



VRIJE  
UNIVERSITEIT  
BRUSSEL

# Fijnstof emissies bij biomassa verbranding

Svend Bram

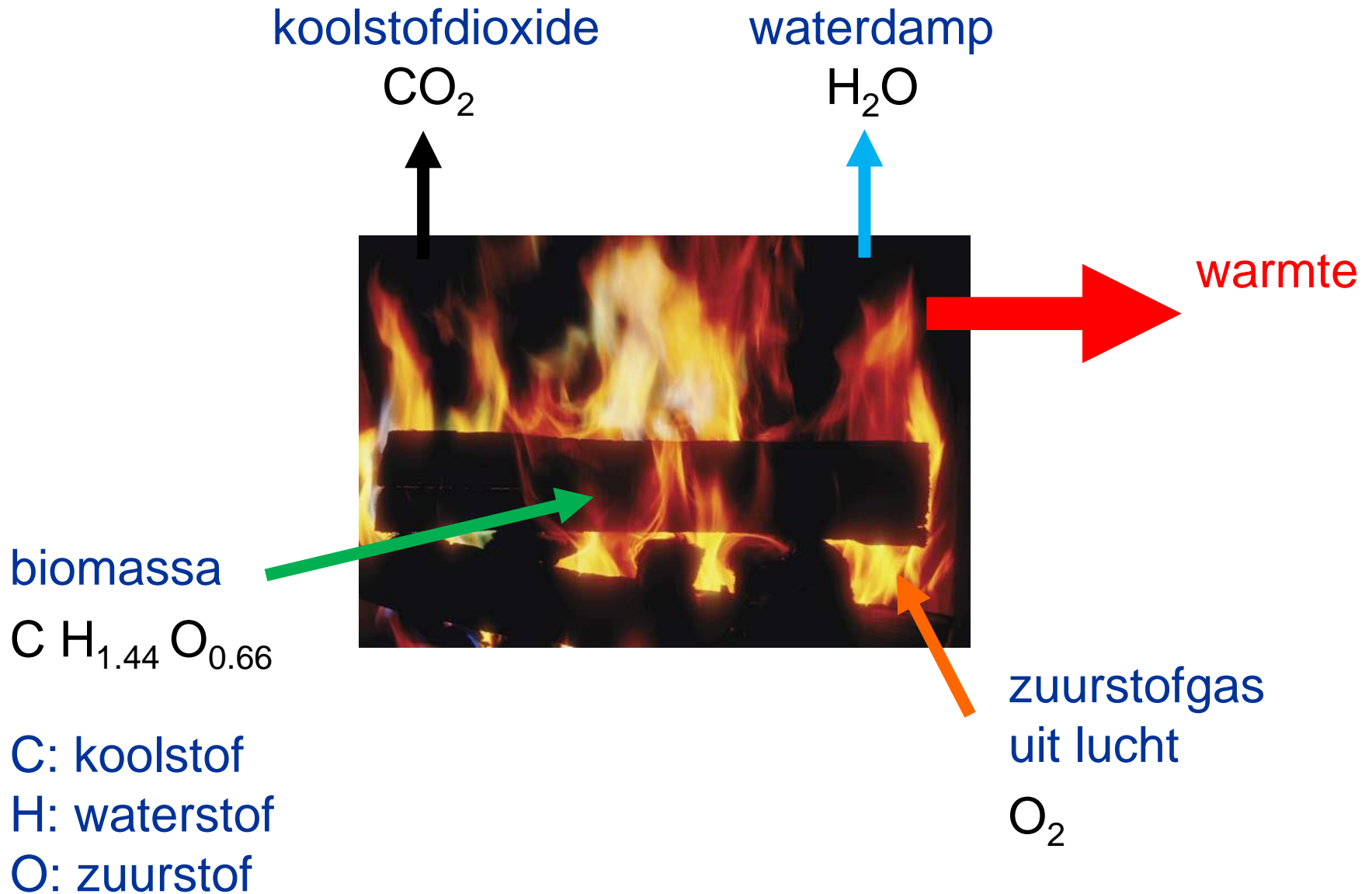
VUB

onderzoeksgroep BURN



Ademruimte. VUB-bootcamp over luchtkwaliteit in Brussel  
19 september 2018

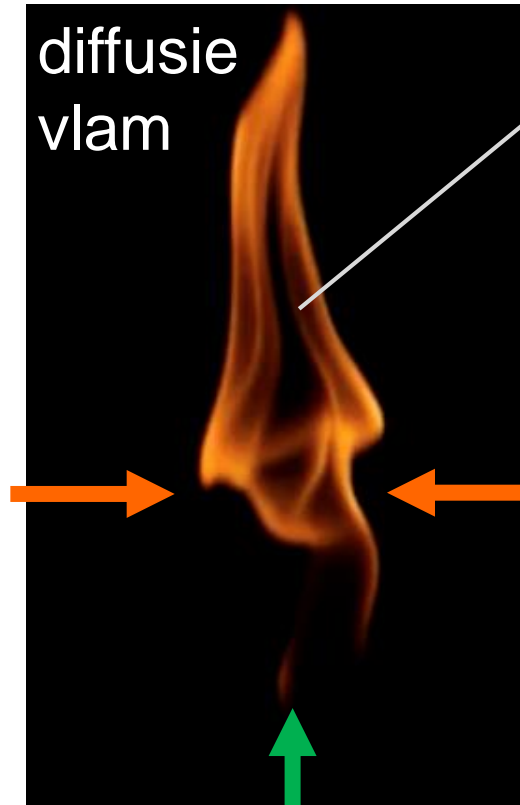
# Een te eenvoudige voorstelling van de verbranding van biomassa



# De verbranding van biomassa is moeilijker te controleren dan die van gas



Brandstof  
+ lucht



Brandstof

ontstaan van:

- te hete of koele zones
- te rijke of arme zones

lucht

rijk = te weinig lucht  
arm = te veel lucht

Wat heb je nodig voor een goede verbranding?

T T T

## Temperatuur

Niet te laag, want anders emissies en teervorming

Niet te hoog, want anders emissies en smeltende assen

## Tijd

Voldoende verblijftijd om te kunnen uitbranden tot  $\text{CO}_2$   
anders ongewenste emissies, bv. CO

## Turbulentie

Voor goede menging, anders ongewenste emissies

Waarom komt er dus niet alleen CO<sub>2</sub> en waterdamp vrij?

**Antwoord 1:** kwaliteit verbranding is niet 100%

- brandstof en zuurstofgas die mekaar niet vinden (O<sub>2</sub> te kort)
- vlam te heet of koel

**Antwoord 2:** biomassa bevat ook andere elementen zoals stikstof, kalium, zwavel, chloor, ...  
... en die gaan ook chemisch reageren

**Gevolg:** andere producten worden gevormd

CO

NO<sub>x</sub>

Fijnstof = Particulate Matter (PM)

gasvormige organische verbindingen (OGC) waaronder

- polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)
- dioxines (indien brandstof met chloor)

# Waarom de focus op de emissies van fijn stof?

## Gezondheidsrisico

### Fijn stof



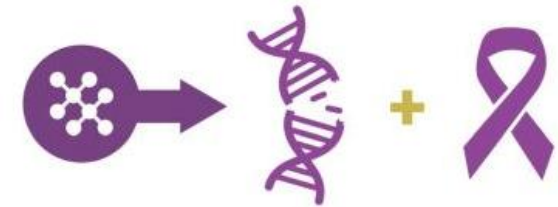
Veroorzaakt ziekten in onze luchtwegen en longen

### Dioxines



Verstoren de vruchtbaarheid en het hormoon- en immuunsysteem

### PAK's



Veroorzaken DNA-schade en zijn kankerverwekkend

bron [www.vmm.be](http://www.vmm.be)

## Rendementsverlies installatie

Zet zich af op oppervlaktes en doet bijgevolg het rendement dalen

## Impact op atmosfeer

Absorbeert zonlicht & veroorzaakt ook vorming van wolken

Wat zijn de belangrijkste eigenschappen om fijn stof te beschrijven?

