

Nestepisaran höyrytymistutkimus

I – vaihe

A. Peltola, A. Pitkänen, A. Oksanen
Tampereen teknillinen yliopisto

V Liekki-päivä, 14.1.2010
Dipoli, Otaniemi, Espoo

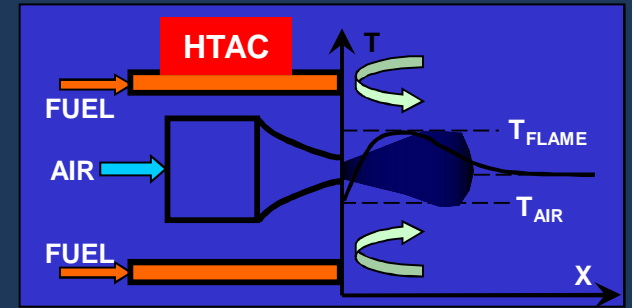
International Flame Research Foundation (IFRF)
Suomen kansallinen osasto / Finnish National Committee



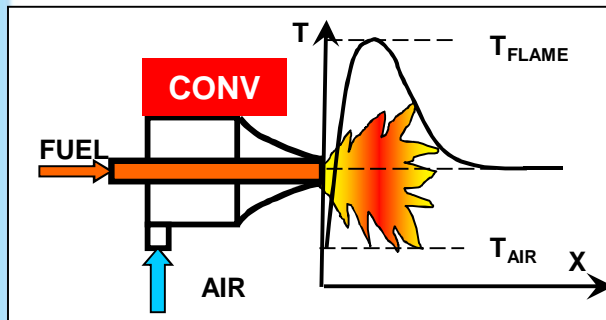
NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Sisältö:



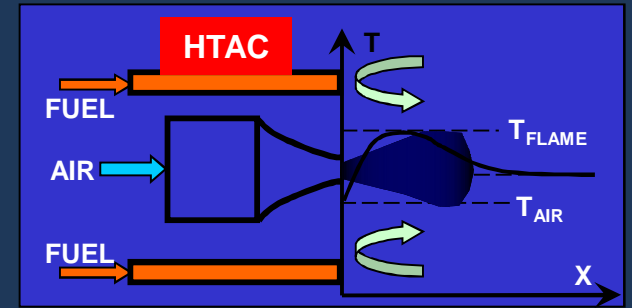
- Päämäärä
- Lähtötilanne
 - Kooreaktori
 - Höyrystymislämpötila
- Mittaukset
- Tulokset
 - Viipymäaika
 - Höyrystymisnopeus
 - Pisan halkaisija
- Yhteenveto



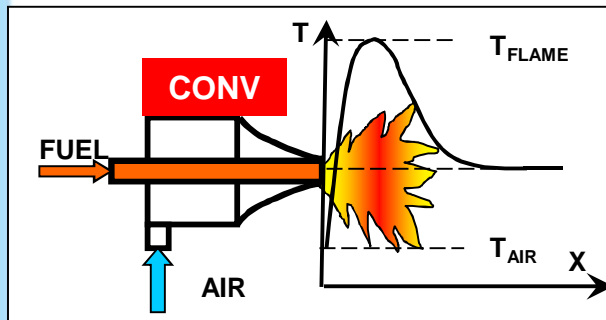
NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Päämäärä:



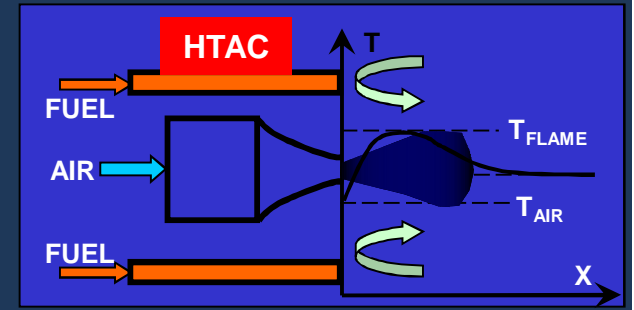
- Kehittää
 - pisaran höyrystymistutkimusta varten reaktori pisaran höyrystymisen vaiheita selvittämään valituissa lämpötiloissa
 - tarvittavat mittausmenetelmät em. päämääriä varten
- Mitata raskasöljypisaran
 - halkaisija
 - virtausnopeus
 - höyrystymisnopeus
- Em. palvelee II – vaihetta, jossa tutkitaan jäännöshiilen palamista



