

Terveysperusteiset ilmanvaihdon ohjeavot  
**Vaikutukset sisäilman  
terveysriskeihin**

Otto Hänninen, FT, Dos.



TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS



# Puheenaiheena sisäilma...

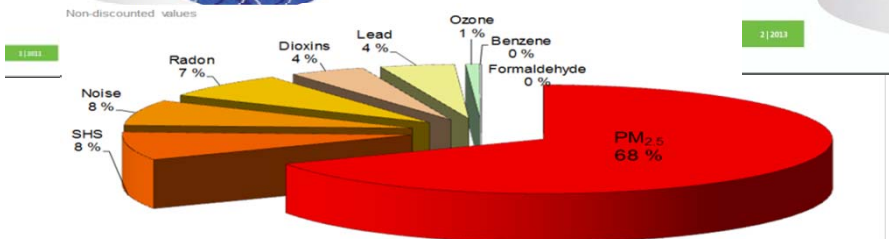
- Mikä **kaikki** sisäilmassa vaarantaa terveyttämme?
- Kuinka paljon?
  - kvantitatiivinen riskinarviointi
- Mitä voimme tehdä asialle **ILMANVAIHDOLLA?**

# Tautitaakka ja sen alentaminen

Ilmanvaihdon, suodatuksen ja lähdekontrollin vertailu sisäilmäalustusten aiheuttaman tautikuorman alentamisessa

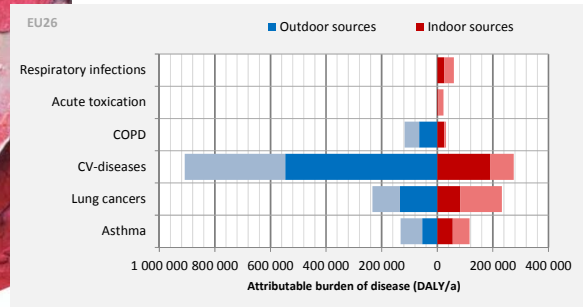
THL Report 2/2013, 95 ss.  
Tautikuorma-arviot EU-26 maille

## EBoDE



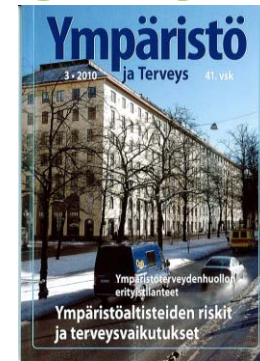
Portal: <http://en.opasnet.org/w/Ebode>  
Pdf directly: <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/b75f6999-e7c4-4550-a939-3bccb19e41c1>

## Healthvent



Hänninen & Asikainen, 2013  
Pdf directly: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-245-822-3>

## SETURI - Tekaisu



Pekkanen, 2010  
Hänninen et al, 2010ab



Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskus  
Työterveyslaitos



DALY update  
Asikainen ym., 2013

## Preventable fraction?

TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS



# Tarkasteluun sisällytetyt altisteet

- **Sisälähteistä peräisin olevat**

- Kosteus- ja homevauriot
- Radon
- Passiivitupakointi (SHS)
- Häkä (CO)
- Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>)
- Hiilivedyt (VOC)

- **Ulkoilmasta peräisin olevat**

- Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>)
- Bioallergeenit

Ei siis mukana:

- otsoni
- NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, jne.
- eläinallergeenit

Vain kokonaishiilivedyt, ei erityisiä yhdisteitä kuten

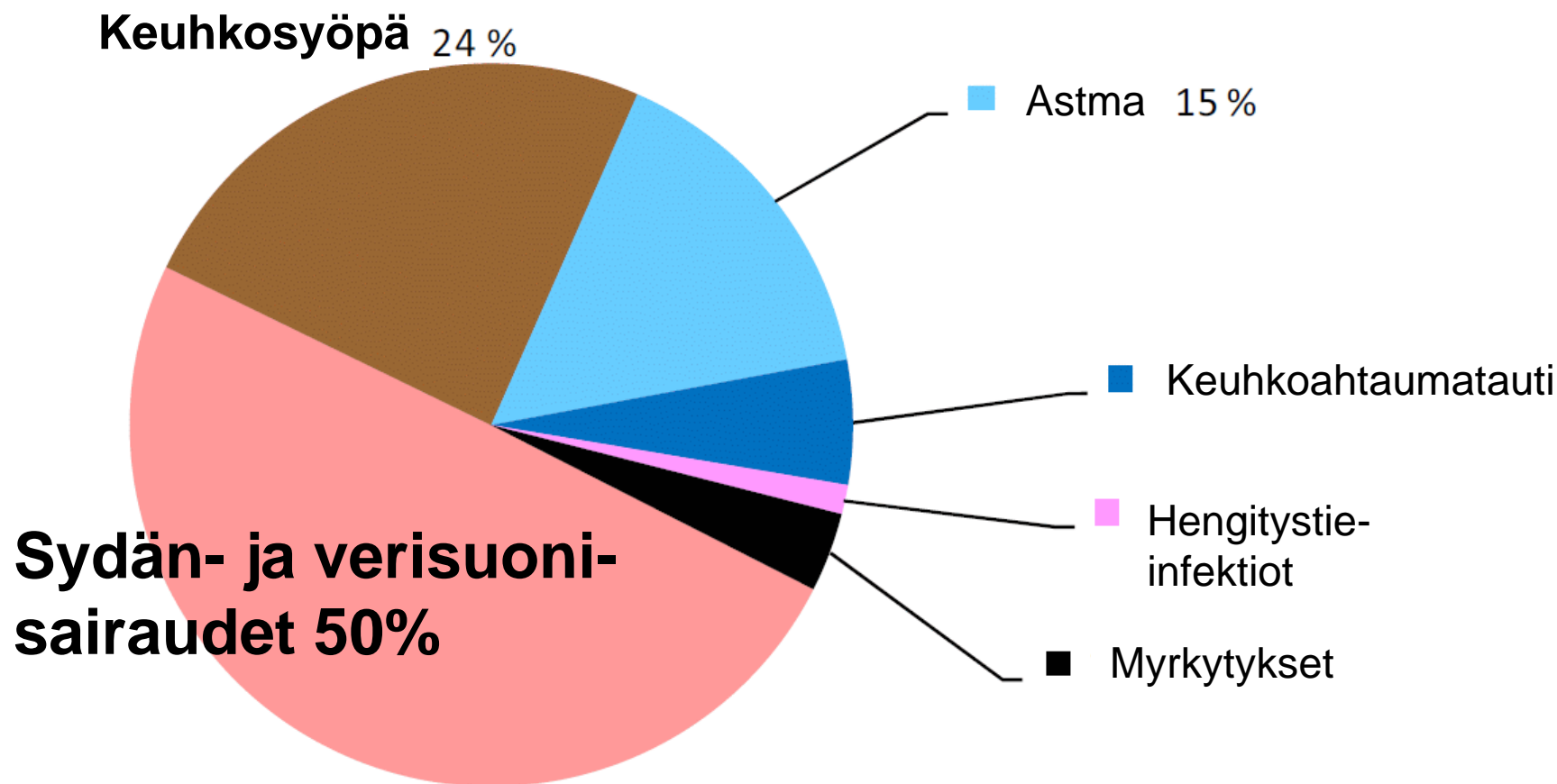
- bentseeni
- formaldehydi
- jne.