## Afmetingen

PM10, PM2.5, PM1, UFP

Bepalend voor de opname in ons lichaam

## Chemisch samenstelling

Combinatie van organisch & niet organisch

Bepalend voor de impact op onze gezondheid

## Hoeveelheid (massa of aantal)

$\text{mg/m}^3_{\text{rookgassen}}$

$\text{aantal/m}^3_{\text{rookgassen}}$

$\text{mg/MJ}_{\text{brandstof}}$

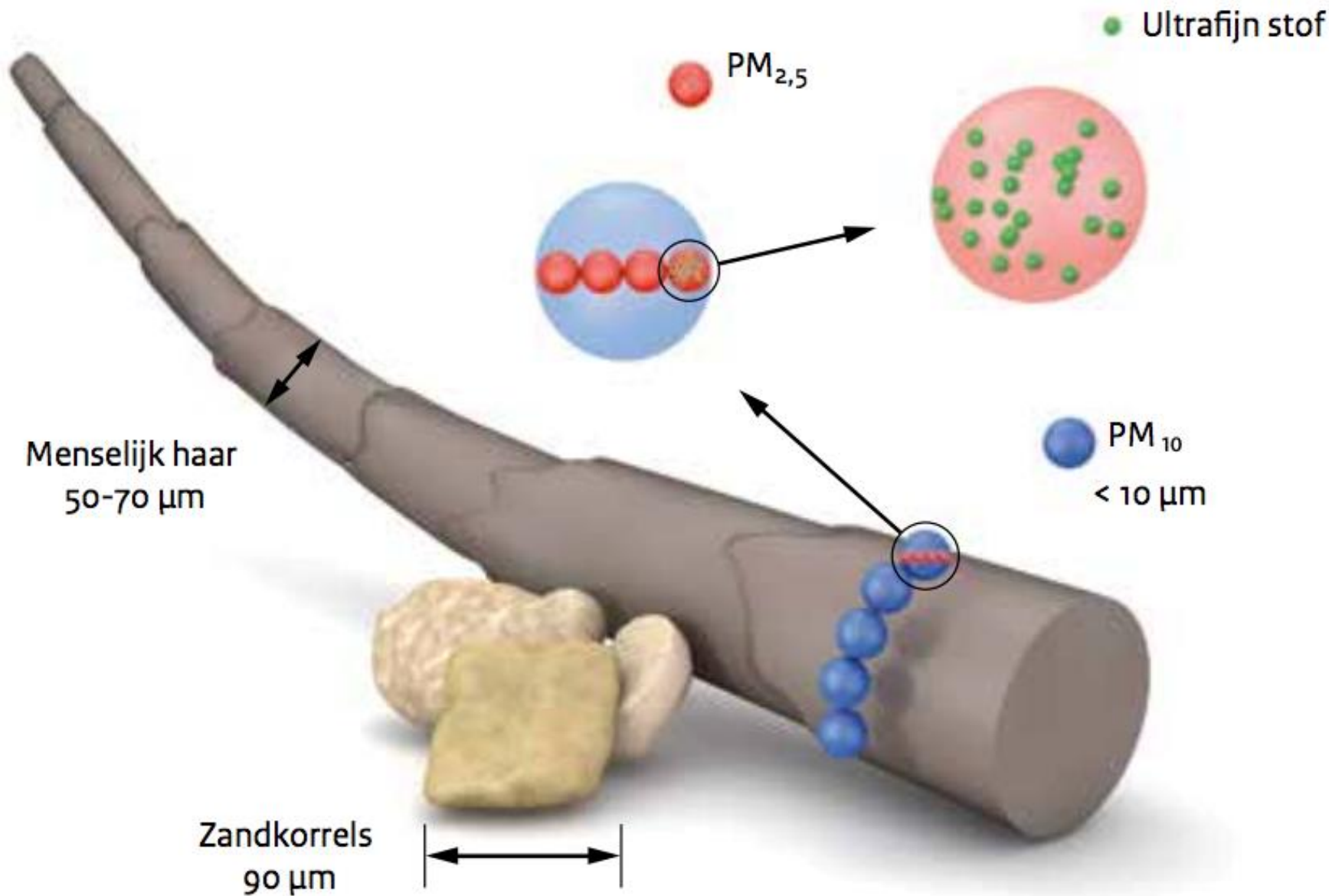
$\text{aantal/MJ}_{\text{brandstof}}$

## Vorming

primair = meteen gevormd tijdens de verbranding

secundair = achteraf gevormd in de atmosfeer

# Afmetingen fijn stof vergelijken t.o.v.

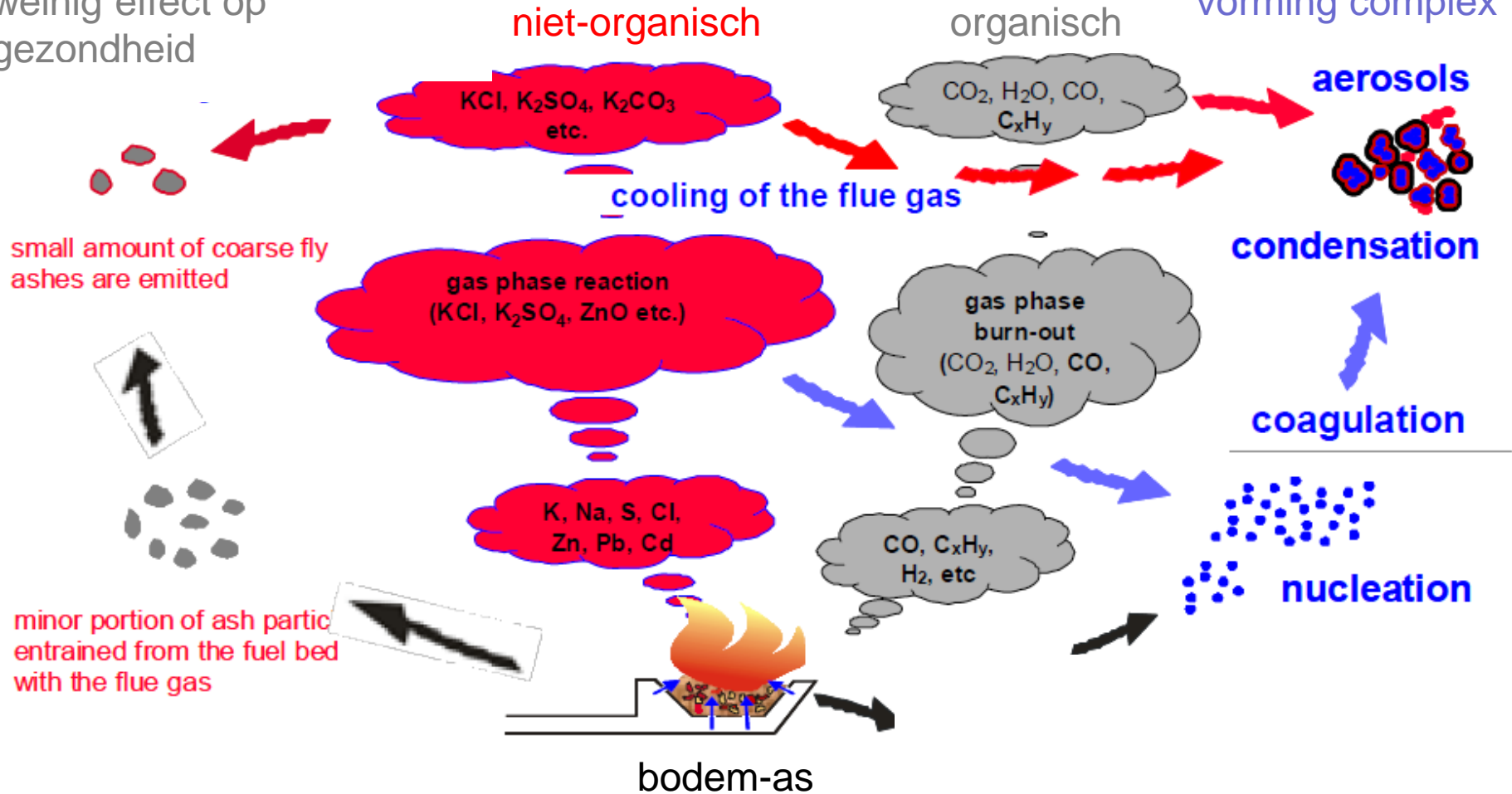




# Fijnstofvorming bij residentiële verbranding is erg complex [3]

grof vliegias: 1 - 200  $\mu\text{m}$   
weinig effect op  
gezondheid

< 1  $\mu\text{m}$   
vorming complex



vorming f.v. samenstelling brandstof:  
- verdamping van K en Na  
- vormen chlorides, sulfaten en carbonaten