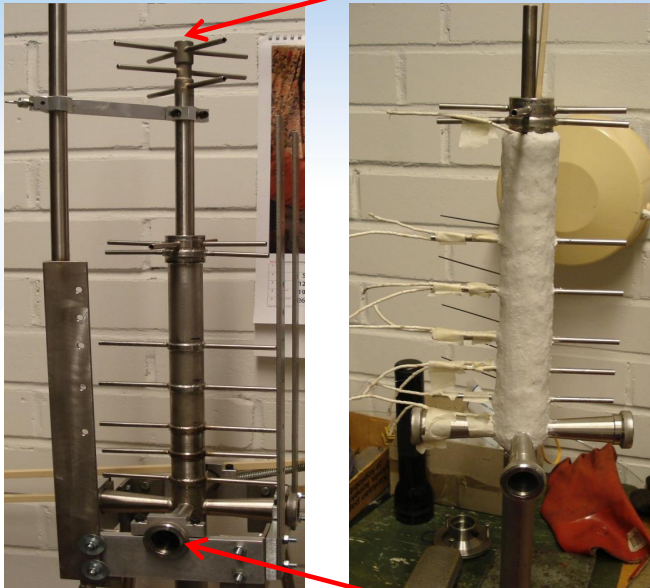
NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Lähtötilanne / Kooreaktori:



Pisarageneraattorin paikka

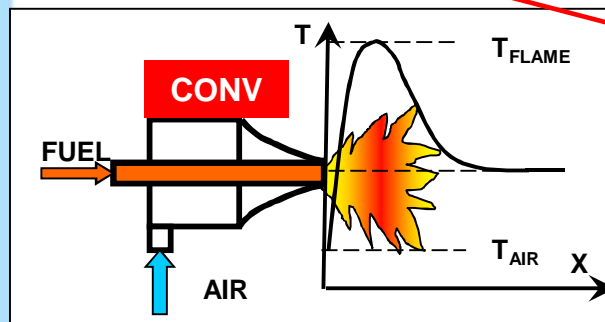


I versio (vasen kuva):

- Yläosa – pisaran syöttö – liikuteltava ja ilmajäähdytetty, jolloin voidaan säätää höyrystymisen loppu ikkunatasolle
- Pisarat tuotetaan kaupallisella pisarointigeneraattorilla MD-K-140 (Microdrop Tech)
- Höyrystinputki lämmitetään sähkövastuslangoilla
- Lämpötilat mitataan termoelementeillä

II lopullinen versio:

- Liikuteltava yläosa korvattiin kiinteällä, lasiputken omaavalla osalla → pisaran koko saadaan kuvattua
- Reaktorin lämmitys jaetaan osiin → mahdollisuus jaksottaa viipymäaikoja



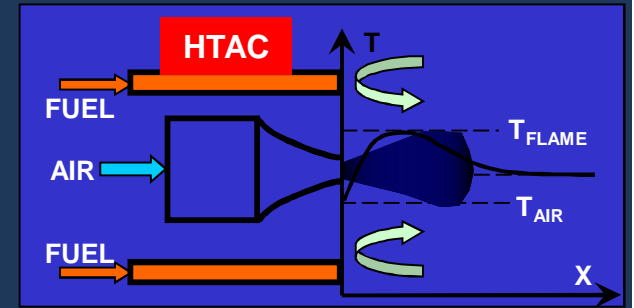
Ikkunat
(4 kpl)
optista
mittausta
varten



