



Polystyreenin työstössä
muodostuvien ilman
epäpuhtauksien
tavoitetasoperustelumuistio

Työterveyslaitos
Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki
puh. 030 4741, faksi 030 474 2779

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

Otsikko

Sisällysluettelo

1 Polystyreenin ominaisuudet ja käyttö.....	3
2 Lämpöhajoamistuotteiden syntyprosessi ja koostumus.....	3
3 Vertailu- ja raja-arvoja eri maissa.....	4
4 Altistumistasot suomalaisilla työpaikoilla.....	5
5 Altistumisen hallintakeinot.....	5
6 Terveysvaikutukset.....	6
6.1 Eläinkokeiden havainnot.....	6
6.2 Havainnot ihmisillä.....	6
7 Ehdotus tavoitetasoksi.....	7
8 Kirjallisuus.....	8

YHTEENVETO

Ehdotetut tavoitetasot ilmapitoisuuksille sekä suositeltavat mittausmenetelmät:

Mitattava aine	Mittausmenetelmä	Näytteenkeräysaika	Lakisääteinen taso (mg/m ³ /8h)	Tavoitetaso (mg/m ³ /8h)
Muoviaerosoli (I)	IR	vähintään 4 h	1 ¹	0,1
Hengittyvä aerosoli (I)	HM	vähintään 4 h	-	0,2
Styreeni (I)	GC-FID	vähintään 4 h	86	0,1
VOC	TD-GC-MS	noin 1 h	-	yhdisteiden laadullinen tarkastelu

¹ parafiinihuurun HTP-arvo

(I) = indikaattoriaine

IR = keräys teflonsuodatin (SKC 225-1705), analyysi infrapunaspektroskopia

HM = hengittyvän jakeen mittaus tallentavalla hiukkasmittarilla (esim. Grimm 1.008)

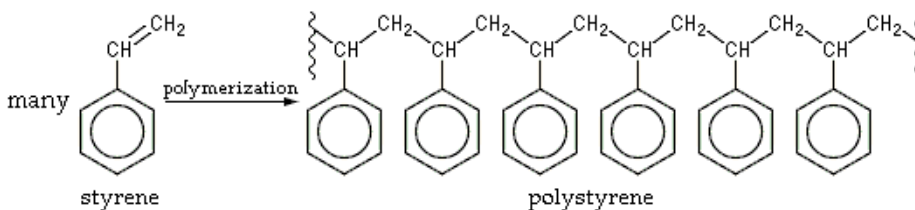
GC-FID = keräys aktiivihili (esim. SKC 226-01), analyysi kaasukromatografia

TD-GC-MS = keräys Tenax TA, analyysi kaasukromatografia-massaspektrometria

1 Polystyreenin ominaisuudet ja käyttö

Polystyreeni on edullinen muovilaatu, jolla on hyvä muokattavuus, värjättävyys ja sähköneristyskyky (Muovifakta 2000). Kirkkaasta ja hauraasta materiaalista valmistetaan erityisesti kertakäyttöastioita. Polystyreenistä valmistetaan paisuttamalla solupolystyreeniä (EPS), jota käytetään yleisesti lämmöneristeenä (styrox-levyt), pakkausmateriaalina ja iskunvaimentimena. Polystyreenin ominaisuuksia voidaan parantaa kopolymeroimalla styreeniketjuun muita monomeereja. Iskuluja polystyreeni (SB, HIPS) on styreenin ja butadieenin kopolymeeri, josta valmistetaan erilaisia käyttöesineitä kuten ruokapakkauksia. Styreeni-butadieenikumi (SBR) on tärkein synteettinen kumilaatu, jota käytetään mm. auton renkaiden valmistukseen. Akrylinitriilibutadieenistyreeniä (ABS) käytetään mm. puhelinten ja muiden laitteiden kuorissa. Akrylinitriilistyreenin (SAN) käyttö on vähäisempää. Materiaalia käytetään mm. taloustavaroissa. Tässä dokumentissa tarkastellaan pääasiassa polystyreenihomopolymeereja (PS ja EPS) (Kuva 1).