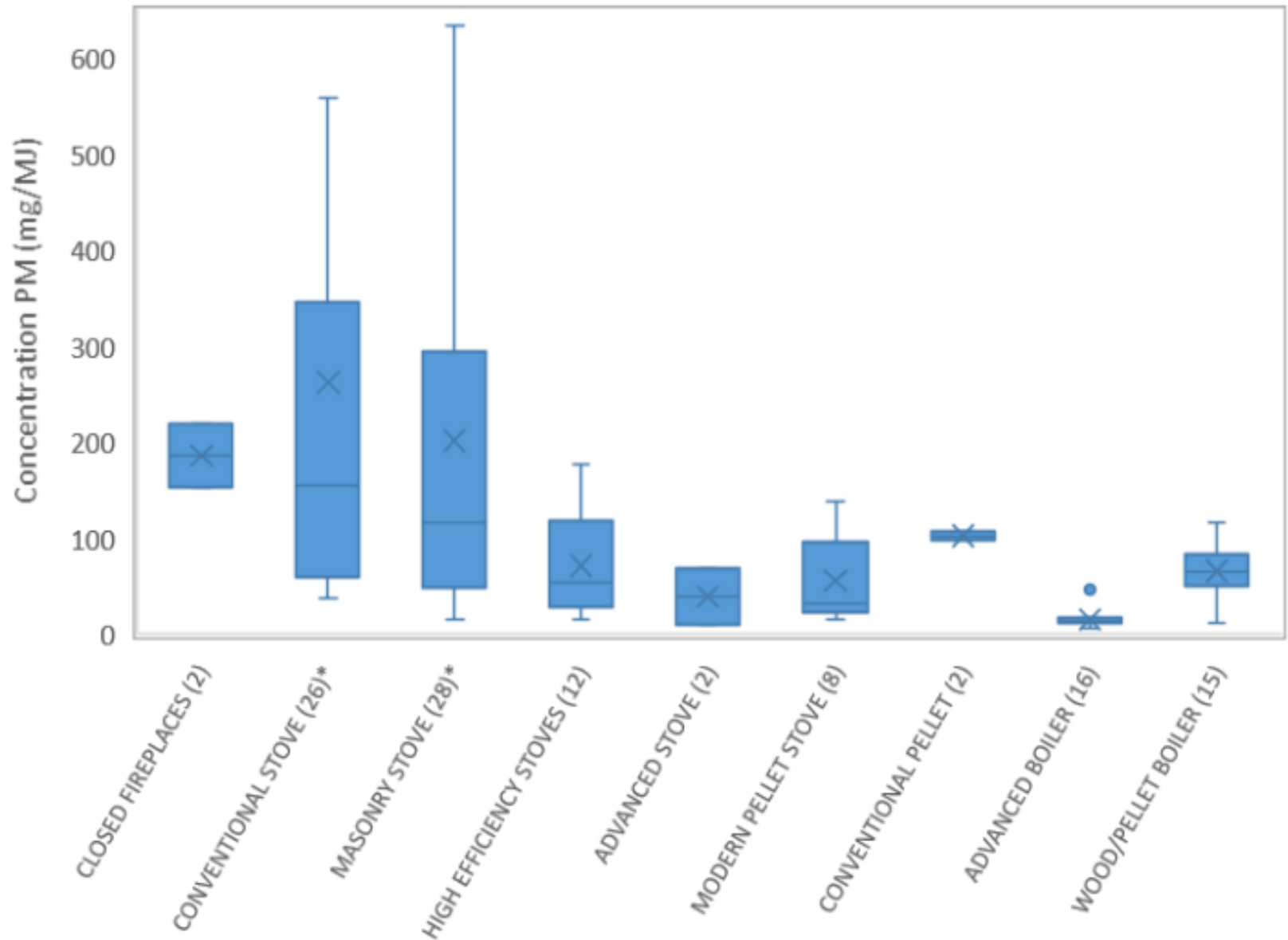
vorming f.v. kwaliteit verbranding:  
- vorming van roet  
- onvolledige uitbrand van gassen

# Fijnstof emissies sterk functie van type verwarmingssysteem

Gemiddelde uitstoot van fijn stof (PM10-g/GJ)

Open haard	840
Houtkachel geïnstalleerd voor 2000	760
Kolenkachel (oud)	450
Houtkachel geïnstalleerd na 2000	380
Kolenkachel (modern)	240
Accumulatiekachel (bv. speksteekkachels)	95
Kachels geïnstalleerd vanaf 2017	52
Pelletkachel	29
Verwarming op stookolie	1.9
Verwarming op aardgas	1.2

# Fijnstof emissies bij kachels en ketels [11]



## Voorbeelden van regelgeving

### Brandstofkwaliteit houtpellets (< 300 kW) [[KB 5 apr 2011](#)]

vochtgehalte < 10%

asgehalte < 1.5%

samenstelling: S, N, Cl, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn

fysische eigenschappen: afmetingen, fijne fractie

### Kwaliteit kleine installatie [[KB 12 okt 2010](#)]

toegestane PM emissies nieuwe toestellen in mg/Nm<sup>3</sup>

open haard < 300

ketel < 100

pellettoestel < 30

### Kwaliteit grote biomassa installaties [IED: [2010/75/EU](#)]

toegestane fijnstof emissies in mg/Nm<sup>3</sup>

< 100 MW: 30

> 100 MW: 20

## De EU Ecodesign richtlijn wordt binnenkort van kracht

[EU 2015/1185 voor kachels](#) vanaf 1/1/'22

[EU 2015/1189 voor ketels](#) vanaf 1/1/'20

mg/m <sup>3</sup>	ketels (auto/hand)	houtkachels	pelletkachel
PM	40 / 60	40	20
OGC	20 / 30	120	60
CO	500 / 700	1500	300
NO <sub>x</sub>	200 / 350	200	200

# Wie kan er bijdragen tot minder fijnstof bij verbranding van biomassa?

## Fabrikant

- beheer temperatuur, brandstof- en luchttoevoer
- verbeter design (CFD-simulatie)

