

## **RIZIKOVÁ ANALÝZA A BEZPEČNOST PROVOZU BEROUNSKÉHO TUNELU**

### **Část 2: ANALÝZA RIZIK - KVANTITAVNÍ HODNOCENÍ RIZIK**

**Ing. Miloslav FRANKOVSKÝ**  
DOPRAVOPROJEKT, a.s. Bratislava

# ANALÝZA RIZIK - KVANTITAVNÍ HODNOCENÍ RIZIK



## ZADAVACÍ DOKUMENTACE:

- Součástí dokumentace požárně bezpečnostního řešení stavby bude i zpracování analýzy rizik, zpracování a prezentace numerických modelů šíření požáru a zplodin hoření a zpracování a prezentace numerických modelů evakuace osob pro možná scénária mimořádných událostí v tunelu.

## LEGISLATIVNÍ RÁMEC:

- V České republice neexistuje žádný technický předpis ani specifická metodika pro provádění analýzy rizik pro výstavbu železničních tunelů.
- S ohledem na výše uvedené jsme při návrhu metodiky a obsahu analýzy vycházeli ze zkušeností z Rakouska a Slovenské republiky.
- Analýza rizik byla spracována jako kvantitativní analýza scénářů
- Pro vyhodnocení specifických vlastností tunelu byl zvolen postup sestávající z analýzy četností rizikových scénářů a klasifikace rozsahu škod (analýza sledu událostí).

# ANALÝZA RIZIK - KVANTITAVNÍ HODNOCENÍ RIZIK



## CÍLE ANALÝZY RIZIK

- Kvantitativní posouzení rizika tunelu Berounský tunel na základě scénářů za účelem ověření funkčnosti celkového bezpečnostního návrhu s ohledem na požární bezpečnost pro cestující na železnici.
- Toto hodnocení bezpečnosti návrhu s ohledem na požární události je založeno na (3D) simulacích šíření kouře a evakuace.

## PŘÍSTUP K HODNOCENÍ

- Na základě předchozích zkušeností jsme pro spolupráci na zpracování analýzy rizik získali bezpečnostní specialisty ze společnosti ILF Consulting Engineers Linz.
- Pomocí kvantitativní analýzy scénářů byly posouzeny možné následky požáru osobního vlaku vedoucího k evakuaci v Berounském tunelu.
- Na základě diskuse o četnosti scénářů, jejich očekávané závažnosti a oblasti platnosti byly vybrány čtyři různé scénáře požáru v tunelu pro reprezentativní osobní vlak.
- Vybrané scénáře jsou reprezentativní pro větší část možných požárních scénářů, nejen pro velmi specifické (nejhorší) situace.

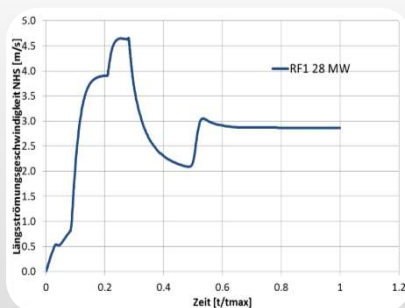
# ANALÝZA RIZIK - KVANTITAVNÍ HODNOCENÍ RIZIK



## METODICKÝ PŘÍSTUP

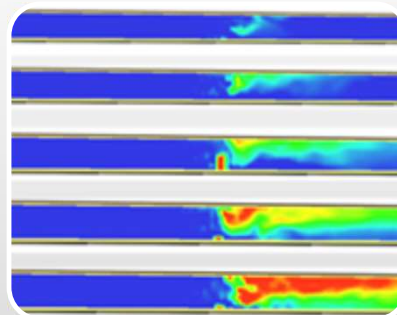
- Po výběru reprezentativních scénářů požáru vlaku s cestujícími byl použit třístupňový model následků požáru, který se skládá z 1D CFD analýzy, 3D CFD analýzy a evakuačního modelu, jakož i modelu přežití dle Purserovho přístupu
- Model následků požáru, aplikovaný na scénáře požáru osobního vlaku, se skládá ze tří metodických kroků:

### 1-D simulace



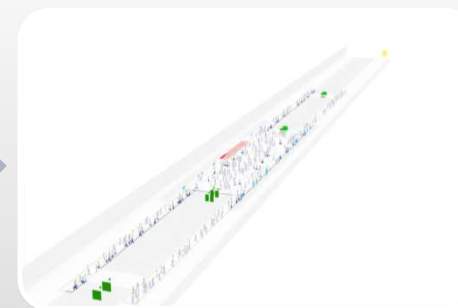
Globální vývoj podélného proudění vzduchu

### 3-D simulace CFD



Místní rozložení kouře a teploty podél evakuační cesty

### Simulace evakuace



Únik cestujících a účinky všech požárních nebezpečí

# ANALÝZA RIZIK - KVANTITAVNÍ HODNOCENÍ RIZIK



## SELEKCE RELEVANTNÍCH SCÉNÁŘŮ

S ohledem na pravděpodobnost výskytu a rozsah škod je za rozhodující scénář pro bezpečnost osob považován rizikový scénář **"požár osobního vlaku"**.

