

INFRA ry – Louhintapäivät 13.-14.3.2024

# Tärinätarina - eli tuoreita tutkimuksia ja näkemyksiä räjäytystärinästä

*Tuomo Hänninen*

# Agenda

- 1. Pohjustusta**
- 2. Tuoreita tutkimustuloksia**
- 3. Näkemyksiä ja pohdintaa**

# **Vanhoja viisauksia tärinästä ja detonaatiosta (?)**

**Tärinän vallitseva taajuus on korkea lähellä räjäytyspistettä**

**Taajuus ja siirtymä vaikuttavat vauriovaaraan** **Kenttä potkii taaksepäin**

**Pistemäinen panos aiheuttaa poikittaista panosta pienemmät tärinät**

**Reikä ei pala alaspäin**

**Lukkoräjäytys aiheuttaa suuren tärinän**

**Sokkelista mitattu tärinätulos kertoo kallion tärinänjohtavuudesta**

**7 ms sääntö momentaanisen räjähdysainemäärän laskennassa**

**Tärinän pystykomponentti on usein vaakakomponentteja suurempi**

# Tärinätekniisiä tutkimuksia viime vuosilta

## DIPLOMITÖITÄ

**Tommi Lonardi 2021** – Räjähdysnopeuden vaikutus räjäytystärinän tekijöihin

**Mikko Aarnio 2022** – Sytytyssuunnan ja -paikan sekä *shock wave collision* -ilmiön vaikutus räjäytystärinän tekijöihin sekä detonaatioon

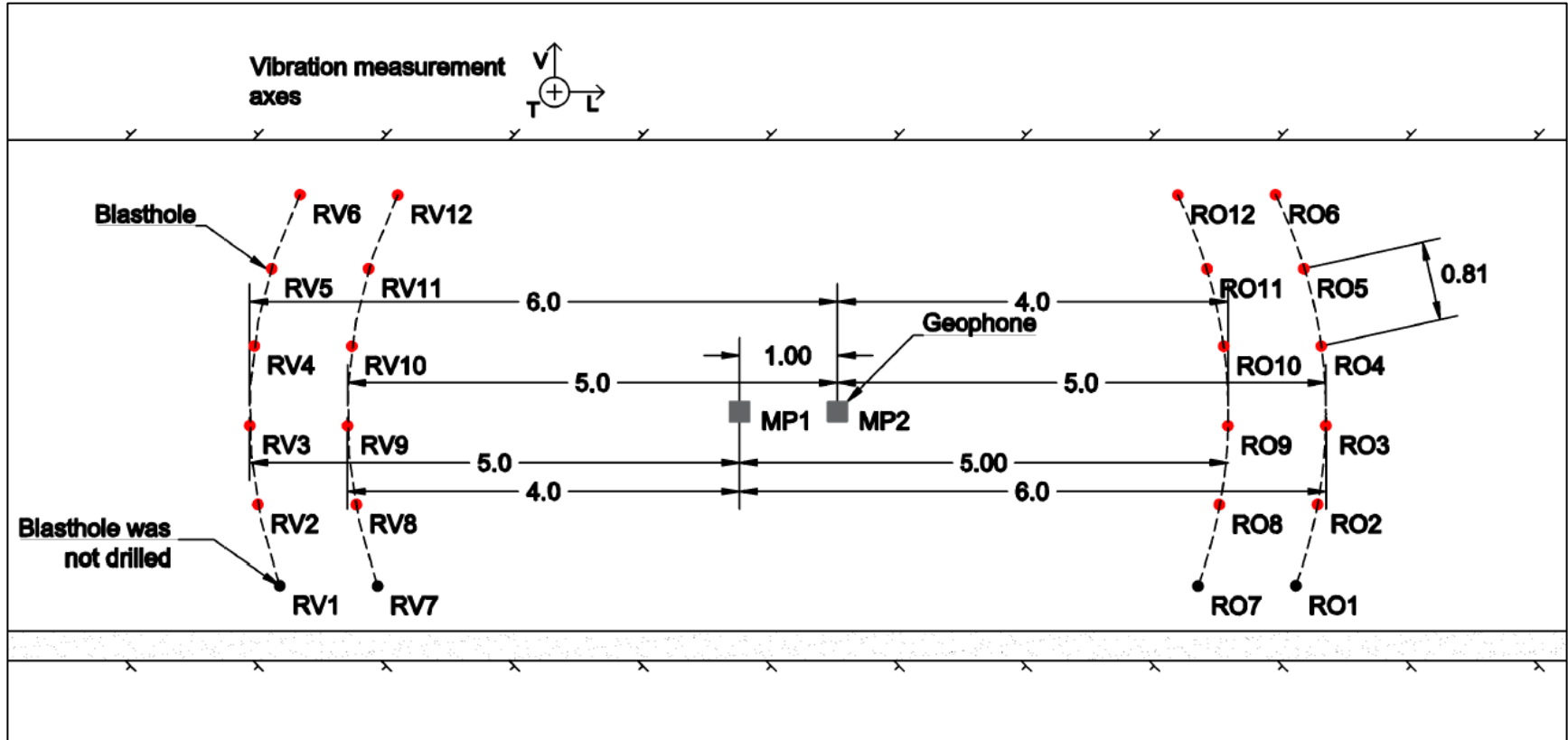
**Pyry Venho 2022** – Louhintatärinän aiheuttamat vauriot betonirakenteissa

- Tutkimus sisälsi myös paljon erilaisia tärinän luonteeseen liittyviä mittauksia