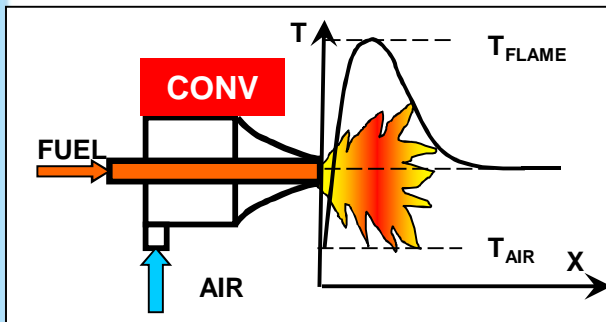
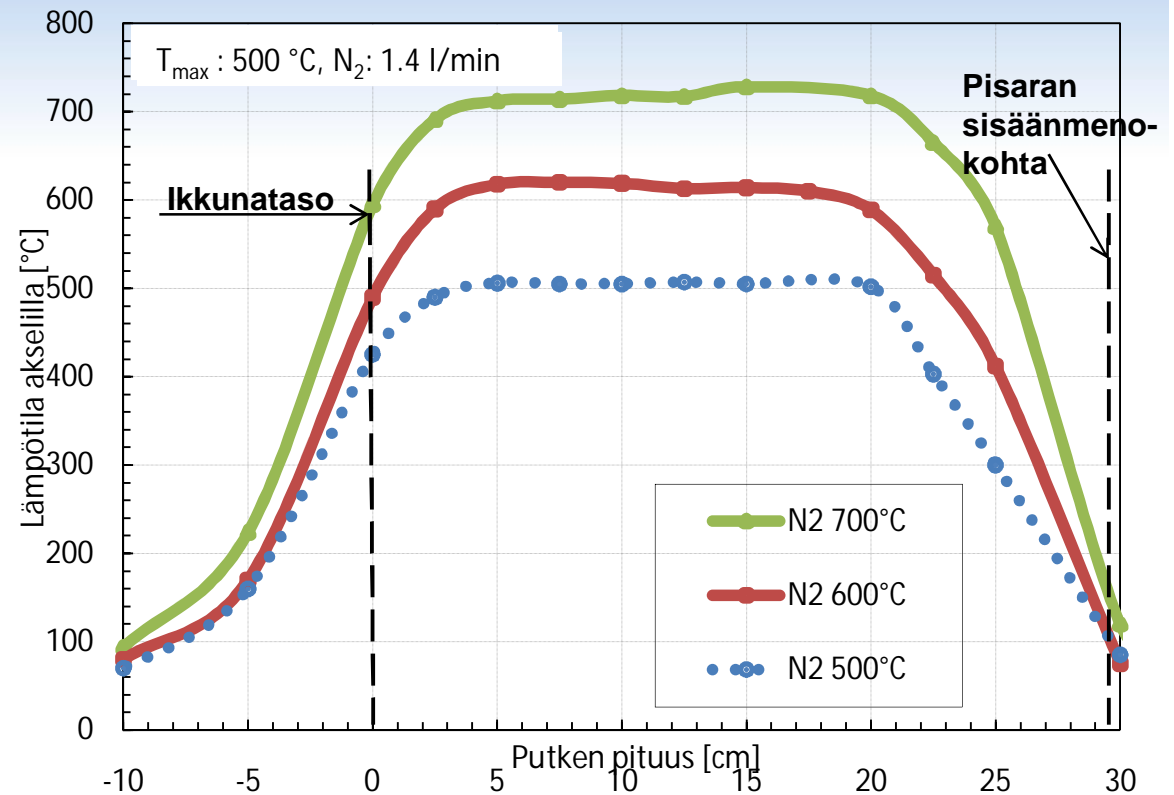
NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Lähtötilanne / Höyrystymislämpötila:



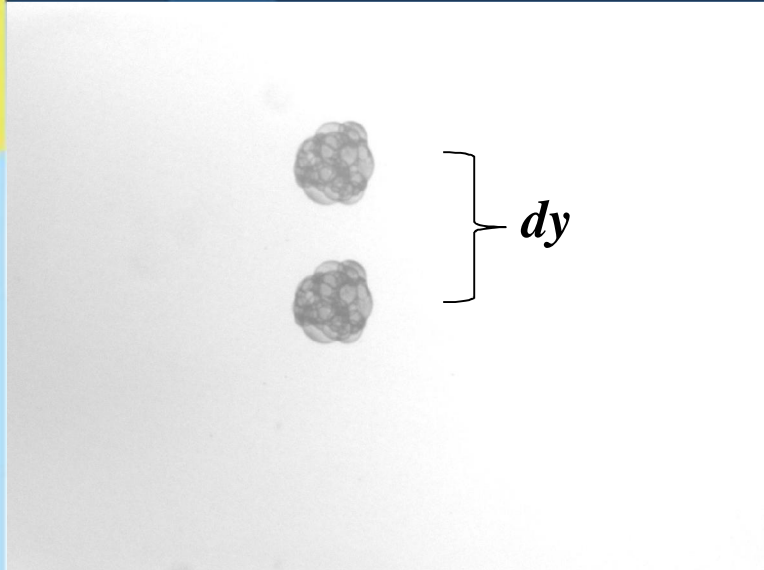
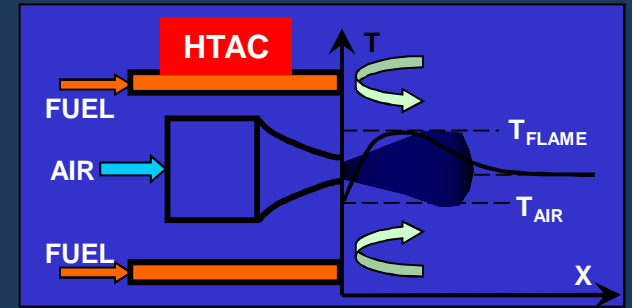
- Mittaukset 3 lämpötilassa → 500°C, 600°C, 700°C
- Lämpötila-alue alimmillaan sama, jota käytetään raskaan polttoöljyn HTAC sovelluksissa
- Kantokaasun (N₂) tilavuusvirta reaktoriin oli 1,4 l_n/min, jolloin nopeus on suurimmillaan 0,12 m/s