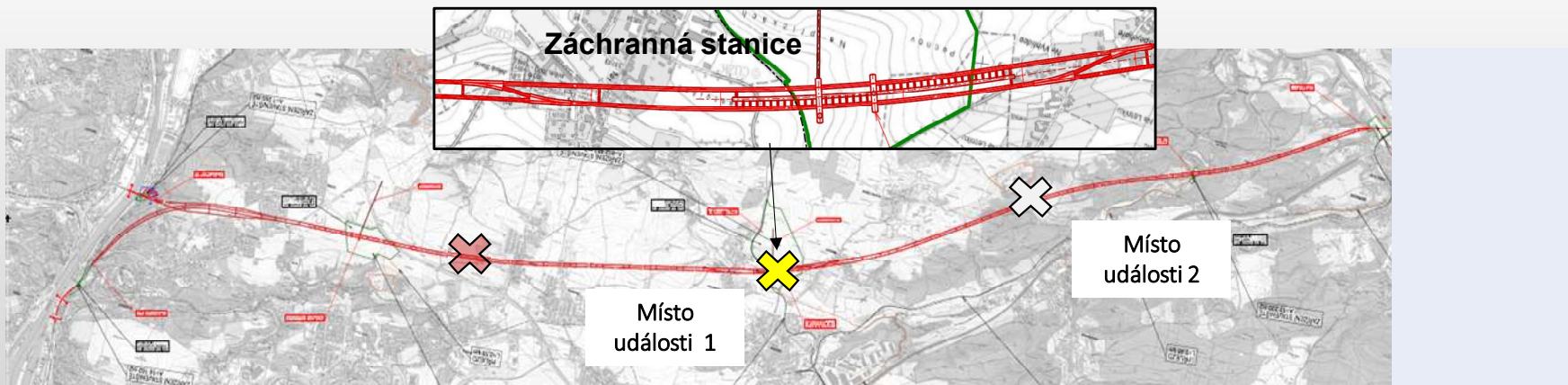
- Předpoklad byl podopřen analýzou četností rizikových scénářů na základě statistických dat z České republiky i Rakouska.
- Mechanické události (vykolejení, srážka) v železničních tunelech jsou velmi nepravděpodobné (zejména u osobních vlaků ve dvoukolejném systému). Je to dáno vysokým bezpečnostním standardem systému řízení vlaků a přísně organizovaným režimem provozu.
- Scénáře s nákladními vlaky se neuvažují z důvodu nízkého rozsahu škod (ohrožen je pouze strojvedoucí, který bude při řešení nehody cvičen).
- V analýze nejsou zohledněny ani vlaky pro přepravu nebezpečného zboží. Předpokládá se, že budou omezeny na předem stanovená časová okna, kdy v tunelové trubě nebudou žádné osobní vlaky.

# ANALÝZA RIZIK - KVANTITAVNÍ HODNOCENÍ RIZIK



## JAKO RELEVANTNÍ BYLY IDENTIFIKOVÁNY 4 RŮZNÉ "POŽÁRNÍ" SCÉNÁŘE.

1. Místo události 1: **záchranná stanice** + čas vzplanutí požáru 1: **brzy** = když vlak vjede do východního portálu
2. Místo události 1: **záchranná stanice** + čas vzplanutí požáru 1: **pozdě** = nejzazší okamžik zastavení v záchranné stanici
3. Místo události 2: Mezi záchrannou stanicí a východním portálem + Doba vznícení 1: **brzy** = krátce před záchrannou stanicí
4. Místo události 2: Mezi záchrannou stanicí a východním portálem + Doba vznícení 1: **pozdě** = krátce před zastavením v místě události.



