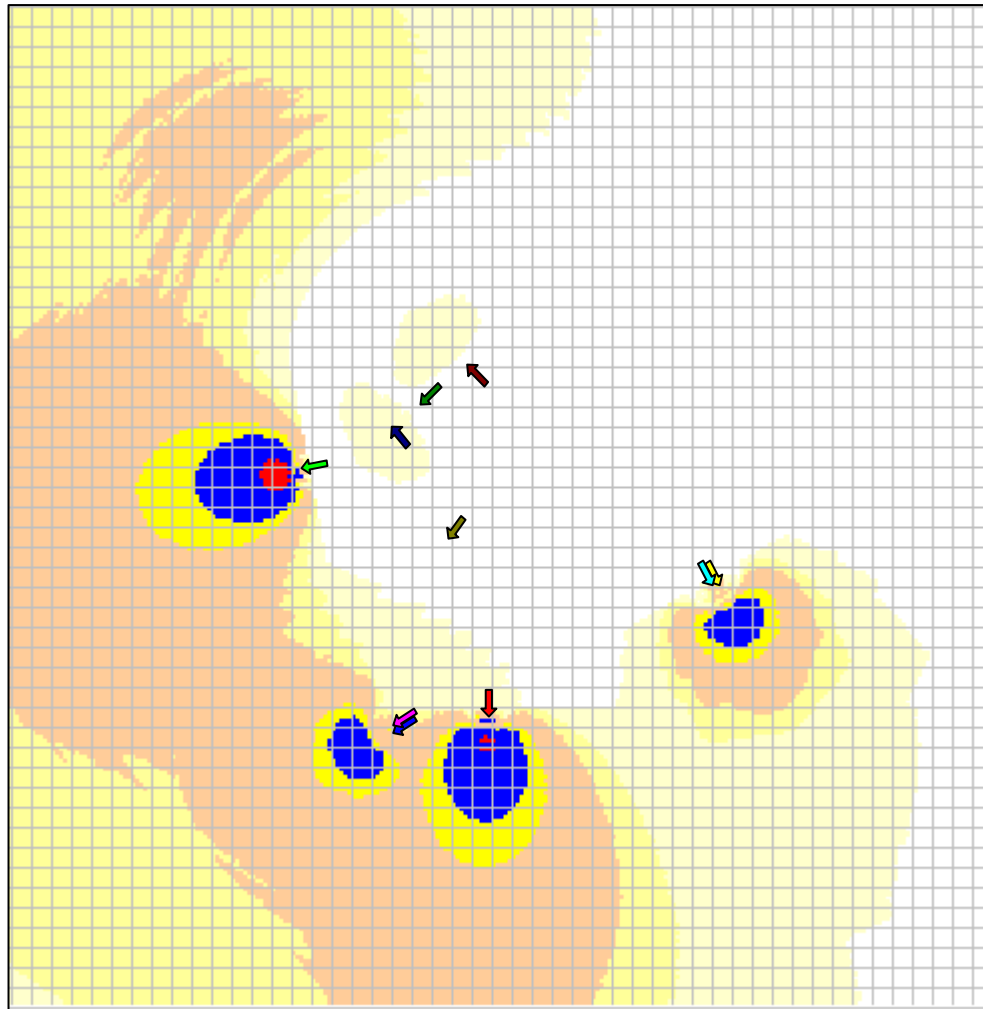
23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9



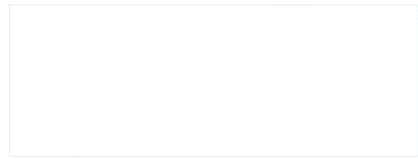
Red	zaměstnanci
Blue	ostatní osoby
Yellow	50% ost. os.
Orange	10% ost. os.
Light Yellow	5% ost. os.
Very Light Yellow	1% ost. os.






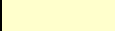
Řez ve výšce = 20,5 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9



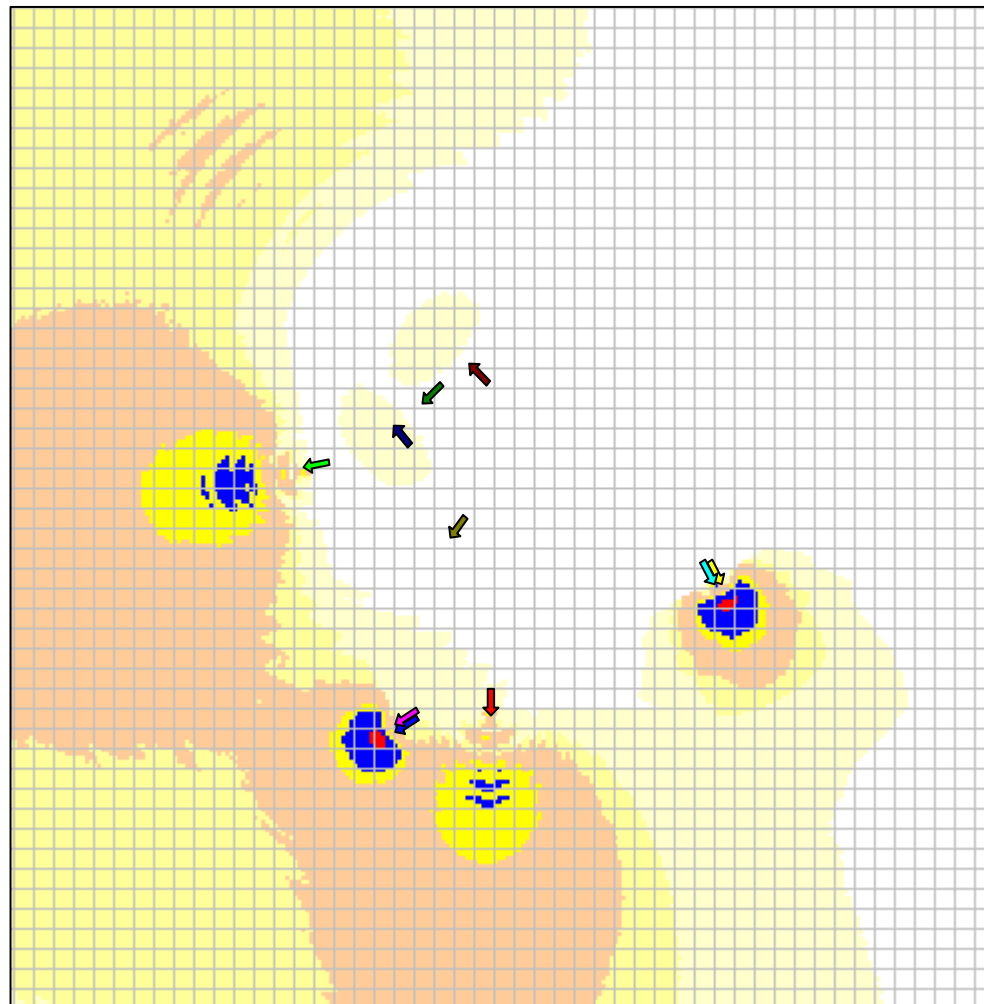
50 x 50 m









	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 20,3 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