# Sisäilman aiheuttama tautitaakka

13 000 menetettyä tervettä elinvuotta (DALY)vuodessa



Sairauksien osuudet



Suomi



# Tautitaakkavertailu maittain

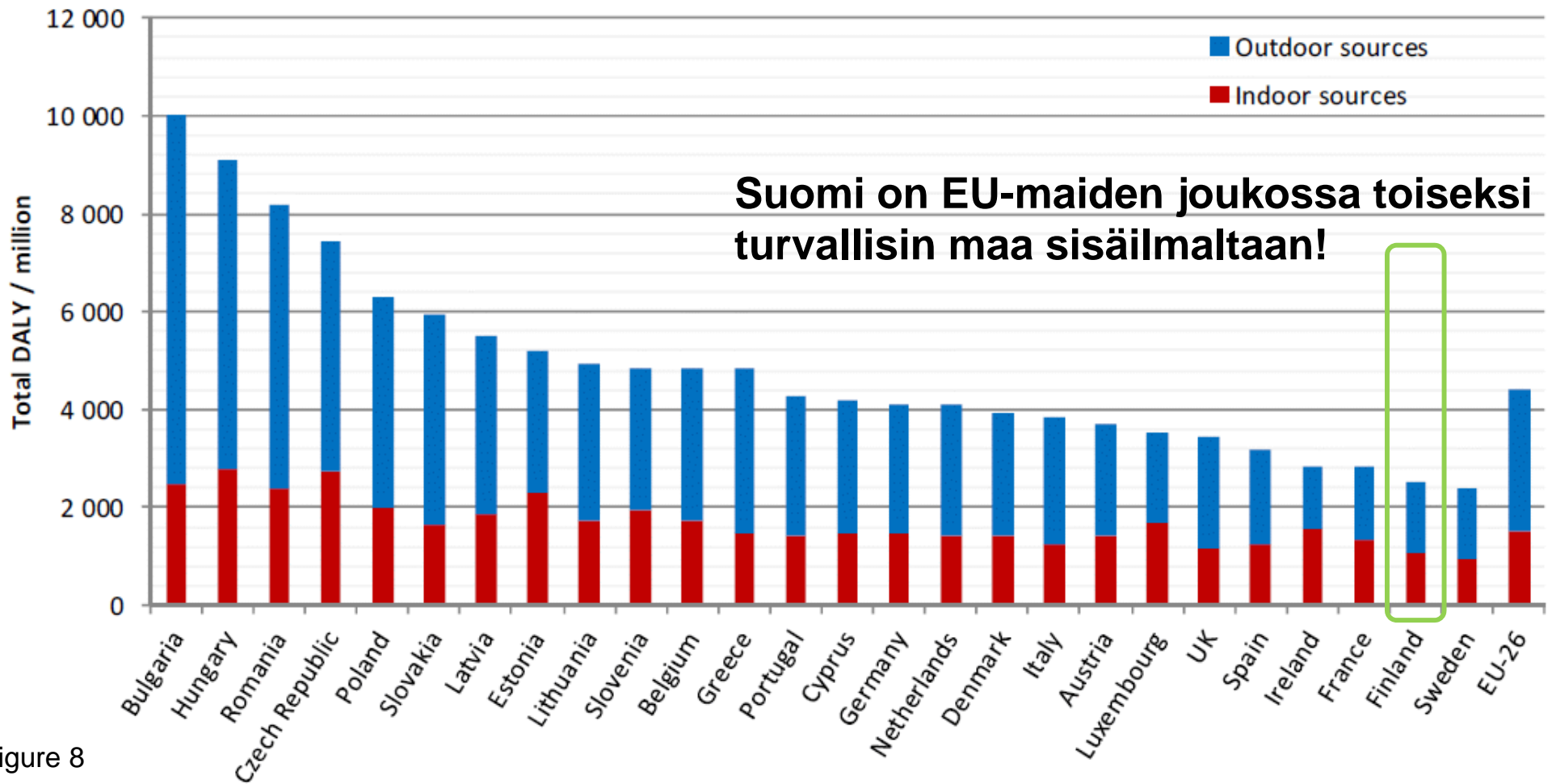


Figure 8

Lähde: Hänninen & Asikainen 2013

TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS

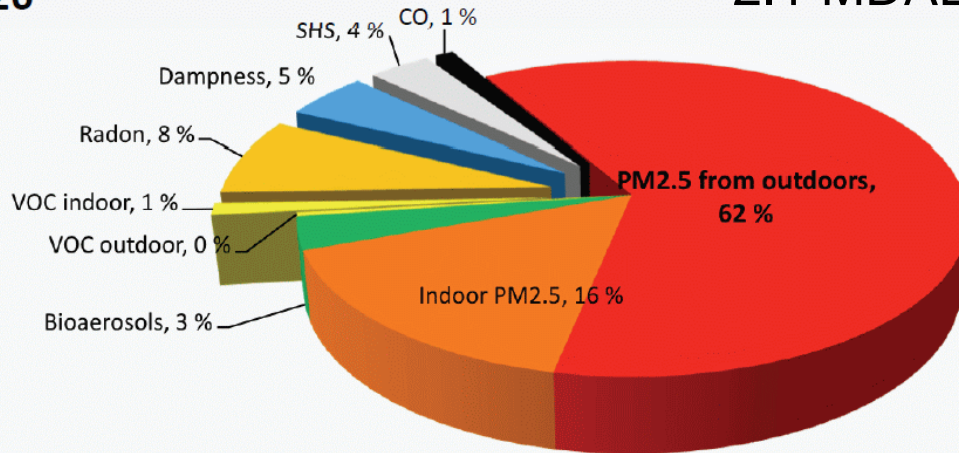




# Altisteiden osuudet tautitaakasta

## EU26

2.1 MDALY/a



Discounted and age-weighted values

### Ulkoilmasta:

- PM<sub>2.5</sub> outdoor
- Bioaerosols
- VOC outdoor

### Maaperästä:

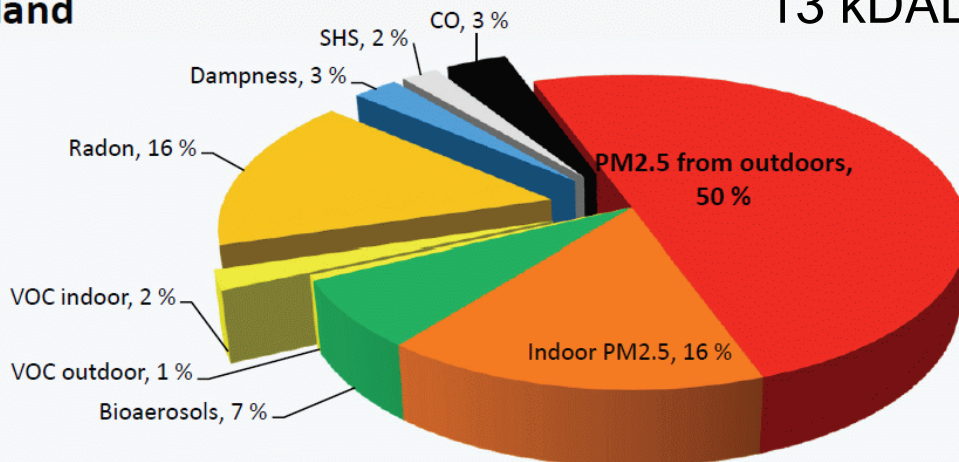
- Radon

### Sisälähteistä:

- PM<sub>2.5</sub> indoor
- Kosteusvauriot
- Passiivitupakointi
- Häkämyrkytykset