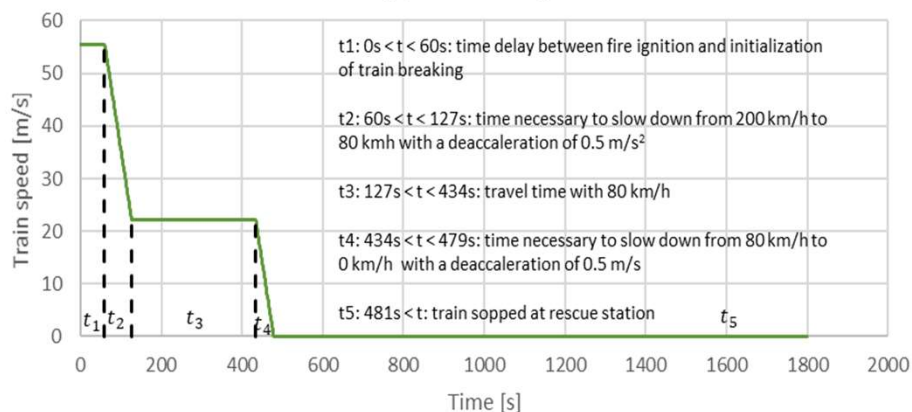
# ANALÝZA RIZIK - KVANTITAVNÍ HODNOCENÍ RIZIK



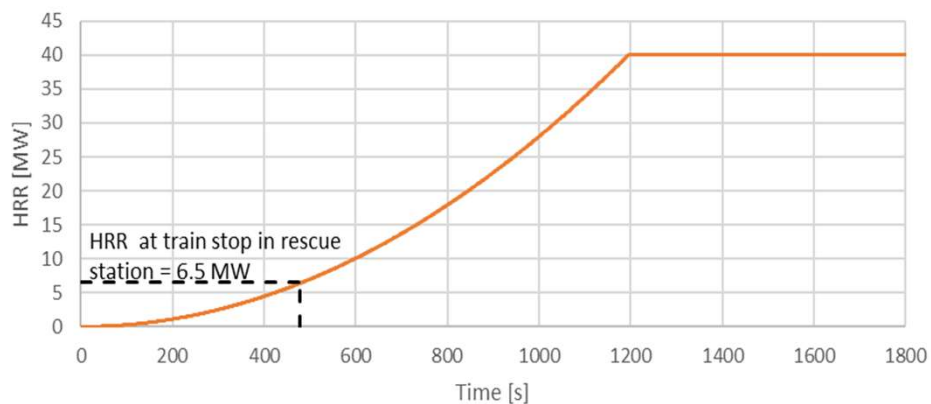
## MÍSTO UDÁLOSTI 1 - ČAS VZNÍČENÍ 1

- **Včasně** vzplanutí požáru (když vlak vjede do východního portálu)
- Požár 6,5 MW při zastavení vlaku v **záchranné stanici**
- Kouř je odváděn pomocí klapek nad záchrannou plošinou.
- Čerstvý vzduch se přivádí otevřenými dveřmi nouzového východu.

