



wtcb.be
cstc

Ventilatie en gezondheidscrisis : korte- en langetermijnvisie

Bruxeo – 01/07/2021

Samuel Caillou

Labo Verwarming en Ventilatie

Luchtkwaliteit en Ventilatie

Inleiding

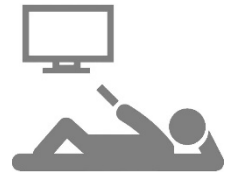
Waarom en hoe?

Waarom is luchtkwaliteit (IAQ) van belang?

- Impact **comfort**
 - Percieved Indoor Air
 - Geuren
- Impact op **cognitieve prestaties**
 - Werksnelheid
 - Concentratie
- Impact op **gezondheid**
 - Toxisch polluenten op korte termijn (acute)
 - Toxisch polluenten op lange termijn (chronic)
 - Kankerverwekkende polluenten

Belangrijkste bronnen van binnenpolluenten

+ Coronavirus



- **Bioeffluenten**

- Afgegeven door mensen (CO₂ is een goed indicator)

- **Vocht** (risico op schimmels) et geur

- Personen, activiteiten, sanitaire, reiniging, enz.



- **Emissies van materialen**

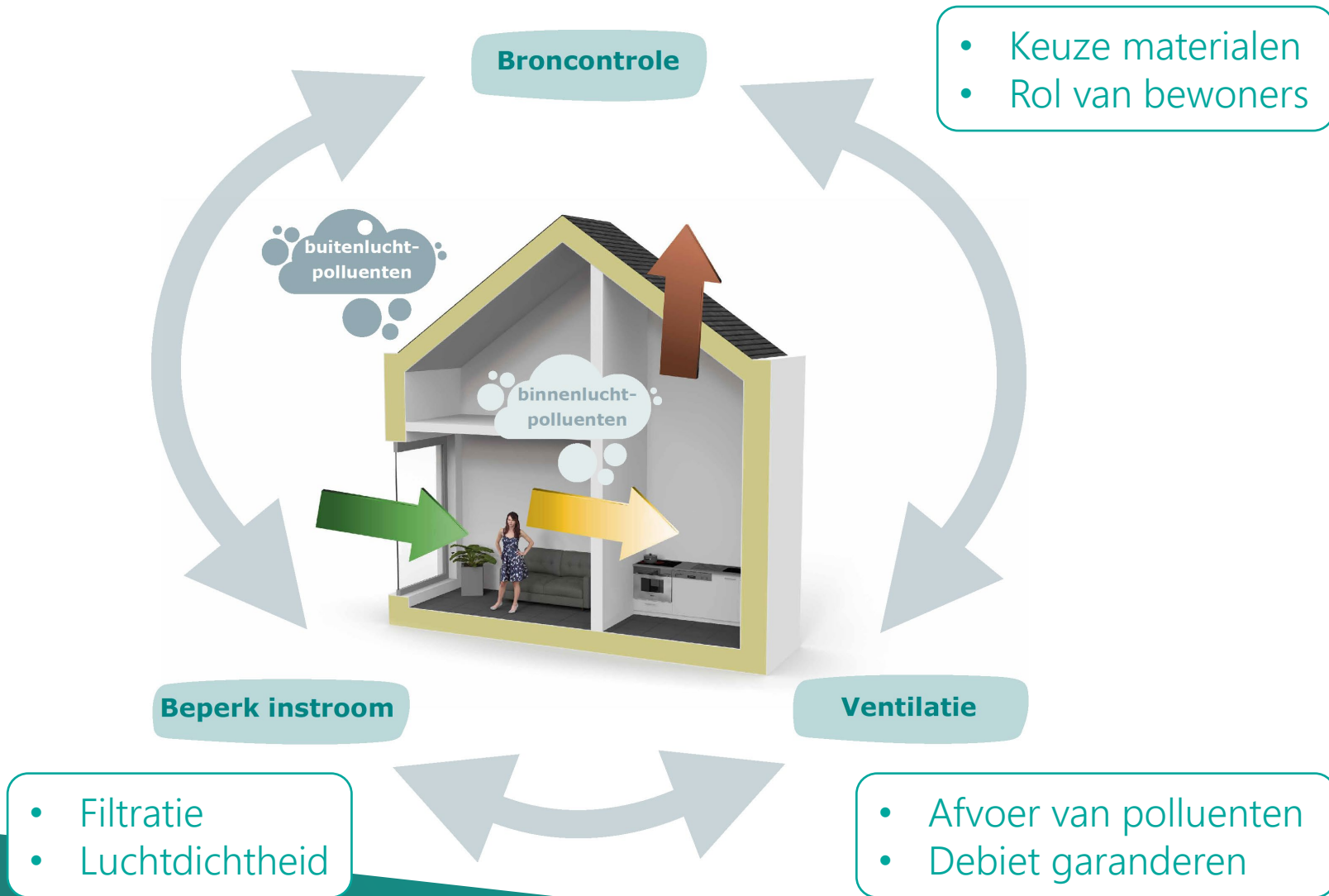
- Bouwmaterialen en meubilair



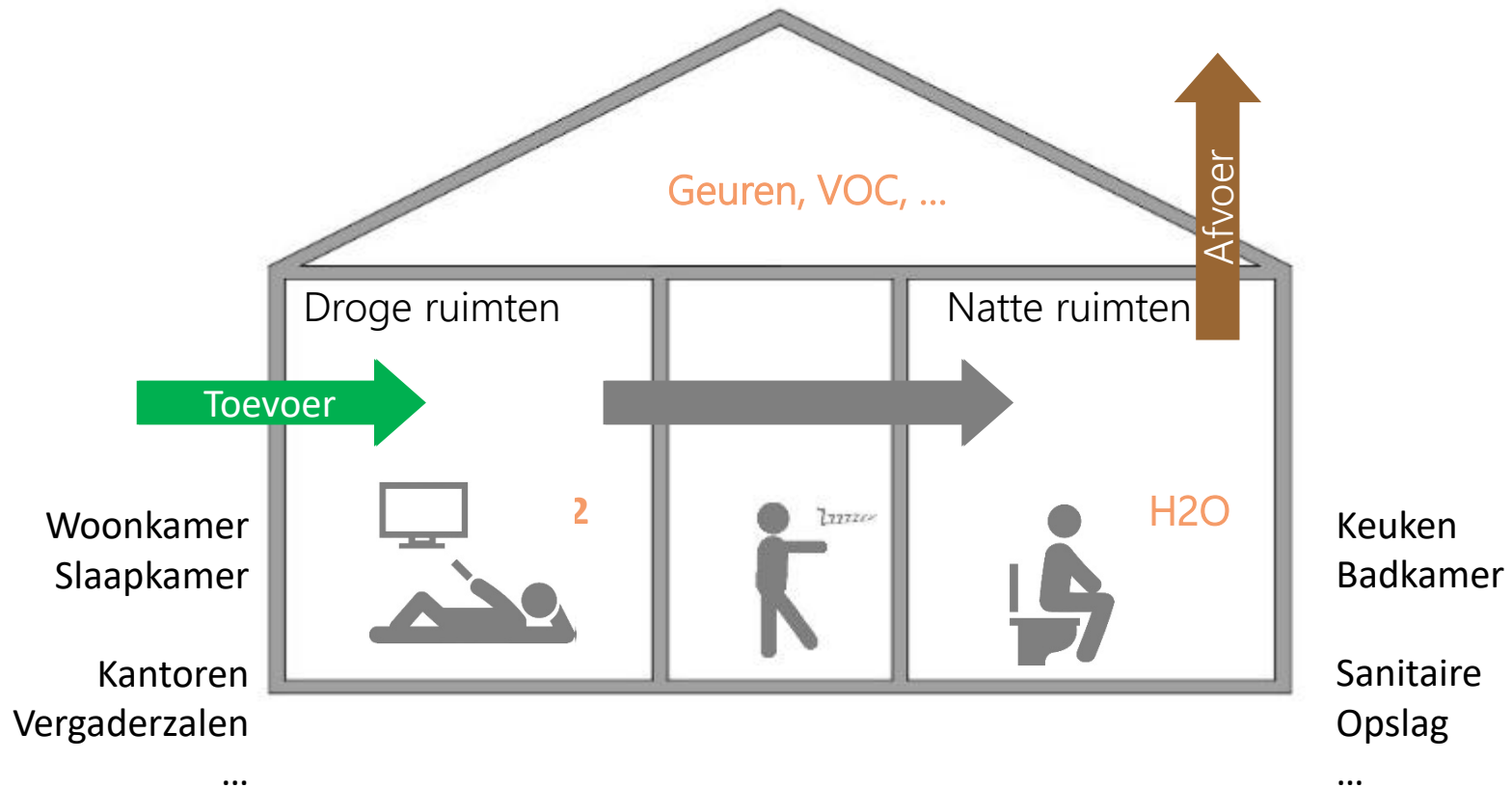
- Andere specifieke pollutanten

- Radon, CO, tabakrook, PM (keuken, kaarsen, ...), enz.