EPS:a on markkinoilla polystyreenihelmenä, johon on imeytetty pentaania ponnekaasuksi. EPS työstetään vesihöyryn avulla, jolloin helmet reagoivat pentaanin kanssa, paisuvat solurakenteen täytyessä ilmalla ja liimautuvat yhteen (Uusi muovitieto 2008). EPS:n lisäyistä palonestoaineina käytetyimpiä ovat dibromietyyliibromisyklododekaani, pontabromikloorisykloheksaani, TBBPA-bisallyyleetteri ja heksabromisyklododekaani (HBCDD) (KEMI 2006). HBCDD on biokertyvä aine ja sen käyttö on EU:ssa luvanvaraista elokuusta 2015 alkaen (143/2011/EU oikaisuineen), joten aineen käyttö tulee oletettavasti lähivuosina vähenemään merkittävästi. Iskulujissa polystyreeneissä käytetyin palonestoaine on antimonioksidi. Myös fosforia sisältäviä palonestoaineita, fosforibromideja käytetään. Monet palonestoaineet ovat myrkyllisiä eikä niitä voida käyttää elintarvikepakkausten muoveissa. Polystyreenejä värjätään orgaanisilla väriaineilla. Polystyreenin tyypillisiä täyteaineita ovat mineraalijauheet kuten kalsiitti, talkki ja kaoliini. Voiteluaineina käytetään mm. butyylistearaatteja ja nestemäistä parafiinia. Pehmittimiä ei yleensä lisätä styreenimuoveihin (Pfäffli 1997).



Kuva 1. Styreenin polymeroituminen.

2 Lämpöhajoamistuotteiden syntyprosessi ja koostumus

Polystyreenin työstössä vapautuu haihtumis- ja lämpöhajoamistuotteita. Polymeerien lämpöhajoamisessa lämpöenergia katkaisee polymeeriketjun, jolloin muodostuu epästabiileja radikaalimolekyylejä (Engström ym. 2005). Radikaalimolekyylit hajoavat edelleen tai reagoivat muodostaen pysyviä hajoamistuotteita. Ilman läsnä ollessa happimolekyylit voivat osallistua

reaktioon, jolloin muodostuu ns. alkoksiradikaaleja ja edelleen hiilimonoksidia, aldehydejä, ketoneja ja karboksyylihappoja. Lämpöhajoamisessa muodostuu sekä kaasumaisia yhdisteitä että kiinteitä ja nestemäisiä hiukkasia (aerosoleja). Lämpöhajoamistuotteiden määrään ja laatuun vaikuttavat mm. polymeerin koostumus, lisäaineiden määrä ja laatu, lämpötila sekä läsnä olevan hapen määrä.

Lämpöhajoamistuotteita muodostuu sekä muovituotteiden valmistuksessa, kun muovimassa (esim. granulaatit) pehennetään lämmittämällä, että muovituotteiden ja muovilla pinnoitettujen tuotteiden jälkikäsitelyssä, esimerkiksi hitsauksessa, hionnassa ja polttoleikkauksessa (Engström ym. 2005).

Polystyreenin keskeisimpiä lämpöhajoamistuotteita ovat muoviaerosolit, styreeni, formaldehydi ja muut aldehydit, asetoni ja muut ketonit, muurahaishappo ja etikkahappo.

3 Vertailu- ja raja-arvoja eri maissa

Polystyreenin lämpöhajoamistuotteille kokonaisuudessaan ei ole annettu työhygieenisiä ohjearvoja. Lämpöhajoamistuotteiden yksittäisten komponenttien HTP-arvoja on koottu taulukkoon 1. Taulukossa 2 on esitetty eri maissa annettuja ohjearvoja parafiinihuuruille ja styreenille.

Taulukko 1. HTP-arvot keskeisimmille polystyreenin lämpöhajoamistuotteille (STM 2009).

Aine	HTP _{8h} (mg/m ³)	HTP _{15min} (mg/m ³)
Asetaldehydi	-	46
Asetoni	1200	1500
Bentsaldehydi	4,4	17,4
Etikkahappo	13	25
Formaldehydi	0,37	1,2
Hiilimonoksidi	35	87
Muurahaishappo	5	19
Pentaani	1500	1900
Styreeni	86	430

Taulukko 2. Parafiinihuurujen ja styreenin työhygieenisiä ohjearvoja eri maissa.