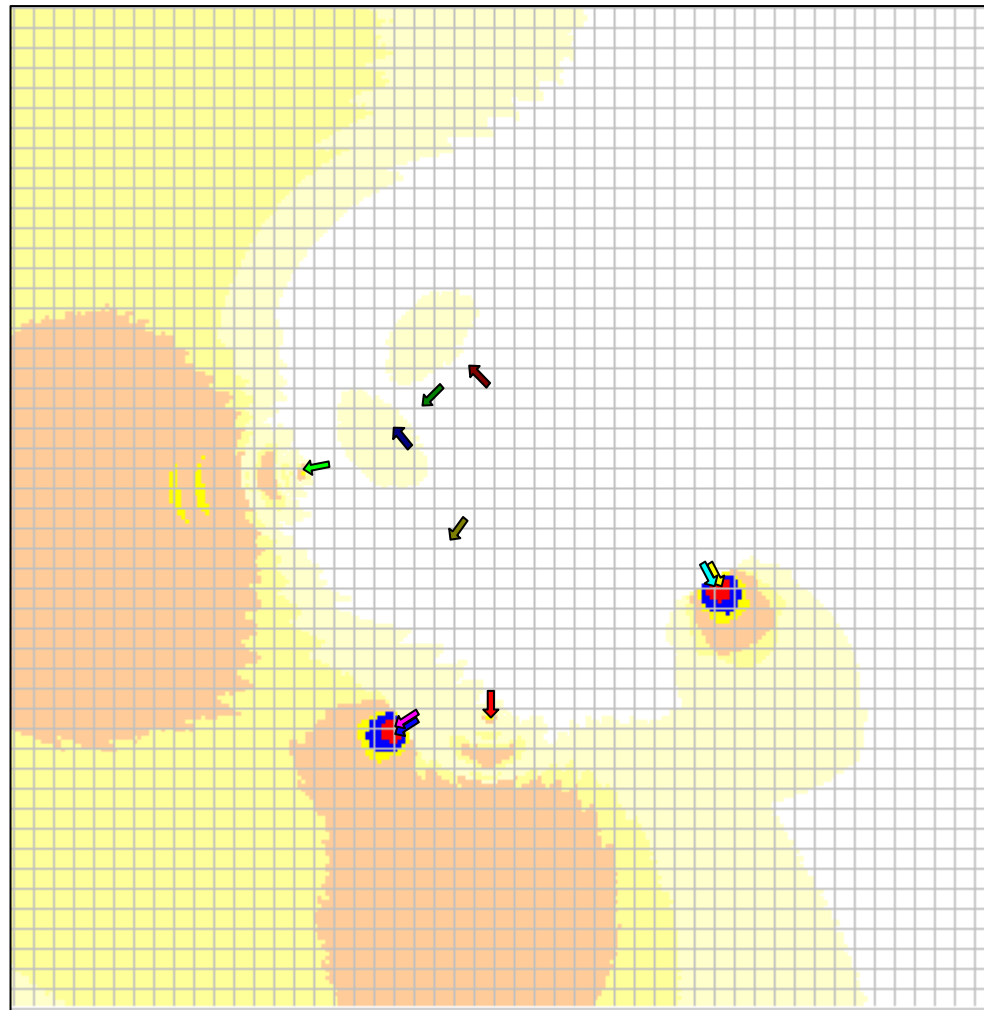


50 x 50 m

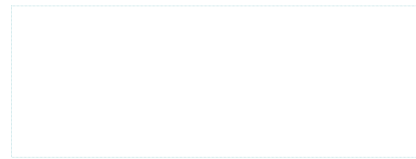
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.






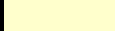
Řez ve výšce = 20,1 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

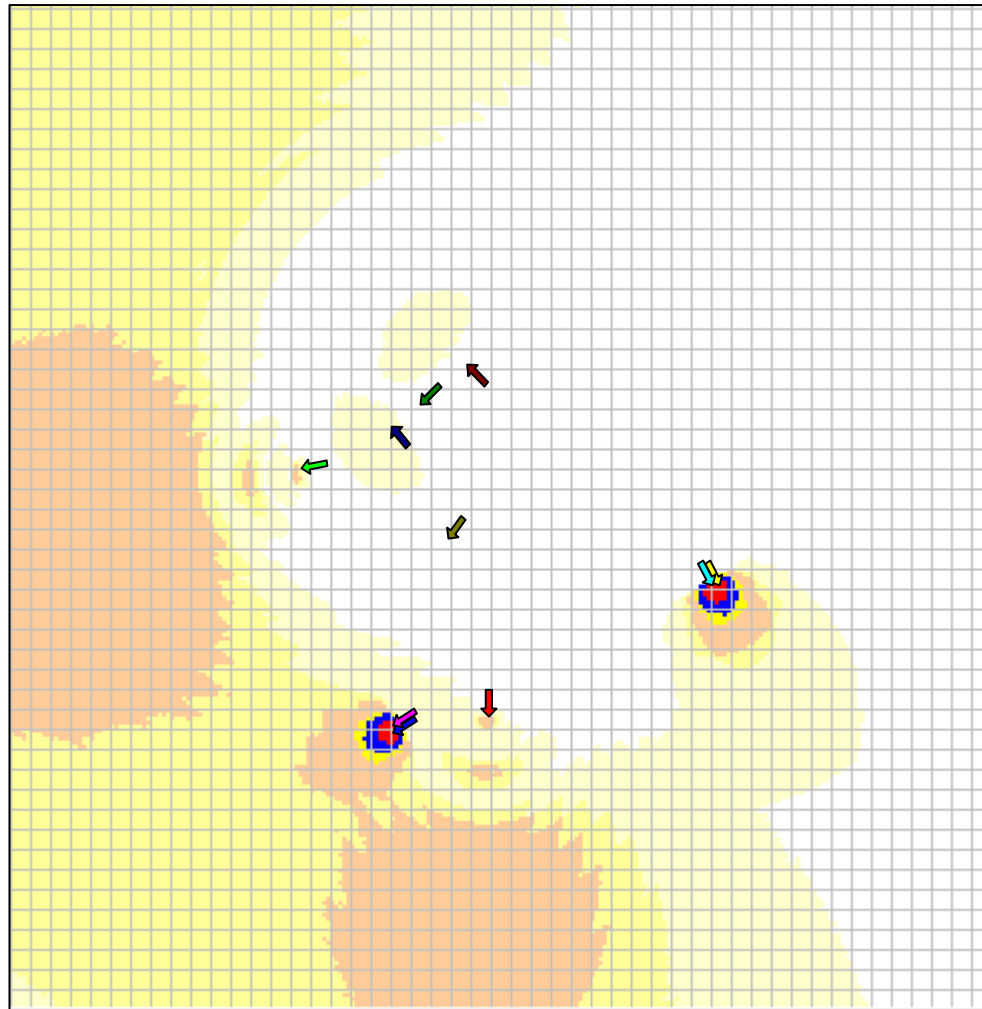
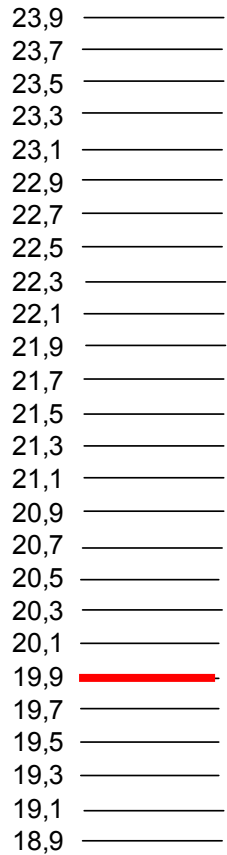


