

Kansanmaskien suodatustehokkuus ja hengitysvastus

Luottamuksellisuus: luottamuksellinen

Raportin nimi Kansanmaskien suodatustehokkuus ja hengitysvastus	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) Yliopistonkatu 38 FI-33100 Tampere	Asiakkaan viite Tilausvahvistus VTT-CRM-170160-20
Projektin nimi Kansanmaskien suoritusarvojen tutkimus	Projektinumero 128621
Tiivistelmä <p>Toimeksiannon tavoitteena oli määrittää asiakkaan toimittamien kansanmaskien suodatustehokkuus ja hengitysvastus. Tuotteista tutkittiin suodatustehokkuus (hiukkaserotusaste) esistandardin CWA 17553:2020 (E) mukaisesti soveltaen standardia EN 13274-7. Esistandardin CWA 17553:2020 (E) (Annex D) mukaisesti tutkimuksessa käytettiin testihiukkasina DEHS(di-etyyliheksyyli-sebakaatti)-partikkeleita. Tehokkuus määritettiin mittaamalla hiukkaspitoisuus ilmasta vuorotellen ennen maskia ja maskin jälkeen. Ilmavirtaus kansanmaskin läpi oli 28,3 l/min. Tarkasteltu hiukkaskokoluokka oli esistandardin mukaisesti 3 µm. Mittaus tehtiin optisella hiukkasanalysointilaitteella. Hengitysvastus määritettiin esistandardin CWA 17553:2020 (E) mukaisesti käyttäen standardin SFS-EN 14683:2019 + AC:2019, Annex C (Medical face masks. Requirements and test methods) mittaumenetelmää. Ilmavirtaus kansanmaskin läpi oli standardin SFS-EN 14683 mukaisesti 8 l/min.</p> <p>Tehdyn tutkimuksen mukaan tuotteiden ”1” ja ”20” hengitysvastus oli huomattavasti yli esistandardin CWA 17553 hengitysvastusvaatimuksen. Muiden tutkimuksessa mukana olleiden tuotteiden hengitysvastus vastasi esistandardin CWA 17553 hengitysvastusvaatimusta.</p> <p>Vain yksi (5 %) tutkituista kahdestakymmenestä kestäkäyttöisestä kansanmaskista oli esistandardin CWA 17553 hengitysvastusvaatimuksen ja korkeamman (≥90%) suodatustehokkuusvaatimuksen mukainen. Tutkituista kestäkäyttöisistä kansanmaskeista seitsemän (35 %) oli esistandardin CWA 17553 hengitysvastusvaatimuksen ja alemman (≥70%) suodatustehokkuusvaatimuksen mukaisia.</p> <p>Tutkimuksessa oli mukana kaksi kertakäyttöistä kansanmaskia, jotka molemmat olivat esistandardin CWA 17553 vaatimusten mukaiset.</p>	
Tampere 15.12.2020	
VTT:n yhteystiedot VTT Oy, PL 1000, 02044 VTT	
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Asiakas, 1 kpl VTT:n arkisto, 1 kpl	
<p style="text-align: center;"><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>	

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Toimeksiannon tavoitteena oli määrittää kansanmaskien suodatustehokkuus eli erotusaste hiukkasmaisille epäpuhtauksille ja hengitysvastus. Toimeksianto tehtiin asiakkaan 30.9.2020 VTT:lle toimittamille näytteille. Tutkimuksessa mukana olleet kansanmaskit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkitut kansanmaskit.