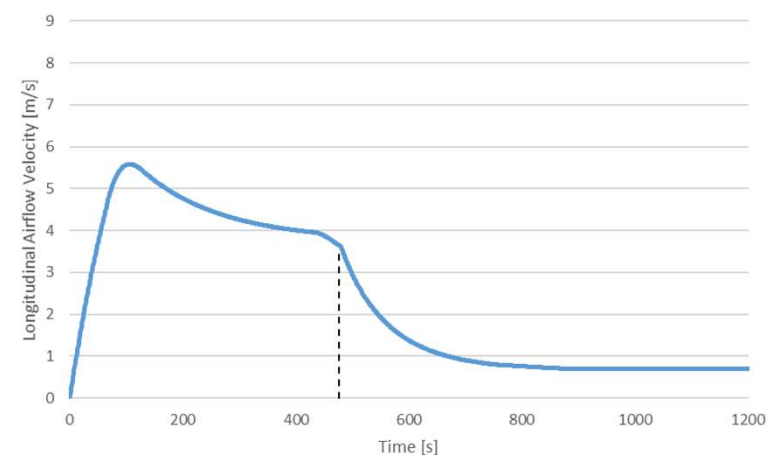
Velocity / Time diagram



HRR curve



Velocity Development - Ignition Time 1

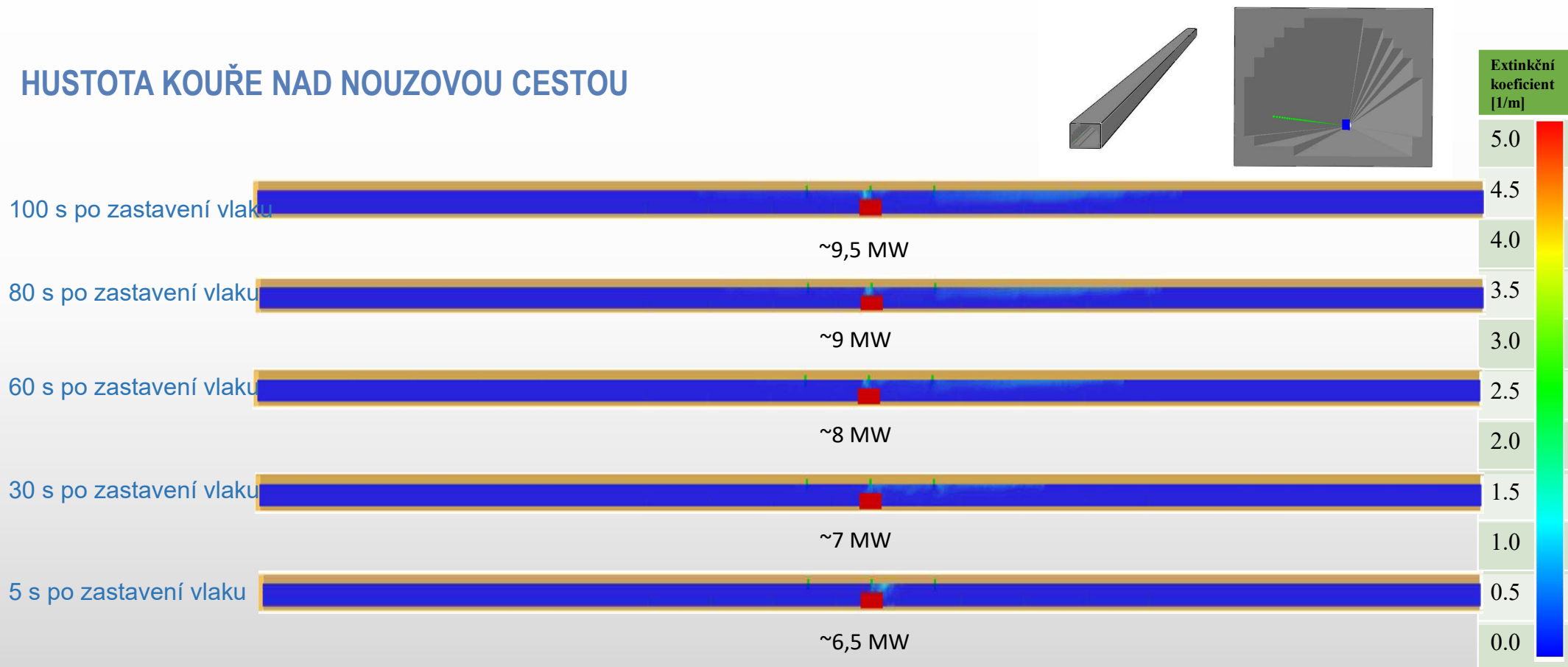


# VÝSLEDKY SIMULACE POŽÁRU CFD

Místo události 1: Záchranná stanice + Doba vznícení 1: brzy