50 x 50 m






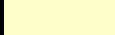


	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 19,9 m

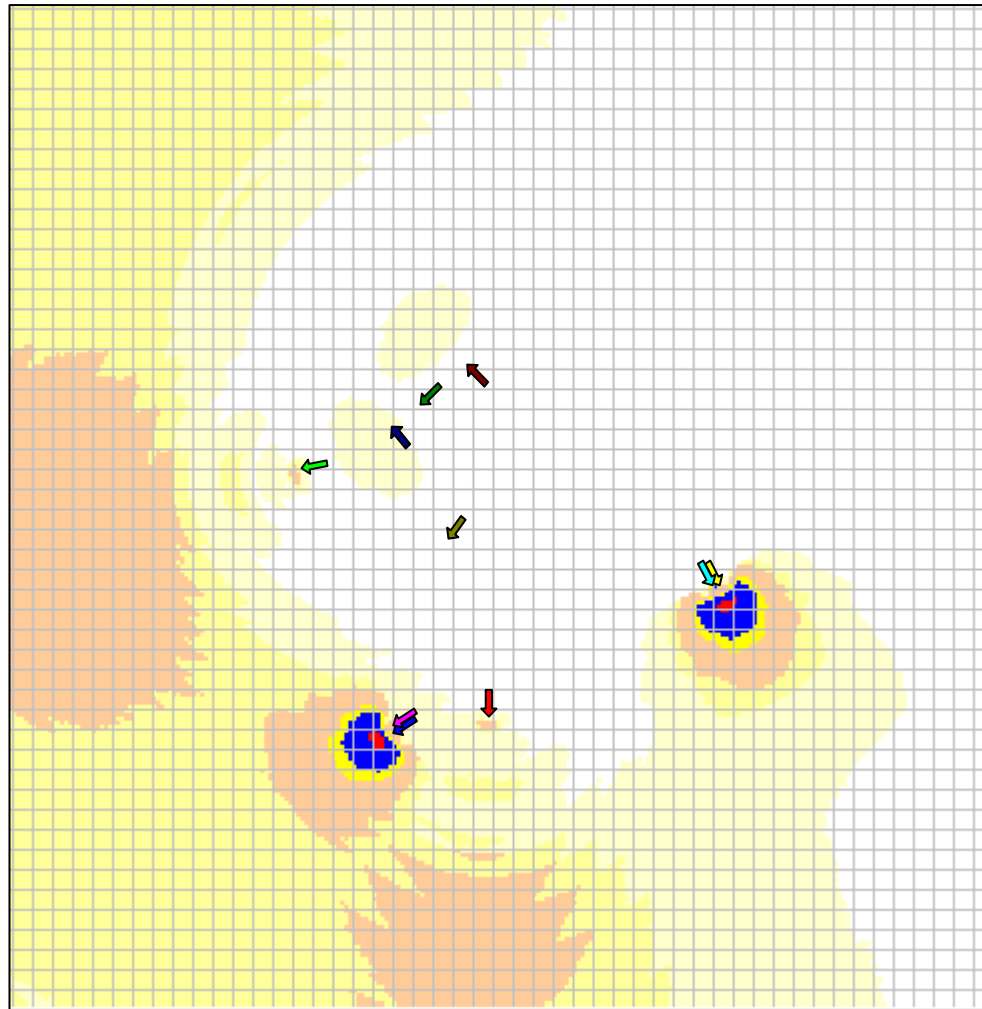


50 x 50 m







	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 19,7 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

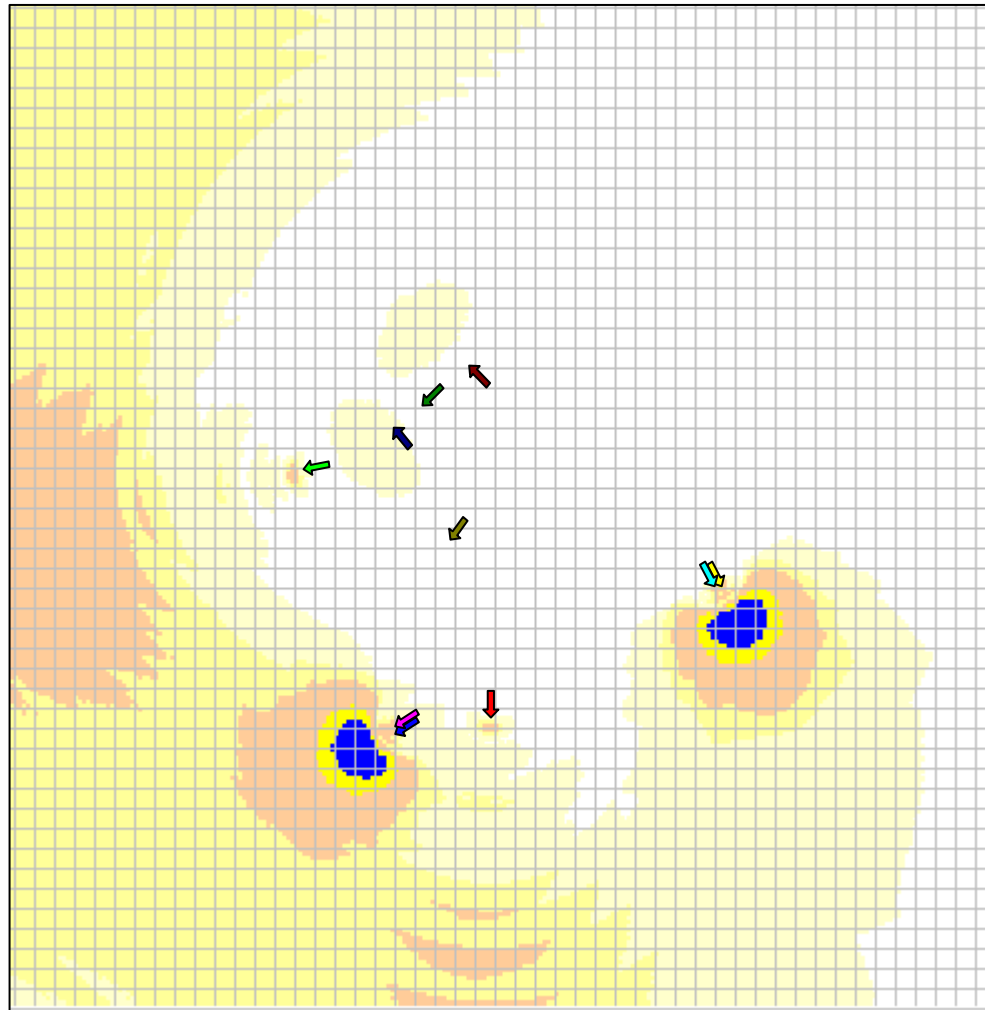


50 x 50 m







	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 19,5 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