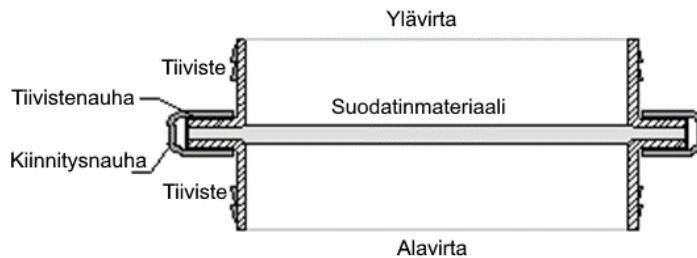
Tuote	Materiaalitiedot	Malli
1	Kudottu kangas (ulkopuoli) + kuitukangas (sisäpuoli), ei materiaalitietoja	Kuppimaski, sauma keskellä, pestävä
2	Neulos (100% polyesteri, ulkopuoli) + kuitukangas (100% polypropeeni, sisäpuoli)	Laskosmaski, pestävä
3	Kuitukangas, 3 kerrosta, ei materiaalitietoja	Laskosmaski, kertakäyttöinen
4	Kuitukangas, 3 kerrosta, tekokuitua, ei tarkkoja materiaalitietoja	Laskosmaski, kertakäyttöinen
5	Neulos, 3 kerrosta (100% polyesteri (ulkokerrokset) / 100% puuvilla (sisäkerros), antimikrobinen)	Laskosmaski, pestävä
6	Hydrofiilinen polyuretaani, yksikerroksinen, antimikrobinen materiaali	Kuppimaski, sauma keskellä, pestävä
7	Neulos, 2 kerrosta (100% polyesteri, antimikrobinen materiaali, sisältää hopeaioneja)	Kuppimaski, sauma keskellä, pestävä
8	Neulos, 2 kerrosta (100% polyesteri), vettä ja likaa hylkivä käsittely	Laskosmaski, pestävä
9	Neulos, 1 kerros (100% polypropeeni), ergonomisesti muotoon neulottu	Kuppimaski, ei keskisaumaa, pestävä
10	Neopreenimaski aukolla, neopreenikerroksen ulko- ja sisäpinnassa neulos	Kuppimaski, sauma ja reikä keskellä, pestävä
11	Paljettineulos (ulkopuoli, 100% polyesteri), kudottu kangas (sisäpuoli, 97% puuvilla / 3% elastaani)	Kuppimaski, sauma keskellä, pestävä
12	Neulos, 1 kerros (95% polyesteri + 5% elastaani)	Kuppimaski, sauma keskellä, pestävä
13	Kudottu kangas, 2 kerrosta (100% pellava)	Laskosmaski, pestävä
14	Neulos, 2 kerrosta (100% puuvilla, luomu)	Kuppimaski, sauma keskellä, pestävä
15	Kudottu kangas, 1 kerros (50% Tencel + 50% polyesteri)	Laskosmaski, pestävä
16	Neulos, 2 kerrosta (97% polyamidi + 3% elastaani), sisältää hopeakloridia	Suora maski, pestävä
17	Neulos, 2 kerrosta (95% puuvilla+ 5% elastaani, antimikrobinen ja nestettä hylkivä pintakäsittely)	Suora maski, pestävä
18	Kudottu kangas (sifonki), 2 kerrosta (100% polyesteri)	Maskihuivi, pestävä
19	Neulos (100% polyesteri) / kuitukangas (100% polypropeeni + nanokuitu) / kudottu kangas (100% polyesteri), 3 kerrosta	Kuppimaski, ei keskisaumaa, pestävä
20	Kudottu kangas (88% polyesteri + 12% elastaani, nestettä hylkivä käsittely) / Neulos (100% polyesteri, antimikrobinen käsittely), 2 kerrosta	Kuppimaski, sauma keskellä, pestävä
21	Kudottu kangas (100% puuvilla, päälliskankaat) / kuitukangas (100% polypropeeni, sisäkerros), 3 kerrosta	Laskosmaski, pestävä
22	Neulos, 2 kerrosta (100% puuvilla)	Laskosmaski, pestävä

2. Menetelmät ja toteutus

Kansanmaskien suodatustehokkuus ja hengitysvastus määritettiin esistandardin CWA 17553:2020 (E) mukaisesti.

2.1 Suodatustehokkuus

Kansanmaskien suodatustehokkuus eli hiukkaserotusaste määritettiin esistandardin CWA 17553:2020 (E) (Community face coverings - Guide to minimum requirements, methods of testing and use) mukaisesti soveltaen standardia EN 13274-7:2019 (Respiratory protective devices. Methods of test. Part 7: Determination of particle filter penetration). Näytteen pinta-alana oli koko kansanmaski, joka kiinnitettiin näytepitimeen. Näytteen kiinnityksen periaatekuva on esitetty kuvassa 1.