	Parafiinihuurut, 8h (mg/m ³)	Parafiinihuurut, 15 min (mg/m ³)	Styreeni, (mg/m ³)	8h Styreeni, 15 min (mg/m ³)
Suomi	1	-	86	430
Ruotsi	-	-	90	200
Tanska	2	-	-	105
Norja	2	-	105	-
Saksa	-	-	86	172
Englanti	2	6	430	1080
USA (ACGIH)	2	-	86	172

4 Altistumistasot suomalaisilla työpaikoilla

Pfäfflin ja Vainiotalon (1984) tutkimuksessa polystyreeniä työstävillä työpaikoilla polystyreenin ja styreenin kopolymeerien (SB, ABS ja SAN) lämpöhajoamistuotteet ja hajoamistuotteiden pitoisuudet muistuttivat toisiaan. Muoviaerosolien keskipitoisuus oli työstömenetelmästä riippuen 0,5-1,1 mg/m³, formaldehydin 0,05-0,07 mg/m³ ja asetaldehydin 0,01-0,1 mg/m³. Vapautuvan styreenin määrä, 0,1 - 0,9 mg/m³, riippui työstölämpötilasta ja oli korkeimmillaan solupolystyreenin leikkauksessa, jossa lämpötila oli suurin. Vaikka laboratoriokokeissa on todettu tyypeä sisältävien styreenimuovien (ABS ja SAN) lämpöhajoamisessa muodostuvan nitrilejä, syaanivetyä ja typen oksideita, näitä ei havaittu Pfäfflin ja Vainiotalon mittauksissa. Solupolystyreenin kuumalankaleikkauksessa vuosina 2001-2009 mitatut pitoisuudet vastaavat aikaisempia tuloksia (Taulukko 3).

Taulukko 3. Styreenimuovien työstössä mitatut lämpöhajoamistuotteet työpaikkojen ilmassa (keskiarvo ja keskihajonta) (Pfäffli ja Vainiotalo 1984; Työhygieenisten mittausten rekisteri 2001-2009).

	Ruiskupuristus ^{1,2} 210-300 °C (mg/m ³)	Syväveto ^{1,2} ; 200-240 °C (mg/m ³)	Solupolystyreenin leikkaus ² ; 250-350 °C (mg/m ³)	Solupolystyreenin leikkaus ³ (mg/m ³)
Aerosoli	0,4±0,2	1,1±0,5	0,5±0,2	0,2±0,1 (n=3)
Formaldehydi	0,05±0,01	0,07±0,04	0,07±0,05	0,01±0,01 (n=3)
Asetaldehydi	0,04±0,01	0,10±0,10	0,01	0,006±0,005 (n=2)
Muurahais- happo	0,38±0,28	0,15±0,06	0,32±0,29	-
Etikkahappo	0,10±0,02	0,05±0,02	0,31±0,22	-
Styreeni	0,13±0,02	0,21	0,90±0,02	0,70±0,27 (n=4)
Asetoni	0,20±0,09	0,19	0,01	-
Bentsaldehydi	0,13±0,01	-	-	-
Pentaani	-	-	-	188±85 (n=4)
Hiilimonoksidi	-	-	-	5 - 15 ppm (n=3)

¹ PS, S/B, ABS ja SAN

² Pfäffli ja Vainiotalo 1984

³ Työhygieenisten altistumismittausten rekisteri 2001-2009

5 Altistumisen hallintakeinot

Lämpöhajoamistuotteiden muodostuminen on riippuvainen työstölämpötilasta. Prosessissa, jossa lämpötilat pysyvät alhaisina, on hajoamistuotteiden muodostuminen tästä syystä vähäistä. Lämpöhajoamistuotteiden pitoisuutta työilmassa voidaan alentaa päästölähteiden koteloinneilla ja

kohdepoistoilla sekä riittävällä yleisilmanvaihdoilla. Muovin leikkaukseen käytettävät kuumalangat ja -terät on puhdistettava säännöllisesti. Muovipinnoitettujen metallien työstössä voidaan lämpöhajoamistuotteiden muodostuminen estää poistamalla pinnoite ennen hitsausta tai muuta kuumakäsittelyä.