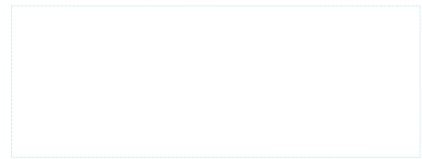
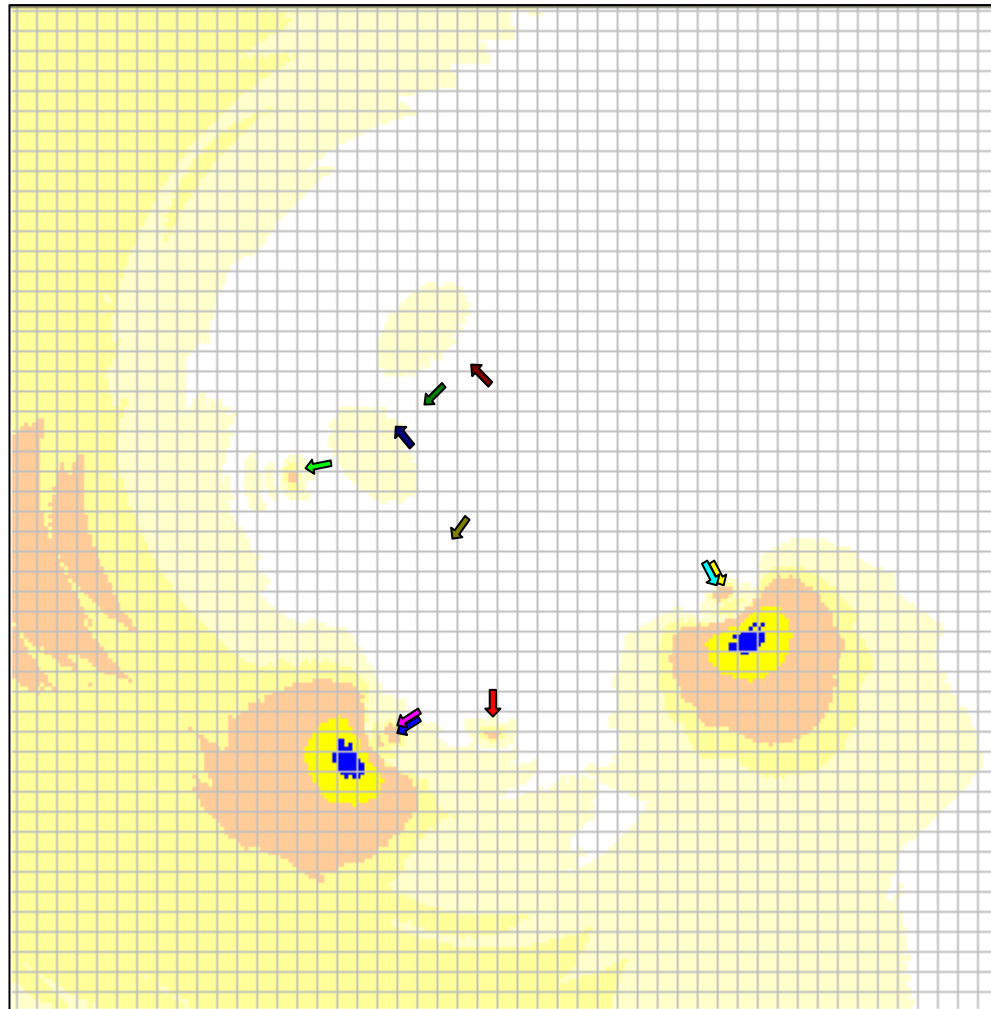







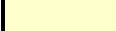
50 x 50 m

	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Řez ve výšce = 19,3 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

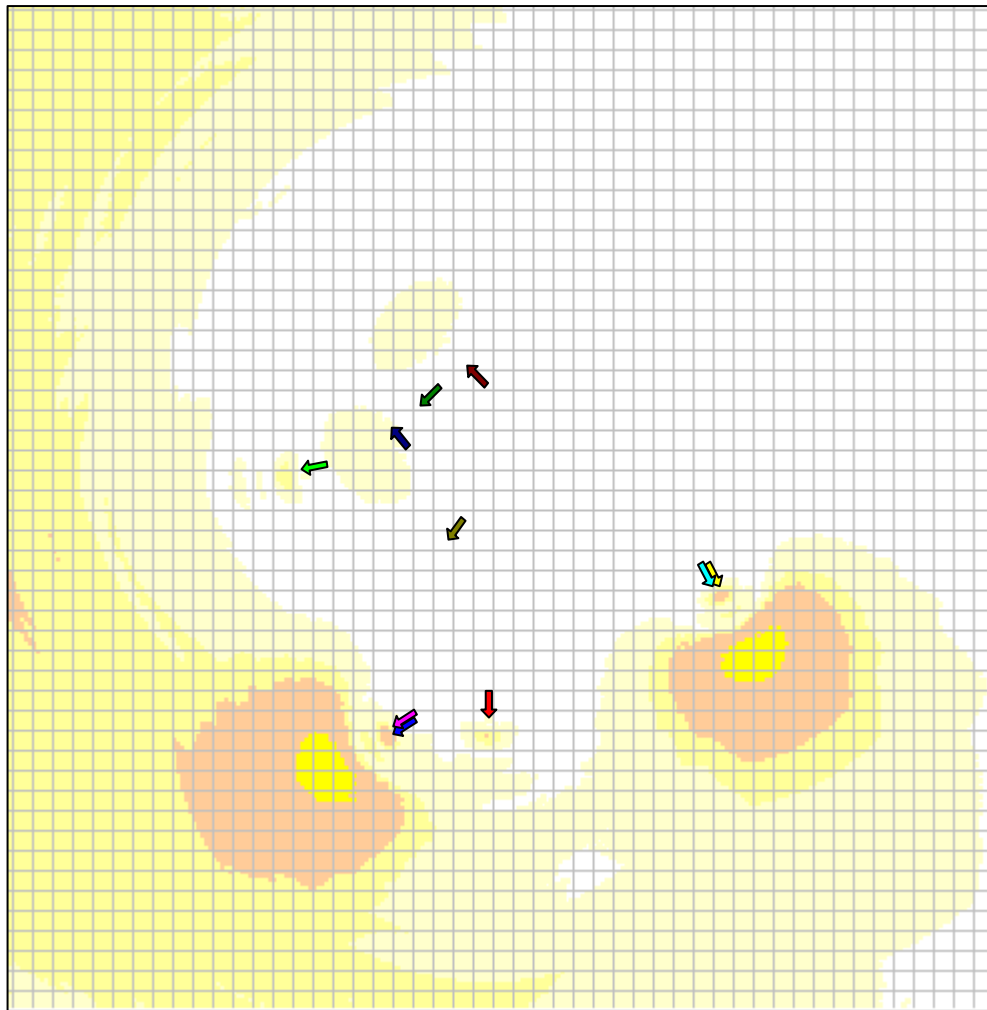


	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.