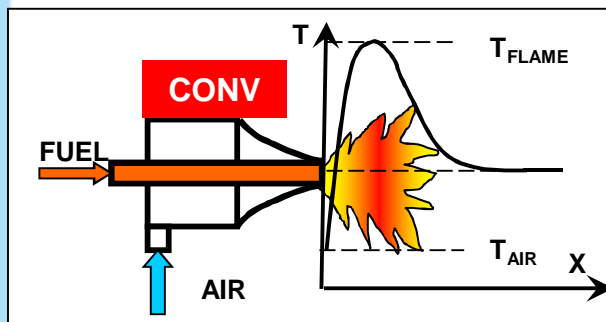
NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Mittaukset:



- Kaksi laservalopulssia/otos – digi-kameralle kuvat pisaroista yhdessä (vasen)
- Lasketaan pisaran nopeus ja halkaisija tätä varten kehitetyllä ohjelmistolla (M. Honkanen)
- Nopeus vaihtelee höyrystymisen eri vaiheissa – keskimääräisen nopeuden määrittäminen vaikeutuu

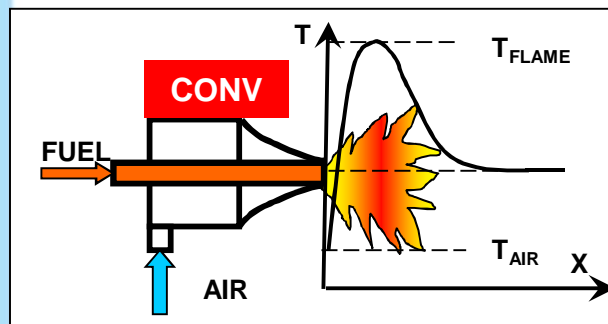
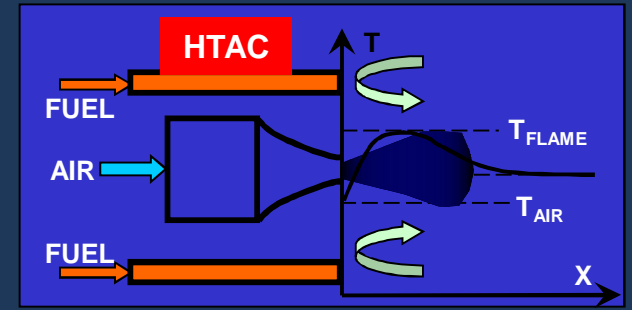


NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

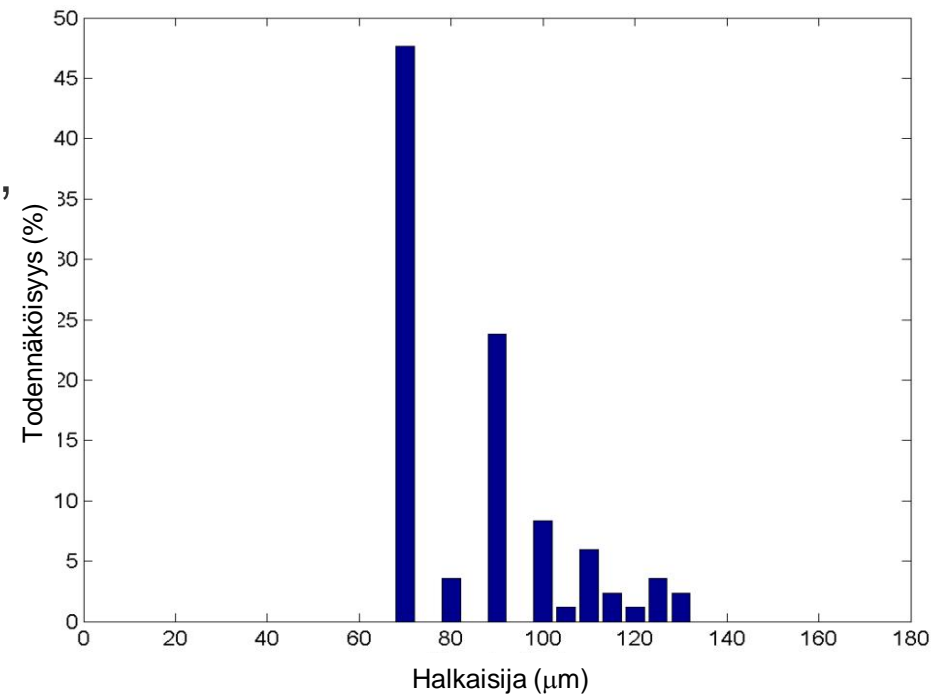
I – vaihe

Mittaukset:

- Pisarakokojakauma – kuva oikealla
- Seitsemän mittauspistettä/
lämpötila
- Vähintään kaksi toistoa
- Kukin mittaus kesti n. 45 min
- Mitatut suureet: nopeus, halkaisija,
massanmenetys-%
(~höyrystyminen)



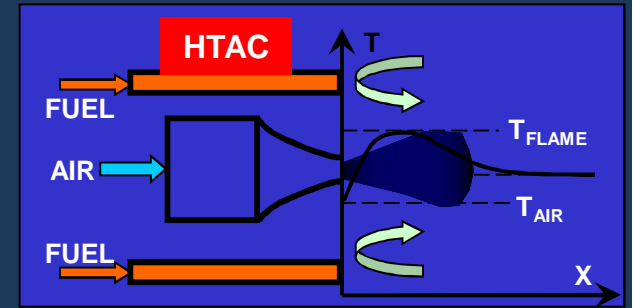
Kokojakauma



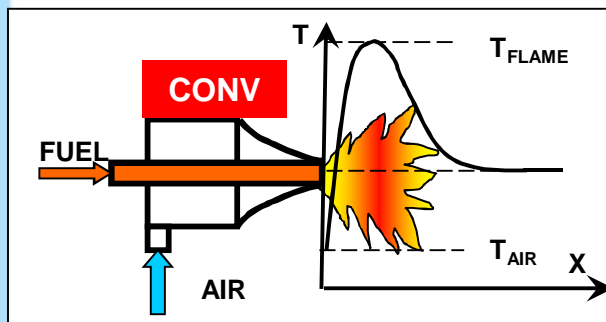
NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Mittaukset:



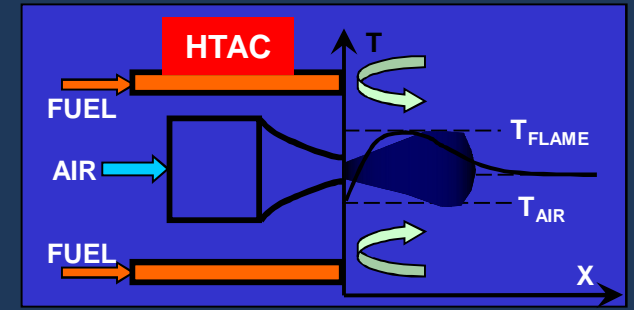
- Pisarat pyrkivät törmäilemään toisiinsa, jolloin muodostui alkuperäistä suurempia pisaroita (yli $150 \mu m$)
 - Jos kaksi $70 \mu m$ pisaraa yhtyy, syntyy yksi n. $90 \mu m$ pisara
- Tavoite oli tuottaa pienehköjä pisaroita – alle $100 \mu m$ – pisarageneraattorilla saatiin tuotettua noin $70 \mu m$ pisaroita – ainoastaan vähän yhteentörmäyksiä
 - Pienten pisaroiden tuottaminen vaati alhaisen taajuuden käyttöä pisarageneraattorilla → tämä tuotti pientä epätarkkuutta painonmäärityksessä
- Raskas polttoöljy on hyvin vaativa neste pisaroinnin suhteen
 - Käytetyllä generaattorilla saavutettiin kuitenkin hyviä tuloksia



NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

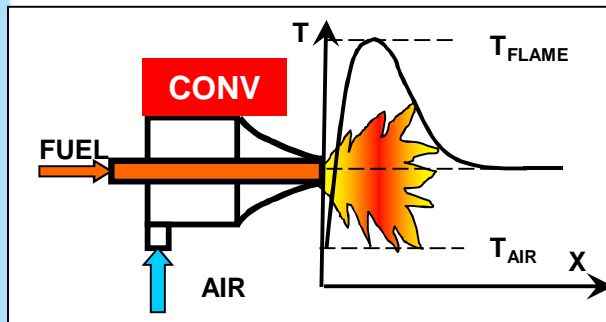
I – vaihe

Tulokset / Viipymäaika:

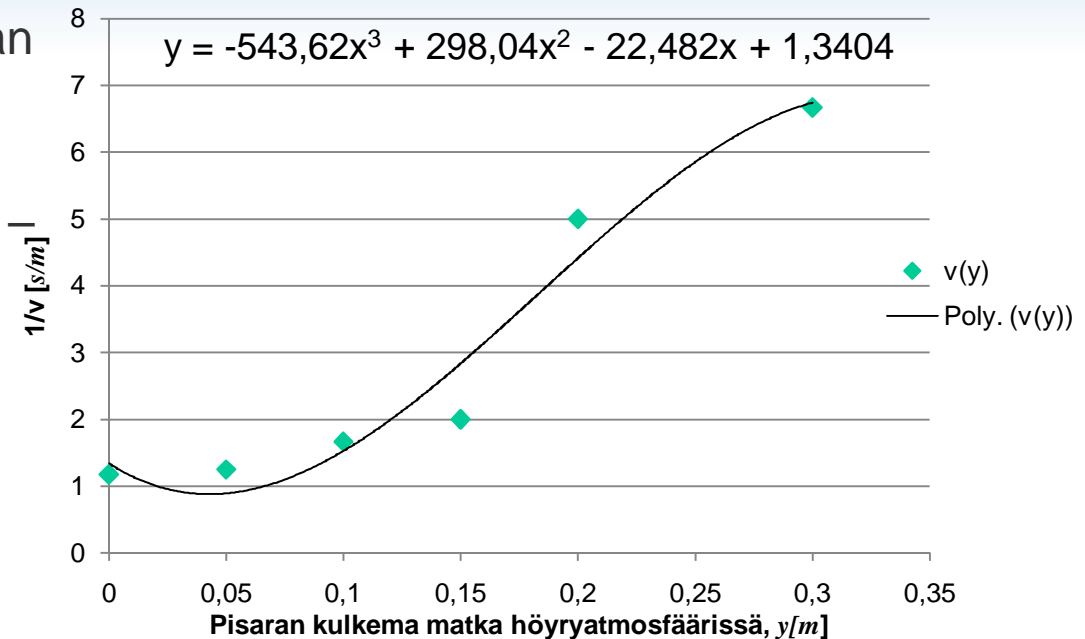


- Kuvassa nopeudet höyrystymisen eri vaiheissa
- Nopeus muuttuu pisaran massan vähetessä kasvattaen pisaran vastuskerrointa
- Alla viipymäajan laskentakaava sovite nopeus vs. matka

$$t_r = \int_{y_0}^{y_t} \frac{1}{v(s)} dy$$



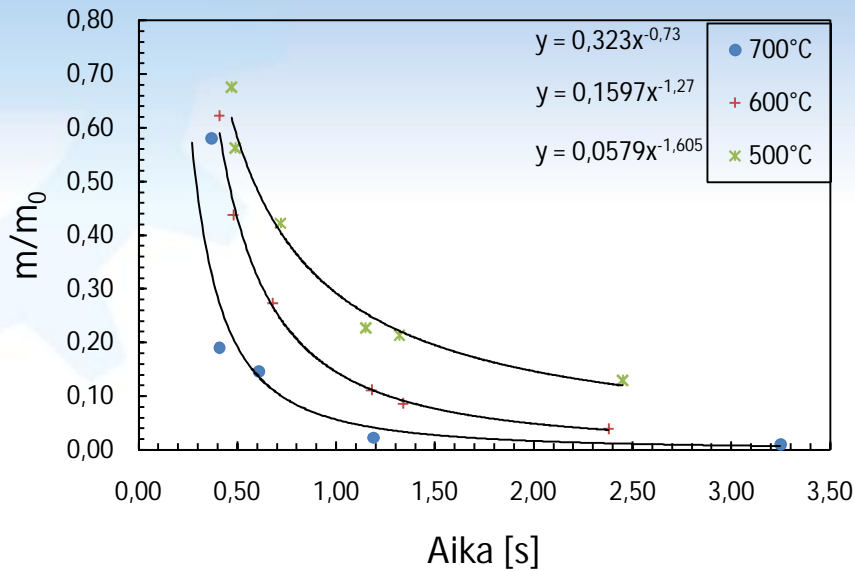
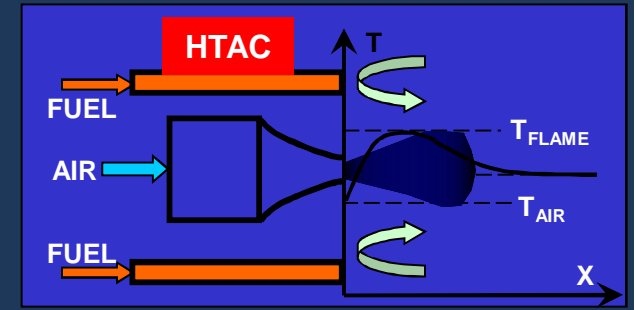
Viipymäaika, 700°C