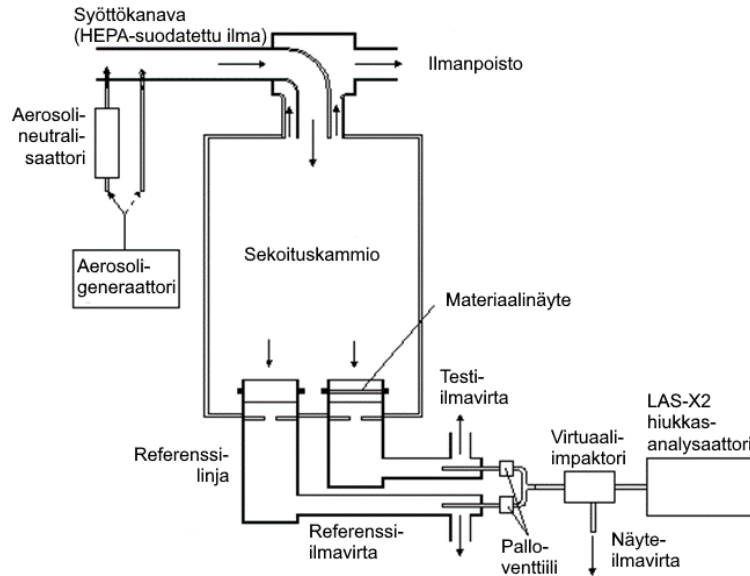


Kuva 1. Näytteen kiinnityksen periaatekuva.

Ilmavirta säädettiin standardin ASME MFC-14M-2001 mukaisella laipalla ASME 17/34 mm. Ilmavirtaus kansanmaskin läpi oli 28,3 l/min siten, että ilmavirran nopeus laskettuna näytepitimen minimipinta-alan mukaan oli esistandardin CWA 17553:2020 (E) (Annex D) suosituksen mukaisesti 6 (± 1) cm/s.

Hiukkaserotusaste määritettiin läpivirtausmenetelmällä (Kuva 2). Testiaerosolina käytettiin esistandardissa CWA 17553:2020 (E) (Annex D) annetun suosituksen mukaisesti nestemäisiä DEHS (di-ethyl-hexyl-sebacate) -hiukkasia, joita tuotettiin ilmaan kahdeksanreikäisellä pirsoktimella. Testiaerosoli sekoitettiin tasaisesti HEPA -suodatettuun tuloilmaan. Hiukkaskokoluokittainen erotusaste määritettiin mittaamalla testihiukkasten pitoisuus ja kokojakauma vuorotellen ennen näytettä (suodattamaton ilma) ja näytteen jälkeen (suodatettu ilma). Kansanmaskin hiukkaserotusaste mitattiin optisella hiukkasanalysaattorilla PMS LAS-X2 hiukkaskokoalueella 0,1 - 5 μm . Erotusaste ilmoitettiin esistandardissa CWA 17553:2020 (E) (Annex D) annetun suosituksen mukaisesti hiukkaskokoluokan 3 μm mukaan.

Tutkimuksessa oli standardista EN 13274-7 poiketen mukana vain yksi näyte tuotetta kohden. Näytteestä mitattiin hiukkaserotusaste (suodatustehokkuus) kuudella peräkkäisellä toistolla. Hiukkaserotusastemittauksen tulosten tilastollisessa analyysissä hyödynnettiin Studentin t-jakaumaa, jonka mukaan otoskeskihajonnasta laskettiin erotusasteelle 95 % luotettavuusrajat (ylä- ja alaraja) käyttäen kerrointa 2,015 (5 vapausastetta). Tuloksena ilmoitettiin keskiarvo, keskihajonta ja saadun tuloksen luotettavuusrajat. Erotusaste on 95 % todennäköisyydellä saatua alarajan arvoa suurempi, pois lukien tuotteet, joiden erotusasteen alaraja oli nolaa pienempi. Näissä tapauksissa erotusaste on 95 % todennäköisyydellä saatua ylärajan arvoa pienempi. Erotusaste sijoittuu 90 % todennäköisyydellä luotettavuusrajojen väliin.



Kuva 2. Erotusastemittauksen periaatekuva.

2.2 Hengitysvastus

Hengitysvastus (painehäviö) määritettiin esistandardin CWA 17553:2020 (E) (Community face coverings - Guide to minimum requirements, methods of testing and use) mukaisesti käyttäen standardin SFS-EN 14683:2019 + AC:2019, Annex C (Medical face masks. Requirements and test methods) mittausmenetelmää.

Ilmavirta säädettiin Bronkhorst EL-flow F-201CB-20K-AAD-00-K massavirtaussäätimellä, ja näytteen aiheuttama paine-ero määritettiin mikromanometrillä DPM TT570SV. Ilmavirtaus kansanmaskin läpi oli standardin SFS-EN 14683:2019 + AC:2019 (Medical face masks. Requirements and test methods) mukaisesti 8 l/min. Näyte kiinnitettiin pitimeen, jonka virtauskanavan sisähalkaisija oli 25 mm. Standardista SFS-EN 14683 poiketen näytteitä ei ilmastoitu 85 % kosteudessa ennen mittauksia.