**Xxx xxx 2023-2024** – Etutäytteen ja räjähdyskaasujen vaikutus räjäytystärinän tekijöihin

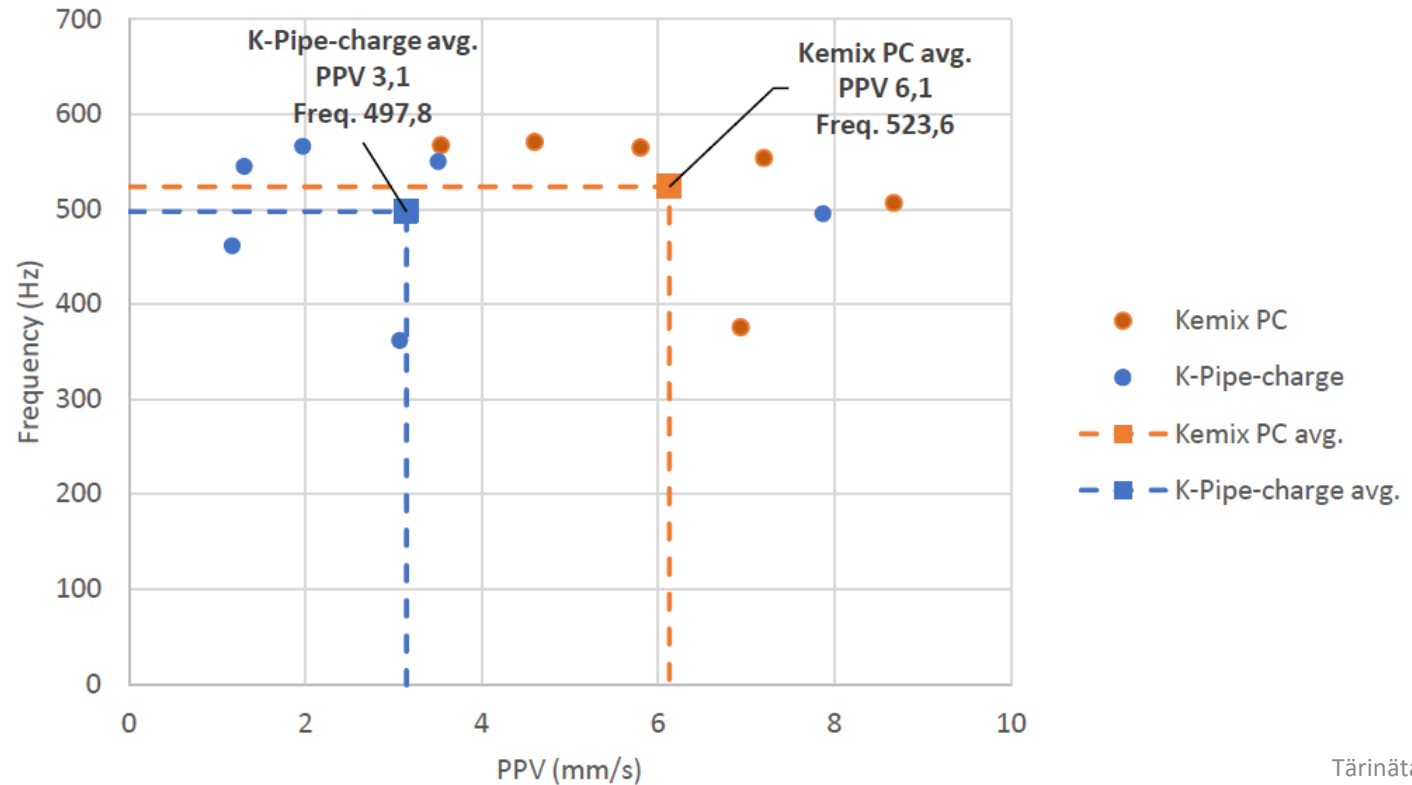
Lisäksi mukana mm. Aalto-yliopisto, Afry, Destia, Dragon Mining, Forcit, INFRA ry, SK-Kaivin, Terrawise...