## Finland

13 kDALY/a



Discounted and age-weighted values

### Suomessa Eurooppaan verrattuna:

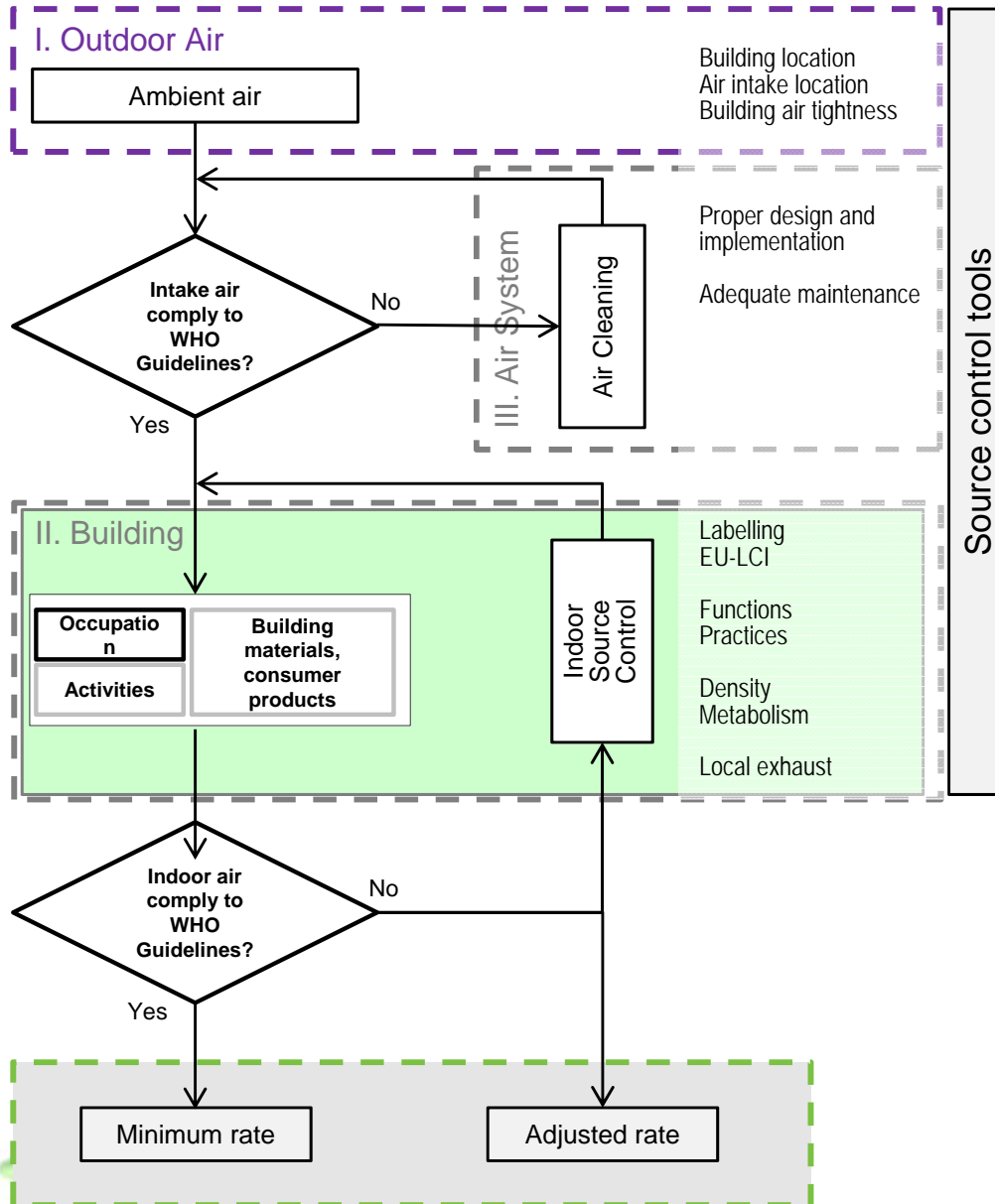
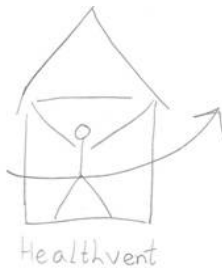
- PM<sub>2.5</sub> ulkoilmassa alhaisempi
- Radon korkeampi
- passiivitupakointi vähäisempää

Lähde: Hänninen & Asikainen 2013

Figure 9

TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS

# Ilmanvaihdon terveysterusteiset ohjeet



- WHO Ilmanlaadun ohjeet (2000, 2006, 2009, 2010)
- Ulkoilman laatu ja suodatus
- Sisäilman lähteet – lähdekontrolli!
- Alaraja ilmanvaihdolle

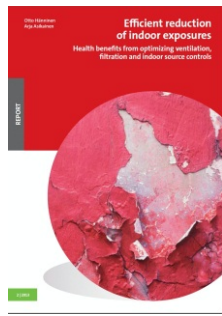


# Torjuntatoimenpiteet 1

## 1. Ilmanvaihdon terveysterveysteinen optimointi

- ulkoilman laatu ja sisälähteet ennallaan
- säädetään ilmanvaihtoa siten, että saavutetaan terveyshaittojen minimi

# Mass-balance approach: Indoor exposure modelling



$$(1) \quad \bar{C}_i = \frac{Pa}{a+k} \bar{C}_a + \frac{G}{V(a+k)} - \frac{\Delta C_i}{\Delta t(a+k)}$$