Tutkimuksessa oli mukana standardista EN 14683 poiketen vain yksi näyte tuotetta kohden. Näyte tutkittiin hengitysalueelta viidestä eri kohdasta siten, että mahdolliset kansanmaskin eri rakenteet olivat edustettuina tutkimuksessa. Hengitysvastusmittausten tulosten tilastollisessa analyysissä hyödynnettiin Studentin t-jakaumaa, jonka mukaan otoskeskihajonnasta laskettiin erotusasteelle 95 % luotettavuusrajat käyttäen kerrointa 2,132 (4 vapausastetta). Tuloksista laskettiin keskiarvo, keskihajonta ja saadun tuloksen luotettavuusrajat. Hengitysvastus on 95 % todennäköisyydellä saatua ylärajan arvoa pienempi ja se sijoittuu 90 % todennäköisyydellä luotettavuusrajojen väliin.

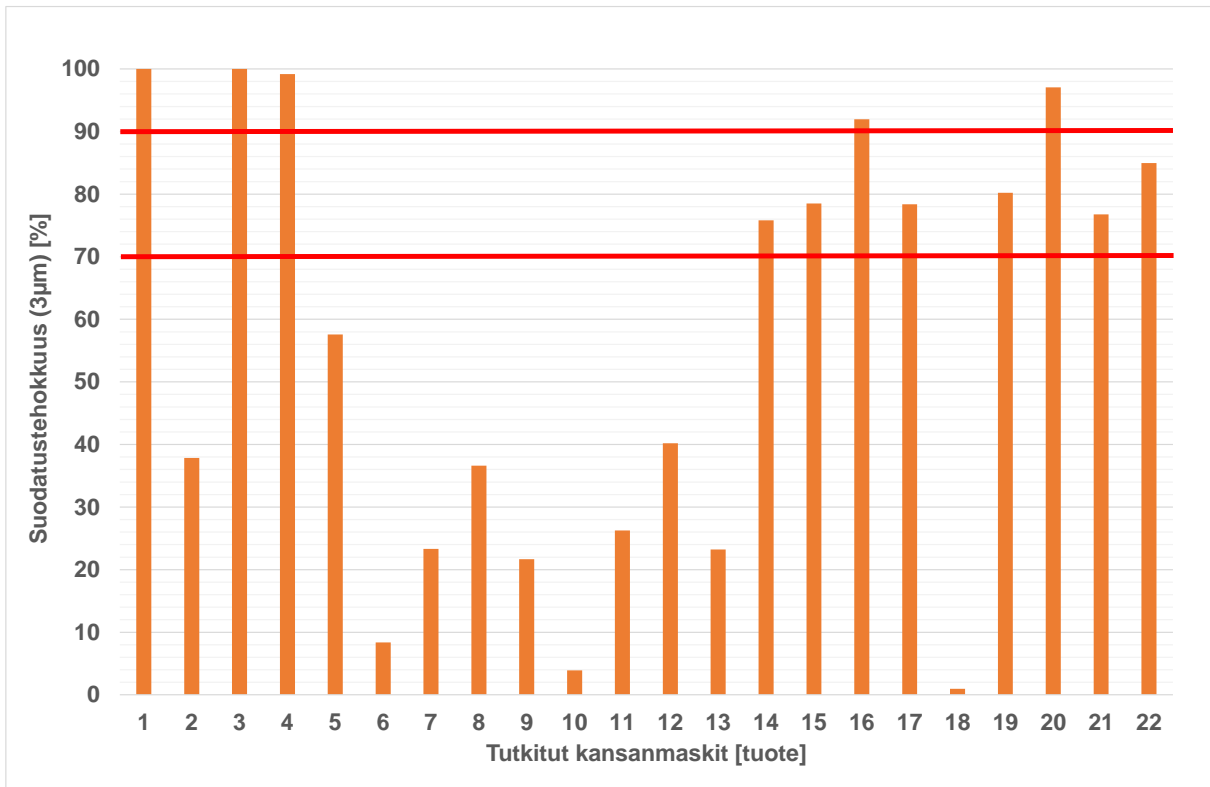
3. Tulokset

Mittaukset tehtiin VTT:n laboratoriossa 20. - 29.10.2020. Suodatustehokkuuden eli hiukkaserotusastemittausten tulokset on esitetty taulukossa 2 ja kuvissa 3 - 4. Hengitysvastusmittausten tulokset on esitetty taulukossa 3 ja kuvassa 5.