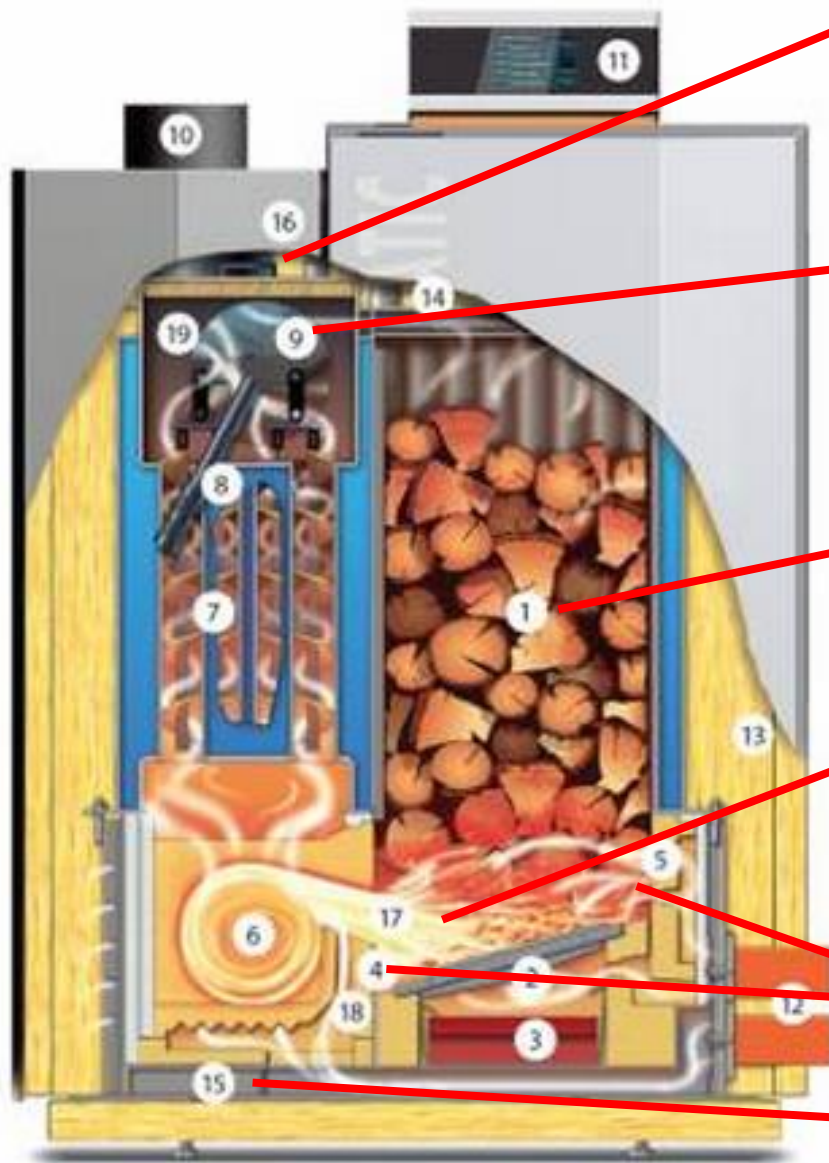
## Installateur

- bouw goede installatie:  
schouw, buffervat voor minder start/stops,

## Gebruiker

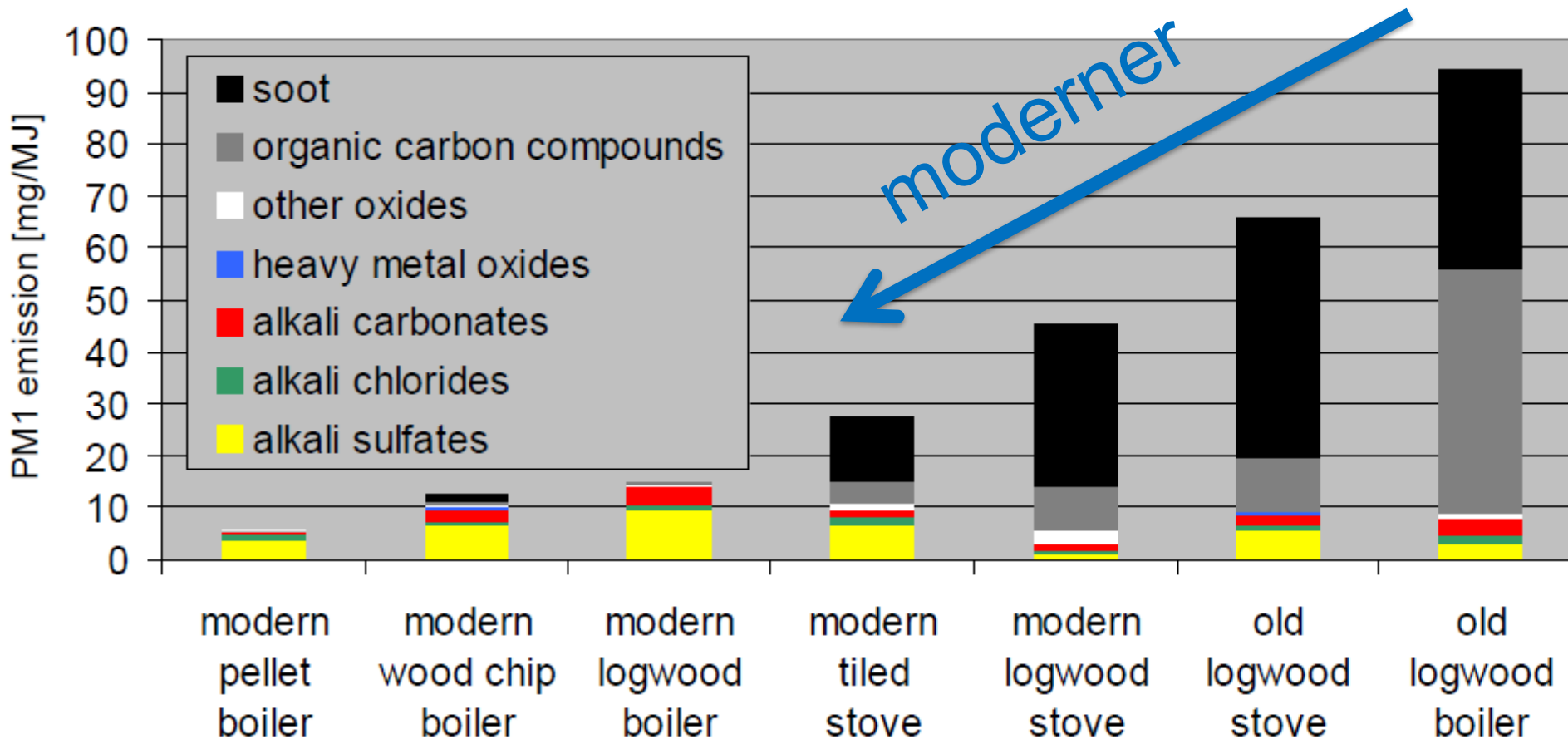
- vervang oude technologie door moderne
- gebruik geschikte brandstoffen
- bedien toestel correct: ontsteking, laden, instelling, onderhoud

## Typische kenmerken van modern toestel met betere controle verbranding: vb. van stookhoutketel met O<sub>2</sub>-sonde



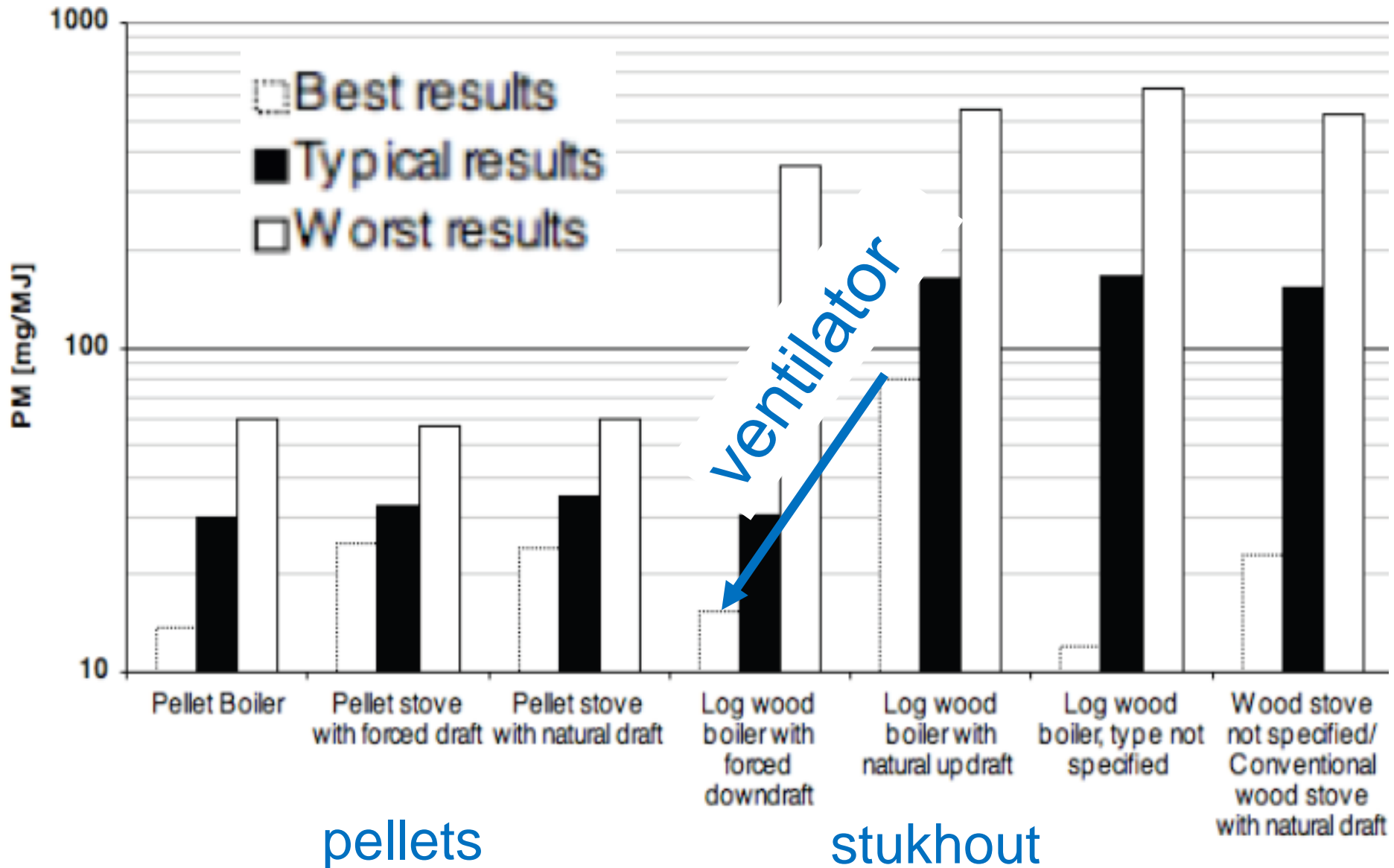
- Meten van O<sub>2</sub>-gehalte in schouw → controle rendement
- Automatische luchttoevoer met ventilator i.p.v. natuurlijke trek
- Automatische brandstof toevoer
- Gesloten vuurhaard ipv open vuurhaard → temperatuurcontrole
- Getrapte toevoer van lucht
- Automatische ontsteking

Het aandeel roet en organische verbindingen is veel lager indien men moderne technologie gebruikt