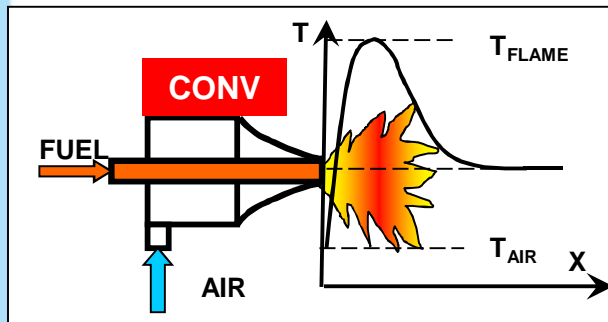
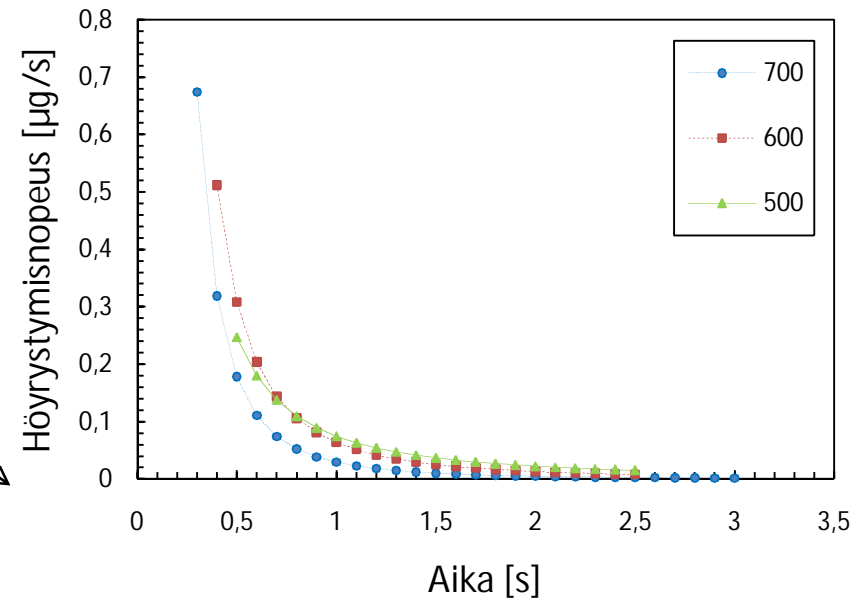
NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Tulokset / Höyrystymisnopeus:



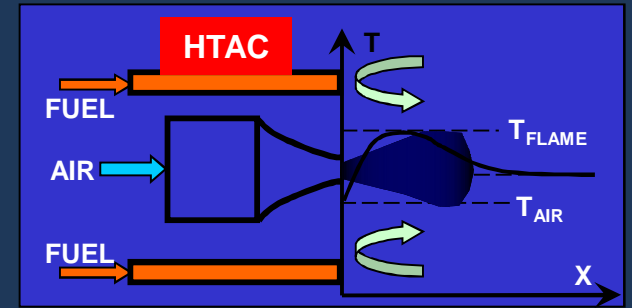
- Alkuvaiheessa kevyet jakeet höyrystyvät nopeasti, lopuksi raskaammat jakeet hitaammin
 - höyrystymisnopeus muuttuu matkan kuluessa



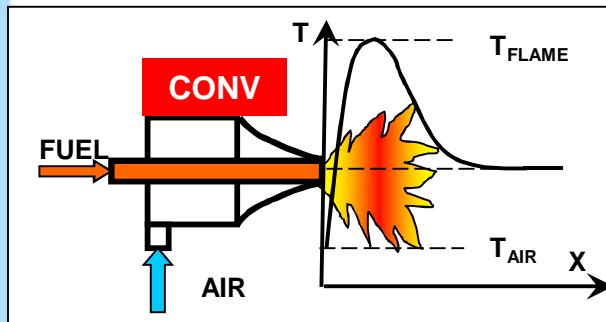
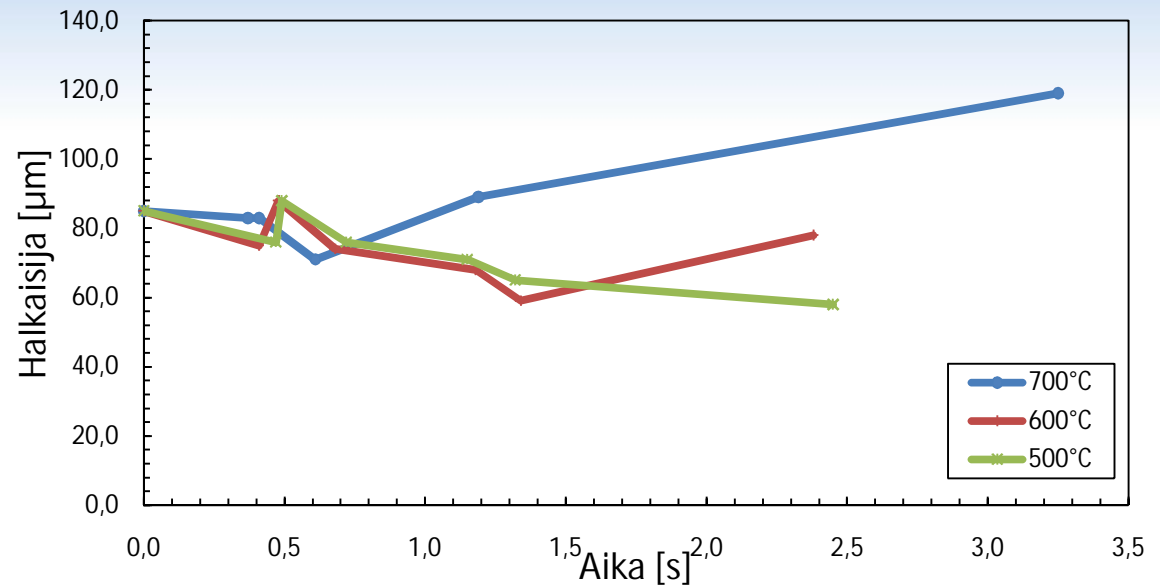
NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Tulokset / Pisanan halkaisija:



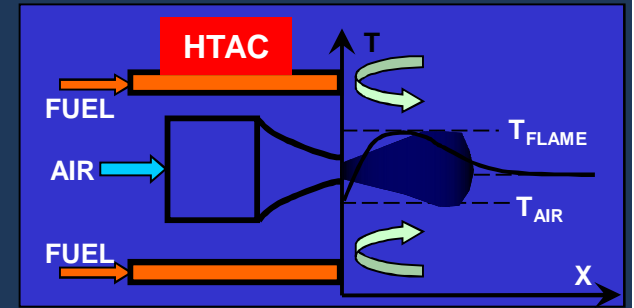
- Kuvan trendi vahvistaa jo tiedettyä käsitystä, että jäännöshiilen (~cenosphere) koko on samaa suuruusluokkaa alkuperäisen pisanan kanssa
 - Lievää huojuntaa höyrystymisen aikana



NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe

Yhteenveto:

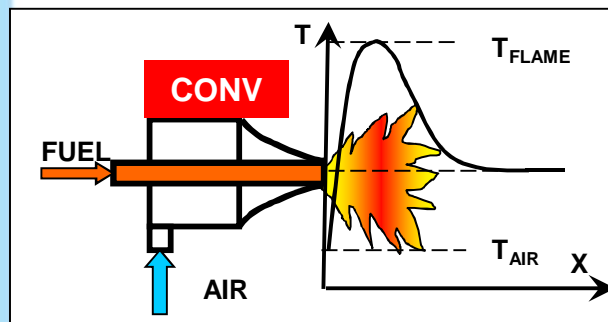


Nykytilanne / I – vaihe:

- Pudotusputkireaktori raskaan polttoöljypisaran höyrystymistutkimukseen kehitettiin
 - Kokeet pystytään toistamaan
 - Mittaustarkkuus suuruusluokkaa $\pm 1\%$
- Alle 100 μm pisaroita pystyttiin tutkimaan
- Pää tavoitteet saavutettiin: höyrystymisaika, pisaran ja jäännöspartikkelin koko
- Kokeiden toteuttaminen oli haasteellista – nesteen esilämmitys

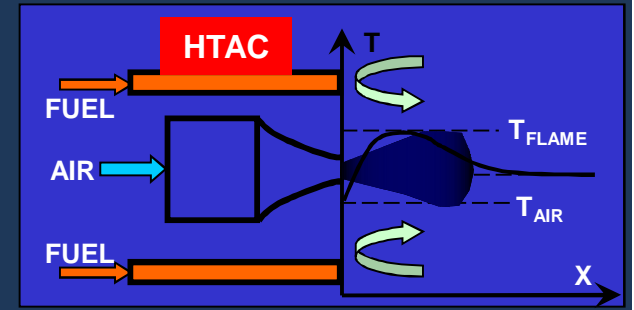
Tuleva tutkimus / II – vaihe:

- Nykyisen reaktorin jatkeeksi rakennetaan toinen reaktori, jossa tutkitaan jäännöshiilen (~cenosphere) loppuun palamista yhtäaikaaisesti höyrystymisen kanssa



NESTEPISARAN HÖYRYSTYMISTUTKIMUS

I – vaihe



Kiitoksia mielenkiinnosta!