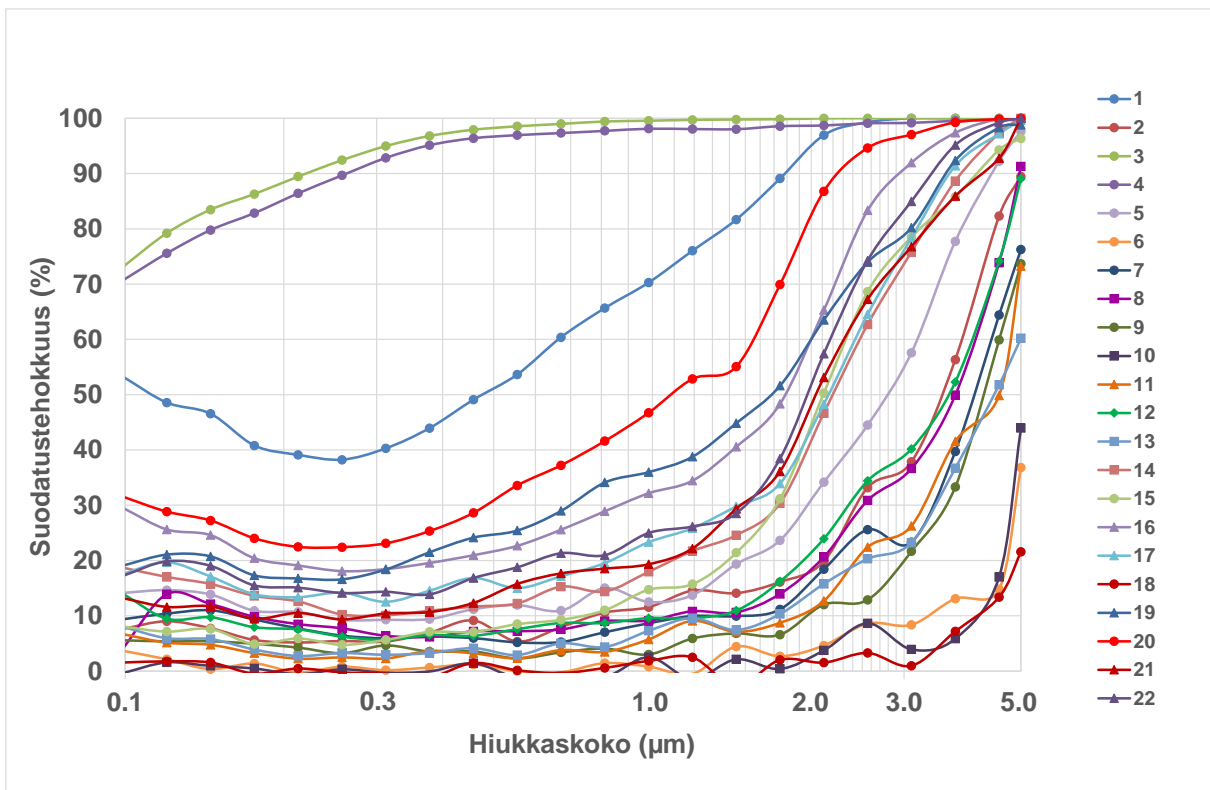
Taulukko 2. Tutkittujen tuotteiden hiukkaserotusastemittausten tulokset.

Tuote	SUODATUSTEHOKKUUS (Hiukkaserotusaste), 3 µm [%]			
	Keskiarvo	Hajonta	95% alempi luotettavuusraja	95% ylempi luotettavuusraja
1	100.0	0.0	100.0	100.0
2	37.8	4.2	29.3	46.3
3	100.0	0.0	100.0	100.0
4	99.2	0.2	98.8	99.6
5	57.6	3.8	49.9	65.3
6	8.4	10.1	0.0 *)	28.8
7	23.3	2.5	18.2	28.4
8	36.6	5.8	24.8	48.4
9	21.7	6.2	9.2	34.1
10	3.9	3.8	0.0 *)	11.6
11	26.3	8.0	10.1	42.4
12	40.2	6.0	28.0	52.4
13	23.2	7.7	7.8	38.7
14	75.8	3.4	69.0	82.6
15	78.5	3.1	72.3	84.7
16	92.0	1.0	89.9	94.1
17	78.4	3.1	72.1	84.6
18	1.0	4.9	0.0 *)	10.9
19	80.2	3.2	73.8	86.6
20	97.0	0.8	95.4	98.7
21	76.8	4.0	68.8	84.8
22	85.0	2.1	80.8	89.1

*) laskennallisesti negatiivinen



Kuva 3. Tutkittujen tuotteiden suodatustehokkuus (hiukkaserotusaste (3µm), keskiarvo).