# Räjähdysnopeuden vaikutus

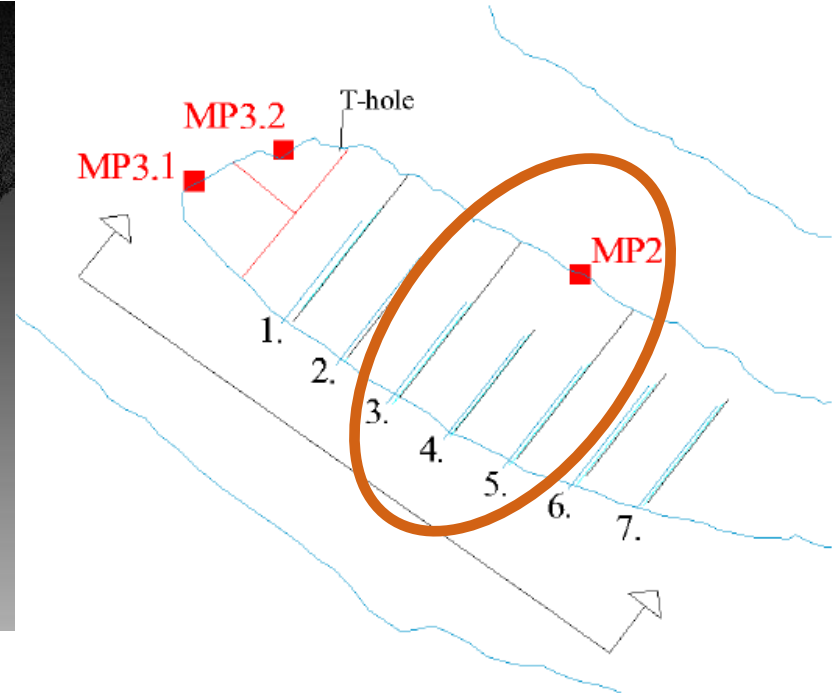
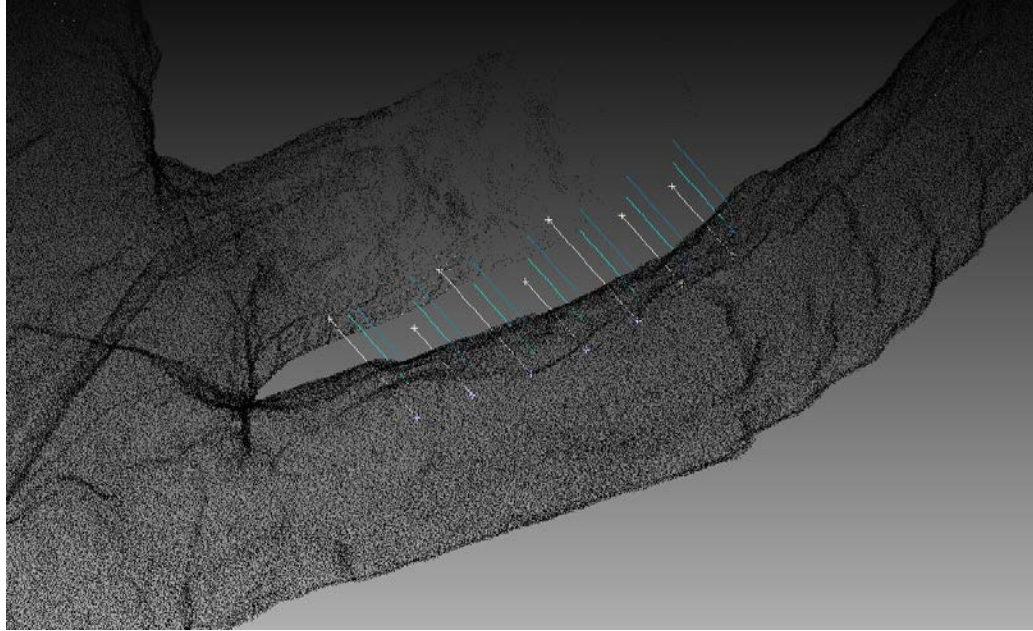


# Räjähdysnopeuden vaikutus

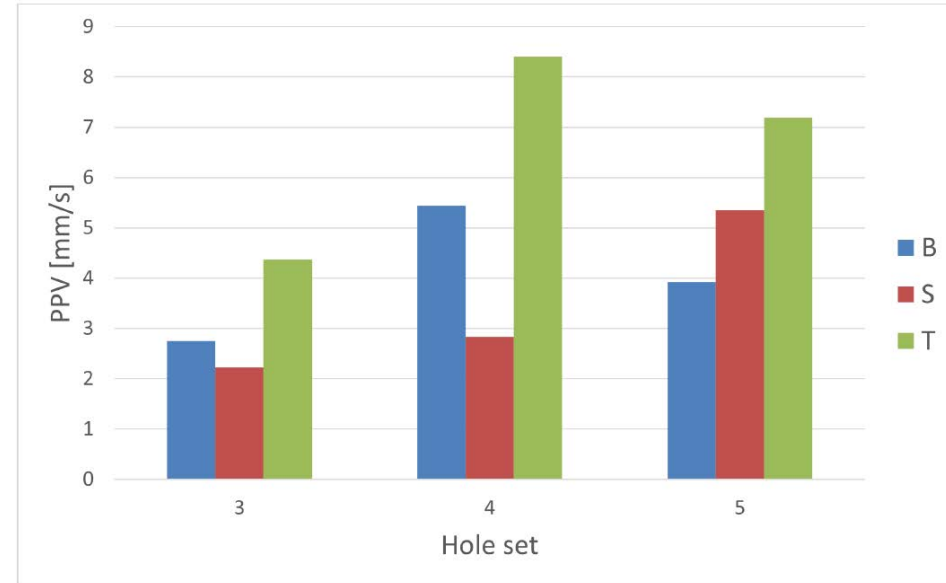
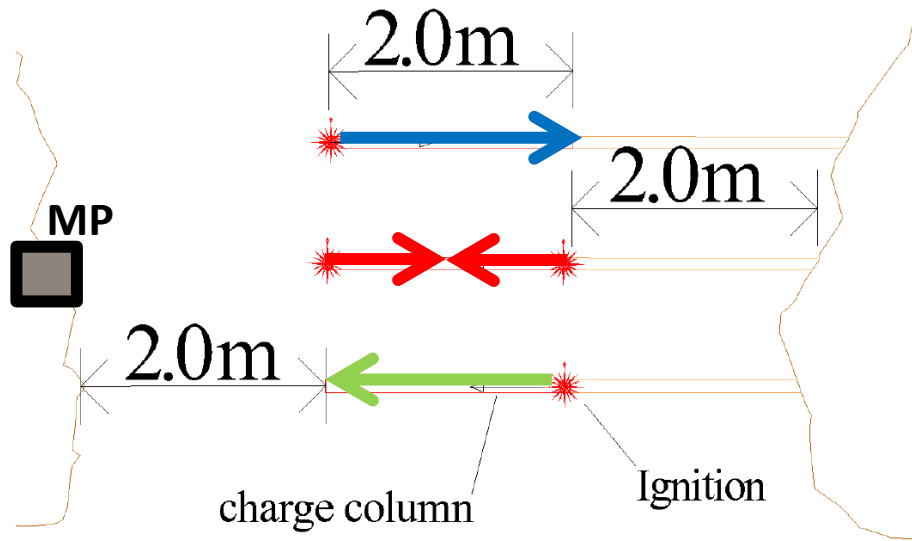
PPV<sub>max</sub> vs. Mean frequency  
R = 5 m