De globale aanpak voor een goede IAQ berust op 3 pijlers



Ventilatie zorgt voor frisse lucht in de ruimte en verwijdt verontreinigende stoffen



EPB: Ventilatie is verplicht bij nieuwbouwen

- Debiet per persoon: 22 m³/h.pers.
- Minimale bezettingsgraad
- Voorbeelden

Tableau 1 : Valeurs minimales à appliquer pour la détermination de l'occupation nécessaire au calcul du débit de ventilation minimal dans les espaces destinés à l'occupation humaine (voir texte)

	Surface au sol par personne (m ² /personne)
Bureaux	
restaurants, cafétéria, buffet rapide, cantine, bars, cocktail bars	1,5
cuisines, kitchenettes	10
Bijoux, bijoux, vestiaires de vacances	
chambres à coucher d'hôtel, de motel, de centre de vacances, ...	10
vestiaires de centres de vacances	5
lobby, hall d'entrée	2
salle de réunions, espace de rencontre, salle polyvalente	2
Ensembles de bureaux	
bureau	15
locaux de réception, réception, salles de réunions	3,5
entrée principale	10
Niveaux publics	
Hall des départs, salle d'attente	1
bibliothèque	10
Niveaux de rassemblement public	
églises et autres bâtiments religieux, bâtiments gouvernementaux, salles d'audience, musées et galeries	2,5
Commerce de détail	
local de vente, magasin (sauf centres commerciaux)	7
centre commercial	2,5
salon de coiffure, institut de beauté	4
magasin de meubles, tapis, tentes, ...	20
supermarché, grand magasin, magasin spécialisé pour animaux	10
laverie automatique	5
Sports et loisirs	
hall de sports, stades (salle de jeu), salle de gymnastique	3,5
vestiaires	2
espace des spectateurs, tribunes	1
discothèque / dancing	1
club sportif - salles d'activités, salle de fitness, club de bowling	10

Type ruimte	EPB eis	Voorbeelden		
		Oppervl. (m ²)	Aantal personen	Debiet (m ³ /h)
Kantoor	15	60	4	88
Vergaderzaal	3,5	70	20	440

Tableau 1 : Valeurs minimales à appliquer pour la détermination de l'occupation nécessaire au calcul du débit de conception minimal dans les espaces destinés à l'occupation humaine (voir texte)

	Surface au sol par personne [m²/personne]
Horeca	
restaurants, cafétéria, buffet rapide, cantine, bars, cocktail bars	1.5
cuisines, kitchenettes	10
Hôtels, motels, centres de vacances	
chambres à coucher d'hôtel, de motel, de centre de vacances, ...	10
dortoirs de centres de vacances	5
lobby, hall d'entrée	2
salle de réunions, espace de rencontre, salle polyvalente	2
Immeubles de bureaux	
bureau	15
locaux de réception, réception, salles de réunions	3.5
entrée principale	10
Lieux publics	
hall des départs, salle d'attente	1
bibliothèque	10
Lieux de rassemblement publics	
églises et autres bâtiments religieux, bâtiments gouvernementaux, salles d'audience, musées et galeries	2.5
Commerce de détail	
local de vente, magasin (sauf centres commerciaux)	7
centre commercial	2.5
salon de coiffure, institut de beauté	4
magasins de meubles, tapis, textiles...	20
supermarché, grand magasin, magasin spécialisé pour animaux	10
Laverie automatique	5
Sports et loisirs	
hall de sports, stades (salle de jeu), salle de gymnastique	3.5
vestiaires	2
espace des spectateurs, tribunes	1
discothèque / dancing	1
club sportif : salles d'aérobic, salle de fitness, club de bowling	10

Locaux de travail	
studio de photographie, chambre noire...	10
pharmacie (local de préparation)	10
salle des guichets dans les banques / salle des coffres destinée au public	20
local de photocopie / local des imprimantes	10
local informatique (sans local des imprimantes)	25
Etablissements d'enseignement	
salles de cours	4
salle polyvalente	1
Soins de santé	
salle commune	10
salles de traitement et d'examen	5
salles d'opération et d'accouchement, salle de réveil et soins intensifs, salle de kinésithérapie, de physiothérapie	5
Etablissements pénitentiaires	
cellules, salle commune	4
postes de surveillance	7
inscription / enregistrement / salle de garde	2
Autres espaces	
magasin de stockage	100
autres espaces	15

https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/annexe_xvi_fr.pdf

https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/user_files/annexe_xvi_nl.pdf

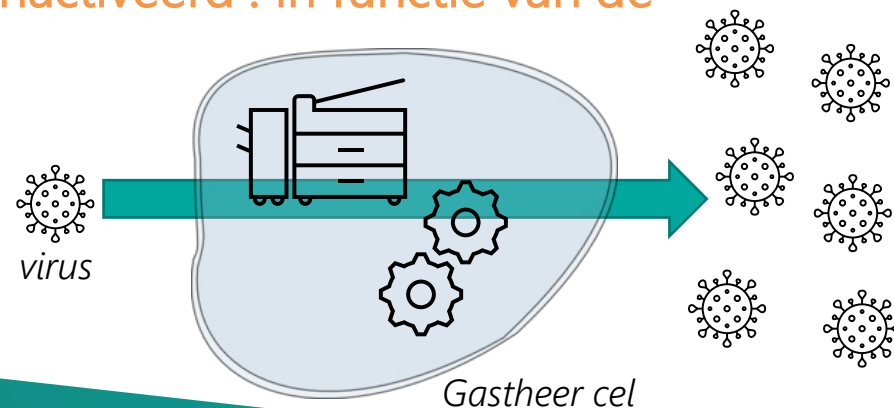
CODEX over het welzijn op het werk: eisen **verluchting** en **luchtkwaliteit**

- I. Algemene beginselen
- II. Organisatorische structuren en sociaal overleg
- **III. Arbeidsplaatsen**
 - **Titel 1 Basiseisen betreffende arbeidsplaatsen**
 - **Hoofdstuk IV. Verluchting**
- IV. Arbeidsmiddelen
- V. Omgevingsfactoren en fysische agentia
- VI. Chemische, kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische agentia
- VII. Biologische agentia
- VIII. Ergonomische belasting
- IX. Collectieve bescherming en individuele uitrusting
- X. Werkorganisatie en bijzondere werknemerscategorieën

Ventilatie in de Covid-19 context

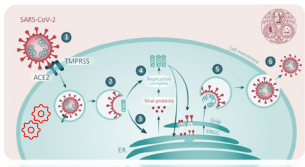
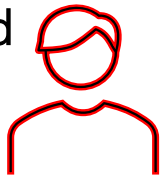
Wat is een virus?

- Extreem kleine (20nm-400nm) ziekteverwekkende organismen
- Doel = zich vermenigvuldigen
- **Maar** kunnen dit niet zonder hulp
 - hebben een **gastheer** nodig
 - gebruiken « machinerie » van de gastheer om zichzelf te kopiëren
 - **Virussen vermeerden niet buiten het lichaam van de gastheer!**
- Geproduceerde virussen worden dan vrijgegeven door de gastheer
 - Ze kunnen andere gastheren infecteren
 - **Geleidelijk aan worden ze geïnactiveerd : in functie van de omgevingscondities**



Het infectieproces van een virus

Geïnficeerd
persoon



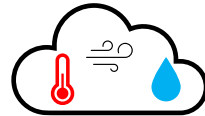
Productie

Aanmaak
nieuwe
viruspartikels



Emissie

Vrijzetting in de
omgeving



Omgeving



Transmissie

Eén of
meerdere
routes, uniek
voor ieder virus

Nog niet
geïnficeerd
persoon



Contact

Contact
gevoelige
cellen met
virus



Infectie

Contact =
infectie?
Afhankelijk van:

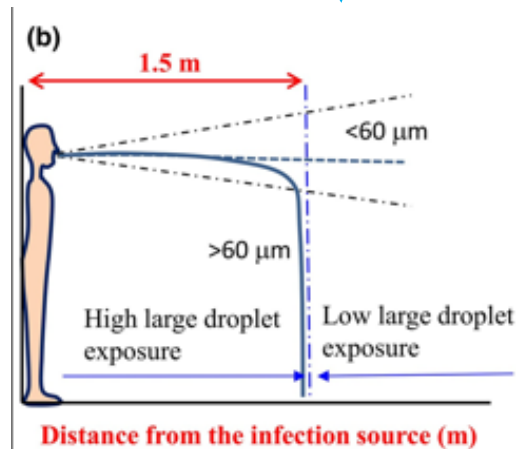
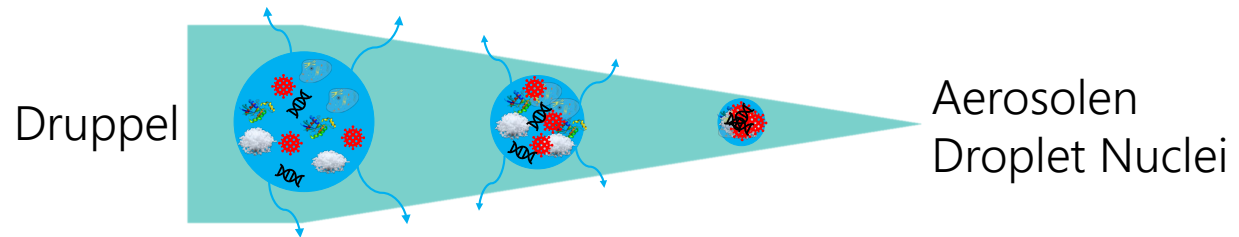
- Blootstelling
- Gezondheid
- Vaccinatie
- ...

De transmissieroutes voor de covid



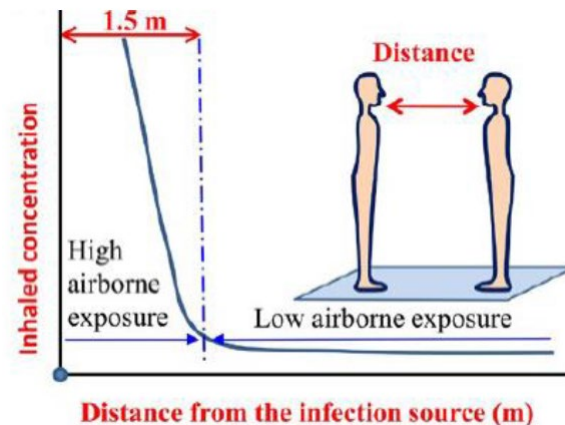
Vrijgeven van druppels:

- Niezen
- Hoesten
- Zingen
- Schreeuwen
- Spreken
- Ademen



Korte afstand (< 1.5 m):

- Transmissie door grote druppels en aerosolen
- Grote druppels vallen op de grond



Lange afstand (> 1.5 m):