$$(2) \quad C_{ai} = \frac{Pa}{a+k} C_a = F_{INF} \times C_a$$

$$(3) \quad C_{ig} = \frac{G}{V} \times \frac{1}{(a+k)}$$

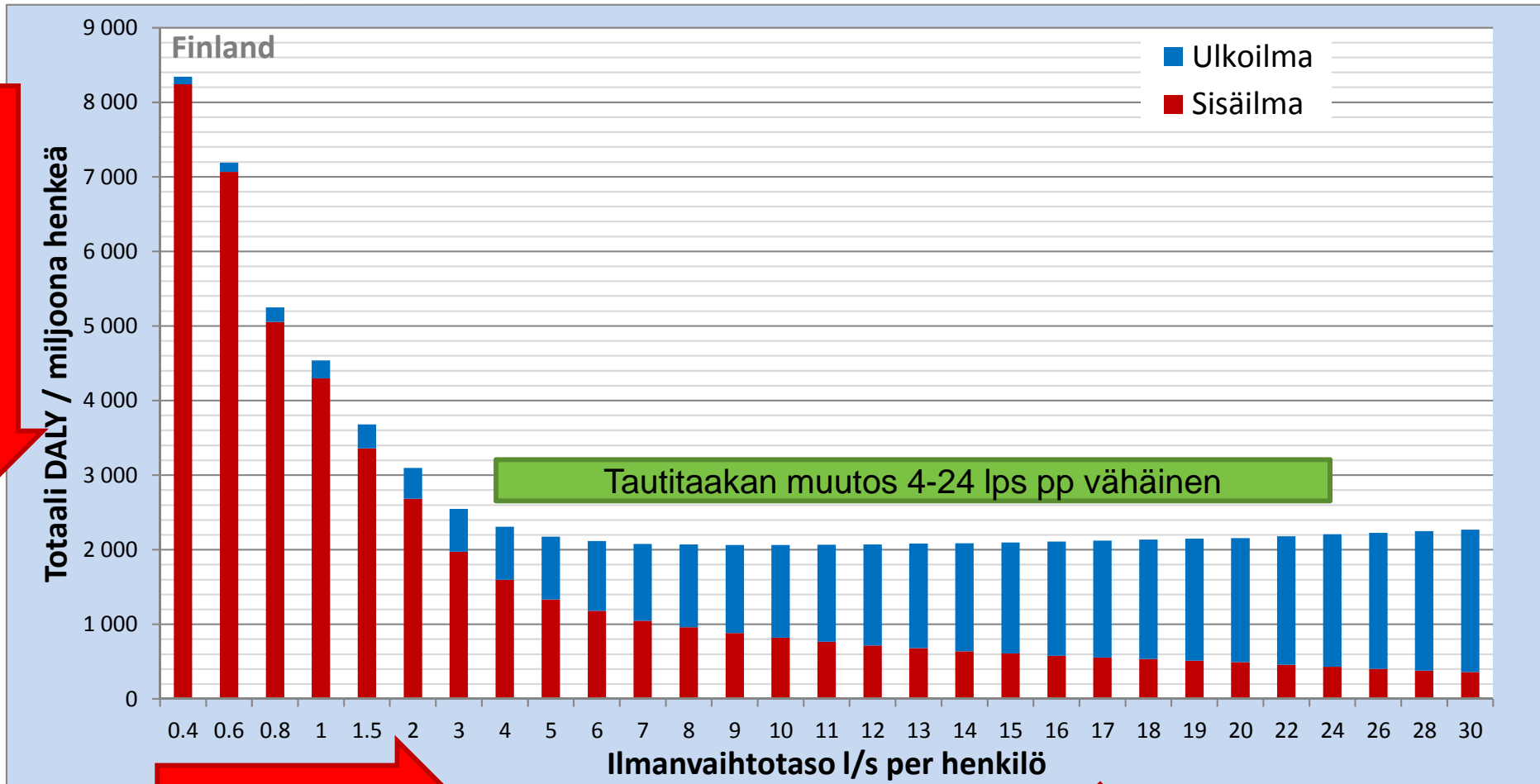
**Table 1. Mass-balance parameters of the outdoor pollutants considered.**

Pollutant	Mass balance parameters				
	Dp(eff) µm	Penetration (P) [fraction]	Density g cm <sup>-3</sup>	Decay (k) h <sup>-1</sup>	Finf [fraction]
PM <sub>2.5</sub>	<2	90 %	1.5	0.14	0.55
Pollen	10	80 %	1.0	5.41	0.07
VOC	n/a	100 %	n/a	0.10	0.69

Dp(eff) = effective particle diameter; Finf = resulting infiltration factor at a=0.22 h<sup>-1</sup>; in the model the actual Finf values are calculated according to the used ventilation rates.

# Torjunta 1: Ilmanvaihto

”Mitä voimme tehdä asialle  
ILMANVAIHDOLLA?”