# Moderne technologie en het correct gebruik ervan doen fijnstof emissies afnemen

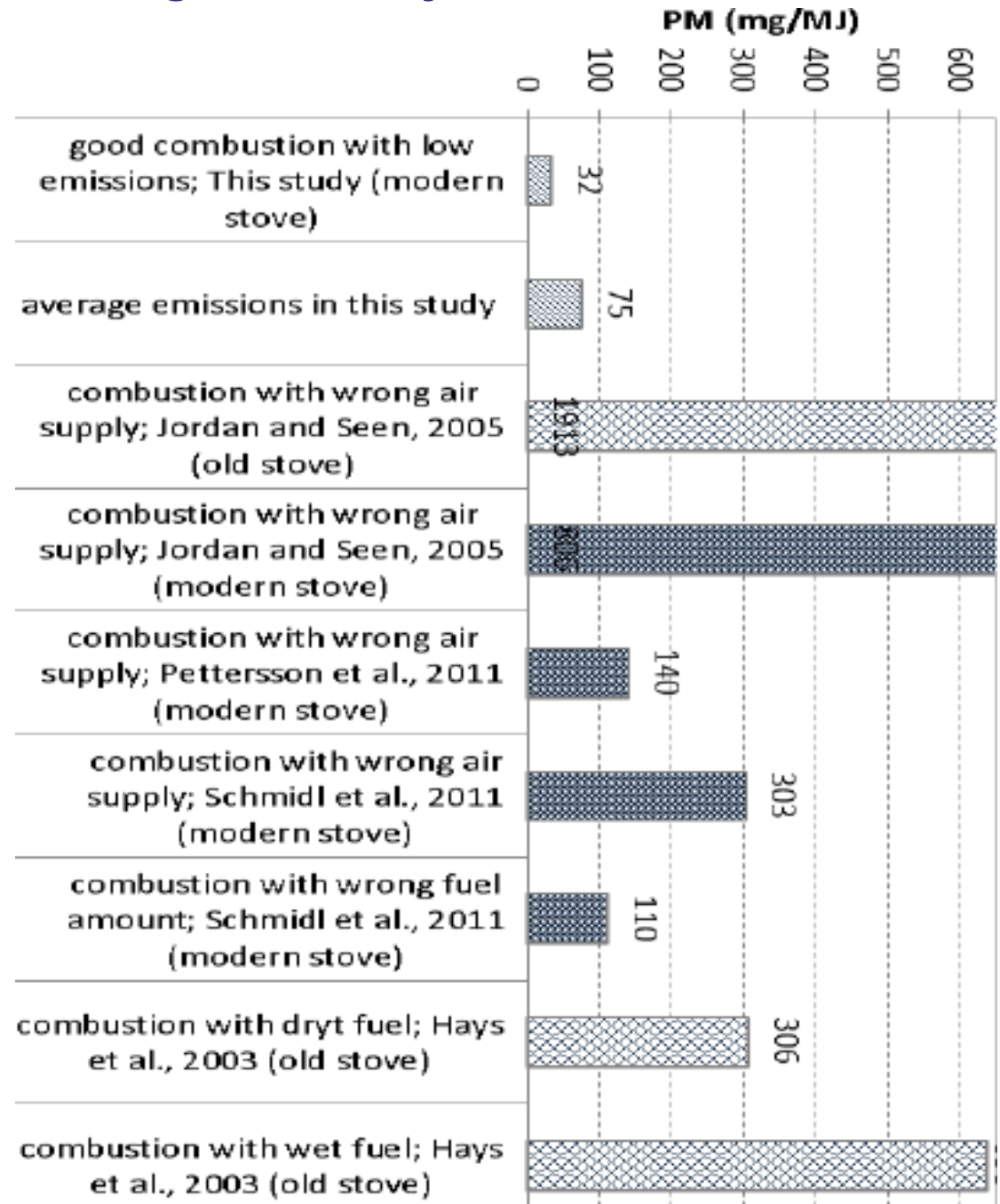


# Fijnstof emissies bij kachels erg afhankelijk van kwaliteit van de verbranding [9]

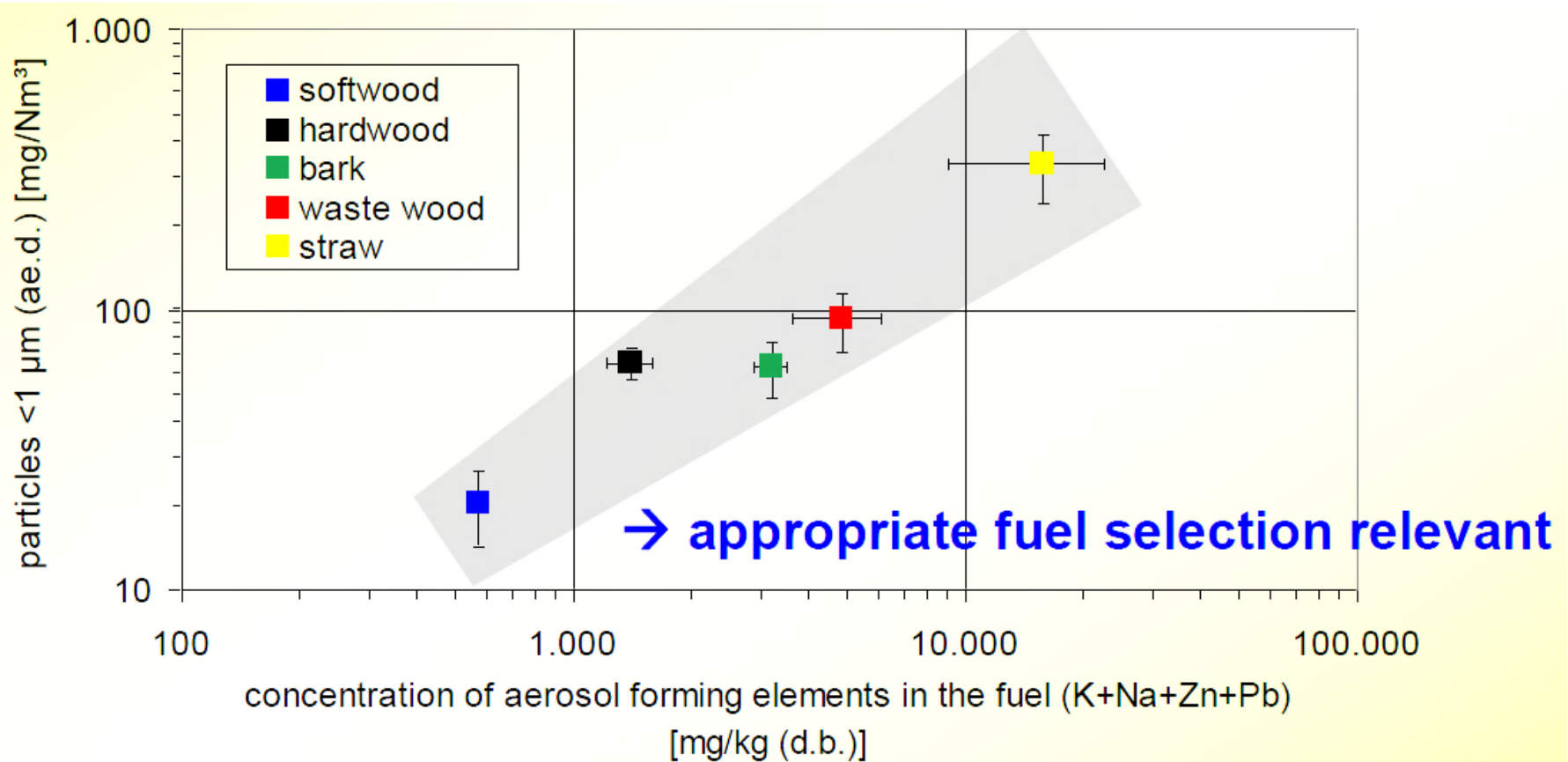
Goede verbranding

Verkeerde hoeveelheid lucht ☹️

verkeerde brandstof ☹️



## Er is een verband tussen PM1 en samenstelling brandstof [1]



## Goede keuze van brandstof is dus belangrijk

- stukhout en onbehandeld houtafval (max. 20% vocht)
- houtpellets met certificaat