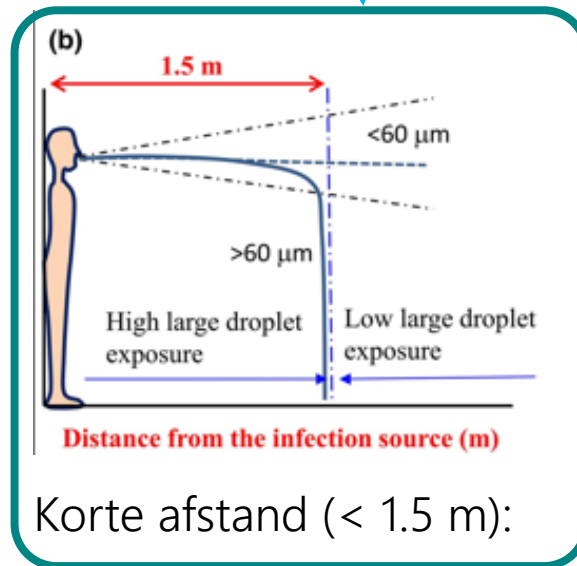
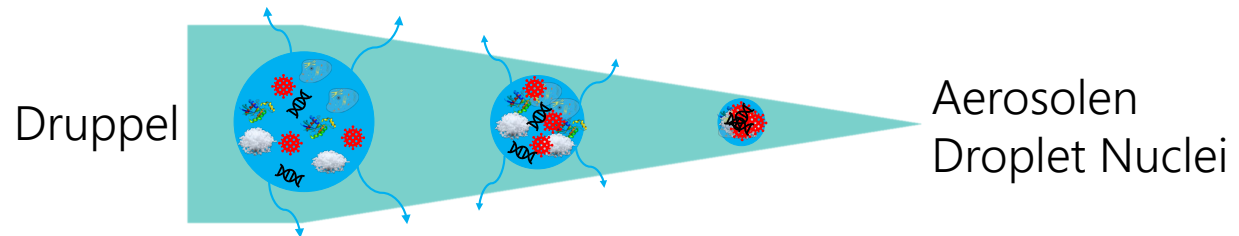
- Druppels verdampt snel
- Droplet Nuclei
- Aerosolen

De transmissieroutes voor de covid

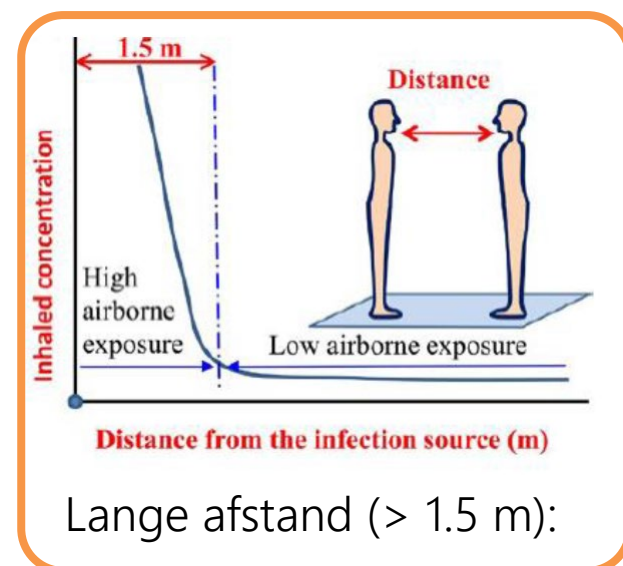


Vrijgeven van druppels:

- Niezen
- Hoesten
- Zingen
- Schreeuwen
- Spreken
- Ademen



→ Afstand houden
→ Maskers



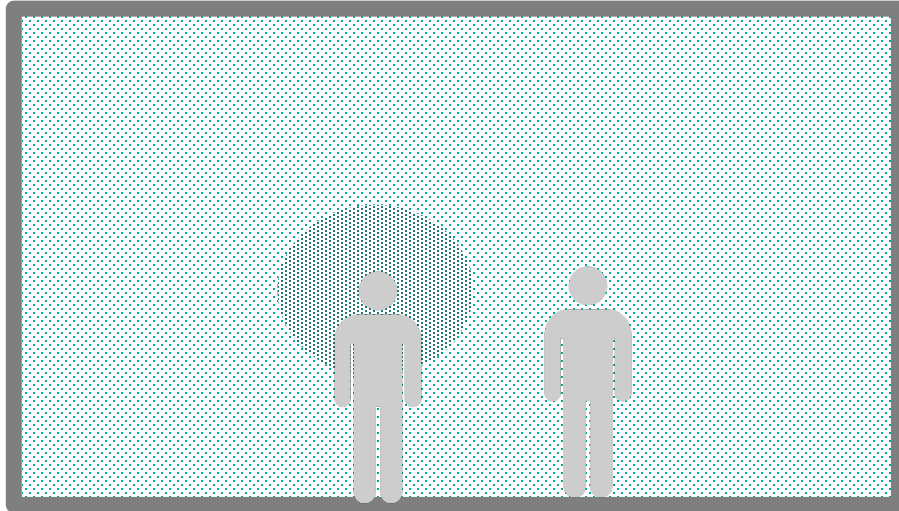
→ Ventilatie
→ Luchtzuivering

Andere transmissieroutes:

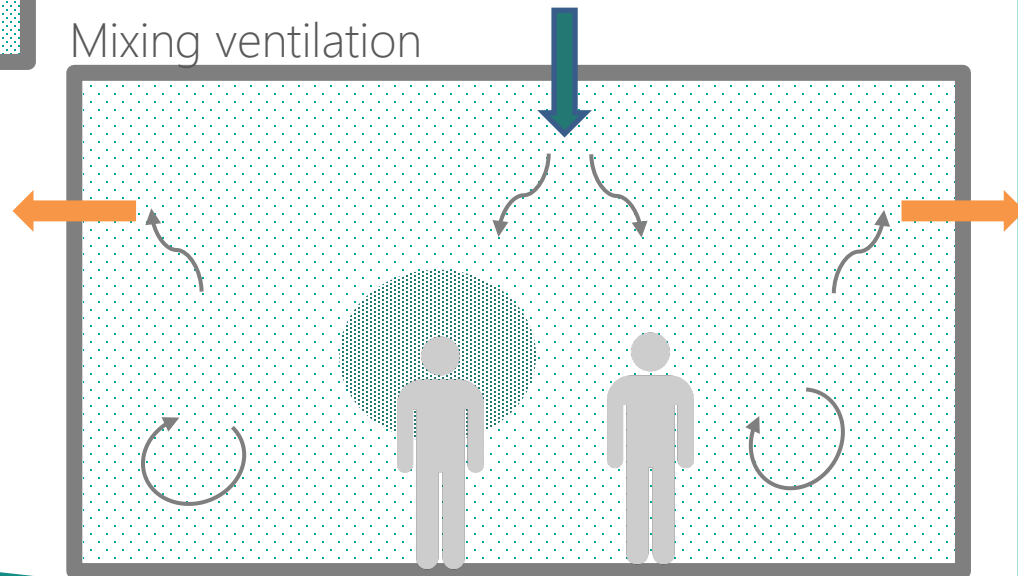
- Fomites: handcontacten → desinfectie
- Fecale – orale

Ventilatie vermindert de concentratie van aerosolen

No ventilation



Mixing ventilation

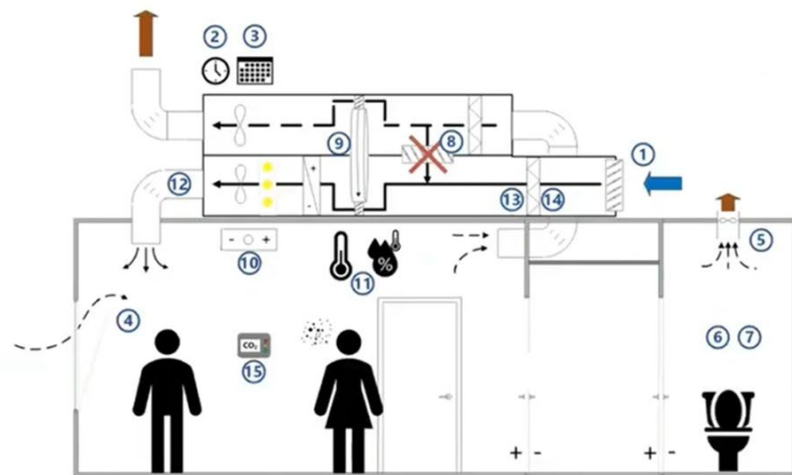


Richtlijnen van Rehva over ventilatie en aerosoltransmissie

9

Control of airborne transmission

1. Ventilation rates
2. Ventilation operation times
3. Continuous operation of ventilation
4. Window opening
5. Toilet ventilation
6. Windows in toilets
7. Flushing toilets
8. Recirculation
9. Heat recovery equipment
10. Fan coils and induction units
11. Heating, cooling and possible humidification setpoints
12. Duct cleaning
13. Outdoor air and extract air filters
14. Maintenance works
15. IAQ monitoring

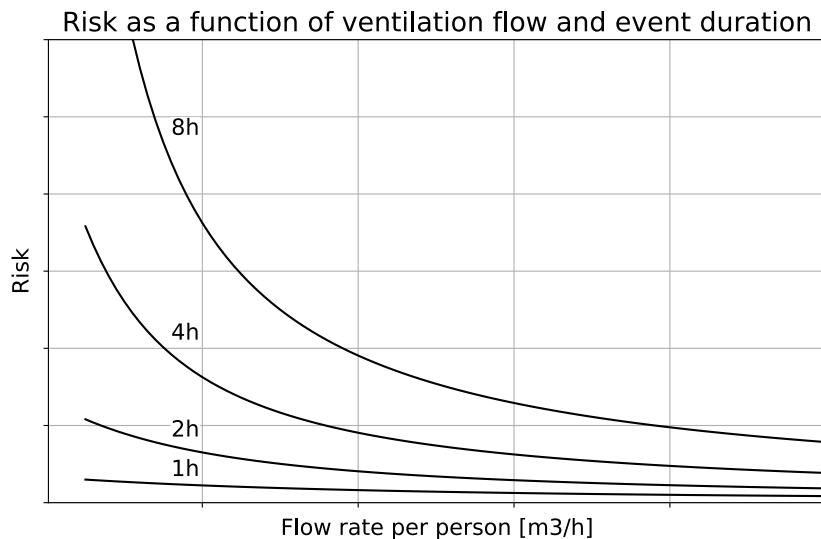


Ventilation solutions may be complemented with room air cleaners and UVGI in specific situations