Raaka-aineiden valmistajan vastuulla on kirjata tiedot keskeisistä lämpöhajoamistuotteista käyttöturvallisuustiedotteisiin. Käyttöturvallisuustiedotteesta tulee löytyä myös tieto oikeasta prosessilämpötilasta.

6 Terveysvaikutukset

6.1 Eläinkokeiden havainnot

Kokeessa, jossa hiiriä altistettiin polypropeenin (PP), polyeteeni-polypropeeni-kopolymerin (PP-C), akrylinitriilibutadienistyreenin (ABS) ja PVC-muovin lämpöhajoamistuotteille, altistuminen lämpötiloissa 150-175 °C muodostuneille tuotteille ei aiheuttanut tilastollisesti merkitseviä muutoksia hiirten hengitysnopeudessa (Schaper ym. 1994). Lämpötiloissa 230-285 °C muodostuneet tuotteet sen sijaan aiheuttivat annoksesta riippuvan hengitysnopeuden laskun, joka hiirillä viittaa hengitystieärsytykseen. RD50-arvo eli annos, joka aiheutti hengitysnopeuden alenemisen puoleen alkuperäisestä oli aerosolihiukkasten massana laskettuna ABS:lle 21 mg/m³. Kaasumaisten tuotteiden pitoisuuksia ei mitattu. Altistuneiden hiirten keuhkoissa ei havaittu muutoksia.

RD50-arvon on arvioitu korreloivan ihmisen kokeman ärsytysvaikutuksen kanssa seuraavasti: pitoisuudessa RD50 ärsytysvaikutus on hyvin voimakas, pitoisuudessa 0,1 x RD50 vähäinen ja pitoisuudessa 0,01 x RD50 vaikutusta havaitaan tuskin lainkaan (Schaper 1993). Pitoisuustasoa 0,03 x RD50 on käytetty työympäristön vertailupitoisuutena, jonka ylittyessä on todennäköistä, että työntekijät kokevat silmä- ja ylähengitystieärsytystä. Edellä esitetyn tutkimuksen perusteella tämä vertailutaso olisi ABS:lle 0,6 mg/m³ aerosolihiukkasten kokonaismassana laskettuna.

6.2 Havainnot ihmisillä

Kanadassa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin raskauden aikaisen työskentelyn polystyreenin prosessoinnissa lisäävän keskenmenon riskiä (RR 1,58; CI 90% 1,02-2,35) (McDonald ym. 1988). Tutkimuksen pieni otos ja sekoittavien tekijöiden mahdollinen vaikutus vaikeuttavat tulosten tulkintaa. Työhygieenisistä mittaustuloksista ei esitetty, joten altistumistasosta ei ole tietoa.

Polystyreenin työstössä styreenipitoisuudet ovat yleensä alle 1 mg/m³. Vapautuvalla styreenillä on voimakas ominaishaju, jonka hajukynnys asettuu pitoisuustasolle 0,07-0,2 mg/m³ (Ruth 1986, WHO 2000). Styreenin keskushermosto- ja ärsytysvaikutukset ilmenevät selvästi korkeammilla pitoisuustasoilla, 80 - 90 mg/m³ ja 860 mg/m³ (EU 2008; Benignus ym. 2005; IARC 2002). Myös vaikutukset kuuloon ovat mahdollisia (Hoet ja Lison 2008). Styreenialtistuminen on joissakin epidemiologisissa tutkimuksissa (keskimääräinen altistumistaso 100 - 400 mg/m³) liitetty lievästi kohonneeseen riskiin sairastua imukudosten ja verta muodostavien kudosten syöpiin (IARC 2002).

Formaldehydin pitoisuudet polystyreenin työstössä alittavat WHO:n sisäilmalle asettaman ohjearvon $0,1 \text{ mg/m}^3$ (2010). Ohjearvo on annettu silmä- ja ylähengitystieärsyttävyyden perusteella, mutta sen on arvioitu suojaavan myös formaldehydin pitkäaikaisvaikutuksilta, kuten nenän ja nielun alueen syöviltä sekä leukemialta.