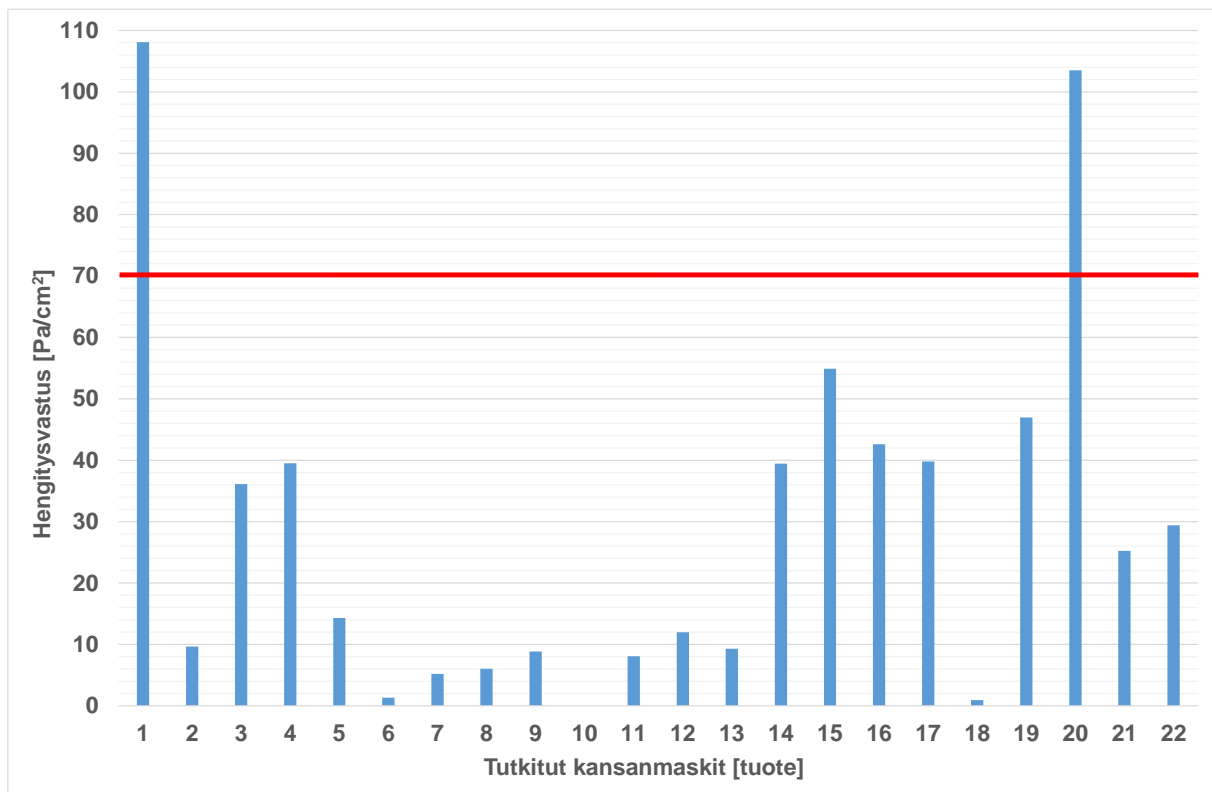


Kuva 4. Tutkittujen tuotteiden hiukkaskokoluokittainen erotusaste.

Taulukko 3. Tutkittujen tuotteiden hengitysvastusmittausten tulokset.