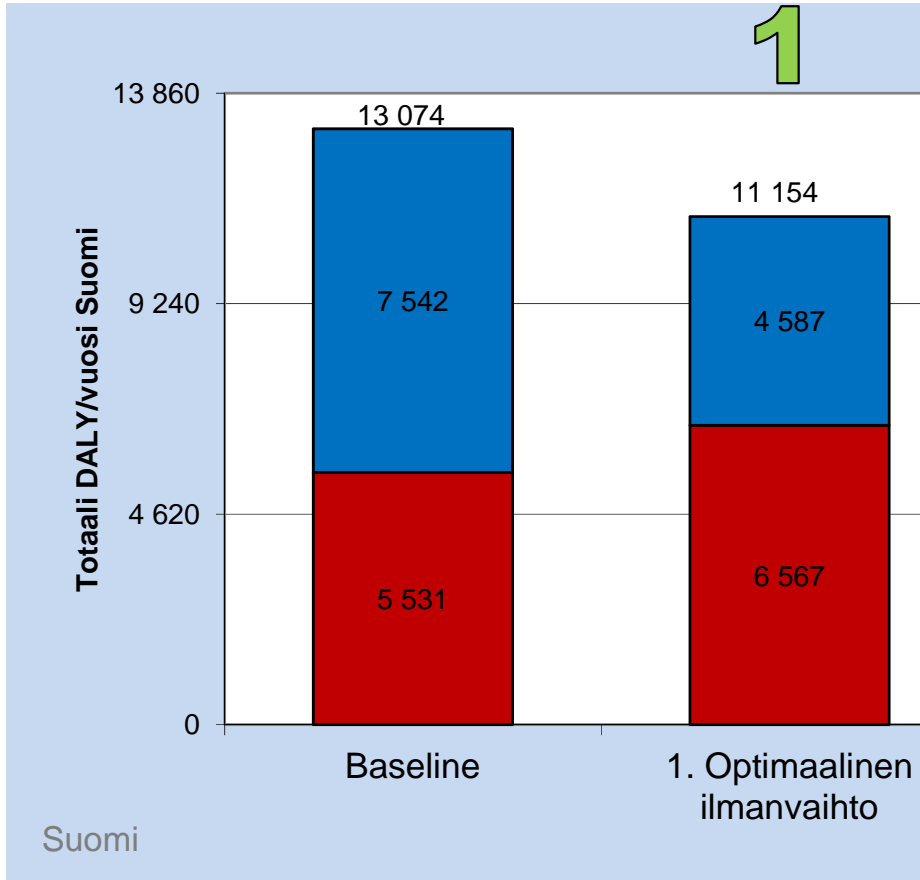


Optimi ↑  
~8 lps pp

↑  
Lähtötilanne

TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS

# Torjunta 1: Ilmanvaihto

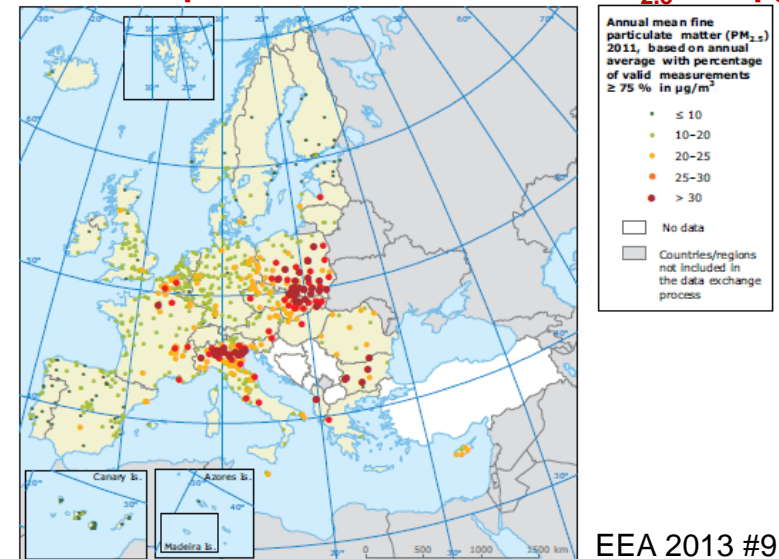


# Torjuntatoimenpiteet 2

1. Ilmanvaihdon terveysperusteinen optimointi