# Sytytyssuunta, -paikka ja shock wave collision

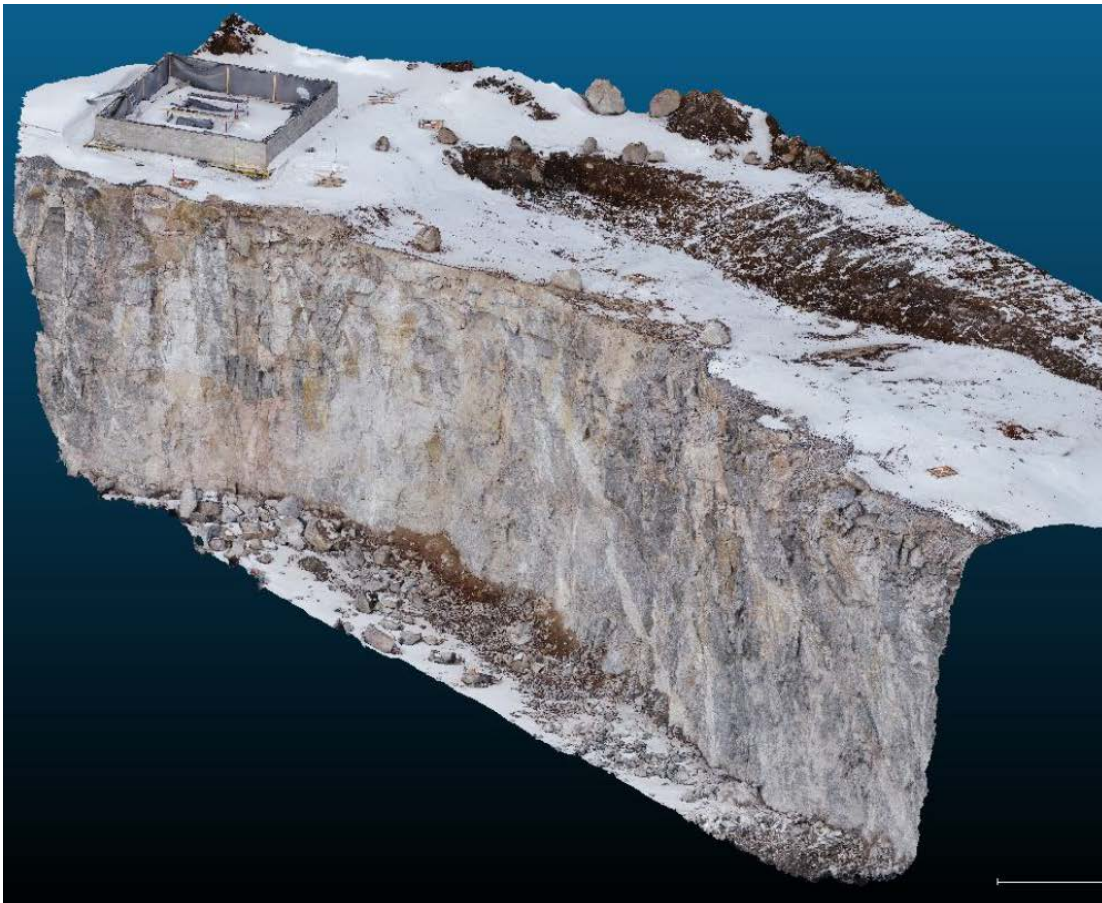


# Sytytyssuunta, -paikka ja shock wave collision

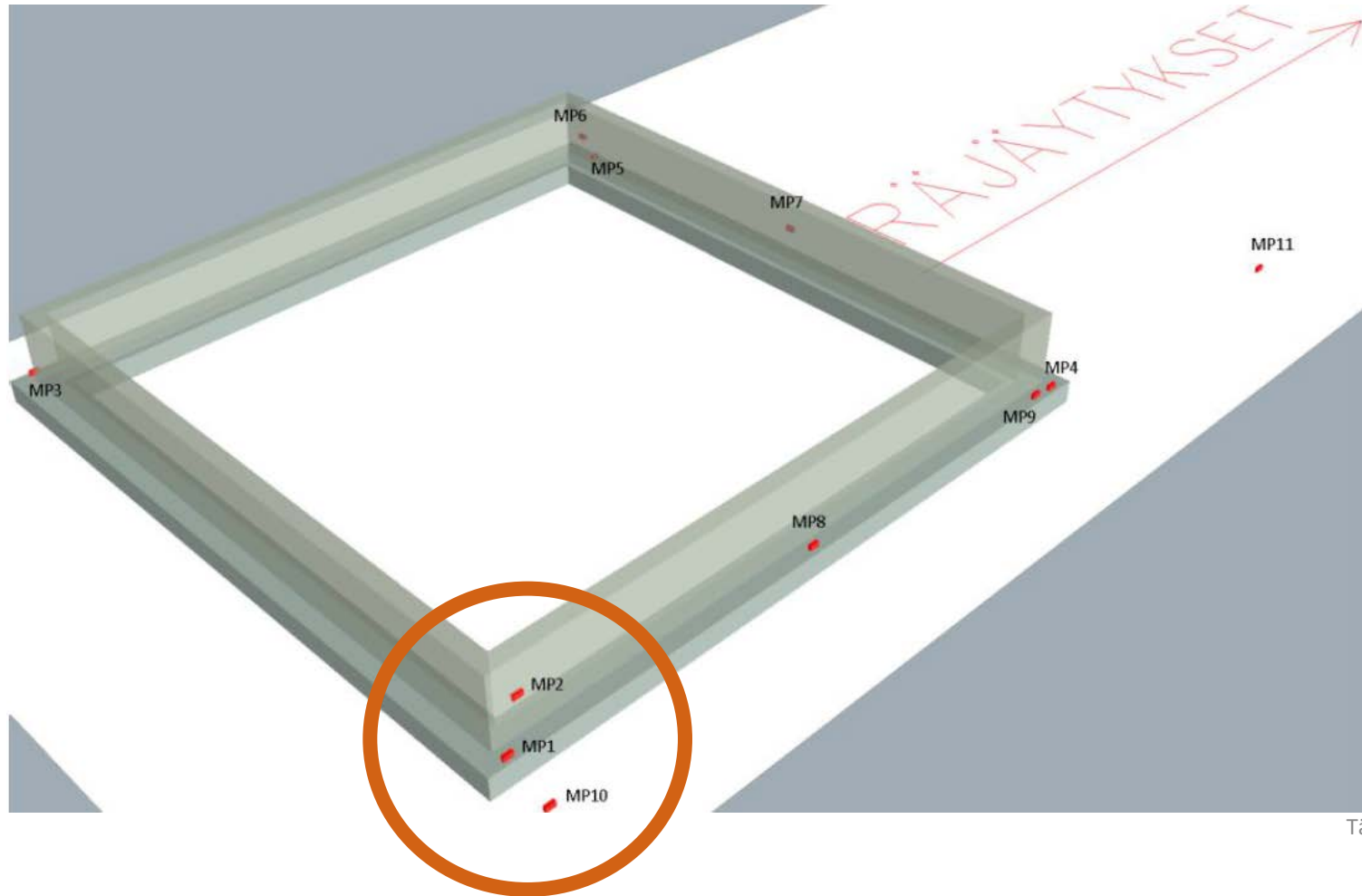




# Louhintätärinä ja betonirakenne



# Louhintatärinä ja betonirakenne



# Kallioon vs. anturaan asennettu mittauspiste

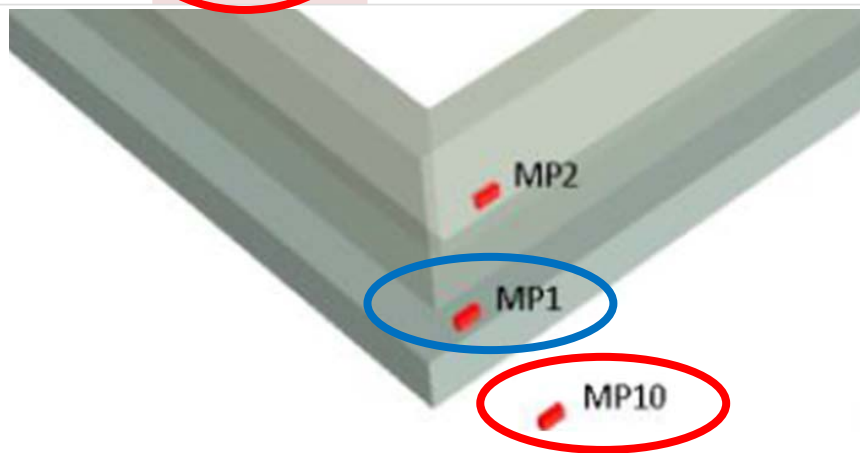
## TULOKSET

VALITSE RAPORTTI



KAAVIO TULOKSET

NIMI	AIKA	TULOS	M/S2	SIIRTYMÄ	HZ	ETÄISYYS	RÄJ.NRO
MP1_lounaskulma, antural	2022-04-05 13:08:15	17,00 mm/s	9,6 m/s <sup>2</sup>	123,0 um	25 hz	40 m	Räjätys 1 koe
MP1_lounaskulma, anturaV	2022-04-05 13:08:15	70,30 mm/s	42,8 m/s <sup>2</sup>	296,0 um	33 hz	40 m	Räjätys 1 koe
MP1_lounaskulma, anturaT	2022-04-05 13:08:15	32,80 mm/s	13,2 m/s <sup>2</sup>	202,0 um	22 hz	40 m	Räjätys 1 koe
MPkallio10_lounaskulmaT	2022-04-05 13:08:14	231,00 mm/s	175,0 m/s <sup>2</sup>	428,0 um	124 hz	40 m	Räjätys 1 koe
MPkallio10_lounaskulmaL	2022-04-05 13:08:14	140,00 mm/s	135,0 m/s <sup>2</sup>	1220,0 um	51 hz	40 m	Räjätys 1 koe
MPkallio10_lounaskulmaV	2022-04-05 13:08:14	133,00 mm/s	71,8 m/s <sup>2</sup>	1020,0 um	24 hz	40 m	Räjätys 1 koe