Tuote	HENGITYSVASTUS (Paine-ero), Δp [Pa/cm ²]								
	1	2	3	4	5	Keski-arvo	Hajonta	95% alempi luotettavuusraja	95% ylempi luotettavuusraja
1	118.2	107.1	103.1	103.5	108.7	108.1	5.5	96.5	119.7
2	8.2	11.3	13.3	6.8	8.7	9.7	2.3	4.7	14.6
3	34.8	37.9	34.9	34.4	38.5	36.1	1.7	32.4	39.8
4	39.4	39.0	40.9	38.9	39.3	39.5	0.7	38.0	41.1
5	12.2	15.2	15.7	15.7	12.8	14.3	1.5	11.1	17.5
6	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	0.0	1.2	1.4
7	5.5	5.5	5.0	5.0	5.0	5.2	0.2	4.7	5.7
8	5.7	5.9	6.1	6.4	6.1	6.0	0.2	5.5	6.6
9	9.0	8.9	9.9	9.1	7.5	8.9	0.8	7.2	10.5
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	7.9	8.3	8.6	7.9	7.6	8.1	0.3	7.3	8.8
12	12.0	11.3	12.3	12.1	12.2	12.0	0.3	11.3	12.7
13	8.4	8.3	10.1	10.1	9.6	9.3	0.8	7.6	11.0
14	33.2	39.9	40.5	39.7	44.0	39.5	3.5	32.0	46.9
15	55.9	52.9	49.8	61.6	54.3	54.9	3.9	46.6	63.2
16	41.1	43.6	41.3	43.2	43.8	42.6	1.2	40.1	45.1
17	33.5	42.1	39.4	43.2	40.7	39.8	3.4	32.6	47.0
18	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.0	0.9	1.0
19	47.0	46.1	48.3	46.6	46.7	47.0	0.8	45.3	48.6
20	91.8	116.6	103.9	103.5	101.7	103.5	7.9	86.7	120.3
21	23.2	19.2	32.2	31.2	20.4	25.2	5.4	13.6	36.9
22	30.6	25.8	32.6	30.8	27.3	29.4	2.5	24.1	34.8

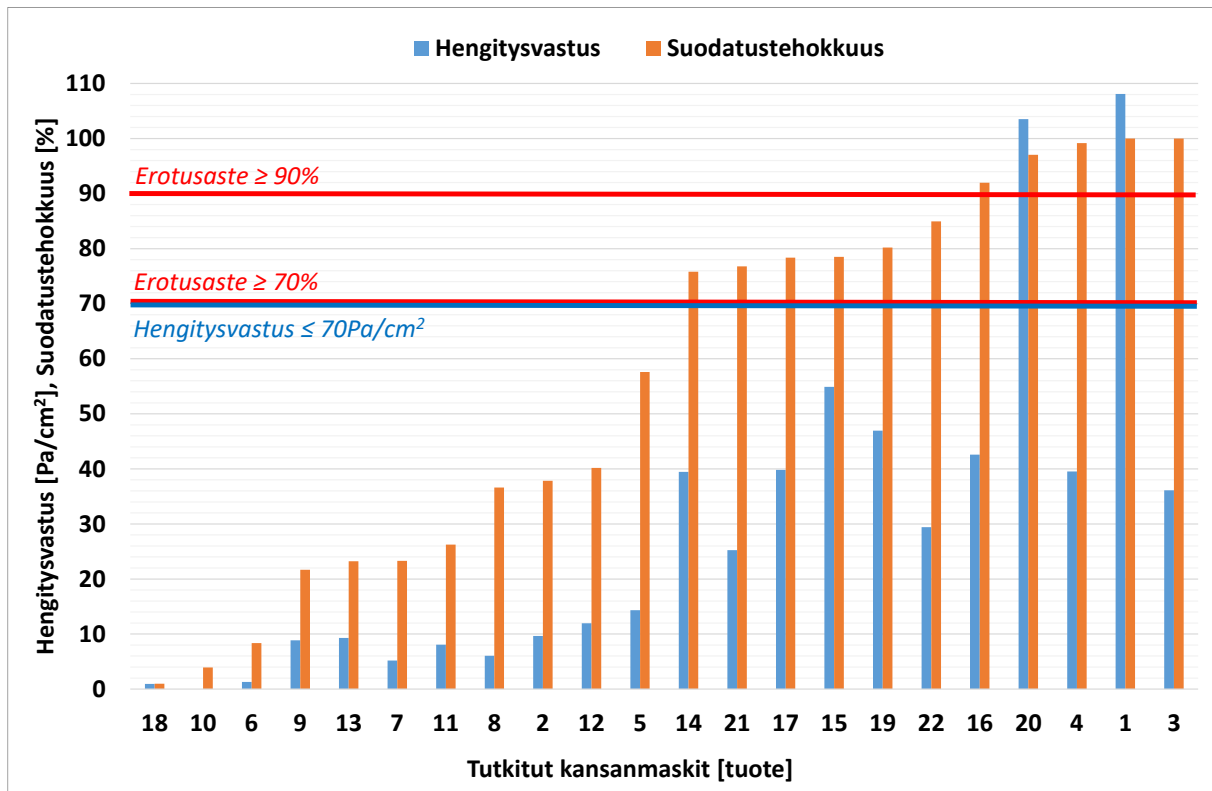
Huom. Tutkitun tuotteen "10" hengitysvastus oli joko 0 tai >1000 Pa/cm², riippuen mittauskohdasta. Tuotteen muotoilu sisälsi hengityksen helpottamiseksi tehdyn suuren reiän.