50 x 50 m

Řez ve výšce = 19,1 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

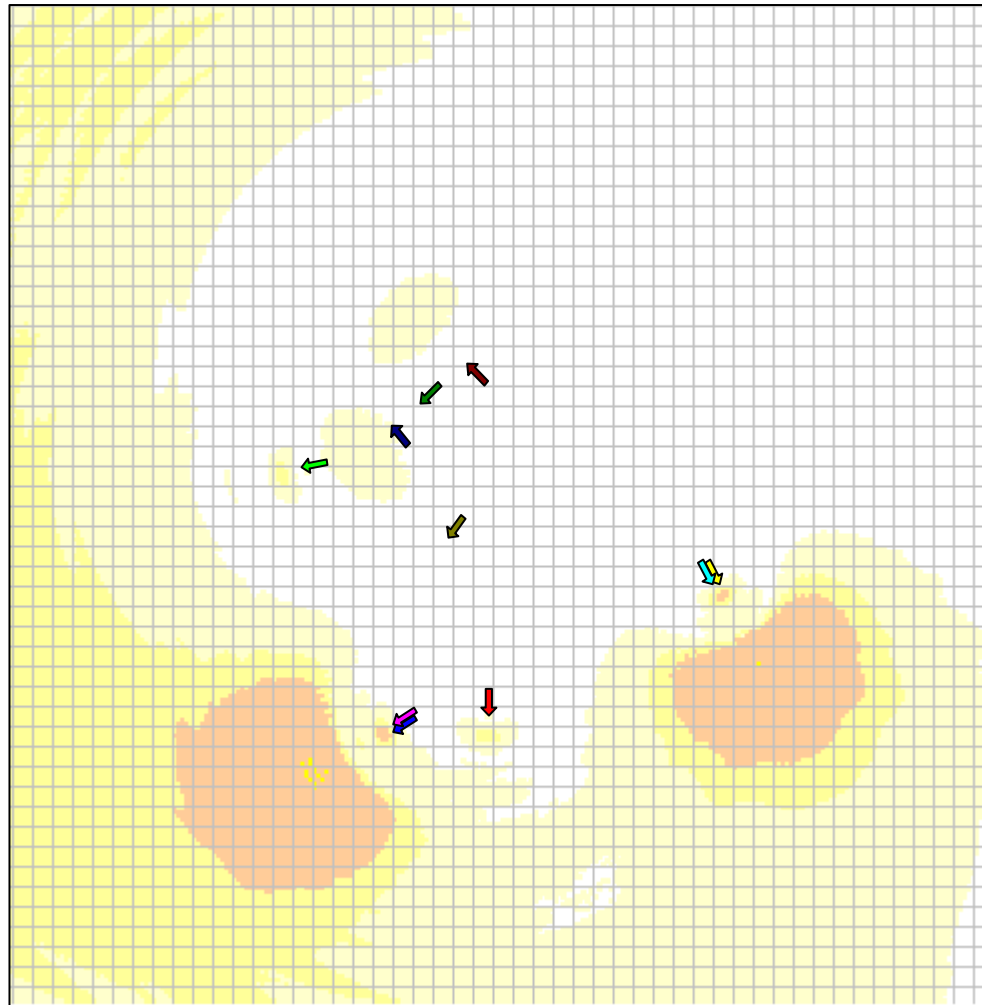


50 x 50 m

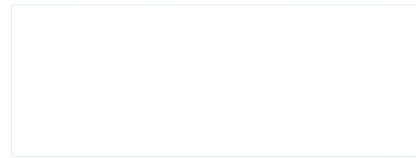
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.






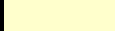
Řez ve výšce = 18,9 m

23,9
23,7
23,5
23,3
23,1
22,9
22,7
22,5
22,3
22,1
21,9
21,7
21,5
21,3
21,1
20,9
20,7
20,5
20,3
20,1
19,9
19,7
19,5
19,3
19,1
18,9

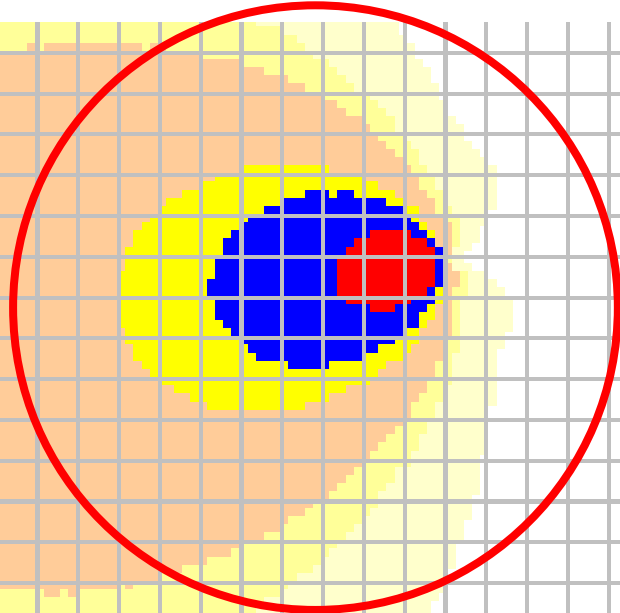


50 x 50 m



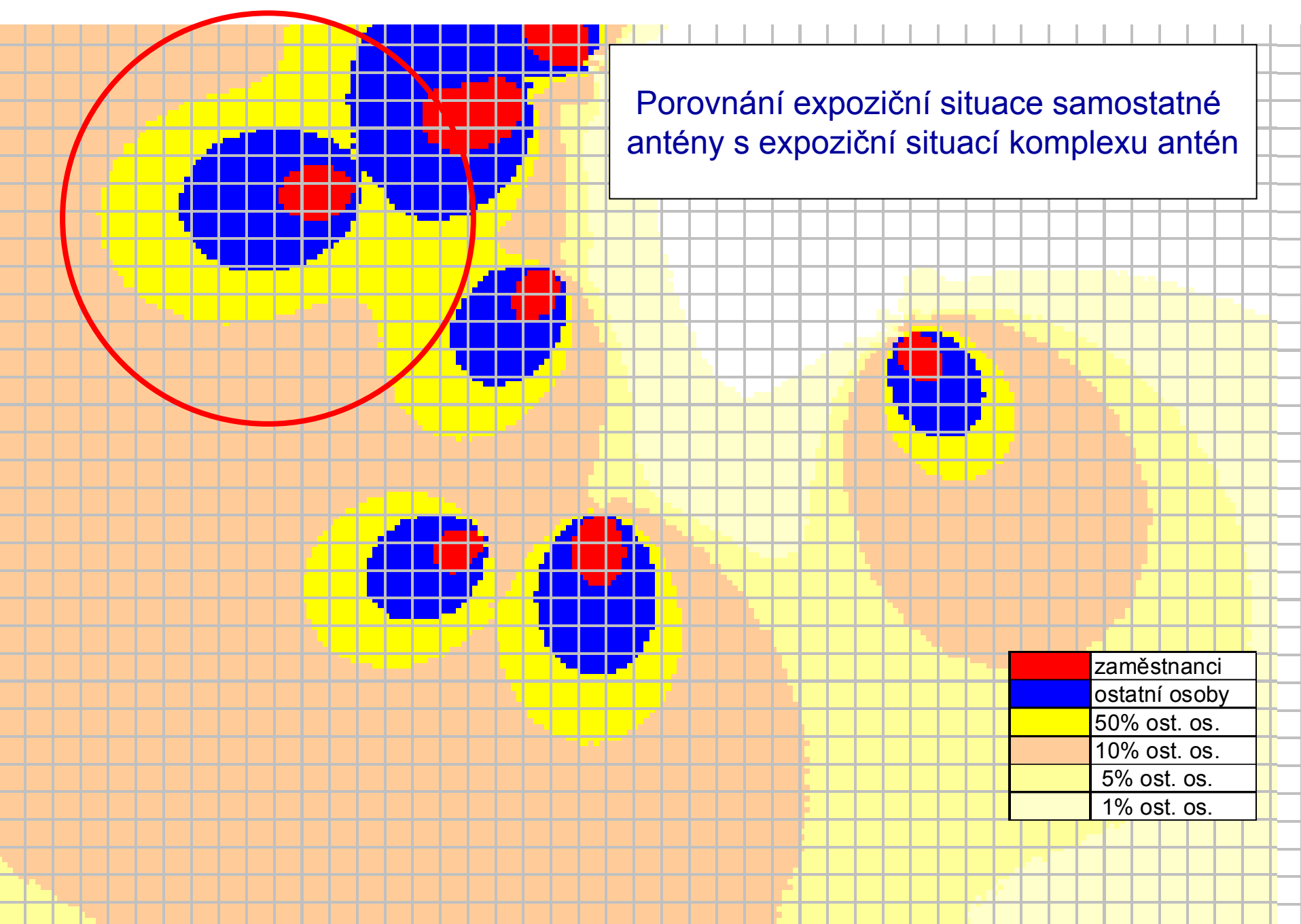
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Porovnání expoziční situace samostatné antény s expoziční situací komplexu antén