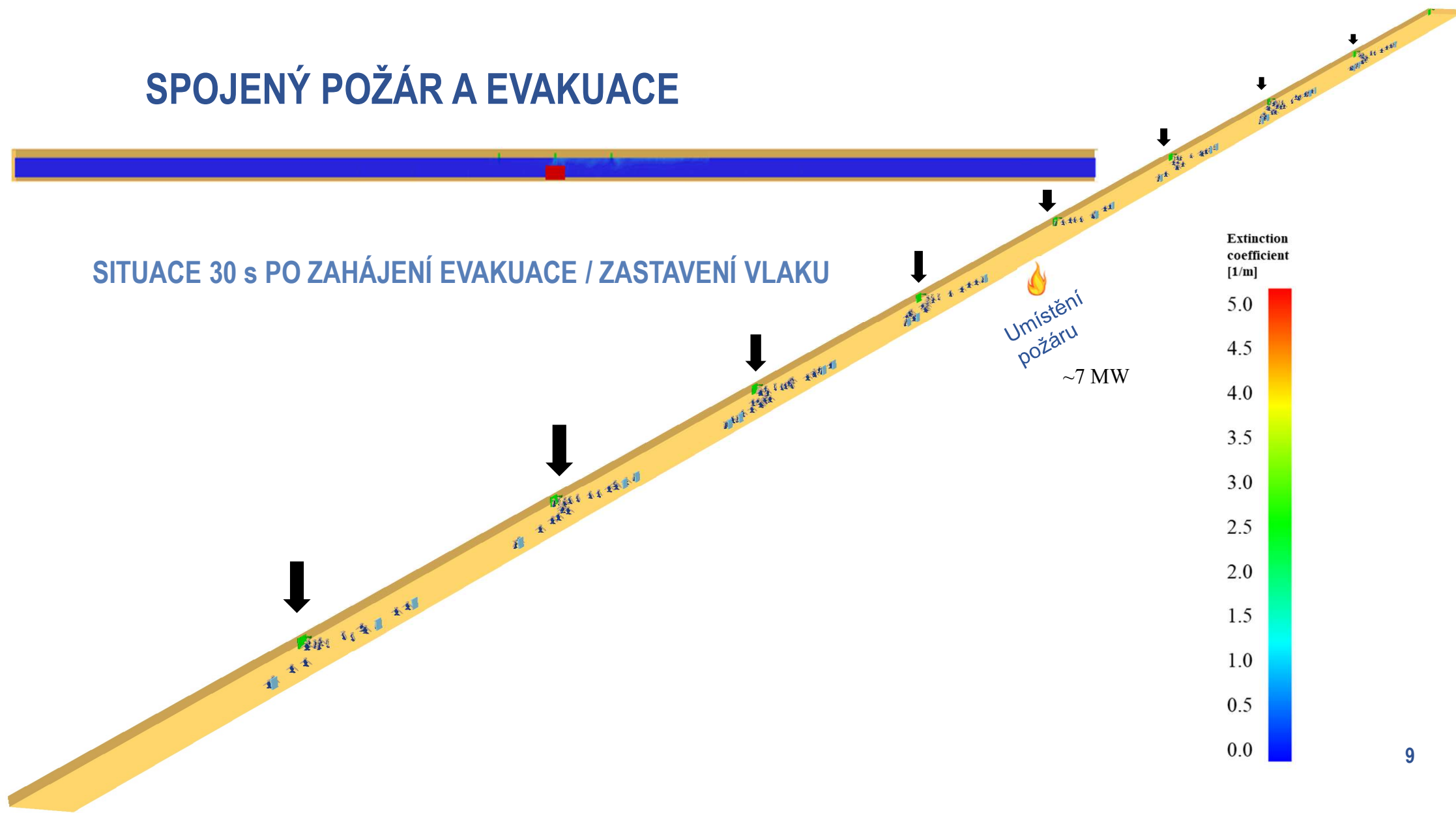
## HUSTOTA KOUŘE NAD NOUZOVOU CESTOU





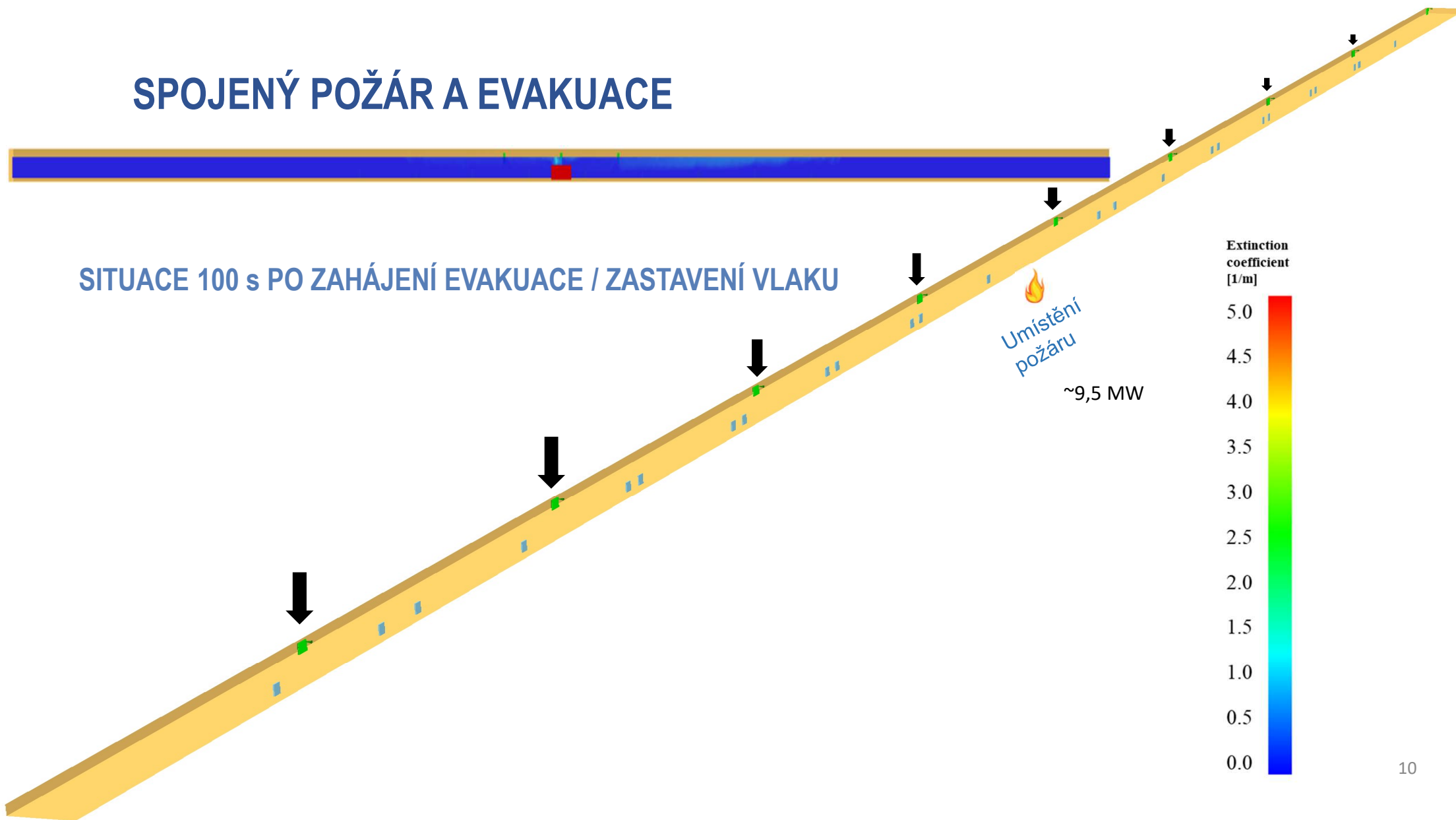
# SPOJENÝ POŽÁR A EVAKUACE

SITUACE 30 s PO ZAHÁJENÍ EVAKUACE / ZASTAVENÍ VLAKU



# SPOJENÝ POŽÁR A EVAKUACE

SITUACE 100 s PO ZAHÁJENÍ EVAKUACE / ZASTAVENÍ VLAKU

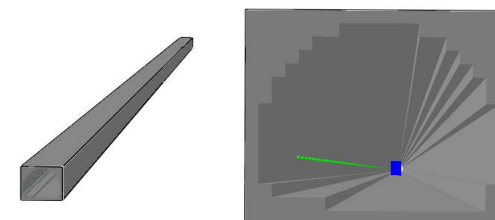


# VÝSLEDKY SIMULACE POŽÁRU CFD

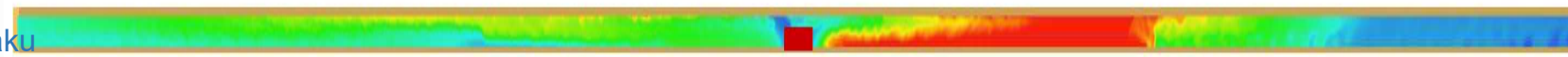


Místo události 2: Mezi záchrannou stanicí a východním portálem + Doba vznícení 1: brzy