Kuva 5. Tutkittujen tuotteiden hengitysvastukset.

4. Johtopäätökset ja yhteenveto

Tutkittujen tuotteiden tulosten yhteenveto on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Tulosten yhteenveto.

Esistandardin CWA 17553 mukaan hengitysvastuksen tulee olla alle ≤ 70 Pa/cm². Kansanmaskien suodatustehokkuudelle määritettynä 3 μ m kokoluokan partikkeleilla on annettu kaksi tasovaatimusta:

- Taso 70%: ≥ 70 %
- Taso 90%: ≥ 90 %.

Tehdyn tutkimuksen mukaan tuotteiden "1" ja "20" hengitysvastus oli huomattavasti yli esistandardin CWA 17553 hengitysvastusvaatimuksen. Muiden tutkimuksessa mukana olleiden tuotteiden hengitysvastus vastasi esistandardin CWA 17553 hengitysvastusvaatimusta.

Vain yksi (5 %) tutkituista kahdestakymmenestä kestäkäyttöisestä kansanmaskista oli esistandardin CWA 17553 hengitysvastusvaatimuksen ja korkeamman (≥ 90 %) suodatustehokkuusvaatimuksen mukainen. Tutkituista kestäkäyttöisistä kansanmaskeista seitsemän (35 %) oli esistandardin CWA 17553 hengitysvastusvaatimuksen ja alemman (≥ 70 %) suodatustehokkuusvaatimuksen mukaisia.

Seitsemästä esistandardin CWA 17553 alemmat vaatimukset täyttäneistä maskeista kolme oli tekokuituista, kolme luonnonkuituista ja yksi sekä teko- että luonnonkuituinen maski. Tulosten perusteella ei voida näin ollen päätellä teko- tai luonnonkuidun käytön vaikuttaneen suodatustehokkuuteen. Kaikista tutkimuksessa mukana olleista kestäkäyttöisistä kansanmaskeista viisitoista (75 %) sisälsi tekokuitua ja seitsemän (35 %) luonnonkuitua.

Ainoa korkeamman suodatustehokkuuden vaatimuksen täyttänyt kestäkäyttöinen kansanmaski oli tekokuituinen neulos, jossa oli antimikrobinen käsittely. Kestäkäyttöisistä tuotteista yhteensä kuusi maskia (30 %) olivat antimikrobisia, joista muut viisi eivät täyttäneet esistandardin CWA 17553 vaatimuksia. Tutkimuksessa mukana olleissa kestäkäyttöisissä kansanmaskeissa käytetyn kankaan rakenne oli 55 %:ssa maskeista neulosta (11 kpl) ja 25 %:ssa kudosta (5 kpl) ja 15 %:ssa sekä neulosta että kudosta (3 kpl). Kaksi mukana ollutta kestäkäyttöistä kansanmaskia (10 %) edusti muuta rakennetta kuin kudosta tai neulosta.

Kestäkäyttöisistä kansanmaskeista neljän (20 %) rakenne sisälsi kuitukangasta. Näistä maskeista kaksi läpäisi esistandardin CWA 17553 vaatimukset.

Tutkimuksessa oli mukana yhteensä kuusi lastenmaskia, joista viisi olivat kestäkäyttöisiä. Kuudesta maskista viisi täyttivät hengitysvastusvaatimuksen, yksi kestäkäyttöinen lastenmaski ylitti maksimiraja-arvon selvästi. Kaksi tutkituista kestäkäyttöisistä lastenmaskeista täyttivät hengitysvastusvaatimuksen lisäksi myös esistandardin CWA 17553 alemman ($\geq 70\%$) suodatustehokkuusvaatimuksen, mutta yksikään ei ollut ylemmän ($\geq 90\%$) suodatustehokkuusvaatimuksen mukainen.

Tuotteen ”10” muotoilu sisälsi hengityksen helpottamiseksi tehdyn suuren reiän, jonka johdosta tuote ei aiheuttanut hengitysvastusta ja sen suodatustehokkuus oli nolla. Muotoilun johdosta tuote saattaa muodostaa suoranaista haittaa ampumalla aivastuksessa syntyvät pärskeet reiän kautta kauemmaksi kuin ilman tuotteen käyttöä.

Tutkimuksessa oli mukana kaksi kertakäyttöistä kansanmaskia, jotka molemmat olivat esistandardin CWA 17553 vaatimusten mukaiset.