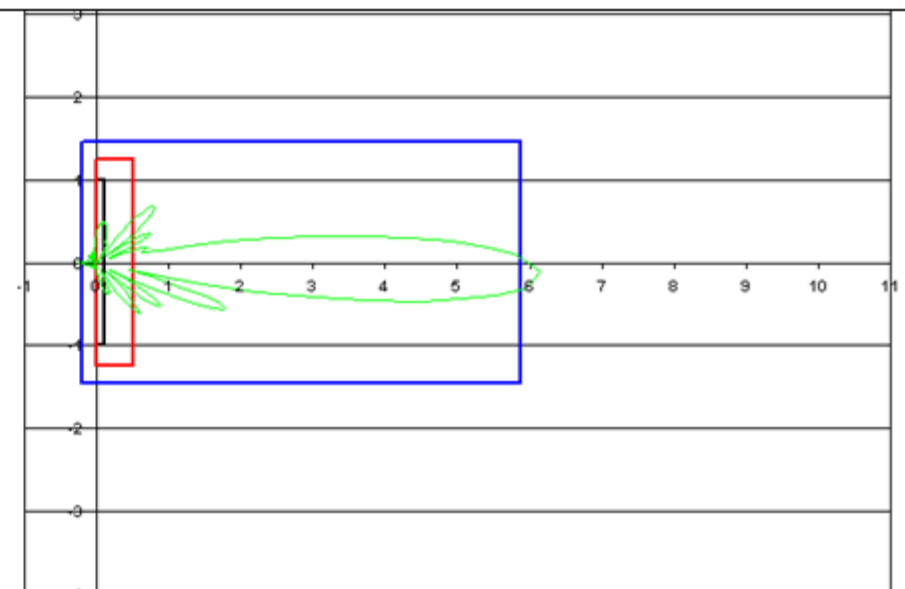
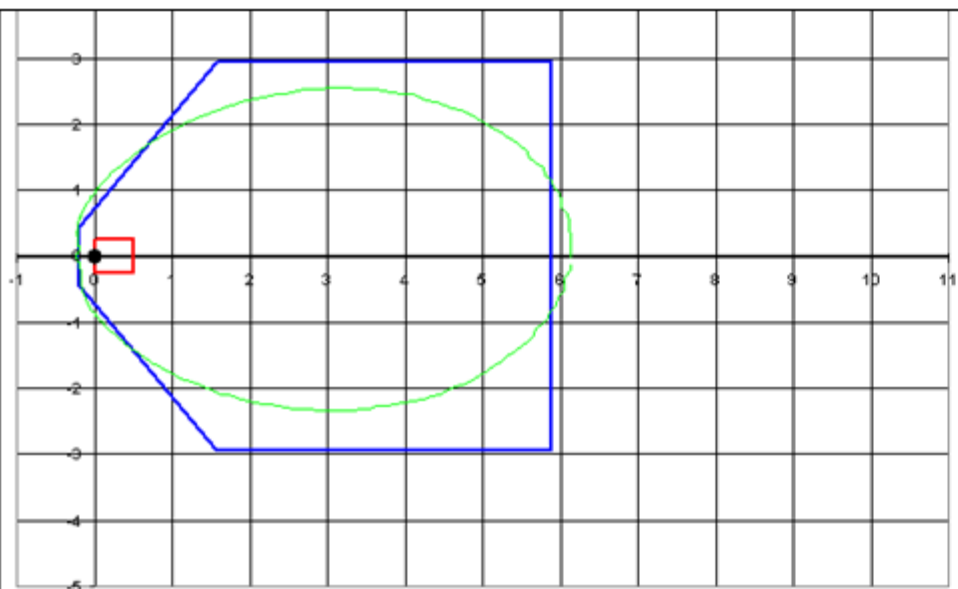
Red	zaměstnanci
Blue	ostatní osoby
Yellow	50% ost. os.
Orange	10% ost. os.
Light Yellow	5% ost. os.
Very Light Yellow	1% ost. os.

Porovnání expoziční situace samostatné antény s expoziční situací komplexu antén

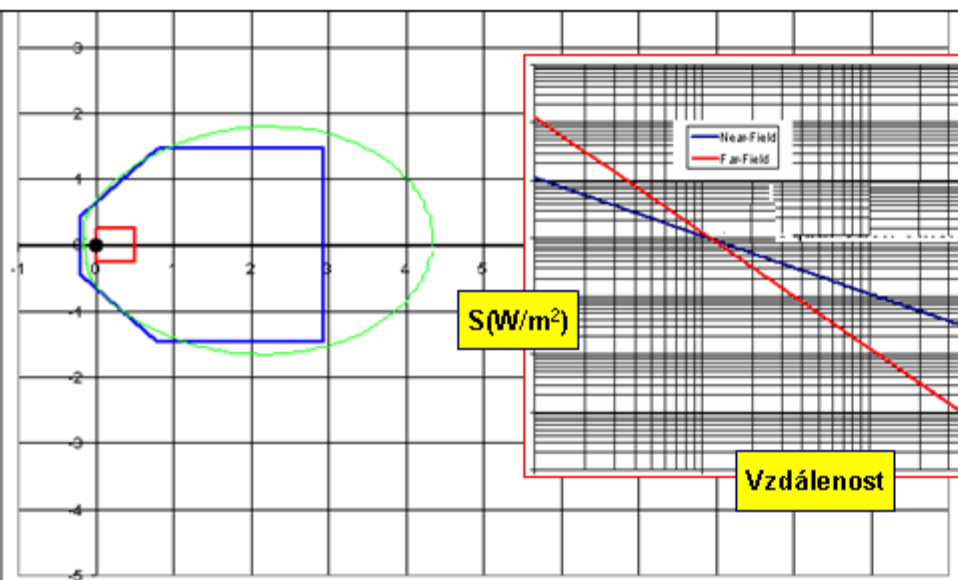


Red	zaměstnanci
Blue	ostatní osoby
Yellow	50% ost. os.
Orange	10% ost. os.
Light Yellow	5% ost. os.
Very Light Yellow	1% ost. os.