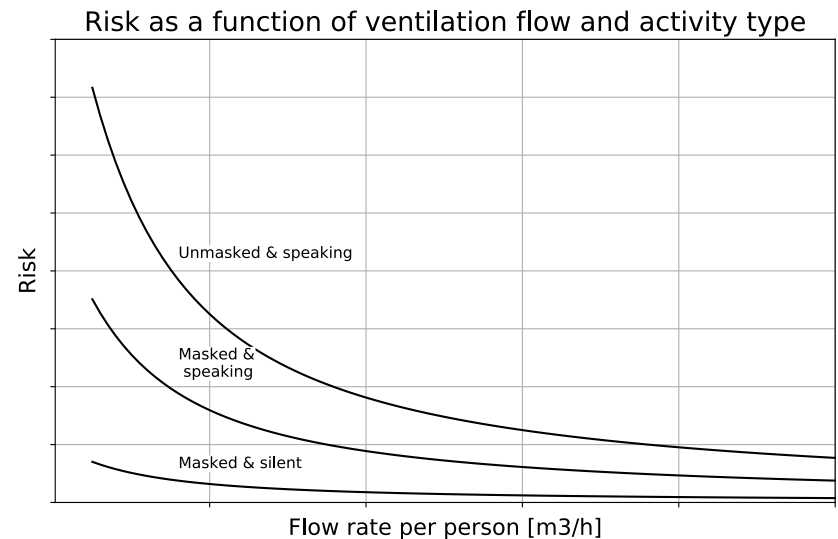
Naast ventilatie hebben ook andere factoren invloed op het risico

- Er zijn modellen waarmee het risico van verschillende situaties kan vergeleken worden
- Voorbeelden:

Tijd blootstelling

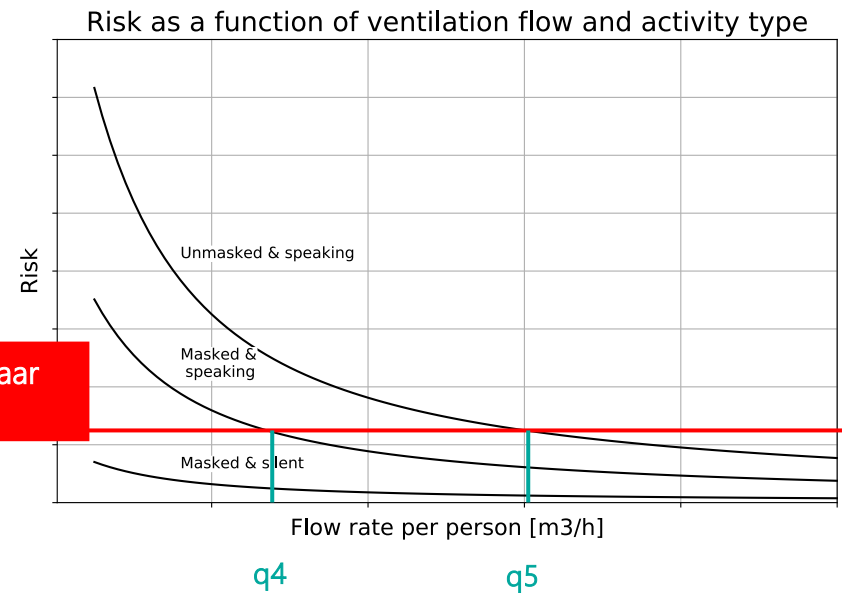
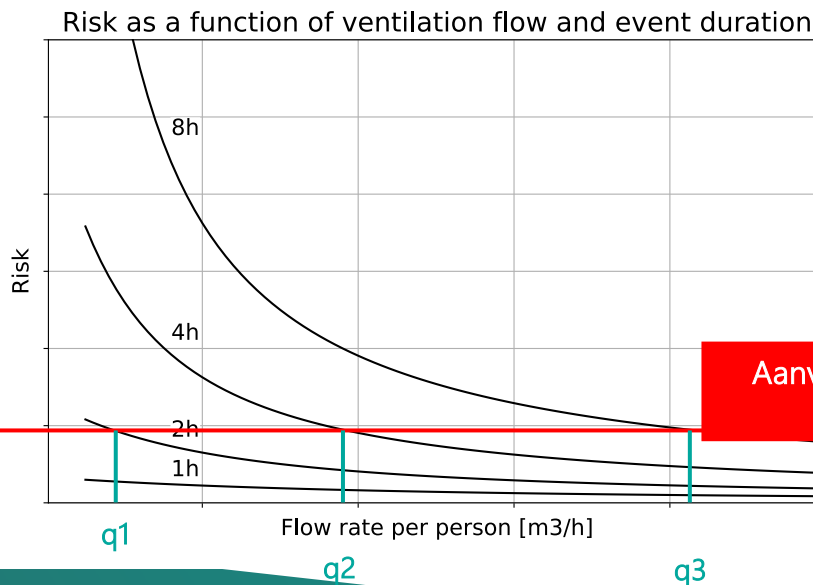


Activiteit en masker



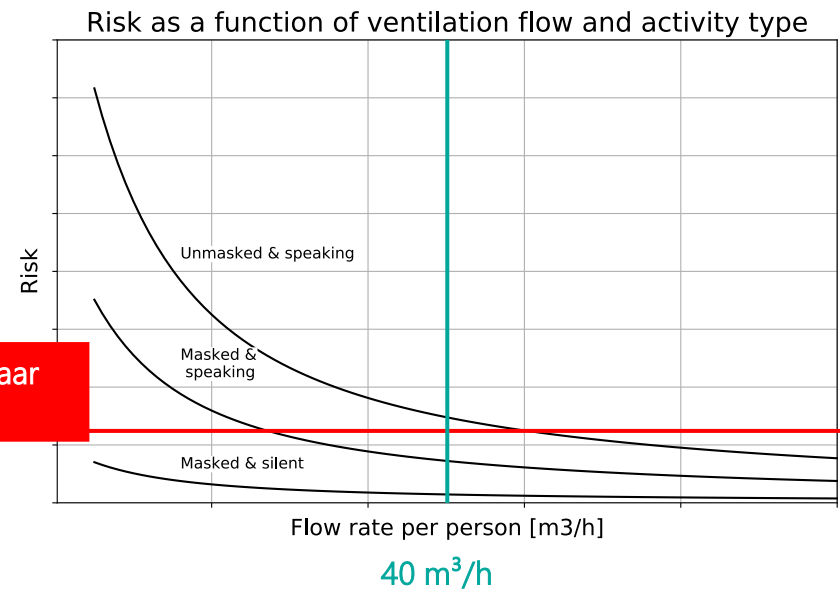
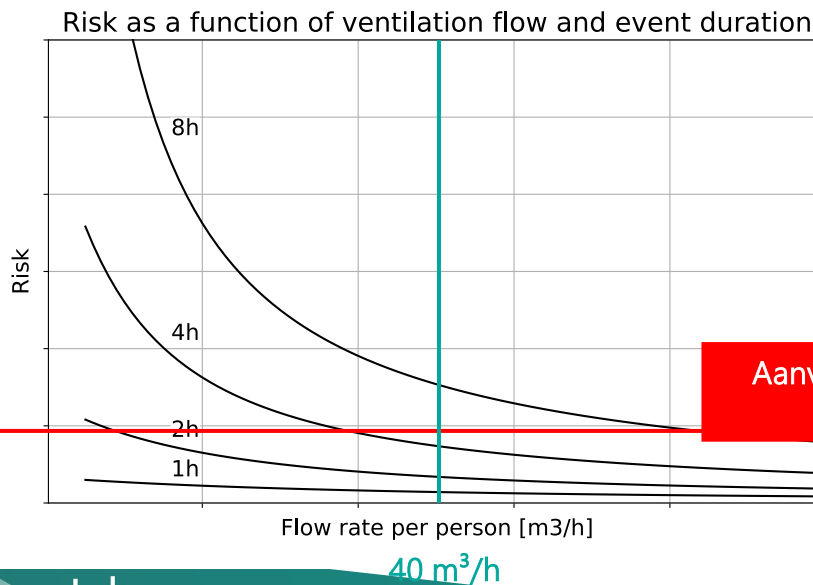
Wat is het debiet die het risico tot een aanvaardbaar niveau reduceert?

- Het risico neemt omgekeerd evenredig af met het debiet
- Verschillende situaties → verschillende debieten?
- Nooit 0 risico!



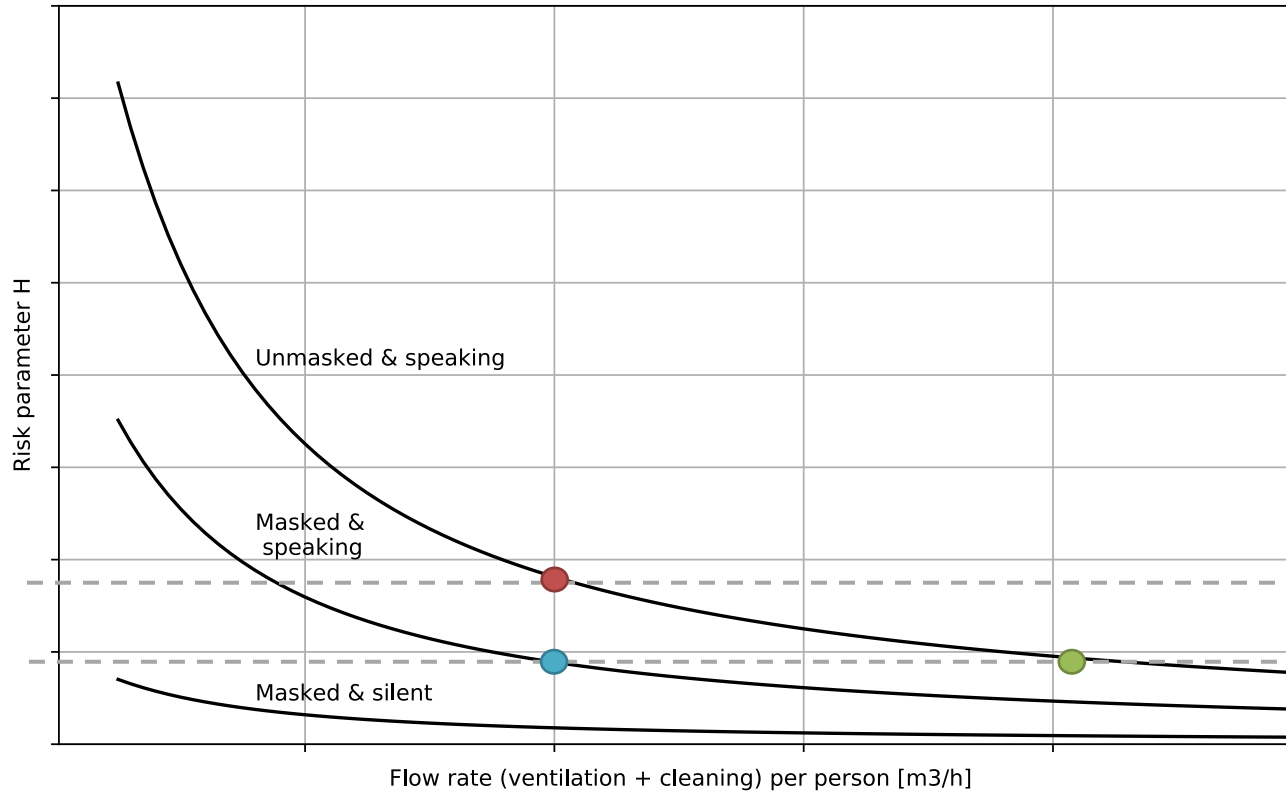
Wat is het **nodige** debiet?