# Hidasteet ja tärinän taajuus

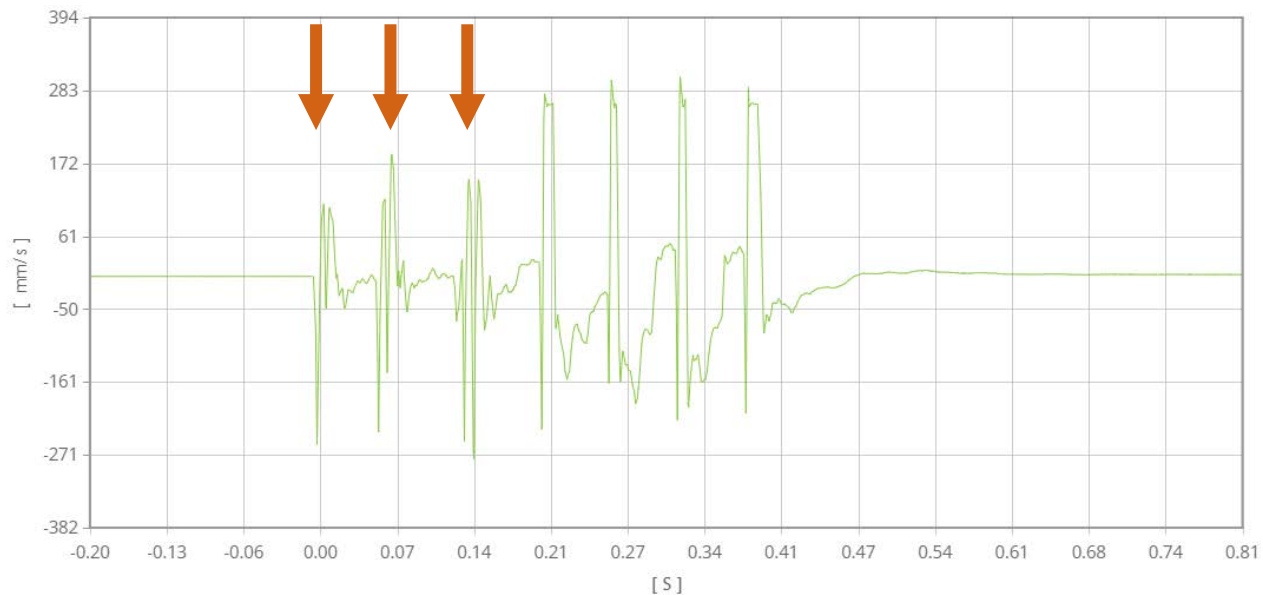
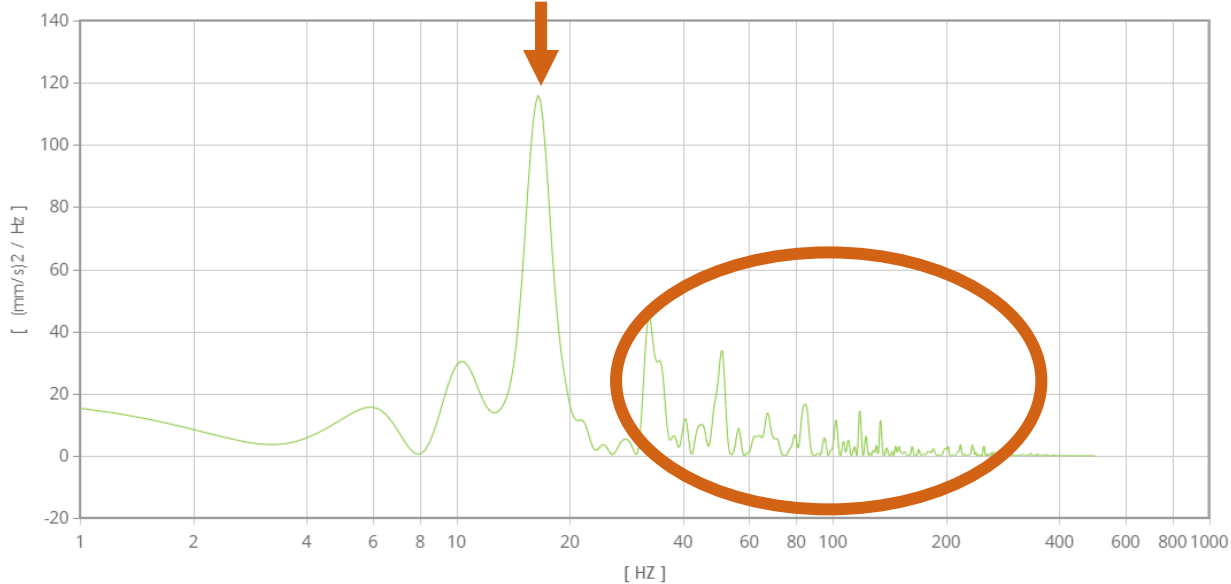
Reikien välinen hidaste  
60 ms (0,06 s)