Kathrein 742265 dBi = 15,5; P = 60 W (vzdálené pole)

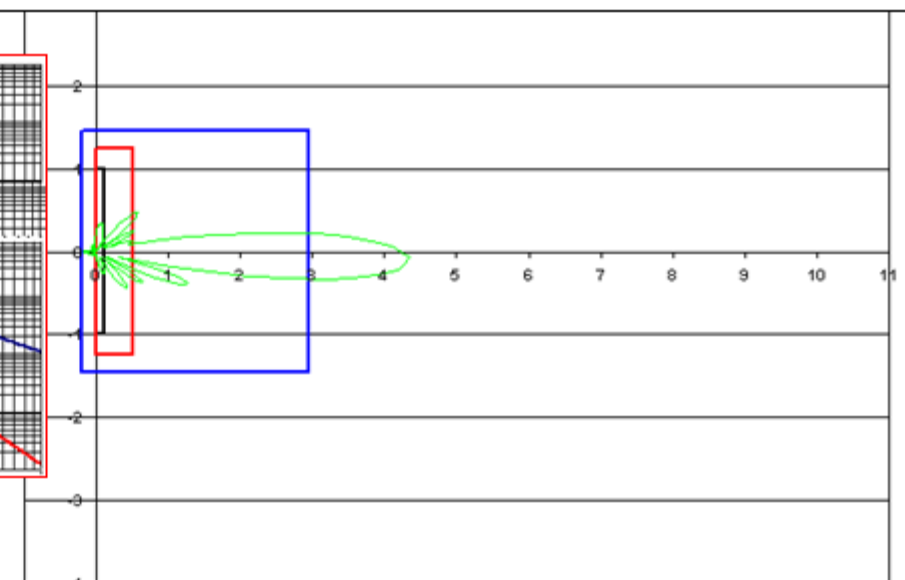
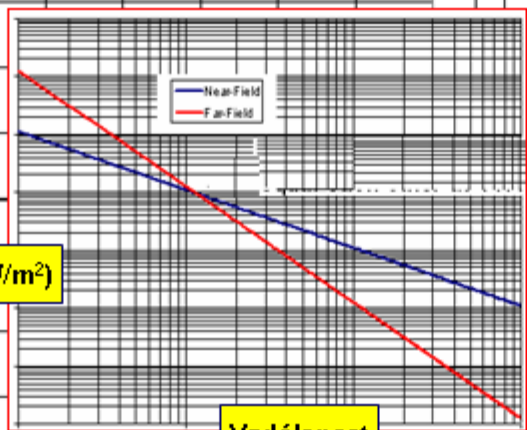


Kathrein 742265 dBi = 15,5; P = 30 W (blízke pole)



S(W/m²)

Vzdálenost

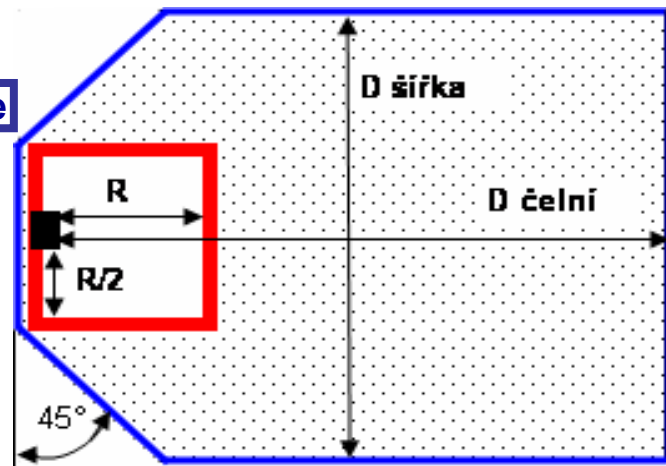


Porovnání Kathrein charakteristiky s novým způsobem výpočtu

Samostatná anténa





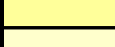
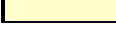
blízké pole