- Gebrek aan ventilatie / te laag debiet → altijd (veel) hoger risico
- $40 \text{ m}^3/\text{h.pers}$ (900 ppm CO_2) = compromis / consensus
- Het debiet verder verhogen
 - heeft minder impact
 - maar kan handig zijn om andere parameters te compenseren



Voorbeeld van compensatie

Risk as a function of ventilation flow and activity type



- Initiële situatie met een bepaald risiconiveau
- Mogelijke maatregel 1: het dragen van masker (met veronderstelde efficiëntie van 50%)
- Mogelijke maatregel 2: dubbele ventilatie

Welke andere parameters zijn belangrijk voor aerosoltransmissie?

- Bron
 - Aantal besmette personen / incidentie
 - Activiteit: zingen (30x) > schreeuwen > spreken (6x) > ademen
 - Masker (geïnfecteerde persoon)
- Blootstellingstijd
 - Direct proportioneel risico : $x2 \rightarrow x2$
- Aantal personen blootgesteld
 - Let op grote zalen, grote evenementen!
- Maskers voor iedereen

Samengevat...

- Ventilatie is **noodzakelijk** om aerosoltransmissie te beperken
- Debiet van $40 \text{ m}^3/\text{h.pers}$ is een compromis
- **Let op:** andere parameters op aerosolen
 - Incidence, activiteit, maskers, tijd, aantal pers.
- **Let op:** andere transmissieroutes
 - Korte afstand: druppels + aerosolen
 - Geen effect van ventilatie → masker / afsand

Laatste opmerkingen

- Buiten lucht
 - Beschouwd als niet besmet
 - Inactiveren van het virus (UV zon, tijd, enz.)
- Ventilatie
 - ≠ Bron
 - = Oplossing

CODEX welzijn op het werk Luchtkwaliteit

Risicoanalyse en flexibele eisen

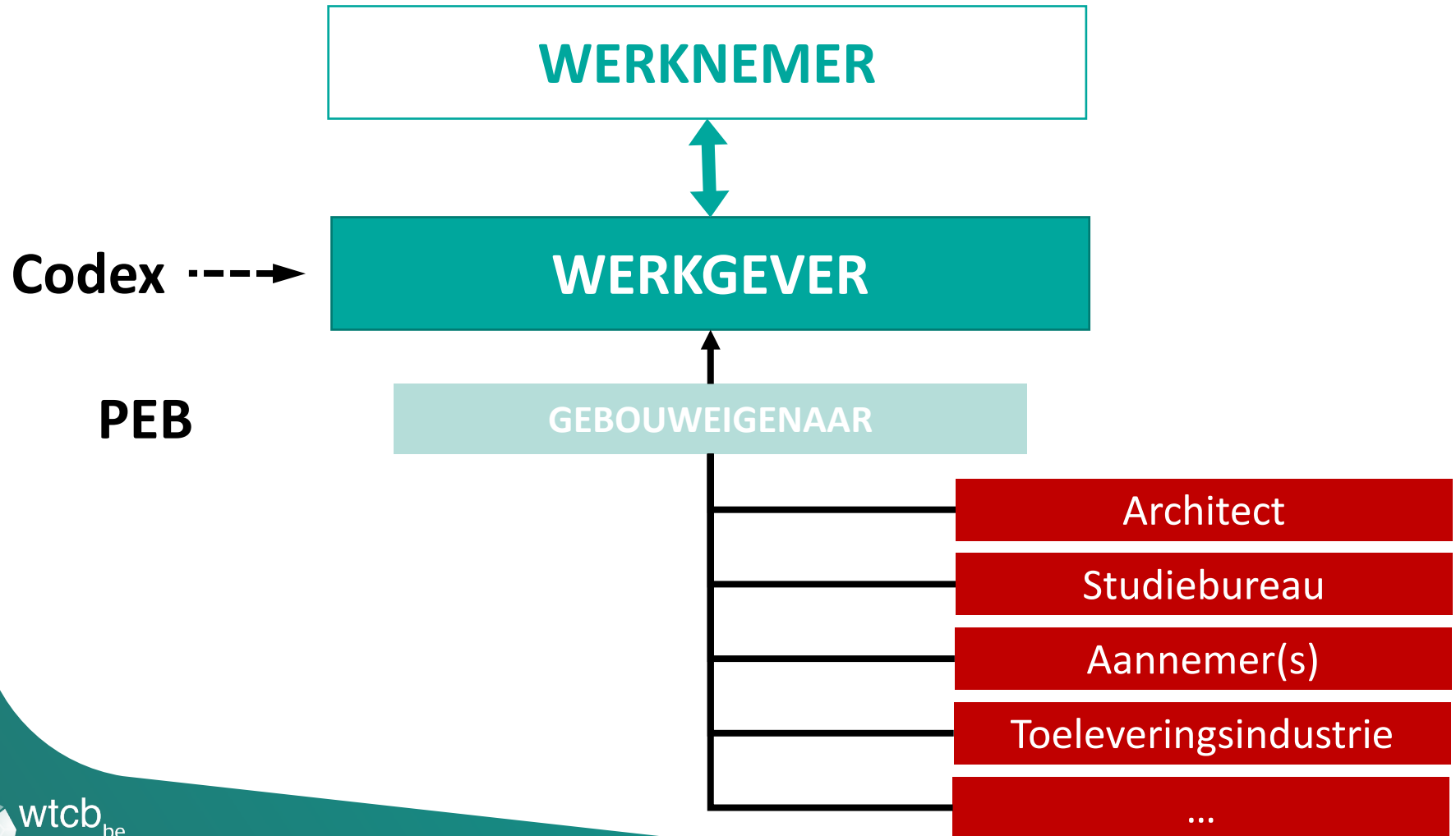
CODEX over het welzijn op het werk: eisen **verluchting** en **luchtkwaliteit**

- I. Algemene beginselen
- II. Organisatorische structuren en sociaal overleg
- **III. Arbeidsplaatsen**
 - Titel 1 Basiseisen betreffende arbeidsplaatsen
 - **Hoofdstuk IV. Verluchting**
- IV. Arbeidsmiddelen
- V. Omgevingsfactoren en fysische agentia
- VI. Chemische, kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische agentia
- VII. Biologische agentia
- VIII. Ergonomische belasting
- IX. Collectieve bescherming en in
- X. Werkorganisatie en bijzondere

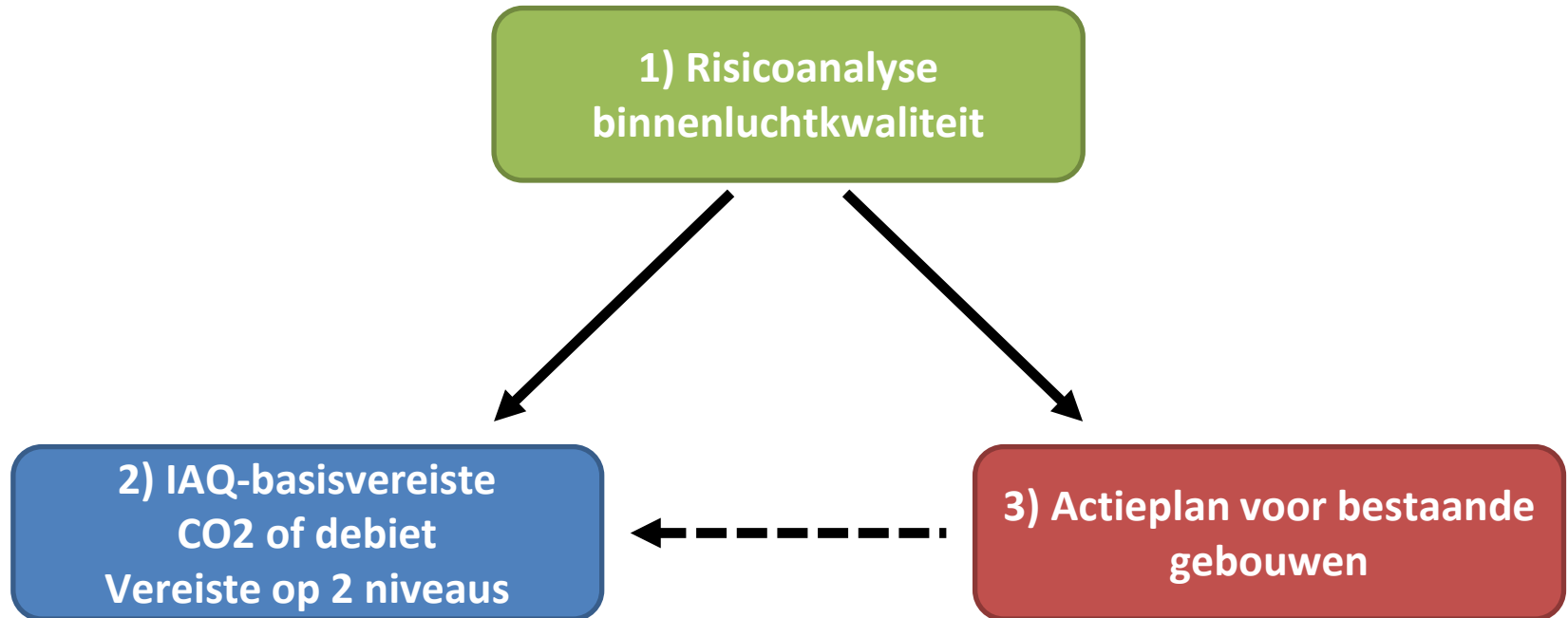
<http://www.emploi.belgique.be/moduleDefault.aspx?id=46071>

<http://www.werk.belgie.be/moduleDefault.aspx?id=46071>

De Codex richt zich rechtstreeks tot werkgevers... maar onrechtstreeks ook naar andere vakmensen