Formaldehydin lisäksi myös muut polystyreenin lämpöhajoamisessa muodostuvat aldehydit, ketonit ja hapot aiheuttavat silmien ja hengitysteiden ärsytystä. Pentaanilla ei ole havaittu toksisia vaikutuksia kokeissa, jossa rottia on altistettu *n*-pentaanille usean viikon ajan pitoisuustasolla $8\ 000 - 10\ 000 \text{ mg/m}^3$ (SCOEL 1997).

Muoviaerosoleja muistuttavien parafiinihuurujen on raportoitu aiheuttavan epämiellyttävää oloa pitoisuustasolla $0,6 - 2,0 \text{ mg/m}^3$ (ACGIH 1991).

7 Ehdotus tavoitetasoksi

Lakisääteinen taso

Polystyreenin lämpöhajoamisessa syntyviä muoviaerosoleja muistuttavien parafiinihuurujen HTP-arvo on $1 \text{ mg/m}^3/8\text{h}$ (STM 2009). Styreenin HTP-arvo on $86 \text{ mg/m}^3/8\text{h}$ (20 ppm/8h). Muiden kaasumaisten lämpöhajoamistuotteiden HTP-arvoja on esitetty kappaleessa 3.

Tavoitetaso

Polystyreenin lämpöhajoamisessa muodostuu silmiä ja hengitysteitä ärsyttäviä tuotteita. Muoviaerosolien keskipitoisuudet polystyreenin työstössä ovat tyypillisesti olleet tasoa $0,1 - 1,0 \text{ mg/m}^3$, mutta mittaustuloksia viime vuosilta on hyvin vähän. Styreenipitoisuus on ollut työstölämpötilasta riippuen noin $0,1 - 0,9 \text{ mg/m}^3$. Eläinkokeiden perusteella altistumistaso, jonka ylittyessä on odotettavissa ärsytysoireita, on noin $0,6 \text{ mg/m}^3$ muoviaerosoleina mitattuna (Schaper ym. 1994). Muoviaerosoleja muistuttavien parafiinihuurujen on raportoitu aiheuttavan epämiellyttävää oloa pitoisuustasolla $0,6 - 2,0 \text{ mg/m}^3$ (ACGIH 1991). Styreenillä on voimakas ominaishaju. Aineen hajukynnys asettuu pitoisuustasolle $70 - 200 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ (Ruth 1986, WHO 2000).

Ärsytysvaikutusten minimoimiseksi ehdotettu tavoitetaso polystyreenin lämpöhajoamistuotteille on muoviaerosolina mitattuna $0,1 \text{ mg/m}^3/8\text{h}$ (IR-menetelmä) tai hengittyvänä aerosolina mitattuna $0,2 \text{ mg/m}^3/8\text{h}$ (hiukkasmittari). Styreenille suositellaan hajukynnyksen perusteella tavoitetasoksi $0,1 \text{ mg/m}^3/8\text{h}$.

Lisäksi voidaan laadullista arviointia varten tarvittaessa määrittää haihtuvat orgaaniset hiilivedyt (VOC-yhdisteet), esimerkiksi oireiden perusteella tai kun esiintyy poikkeavaa hajua. Mittausmenetelmät on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 4. Polystyreenin haihtumis- ja lämpöhajoamistuotteiden mittauksiin suositeltavat menetelmät ja indikaattorit.

Mitattava aine	Mittausmenetelmä	Näytteenkeräys-aika	Tavoitetaso mg/m ³ /8h
Muoviaerosoli (I)	IR	vähintään 4 h	0,1
Hengittyvä aerosoli (I)	HM	vähintään 4 h	0,2
Styreeni (I)	GC-FID	vähintään 4 h	0,1
VOC	TD-GC-MS	noin 1 h	yhdisteiden laadullinen tarkastelu

(I) indikaattoriaine

IR keräys teflonsuodatin (SKC 225-1705), analyysi infrapunaspektroskopia

HM hengittyvän jakeen mittaus tallentavalla hiukkasmittarilla (esim. Grimm 1.008)

GC-FID keräys aktiivihili (esim. SKC 226-01), analyysi kaasukromatografia

TD-GC-MS keräys Tenax TA, analyysi kaasukromatografia-massaspektrometria

8 Kirjallisuus

ACGIH (1991). Paraffin wax fumes. Teoksessa: Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 6. painos. s. 801-802. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

ACGIH (2009). Documentations of the Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs). Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Benignus VA, Geller AM, Boyes WK, Bushnell PJ (2005). Human neurobehavioral effects of long-term exposure to styrene: a meta-analysis. Environ Health Perspect 113: 532-8.