## Praktische handelingen die leiden tot lagere fijnstof emissies [8]



Steeds langs boven ontsteken met geschikte brandstof



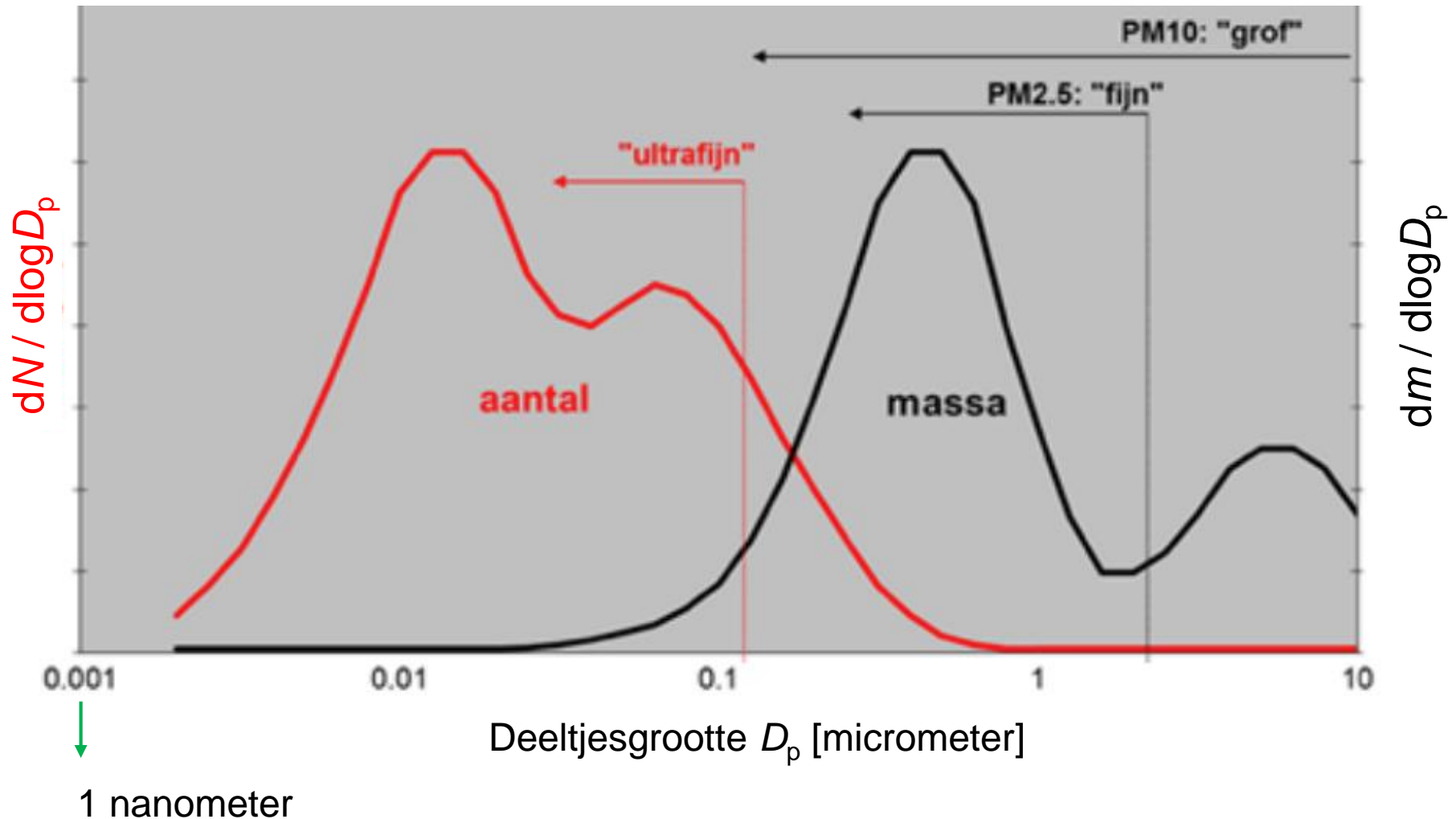
Niet  
overladen

Niet fout  
plaatsen

Correct  
plaatsen

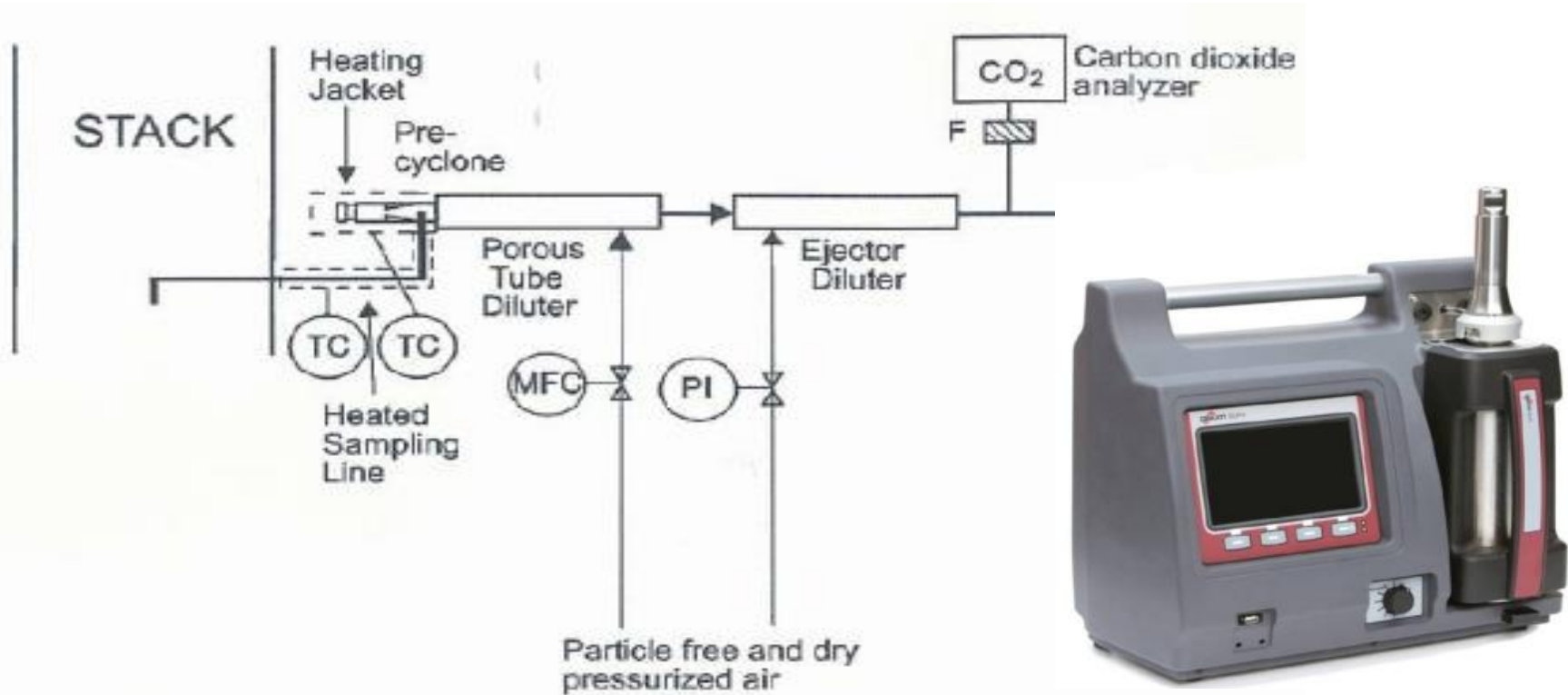
Niet te laat  
plaatsen

# Deeltjesconcentraties geven een ander beeld dan massa-concentraties



## Het meten van fijn stof bij verbranding is erg uitdagend

- vorming van secundaire deeltjes (SOA) kan deels uitgelokt worden in dilutiesysteem
- deeltjes mogen niet samenklonteren en waterdamp mag niet condenseren, anders foutieve meting
- simultane meting van 14 deeltjesgroottes: 0.006 tot 10  $\mu\text{m}$  in real-time
- chemisch analyse mogelijk