De nieuwe Codex (2019) bevat 3 luiken met IAQ vereisten



Risicoanalyse: de risico's vast te stellen die aan IAQ in werklokalen verbonden zijn

- Bronnen van pollutanten te bekijken
 - Aanwezigheid, activiteit van personen (bioeffluenten, CO₂)
 - Producten en materialen (bouw, meubilair, ...)
 - Onderhoud, herstelling en schoonmaak van lokalen
 - Impact infiltraties en ventilatie (buitenlucht, onderhoud HVAC, ...)
- Opmerking:
 - Risicoanalyse is ook verplicht voor andere agentia
 - Fysisch (stralingen, ...)
 - Chemisch (gebruikte producten, ...)
 - Biologisch

De risicoanalyse is gebaseerd op een snelle screening en (facultatieve) berekeningen en metingen

Stap 1 - Screening

Inzamelen relevante documentatie

Visuele inspectie

Bevraging werknemers



Stap 2 – Berekeningen (optioneel)

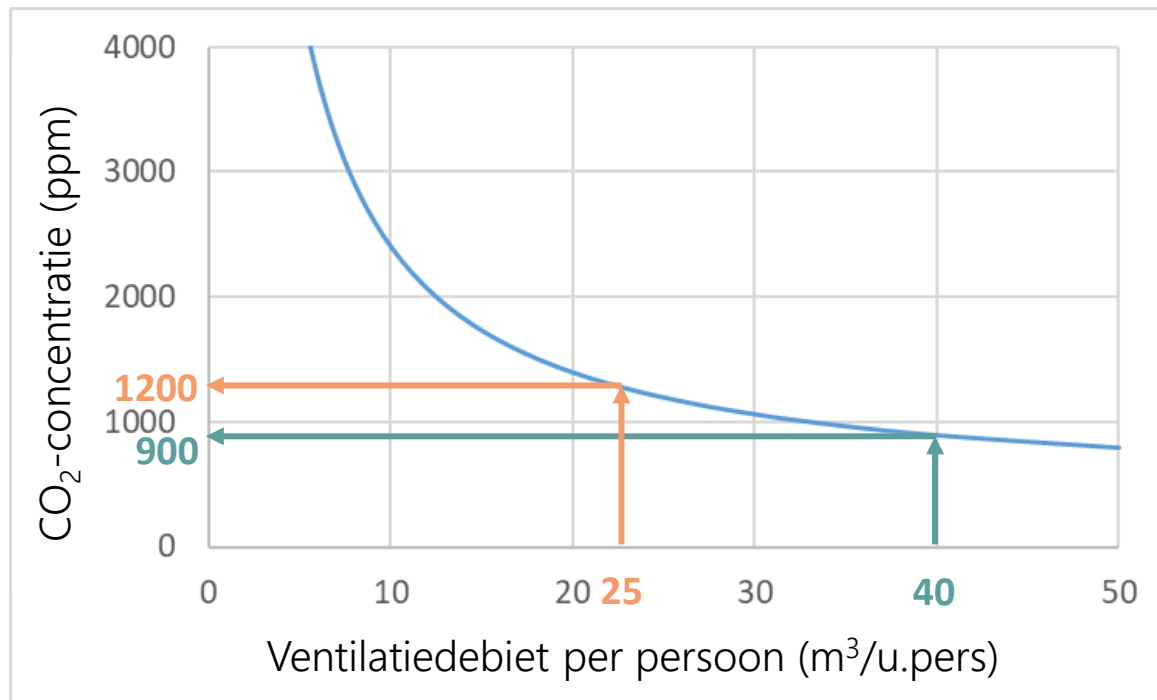


Stap 3 – Metingen (optioneel)

In de IAQ-vereiste wordt rekening gehouden met bioeffluenten en emissie van materialen

- IAQ-basiseis
 - Ofwel maximum **900 ppm CO₂**
 - Ofwel minimale ventilatiedebiet van **40 m³/h.pers**
- Afwijking
 - Ofwel maximum **1200 ppm CO₂**
 - Ofwel minimale ventilatiedebiet van **25 m³/h.pers**
- Voorwaarden
 - De risicoanalyse toont aan dat de vervuilingsbronnen beperkt zijn (bv. laag emissie materialen)
 - Voorafgaand advies van de preventieadviseur en het comité

CO₂ = indicator van IAQ: het komt direct overeen met een ventilatiedebiet



Geldig voor:

- Emissiegraad CO₂ van 20 l/h.pers
- Buiten [CO₂] van 400 ppm

Afwijking: indien het lokaal lage emissie is, is de eis minder strict

- Principe
 - Indien lage emissie → debiet 25 m³/h.pers (bioeffluenten)
 - Anders → verhoogd debiet om de andere polluenten af te voeren
- Huidige voorwaard (richtlijn 2019)
 - Lage emissie vloerbedekkingen
 - Conform Koninklijk Besluit van 8 mei 2014 C-2014/24239
 - Of natuursteen, keramiek, onbehandeld glas, staal
- Evolutie van de richtlijn in de toekomst
 - Rekening houden van andere polluenten
 - Andere materialen, meubilair, toestellen, ...

Ontwerpfases van een nieuw gebouw/systeem

Vastleggen nominale bezetting per lokaal



Controle of voldaan aan voorwaarde van emissiearme lokalen



Installatie ontwerpen die vereiste debieten mogelijk maken



Installatie oplevering



Nieuwe risico analyse uitvoeren bij belangrijke wijzigingen in inrichting en gebruik

Type lokaal,
oppervlakte,...

Welke vloerbedekking is
er aanwezig of zal worden
geïnstalleerd

Debiet per persoon
→ Totaal debiet
→ Dimensionnering

Debietmeting

Zie procedure voor
bestaande gebouwen

Geval van bestaande gebouwen

- Het realiseren van de IAQ eis is een uitdaging
 - Geen ventilatie in bepaalde gebouwen
 - Economische beperkingen, timing van renovatie, ...

→ Pragmatische aanpak met een actieplan

- De werkgever moet een actieplan opstellen
 - In overleg met: preventieadviseur, comité
 - Maatregelen: technisch en organisatorisch
 - Tijdschema: korte, middellange en lange termijn

RISICO ANALYSE

Stap 1 - Screening

Inzamelen relevante documentatie

Visuele inspectie

Bevraging werknemers

Stap 2 – Berekeningen (optioneel)

Stap 3 – Metingen (optioneel)



INDIEN NODIG: ACTIEPLAN

Organisatorische maatregelen

Technische maatregelen

Vastleggen van
tijdsplan

Technische maatregelen: meest doeltreffend maar implementatie in de tijd

- Technische maatregelen = gebouw + technische installaties
- De vervuilingsbronnen beperken
 - Vervangen van bepaalde afwerkingsmaterialen
- Het bestaande ventilatiesysteem verbeteren
 - De nominale bezetting van het lokaal aanpassen
 - Controle en herstellingen
 - Regeling van debieten
 - Onderhoud
- Installatie van een nieuw ventilatiesysteem
 - Te voorzien bij een renovatie of op het einde van de bezettingsperiode
 - Idem ontwerp nieuw gebouw

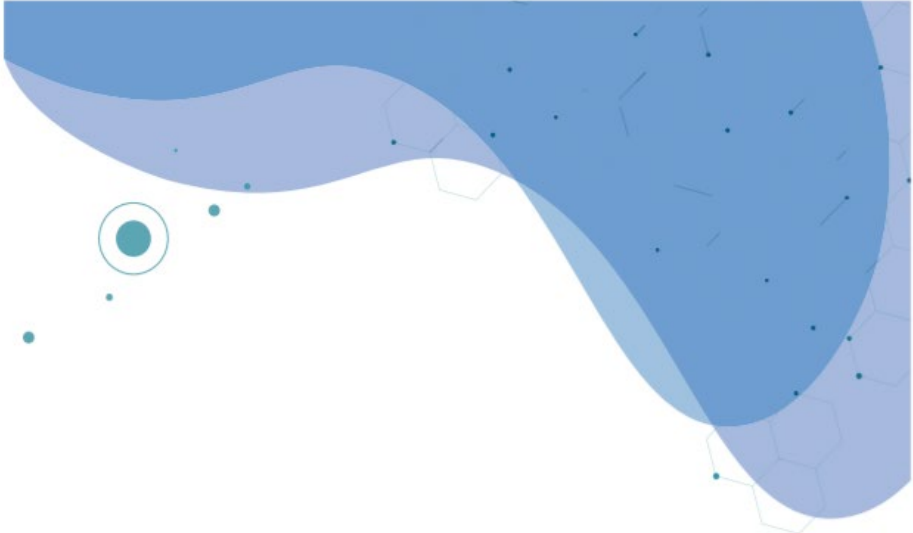
Organisatorische maatregelen: minder doeltreffend maar IAQ verbeteren op korte termijn

- Permanente organisatorische maatregelen
 - De pollutanten beperken:
 - Meubilair, onderhoudsproducten, printers, enz.
 - Nominale bezettingspercentage van een ruimte respecteren
 - Correct gebruik van de technische installaties
- Corrigerende organisatorische maatregelen
 - Beperking van het aantal aanwezige personen
 - Verluchting via de vensters
 - Buiten de verwarmingsperiodes : +/- OK
 - In verwarmingsperiodes: compromis te vinden
 - Draagbare CO₂-sensoren
 - Verluchten tijdens de pauzes

Referenties

- Codex welzijn op het werk
 - <http://www.emploi.belgique.be/moduleDefault.aspx?id=46071>
 - <http://www.werk.belgie.be/moduleDefault.aspx?id=46071>
- Koninklijk besluit ventilatie van werkplekken (2019)
 - http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2019050226&table_name=loi
 - http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2019050226&table_name=wet
- Koninklijk besluit vloerbekledingen
 - http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2014050877&table_name=loi
 - http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2014050877&table_name=wet
- Praktische richtlijnen
 - <http://www.emploi.belgique.be/defaultNews.aspx?id=48360>
 - <http://www.werk.belgie.be/defaultNews.aspx?id=48360>
- CO2-berekeningstool (BSOH)
 - <https://www.bsoh.be/?q=nl/node/384>
- Meting van de ventilatiesnelheden (CSTC)
 - <https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact35&art=543>
 - <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact35&art=543>