➔ Reikäpanoksia

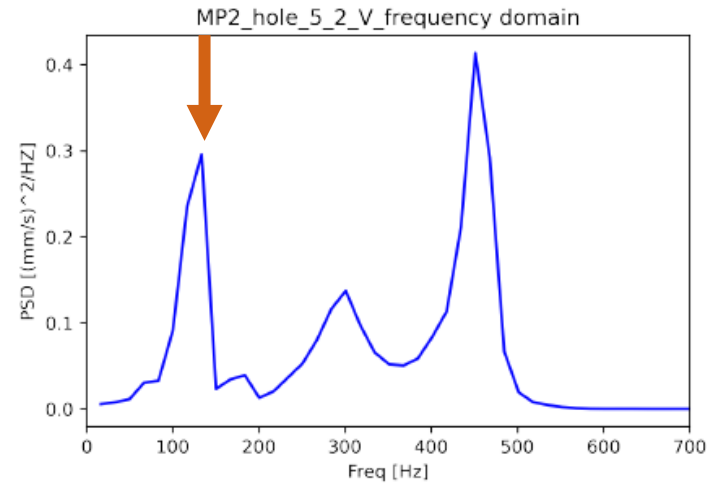
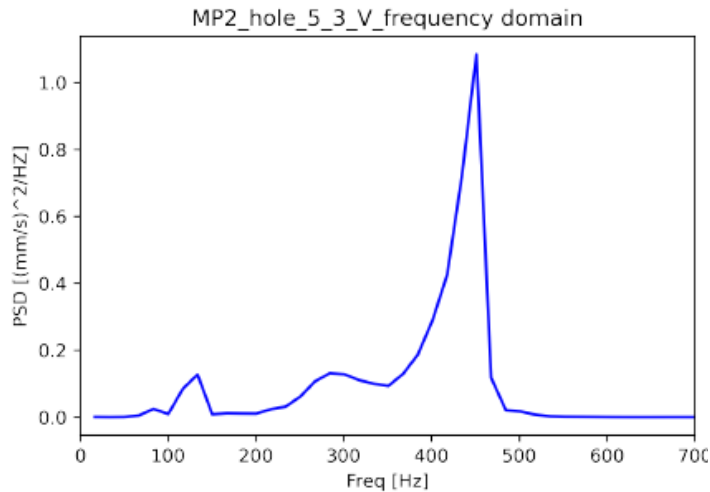
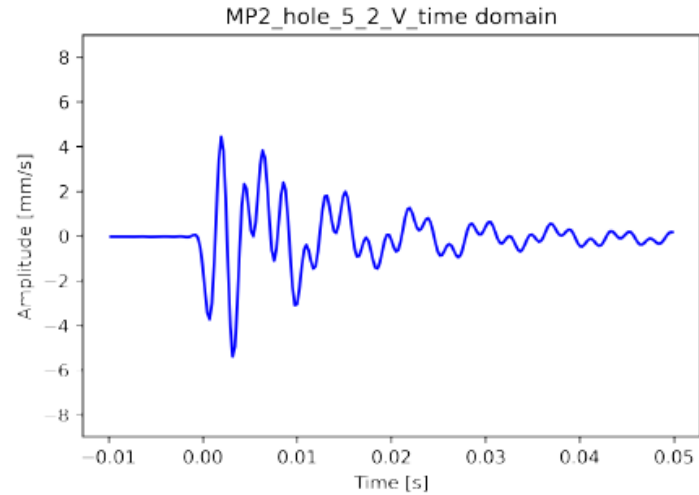
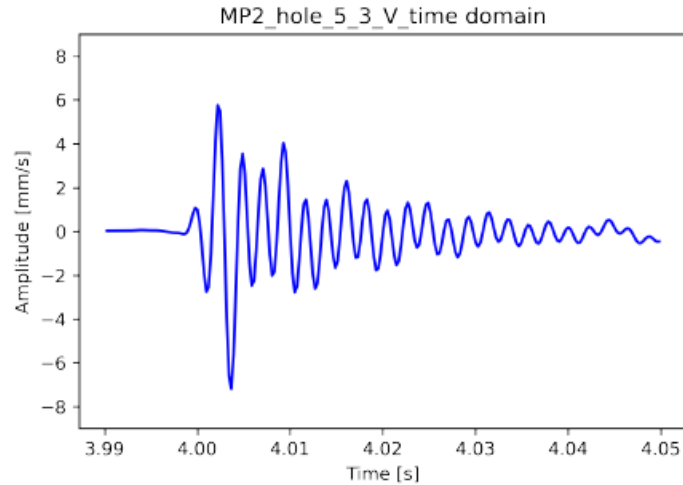
räjhtää n. 17 kpl  
sekunnissa