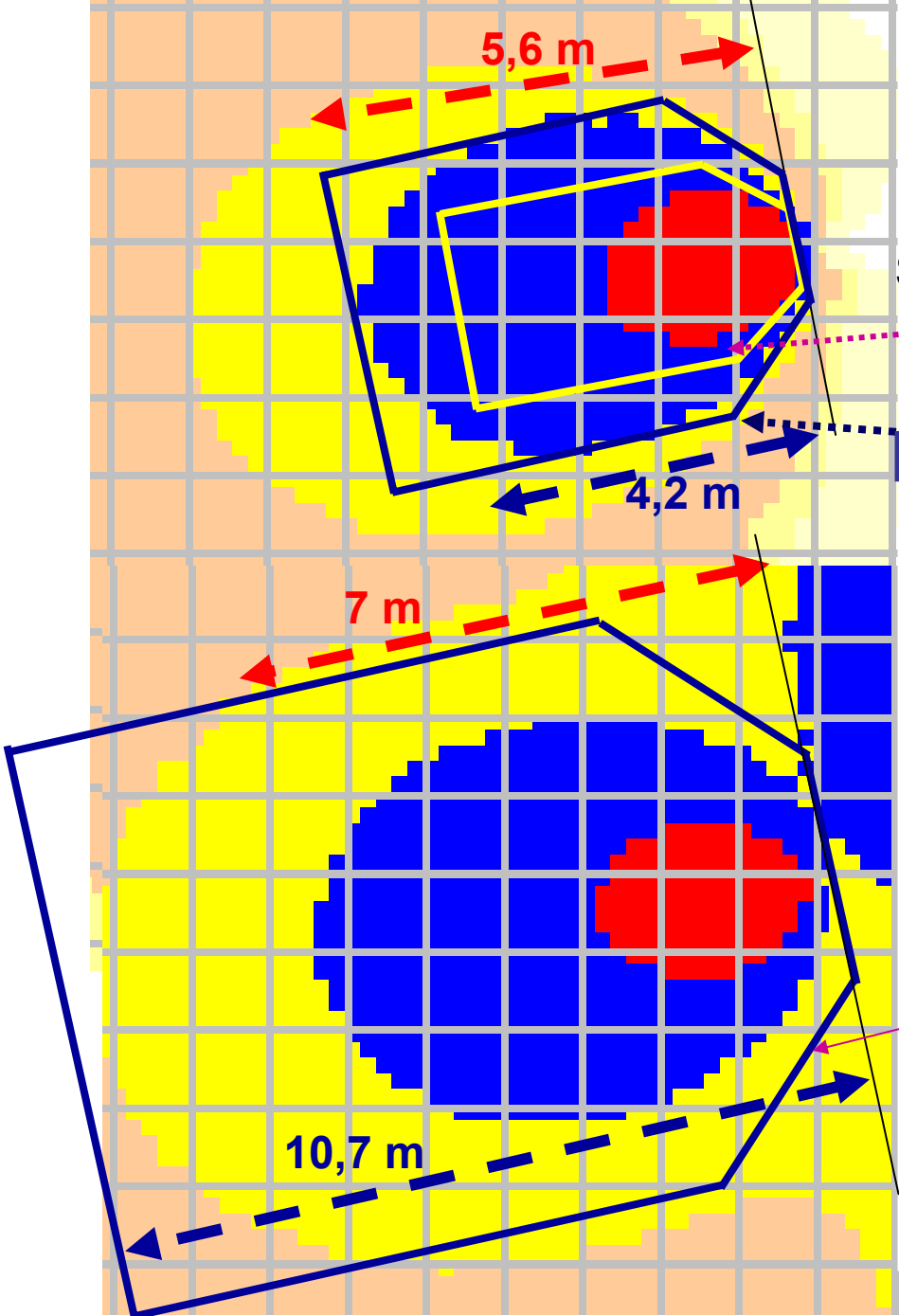
vzdálené pole



Komplex antén

vzdálené pole

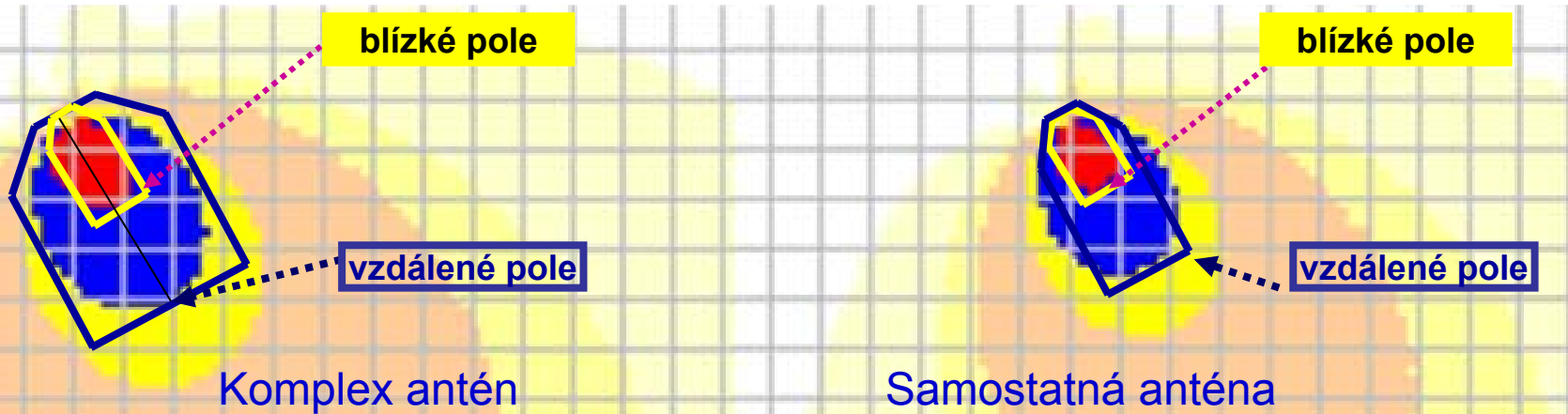
	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.



Porovnání Kathrein charakteristiky s novým způsobem výpočtu

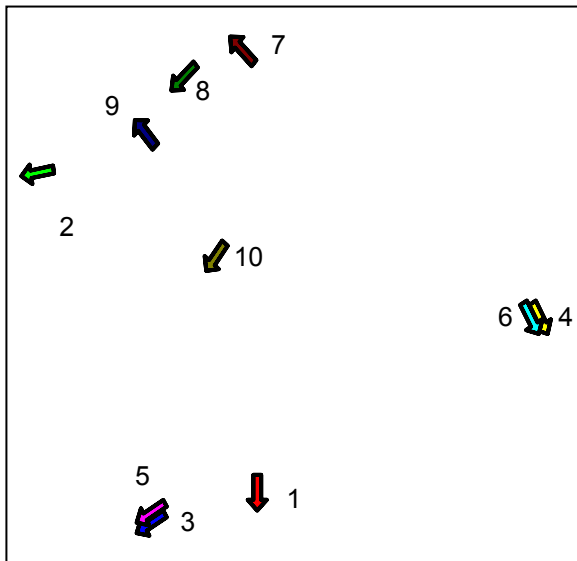
	Dělní x šířka
Vzdálené pole	4,03 x 3,27 m
Blízké pole	2 x 1,07 m

	Dělní x šířka
Vzdálené pole	3,27 x 1,22 m
Blízké pole	1,22 x 0,7 m

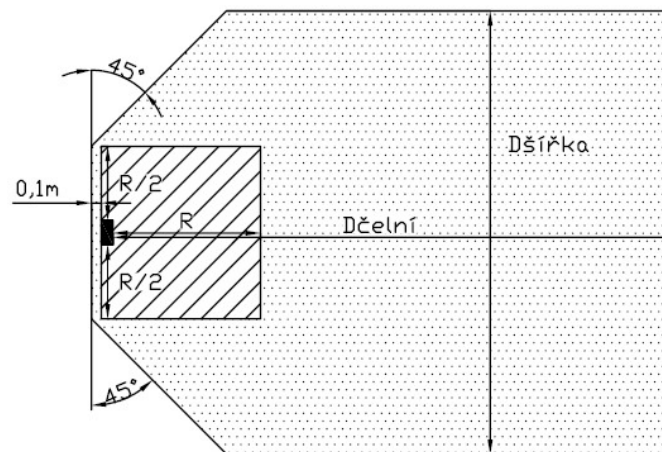
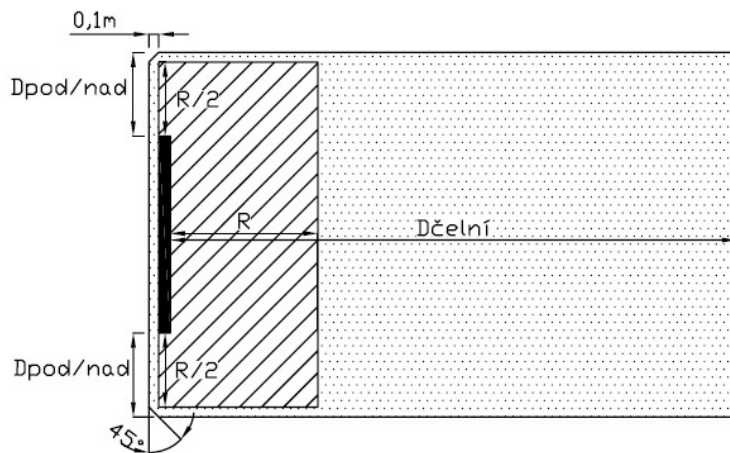


	zaměstnanci
	ostatní osoby
	50% ost. os.
	10% ost. os.
	5% ost. os.
	1% ost. os.

Výsledná informace pro pohyb kolem antén



Anténa	D čelní	D šířka	D pod/nad	D zadní	R
1	4,22	2,27	0,35	0,1	0,35
2	10,70	8,13	1,76	0,1	1,76
3	6,13	3,29	0,62	0,1	0,62
4	2,00	1,07	0,35	0,1	0,35
5	6,13	3,20	0,94	0,1	0,94
6	2,00	1,04	0,35	0,1	0,35
7	4,05	2,17	0,60	0,1	0,60
8	8,56	6,50	0,96	0,1	0,96
9	9,54	7,25	1,50	0,1	
10	6,76	3,63	0,87	0,1	0,87



anténa



zaměstnanci



ostatní osoby

**Děkuji za
pozornost**

Numerická simulace

Metoda konečných diferencí v časové oblasti spočívá v nahrazení časových a prostorových derivací v Maxwellových rovnicích, časovými a prostorovými diferencemi a vzájemným propojením E a H složek EM pole do krychlové mřížky tak, že každá E složka je radiálně obklopena čtveřicí H složek a naopak.