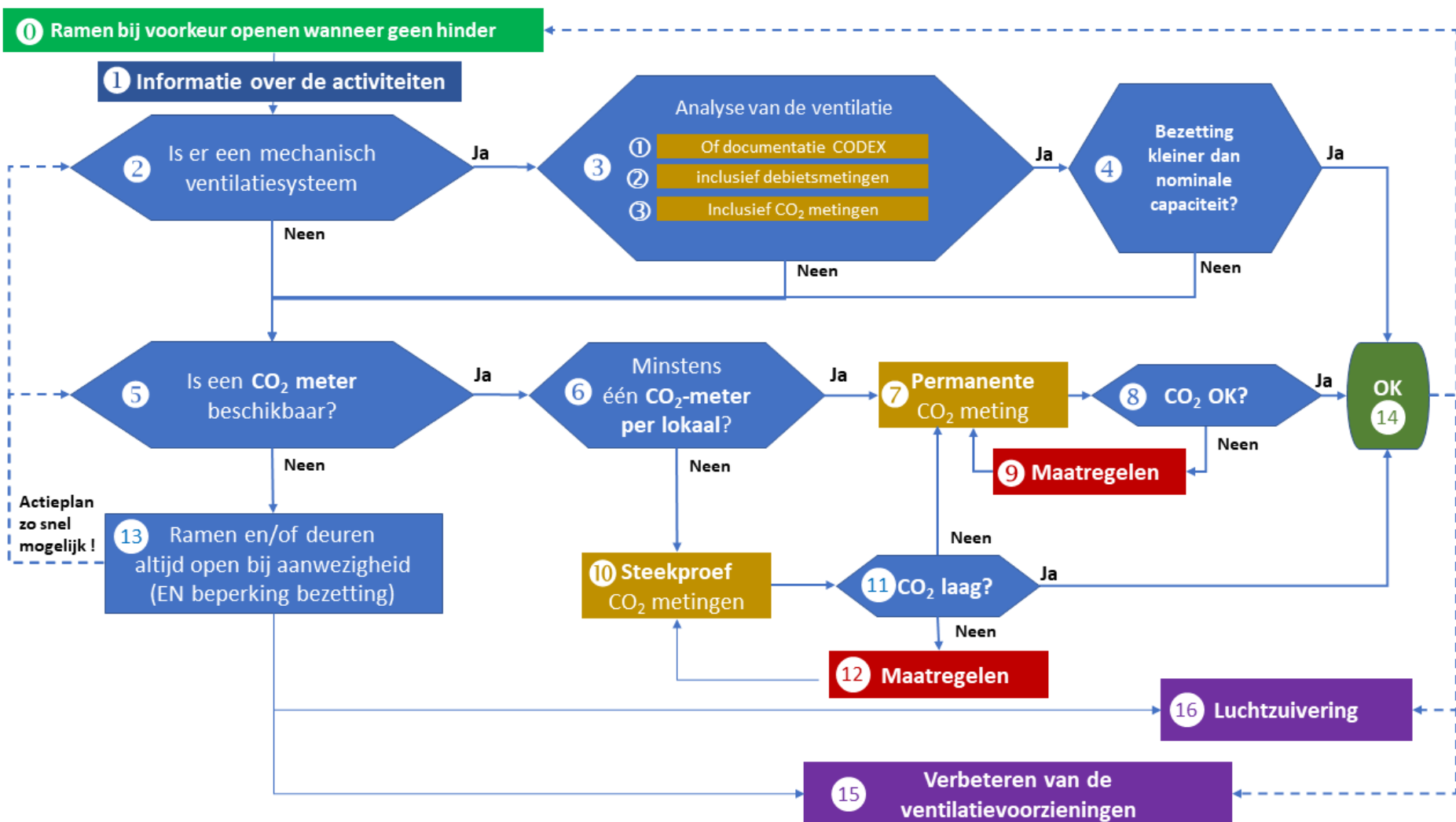
Implementatie en metingen: indien geen ventilatiesysteem



Aanbevelingen voor de praktische implementatie en bewaking van ventilatie en binnenluchtkwaliteit in het kader van COVID-19

Taskforce Ventilatie
Version 1.0 – 27 april 2021





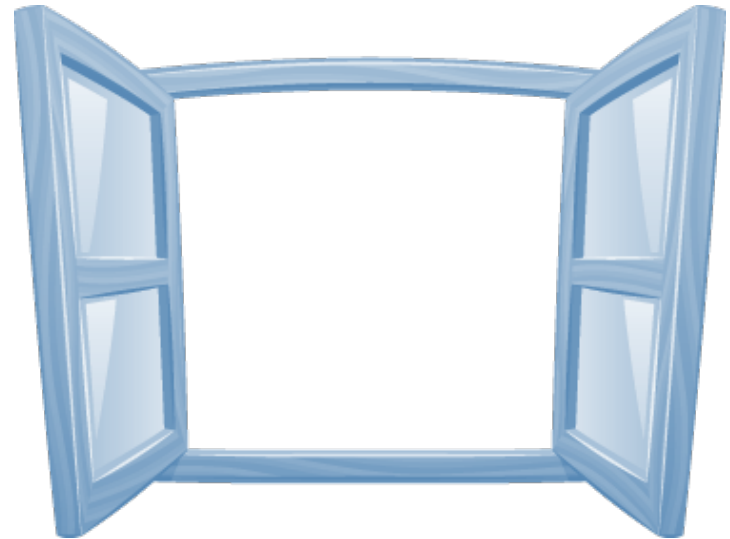
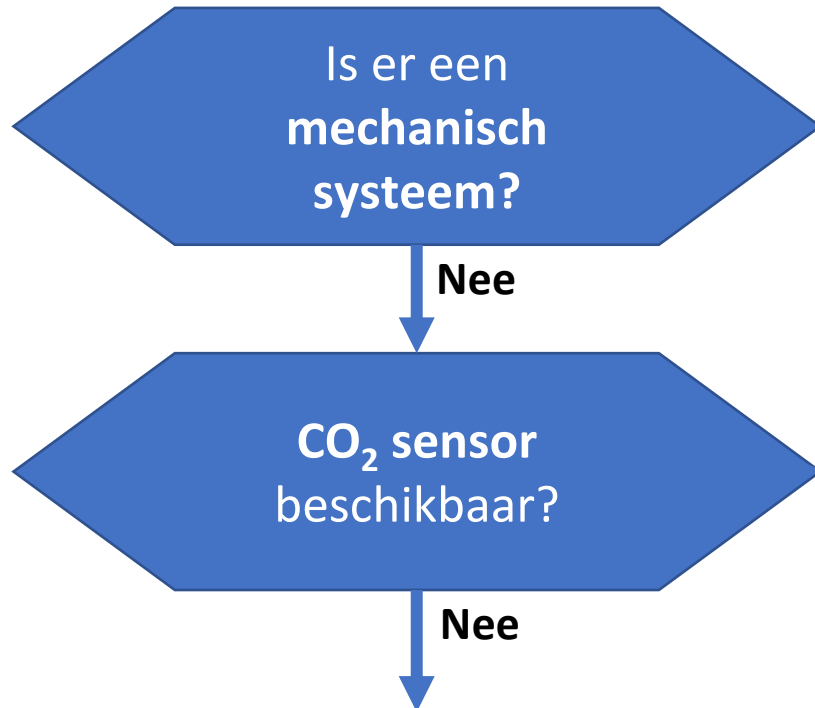
Het type activiteit bepaalt de nodige debiet per persoon

- Standaard activiteit: zittende en rustige positie
 - $40 \text{ m}^3/\text{h.pers} \rightarrow 900 \text{ ppm CO}_2$
- Zwaardere activiteit: sport, fysieke werk,...
 - Hogere debiet per persoon
 - Zie implementatieplan

Klasse	Met	CO ₂ -productie(*) (l/h)	V ₉₀₀ (m ³ /h)	V ₁₂₀₀ (m ³ /h)	Voorbeelden
Rustig zittend	1.5	18	37	23	Bioscoop, theater, concertzaal, toeschouwer in sporthal, leslokaal (**), religieuze dienst
Standaard	1.65	20	40	25	Minimum standaard voor werklokalen (Codex), secretariaats- en kantoorwerk
Licht	1.8	22	44	28	Werklokalen voor licht zittend handwerk, restaurant, café, haar- of schoonheids-salon, museum
Middelmatig	3.0	37	74	46	Gestadig werken met armen en handen, winkelen, indoor bowling
Zwaar	4.1	50	101	63	Intense arbeid met de armen en de romp
Zeer zwaar	5.2	64	128	80	Zeer intense en snelle arbeid, sportlokaal (badminton, turnen), fitness, zwembadhal, klimzaal
Intensief	7.3	90	180	112	Schaatshal, bokscub, discotheek, cyclinglokaal, squashzaal, tennishal

- Herhaling: CODEX, twee debieten: 40 of 25 m³/h

Als er geen systeem is, is de hoogste prioriteit het openen van vensters



**Ramen en/of deuren
altijd open bij aanwezigheid
(EN beperking bezetting)**

Vuistregel (standaardactiviteit):
Per m² volledig geopend raam :
4 personen
Per m² volledig geopend deur :
7 personen

Verluchting door het openen van ramen is afhankelijk van veel parameters

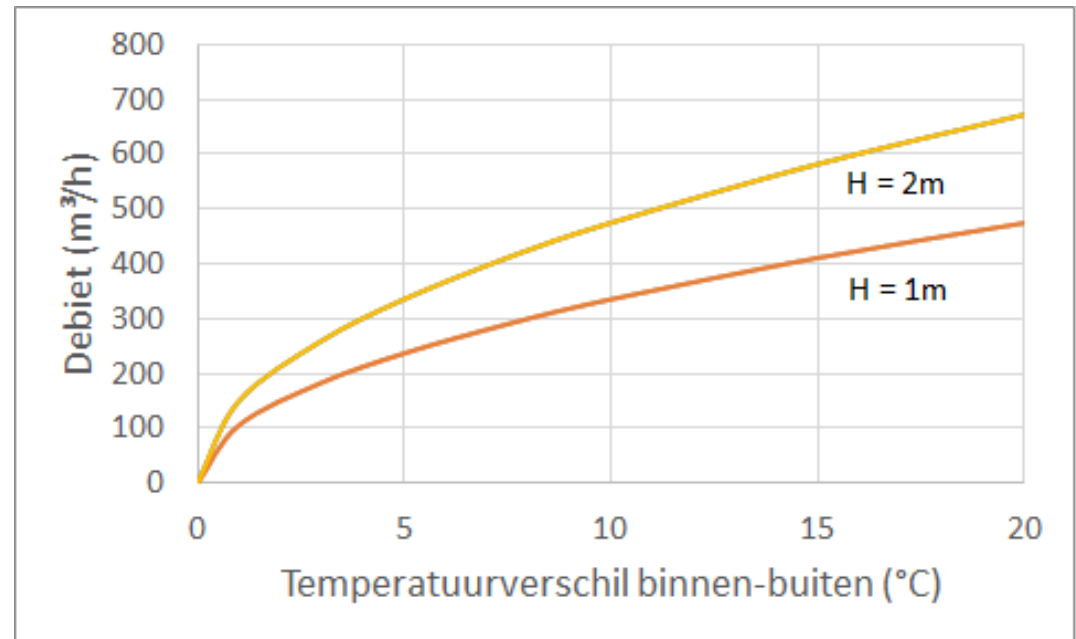
- Weersituatie
 - Temperatuurverschil in & out
 - Wind snelheid
- Vensters
 - Aantal
 - Positie
 - Afmetingen
 - Type opening