  - ulkoilman laatu ja sisälähteet ennallaan
  - säädetään ilmanvaihtoa siten, että saavutetaan terveyshaittojen minimi

## 2. Ulkoilman tehokas suodatus

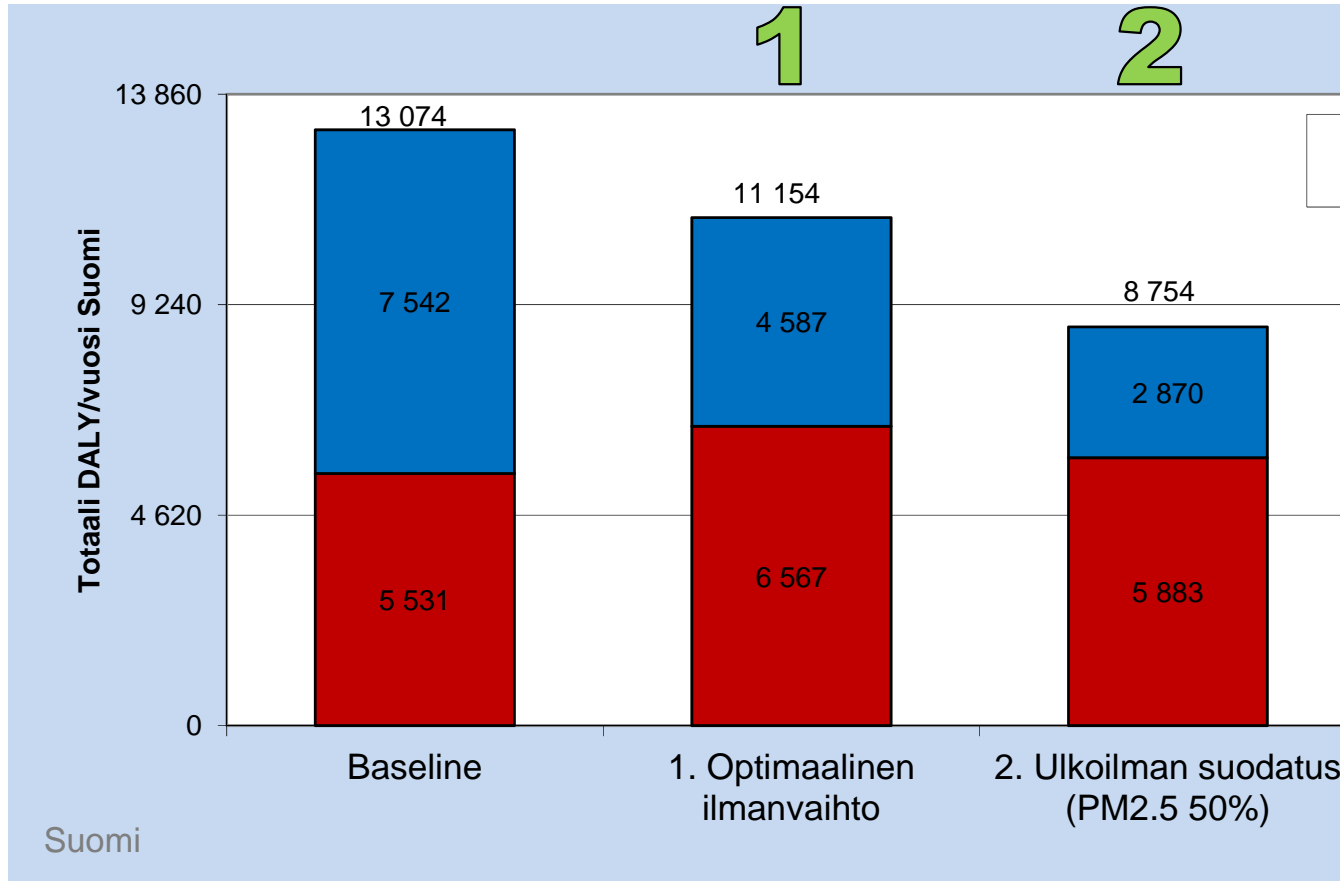
91-96% of Europeans live in areas with  $PM_{2.5} > 10 \mu g m^{-3}$