➔ Reikäpanokset

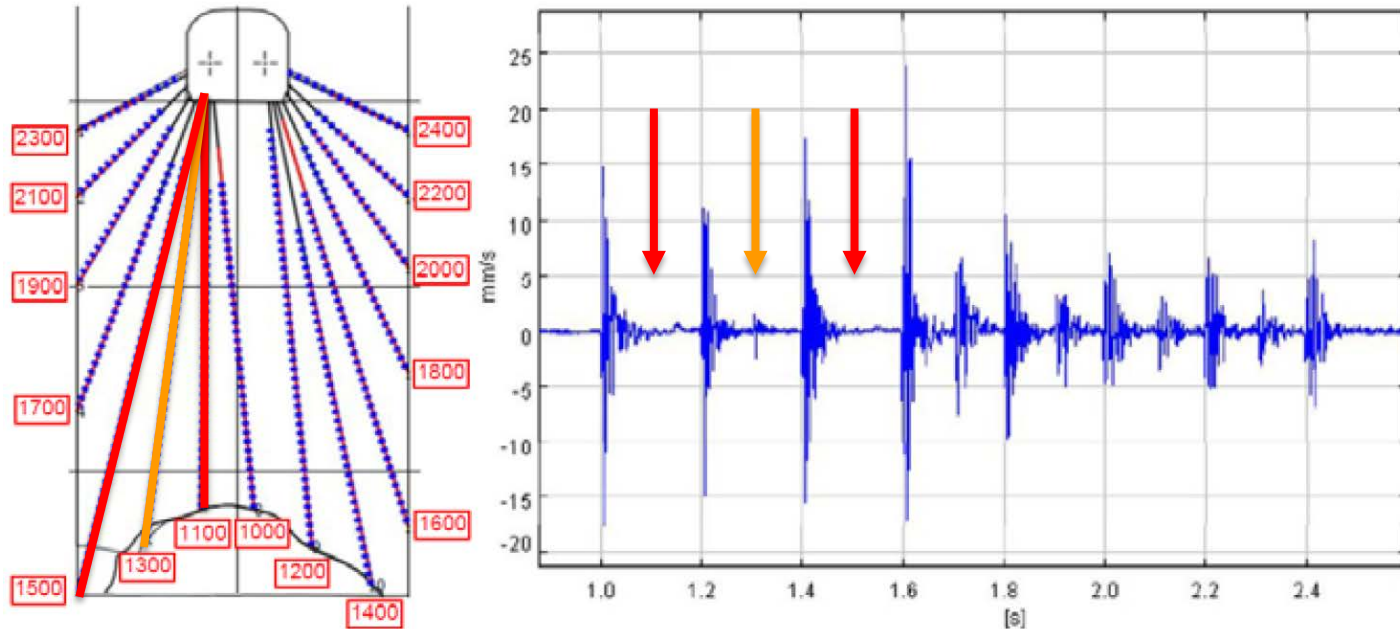
räjhtävät n. 17 Hz  
taajuudella



# Tärinän taajuussisältö



# Tärinätekniisiä näkemyksiä ja pohdintaa



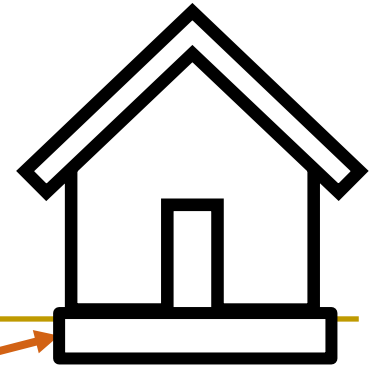
# K-arvo - (Kallion?) tärinänjohtavuus

Etäisyys	k-arvo
5	400
10	350
15	300
20	250
25	200
30	150
35	125
40	100
45	90
50	80
75	65
100	50

$$v = k \sqrt{\frac{Q_m}{R^{1,5}}}$$

$$k = v \sqrt{\frac{R^{1,5}}{Q_m}}$$

$$Q_m = \frac{v^2}{k^2} R^{1,5}$$

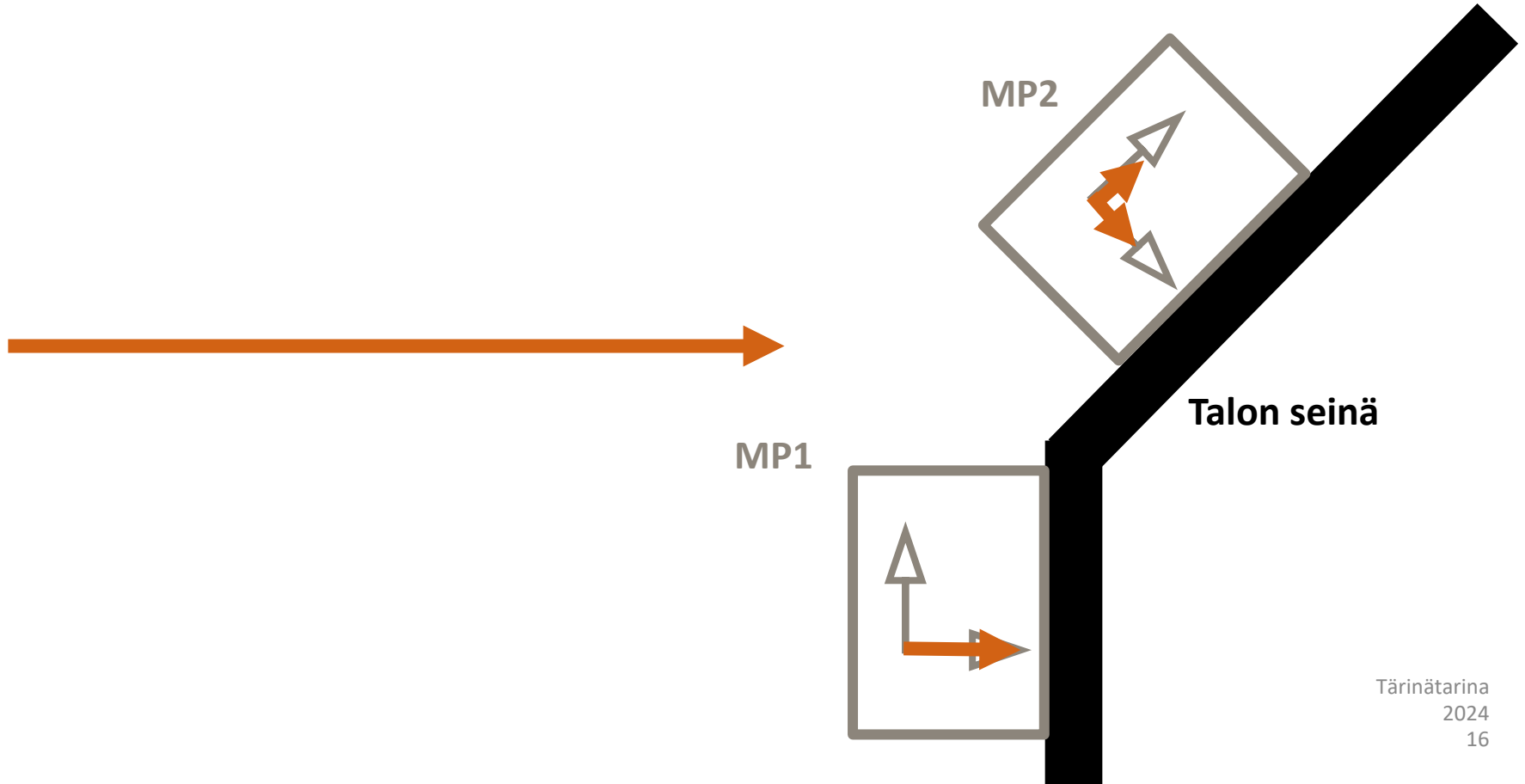


Maa-aines

Kallio

Reikäpanos

# Tärinän vaakakomponentit ja niiden merkitys?





# Räjähdyksen irtoavuuden/sulkeutuneisuuden merkitys?

Aiheuttaako lukkoräjätys suuremman värinän kuin hyvin irtoava räjäytys?

Kaksi koulukuntaa

- Energian säilyvyys
- Iskuaallon vaikutus

Havaintoja puolesta ja vastaan

Mikä vaikutus räjähdyskaasuilla? Entä eri reikäpanosten yhteisvaikutuksella?