## HUSTOTA KOUŘE NAD NOUZOVOU CESTOU



600 s po zastavení vlaku



~20 MW

300 s po zastavení vlaku



~9,5 MW

120 s po zastavení vlaku

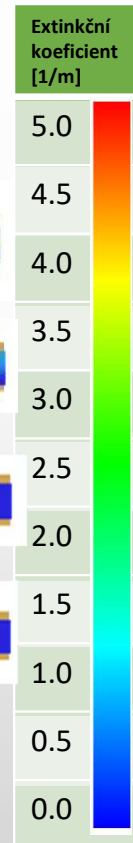


~5 MW

60 s po zastavení vlaku

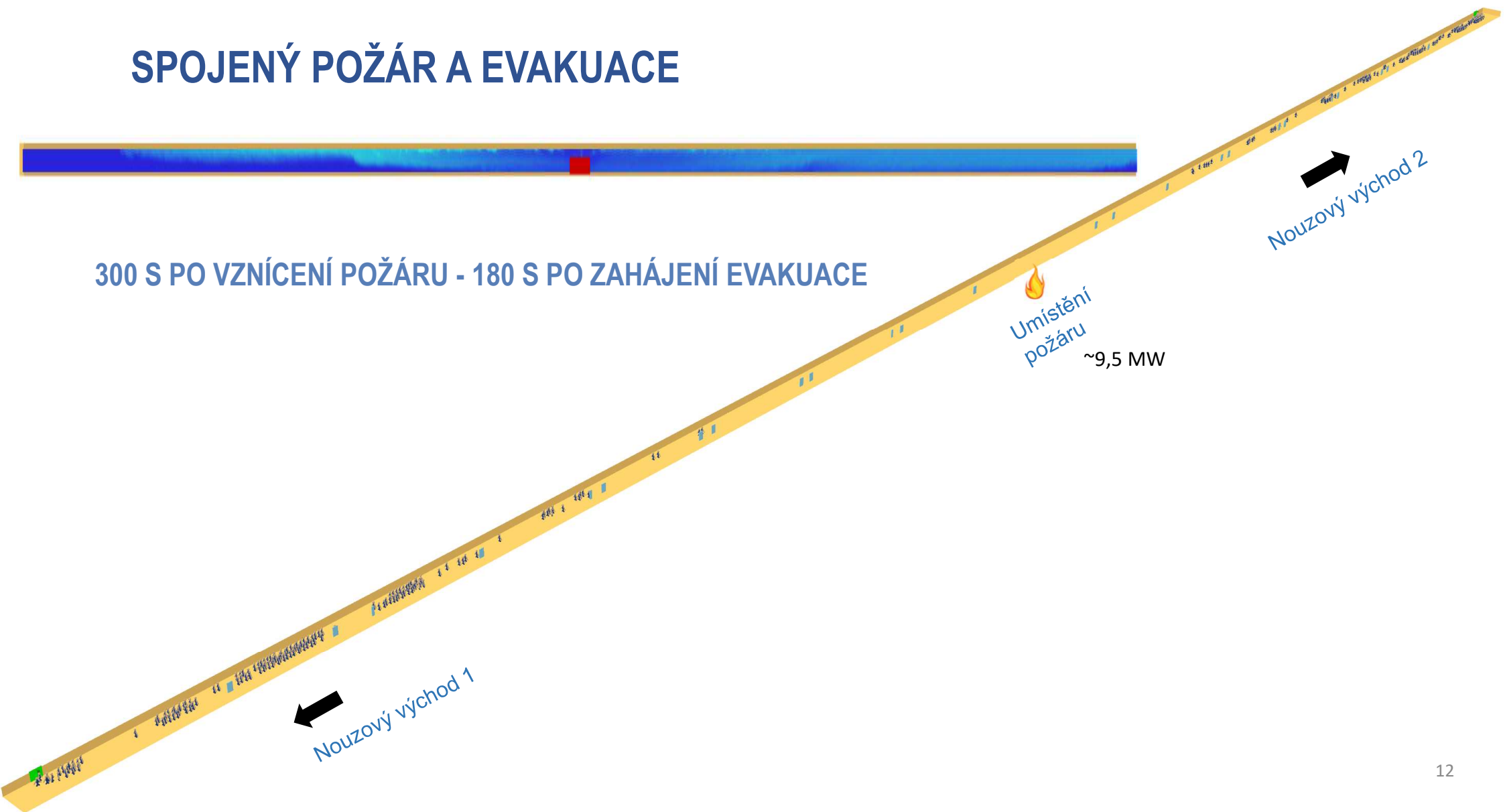


~3 MW



# SPOJENÝ POŽÁR A EVAKUACE

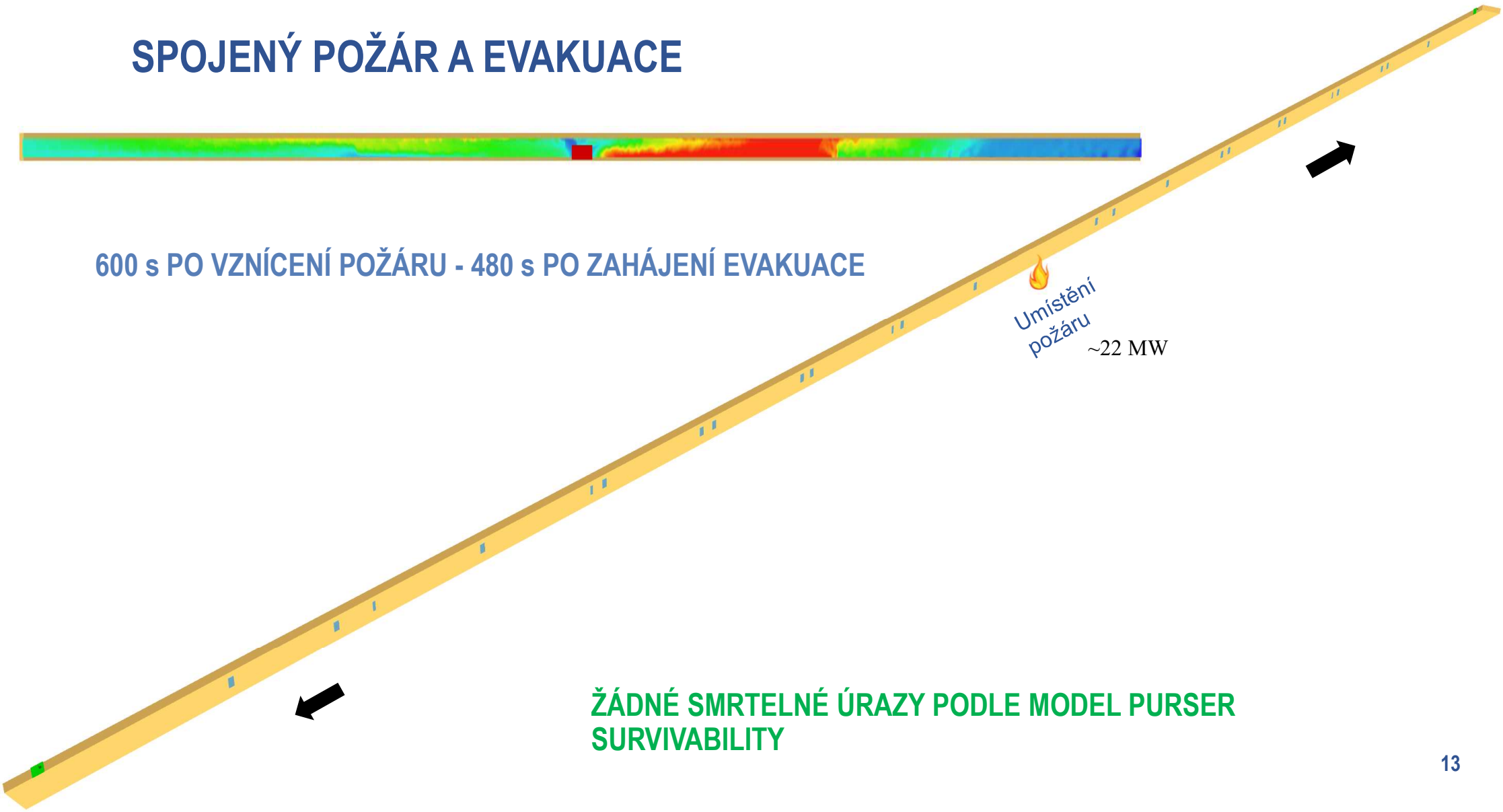
300 S PO VZNÍČENÍ POŽÁRU - 180 S PO ZAHÁJENÍ EVAKUACE



# SPOJENÝ POŽÁR A EVAKUACE



600 s PO VZNÍČENÍ POŽÁRU - 480 s PO ZAHÁJENÍ EVAKUACE



Umístění požáru  
~22 MW

ŽÁDNÉ SMRTELNÉ ÚRAZY PODLE MODEL PURSER SURVIVABILITY

# ANALÝZA RIZIK - KVANTITAVNÍ HODNOCENÍ RIZIK



## VÝSLEDKY A ZÁVĚRY

- Žádná smrtelná zranění podle Pusersova modelu přežití - pro místo události 1 (záchranná stanice) i pro místo události 2 (mezi záchrannou stanicí a východním portálem).
- Důvodem tohoto pozitivního závěru jsou příznivé podmínky zamýšlené bezpečnostní koncepce Berounského tunelu, která zajišťuje rychlou evakuaci cestujících v případě požáru vlaku. Záchranná stanice je mimořádně dobře vybavena (včetně výkonného ventilačního systému, široké záchranné plošiny a krátkých únikových vzdáleností).
- Dokonce ani evakuace hořícího osobního vlaku mimo záchrannou stanici nevedla v modelu hodnocení rizik k žádným smrtelným nehodám. Výška chodníku (která je výrazně vyšší než úroveň kolejí) umožňuje rychlý výstup z vlaku.
- Široký chodník umožňuje předjíždět pomalejší evakuované osoby na cestě do bezpečných prostor a pozitivní se jeví i relativně krátká vzdálenost nouzových východů 450 m (TSI požaduje pouze 500 m).