EEA 2013 #9



# Tuloilman suodatus ( $P_{\text{eff}}=50\%$ )



# Torjuntatoimenpiteet 3

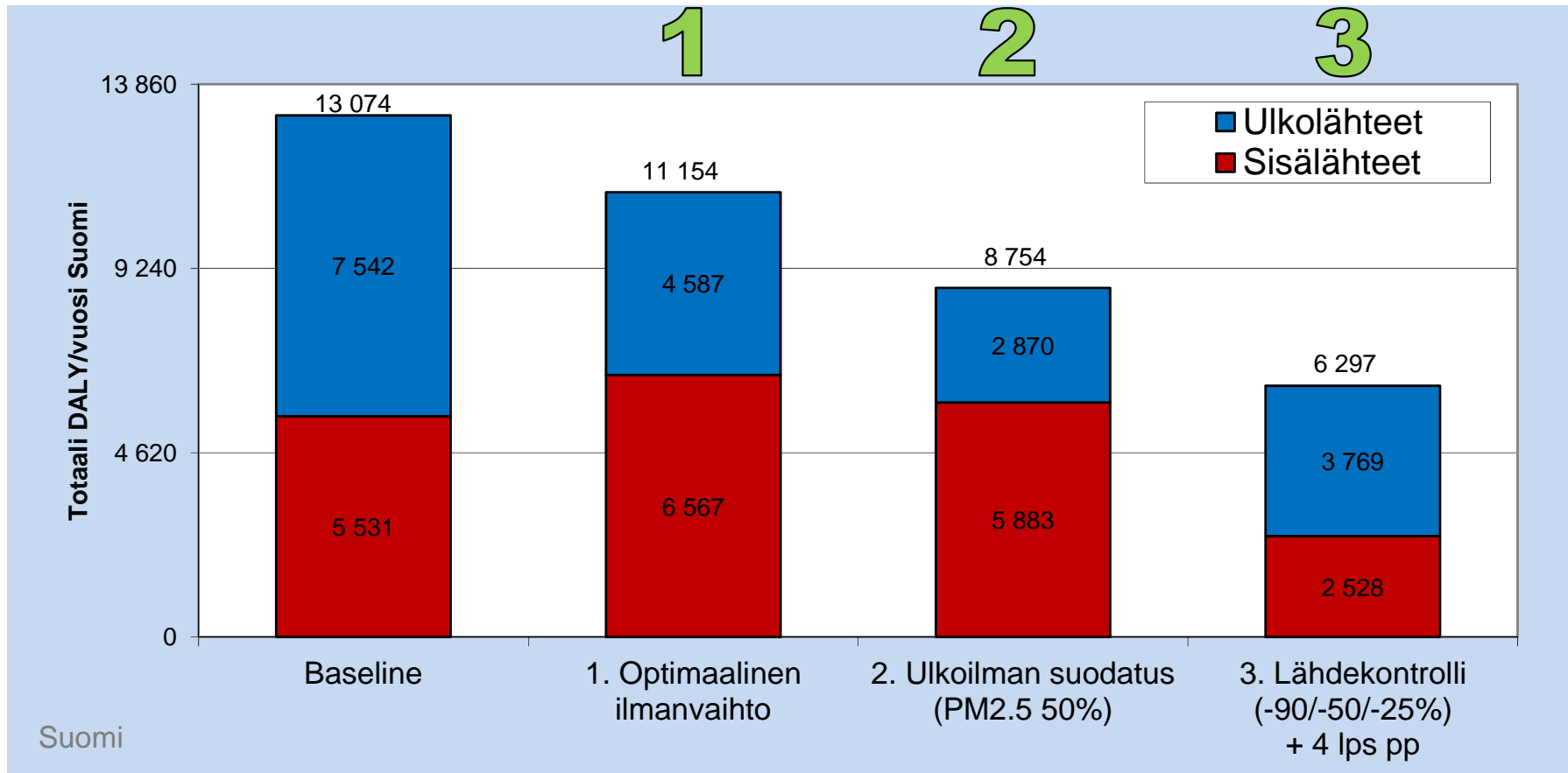
1. Ilmanvaihdon terveysperusteinen optimointi
  - ulkoilman laatu ja sisälähteet ennallaan
  - säädetään ilmanvaihtoa siten, että saavutetaan terveyshaittojen minimi
2. Ulkoilman tehokas suodatus
3. **Sisälähteiden poisto/rajoittaminen**