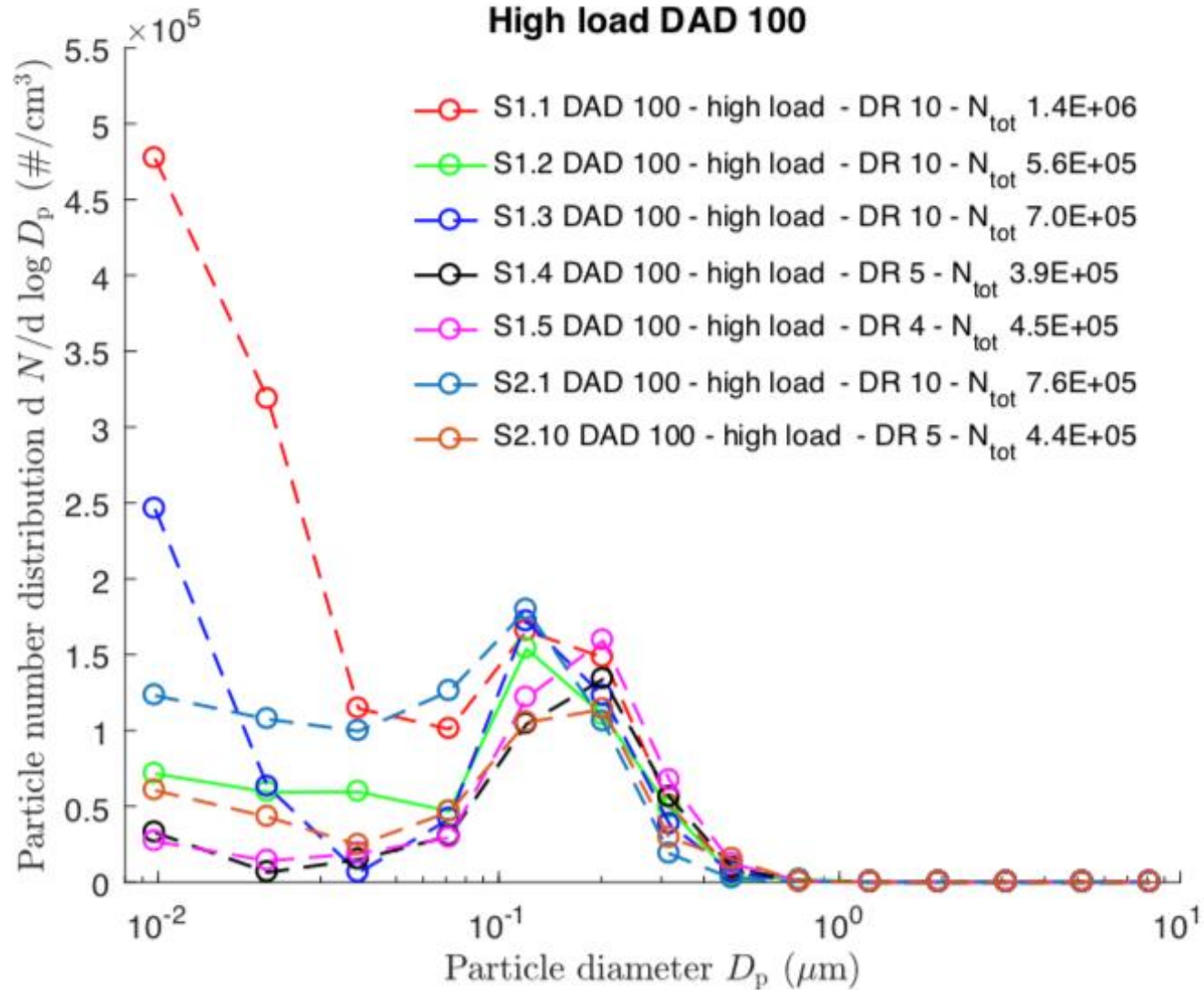




# Meetapparatuur is mobiel dus meting op verplaatsing is mogelijk

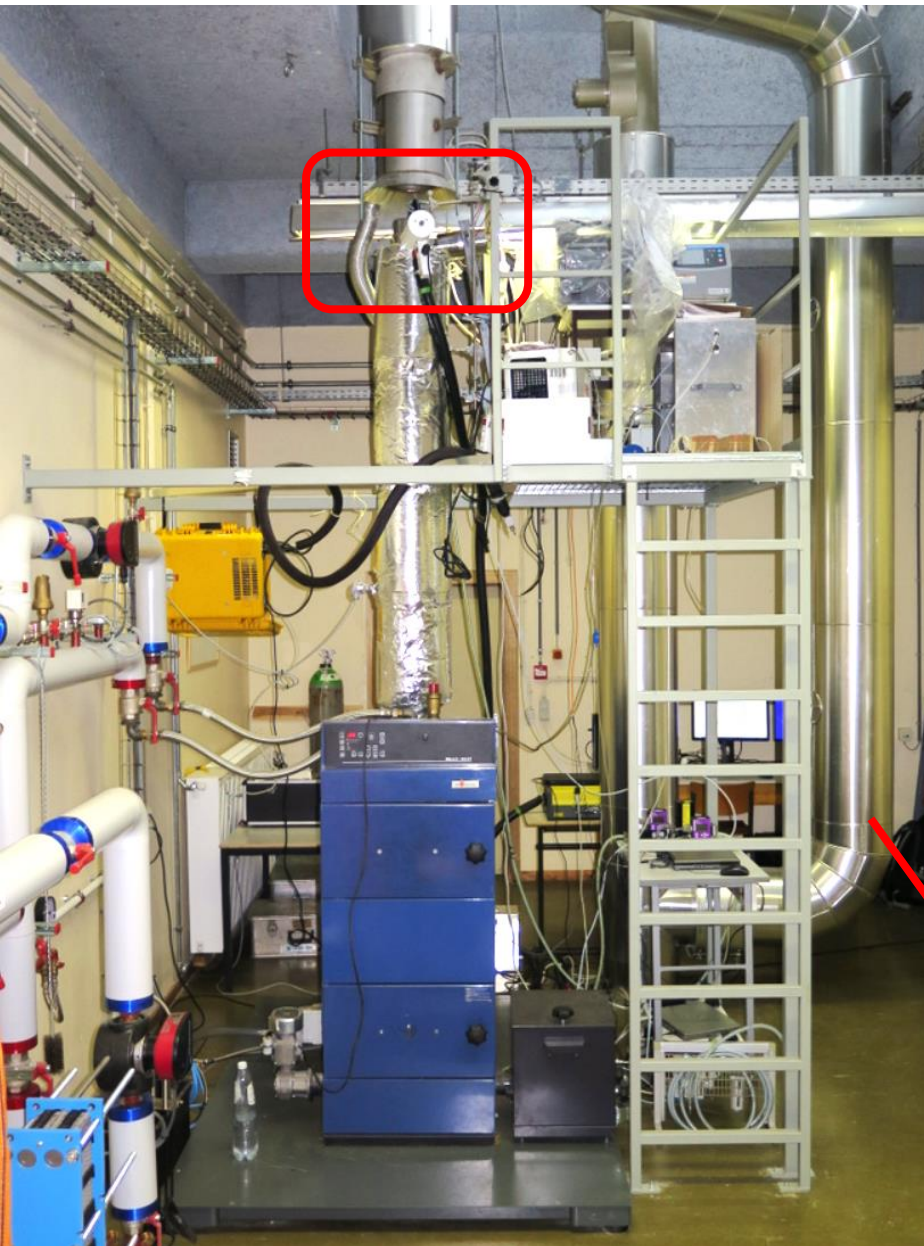


# Voorbeeld van een deeltjesdistributie in de rookgassen van een 4.5 MW biomassa boiler





# Testopstelling in VUB-labo voor biomassaketels laat real-time metingen van fijnstof toe



Testen van verschillende dilutiesystemen

nabootsing atmosferische verdunning in extra lang rookgaskanaal



# Er bestaan ook andere materialen om pellets van te maken, zogenaamde agropellets



**rietgras**



**zonnebloemschil**



**hout**



**stro**



**appelsienschil**

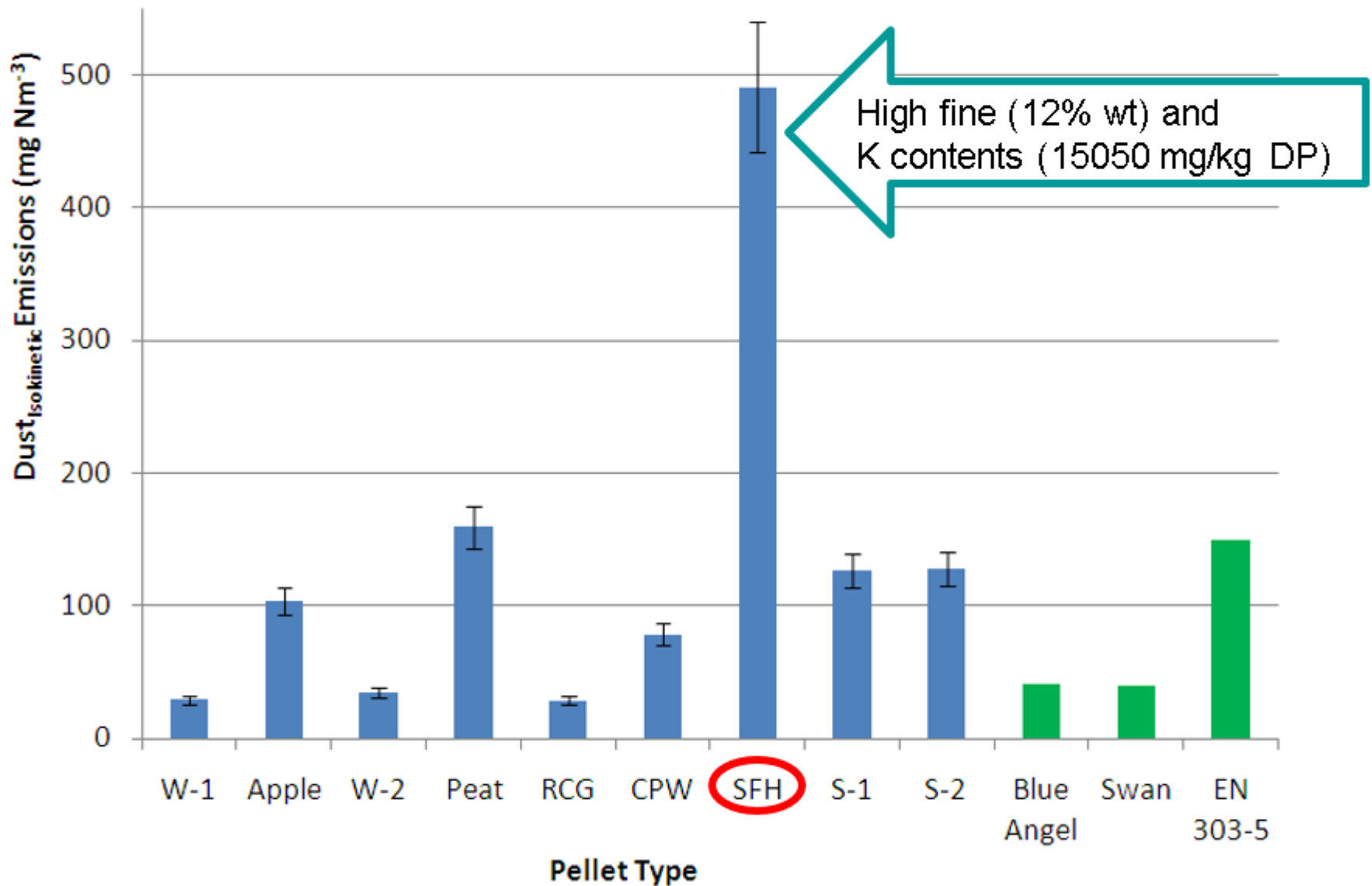


**appelschil**



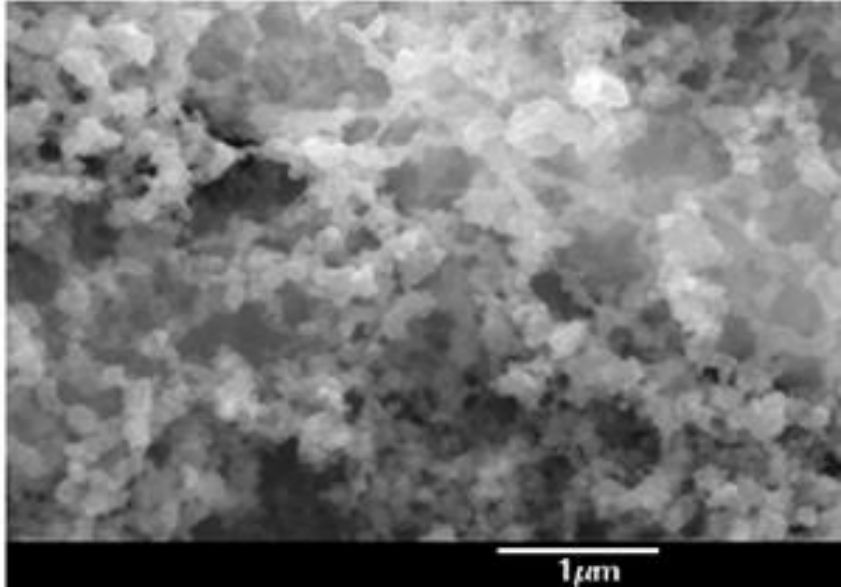
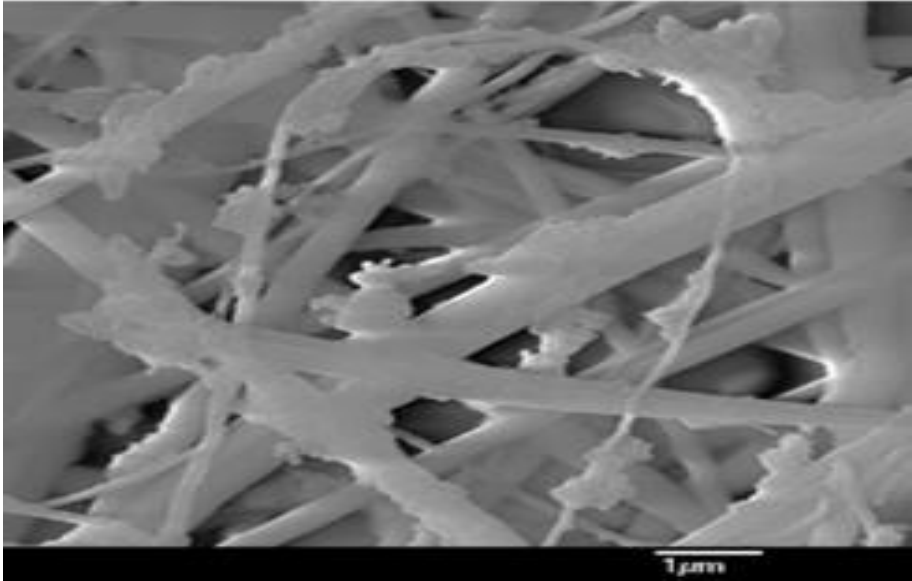
**turf**

# Fijnstof emissies bij verbranding van agropellets functie van samenstelling agropellets



# Afmetingen fijnstof ook afhankelijk van positie brandstoftoevoer

Fijnstof opgevangen met filter in rookgaskanaal van boiler (SEM beelden)



## Brandstoftoevoer

langs bodem

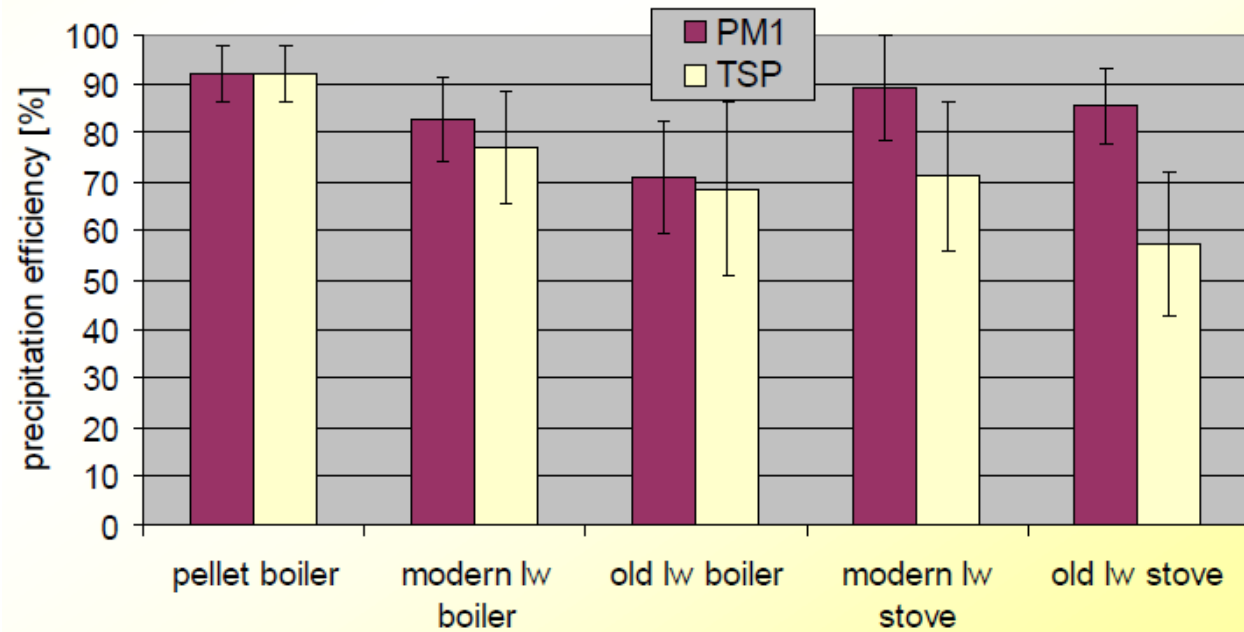
langs top

## Diameter

300 to 600 nm

150 to 350 nm

Er bestaan verschillende *end of pipe* technieken, maar kost en correct gebruik niet vanzelfsprekend



ESP presteert bv. minder na overbelasting, vraagt onderhoud

Andere technieken: keramische filter, multicycloon, doekfilter,...

## Fijnstof... veel stof tot nadenken

Minder PM1 van moderne kachels en ketels dan van oude technologie

Bediening toestel & gebruikte brandstof is erg belangrijk

Nog veel oude technologie op de markt → ruimte tot verbetering

Overheid moet goed informeren

Metten van PM is complex

Betere en meer real-life meettechnieken noodzakelijk



Bedankt voor uw aandacht

Svend Bram, [svend.bram@vub.be](mailto:svend.bram@vub.be)

VUB vakgroep INDI, onderzoeksgroep BURN

<http://burn-research.be/>



# Referenties

- [1] State-of-the-art of small-scale biomass combustion in boilers, I. Obenberger, IAE Bioenergy Task 32, 2012