Engström K, Backlund P, Henriks-Eckerman M-L (2005). Muovit ja lämpöhajoaminen. Teoksessa: Vainio H, Liesivuori J, Lehtola M ym. Kemikaalit ja työ. Helsinki: Työterveyslaitos.

EU (2008). European Union Risk Assessment Report. *Styrene*. United Kingdom. http://echa.europa.eu/doc/trd_substances/styrene/rar/trd_rar_uk_styrene.pdf

Hoet P, Lison D (2008). Ototoxicity of toluene and styrene: State of current knowledge. Critic Rev Toxicol. 38: 127-170.

IARC (2002). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 82. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. Lion: International Agency for Research on Cancer. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol82/mono82.pdf>

IARC (2006). Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 88. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-Butoxy-2-propanol. Lion: International Agency for Research on Cancer. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88-6.pdf>

KEMI (2006). Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD. PM 1/06. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen. http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM1_06.pdf

Kerns WD, Pavkov KL, Donofrio DJ, Gralla EJ, Swenberg JA (1983). Carcinogenicity of formaldehyde in rats and mice after long-term inhalation exposure. *Cancer Res* 43: 4382-4392.

McDonald AD, Lavoie AD, Cote R, McDonald JC (1988). Spontaneous abortion in women employed in plastics manufacture. *Am J Ind Med* 14: 9-14.

Muovifakta (2000). Muovin suomalainen käsikirja. Söderkulla: Muovifakta Oy.

Pazdrak K, Gorski P, Krakowiak A, Ruta K (1993). Changes in nasal lavage fluid due to formaldehyde inhalation. *Int Arch Occup Environ Health* 64:515-519.

Pfäffli P, Vainiotalo S (1984). Ilman epäpuhtaudet muovien työstössä. Polyolefiinit, polyvinyylikloridi, styreenikestomuovit. Työterveyslaitoksen tutkimuksia n:o 205.

Pfäffli P (1997) Kirjassa *The Workplace* Vol.2 Osa 4.3. .Oslo. International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS), International Labor Office, Geneve ja Scandinavian Science Publisher.

Ruth JH (1986). Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: A review. *AIHA J* 47: A124-A151.

Schaper M (1993). Development of a database for sensory irritants and its use in establishing occupational exposure limits. *Am Ind Hyg Assoc J* 54: 488-544.

Schaper M, Thompson R, Detwiler-Okabayashi K (1994). Respiratory responses of mice exposed to thermal decomposition products from polymers heated at and above workplace processing temperatures. *Am Ind Hyg Assoc J* 55: 924-934.

SCOEL (1997). Recommendation of the Scientific Committee for Occupational Exposure Limits for pentane, isopentane and neopentane. Brussels: Scientific Committee for Occupational Exposure Limits.

SCOEL (2006). Recommendation of the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Formaldehyde. SCOEL/SUM/125. Brussels: Scientific Committee on Occupational Exposure Limits.

STM (2009). HTP-arvot 2009. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2009:11. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. http://www.stm.fi/c/document_library/get_file?folderId=39503&name=DLFE-9853.pdf

THL (2011). European Perspectives on Environmental Burden of Disease. Report 1/2011. <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/b75f6999-e7c4-4550-a939-3bccb19e41c1>

Uusi muovitieto (2008). Muovifakta Oy. Porvoo

WHO (2000). Air quality guidelines for Europe, 2 ed, WHO Regional Publications, European Series, No. 91, Kööpenhamina. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf

WHO (2010). Guidelines for Indoor Air Quality: Selected pollutants. Kööpenhamina. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

ASIAANTUNTIJAT

Tämän tavoitetasomuistion ovat toimittaneet Eija-Riitta Hyytinen, Piia Taxell, Ilpo Ahonen ja Eero Priha, 2011.