# Torjunta 3

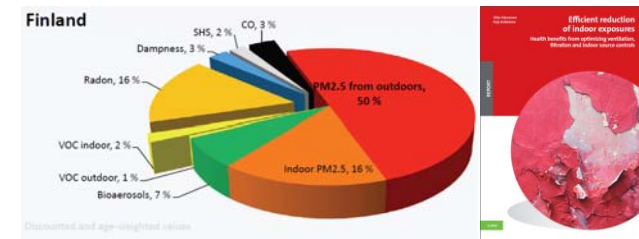
## Lähdekontrolli

- **Tehokkaasti rajoitettavissa olevat**
  - Radon (-90%) – radonturvallinen rakentaminen/korjaus
  - Häkä (CO) (-90%) – hälyttimet
  - Passiivitupakointi (SHS) (-90%) – sisätupakointikielto
- **Osittain rajoitettavissa olevat**
  - VOC (-50%) – materiaalivalinnat, merkinnät jne.
  - Kosteusvauriot (-50%) – kosteusmittarit; korjaukset ym.
    - Sisälähteiden hiukkaset (PM<sub>2.5</sub>) (-25%)– liesituulettimet ym.

# Torjunta 3: Sisälähteiden rajoittaminen



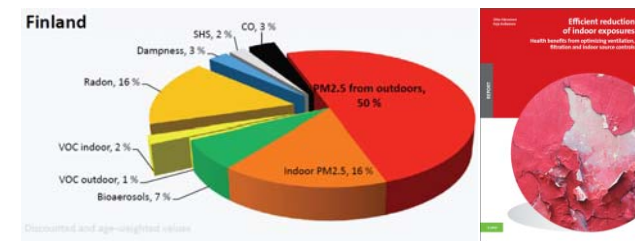
# Yhteenveto 1



- **Sisäilma on kansanterveyden kannalta huomattava tekijä**
  - n. 13 000 kokonaista tervettä elinvuotta vastaava haitta Suomessa
  - haitan kärsijöitä on 10-100 kertainen määrä
- **Ulkoilma on tärkeä lähde myös sisäilman saasteille**
  - n. 57% sisäilman tautitaakasta aiheutuu ulkoilmasta (2010)



# Yhteenveto 2



- **Pienhiukkaset ovat tärkein yksittäinen altiste**
  - biologiset ja tupakan hiukkaset mukaanlaskien ne aiheuttavat yhteensä 75% arvioidusta tautitaakasta
  - lähteitä ulkoilmassa:
    - puun poltto, liikenne (pakokaasut, nastarenkaat), kaukokulkeuma
  - monien tautien riskitekijä (sydän ja verenkierto, keukosyöpä, astma, infektiot)

**Ilman suodatus**

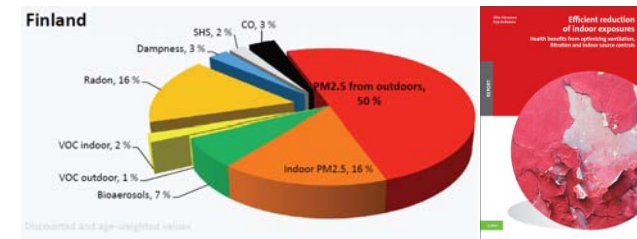
**Päästölähteiden alentaminen**

- **Radon toiseksi tärkein altiste (16%) (keuhkosyöpä)**
  - suuri alueellinen vaihtelu maaperän geologiasta riippuen
  - riski toteutuu pääasiassa radon-alueiden tupakoitsijoilla

**Tupakoimattomuus**

**Radon-turvallinen rakentaminen**

# Yhteenveto 3



- **Kosteusvauriot yleisiä ja aiheuttavat n. 10% sisälähteiden tautitaakasta väestötasolla**
  - ongelmakohteissa suuri merkitys

**Hometalkoot ym.**

- **Hiilivedyt kokonaisuutena vähämerkityksellinen**

**Materiaaliluokitus**

- **Tupakointi sisällä vähentynyt hyvin**

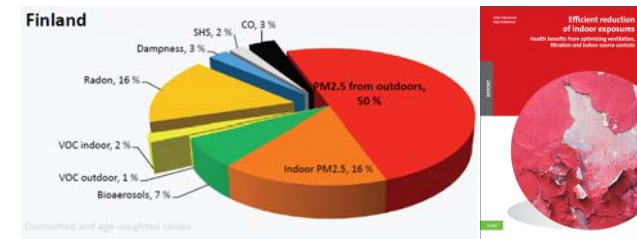
**Tupakkalain uudistuksen tavoite: Savuton Suomi 2040**

- **Häkämyrkytykset**

- tupakointi ja alkoholi: tulipaloriski
- puulämmitys, kaasulaitteet

**Häkävaroittimet**

# Yhteenveto 4



- **Monet tekijät vaikuttavat tautitaakkaan!**
- Vaikutukset vaihtelevat lievistä ja yleisistä vaivoista vakaviin sairauksiin ja kuolemantapauksiin
- **Torjunta edellyttää parannuksia monella sektorilla!**