- [2] Particulate matter science for policy makers, A NARSTO Assessment, 2004
- [3] PM emissions from old and modern biomass combustion systems and their health effects, J. Kelz et al., 18<sup>th</sup> Eur. biomass conference, 2010
- [4] Particulate emissions from biomass combustion in IEA countries, T. Nussbaumer et. al, 2008
- [5] Characterisation of particles from wood combustion with respect to health relevance and electrostatic precipitation, T. Nussbaumer et al., 2011
- [6] Environmental impact of small scale pellets boilers in the context of Belgian quality labelling, V. K. Verma, PhD thesis, VUB, 2011
- [7] State-of-the-art and assessment of filter technologies for residential biomass combustion systems, I. Obenberger, IAE Bioenergy Task 32, 2012
- [8] Particulate matter emissions from small-scale biomass combustion systems - characterisation and primary measures for emission reduction, T. Brunner, 2012
- [9] Particulate matter emissions and odor from small modern biomass stoves, M. Kistler et al., Vienna University of technology, 2014
- [10] Zeg niet zomaar hout verbranden: duurzaam en doordacht energie winnen uit biomassa, N. Devriendt, VITO, 2016
- [11] Literature review of emissions of modern wood combustion devices and emissions reducing technologies, under real-life conditions, en.vmm.be, 2018
- [12] Chemkar PM10 – Stedencampagne 2, Chemische karakterisering van fijn stof in Mechelen, Leuven, Kortrijk, Hasselt en Aalst, 2013-2014, Vlaamse Milieumaatschappij, 2015



## Gebruikte afkortingen en symbolen

	EN	NL	FR
Cl	chlorine	chloor	chlore
K	potassium	kalium	potassium
Na	sodium	natrium	sodium
Pb	lead	lood	plomb
S	sulphur	zwavel	soufre
Zn	zinc	zink	zinc
	ash	as	cendre
	soot	roet	suie
	flue gas	rookgas	gaz de combustion

CFD	Computational Fluid Dynamics
ESP	Electrostatic Precipitator
OGC	Organic Gaseous Compounds
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, NL: PAK
PM	Particulate Matter
SOA	Secondary Organic Aerosols
TSP	Total Suspended Particles