Als de wind zwak is, is het temperatuurverschil de dominante kracht

- Het debiet (Q) neemt toe met
 - De netto oppervlakte van de venster (A)
 - De hoogte van de venster (H)

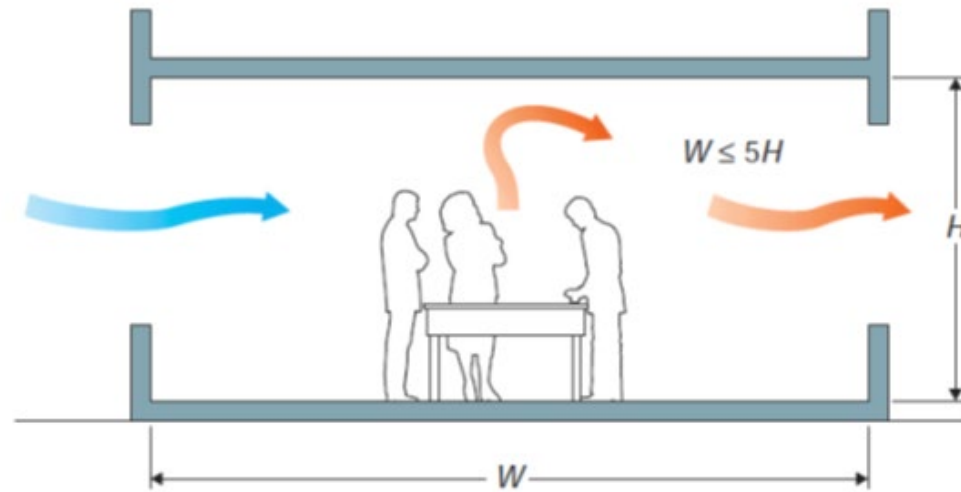
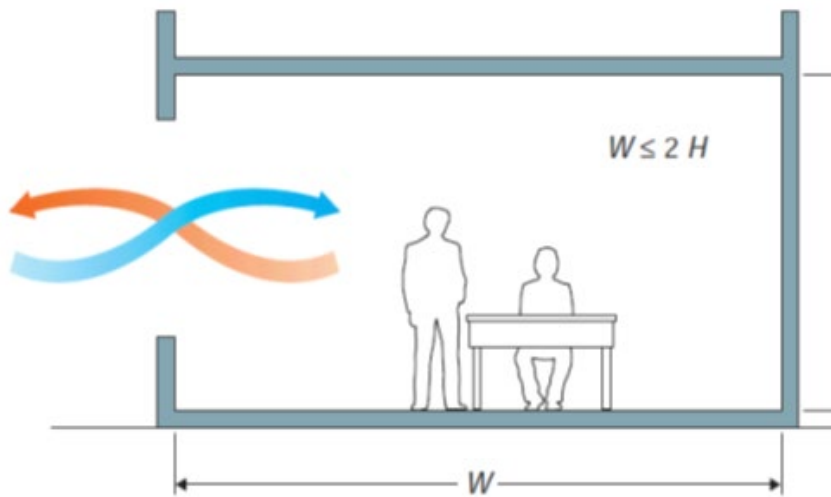
Pour $\Delta t = 3^{\circ}\text{C}$:

$$\begin{aligned}\text{Debiet} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) &= Q_{\text{open}} \\ &= 184 * A_{\text{open}} * \sqrt{H_{\text{open}}}\end{aligned}$$

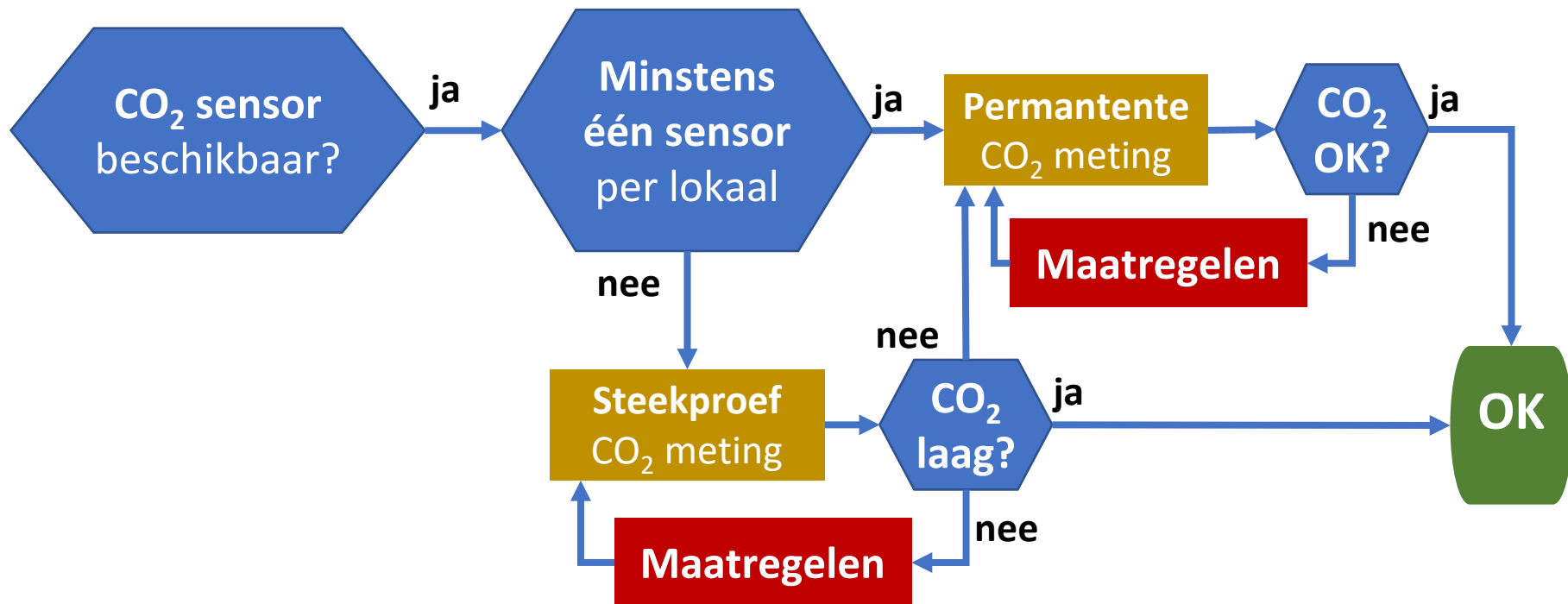


Verluchting is echter beperkt afhankelijk van de diepte

- Maximum diepte van de ruimte (W)
 - Ramen op een gevel: $W \leq 2 H$
 - Ramen op verschillende gevels: $W \leq 5 H$



Als er geen systeem is, maakt de CO₂-meting het mogelijk om de verluchting te controleren

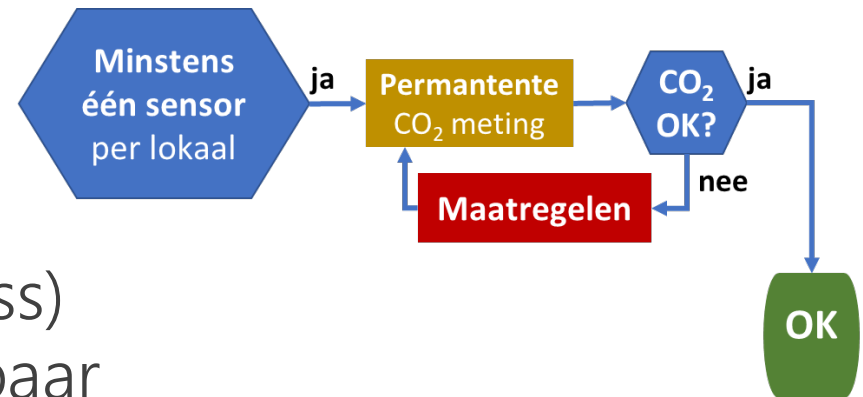


CO₂ sensoren kunnen verschillende functies hebben

- Directe weergave
 - Directe meting
 - Bewonersinformatie
- Gegevensregistratie
 - De evolutie visualiseren/interpreteren
 - De maatregelen aanpassen
- Kleurindicator of alarm
 - Informatie van overschrijdingen
 - Onmiddellijke maatregelen



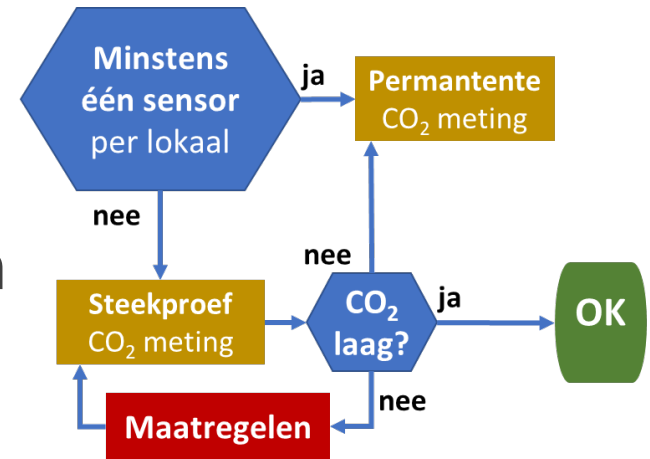
Permanente CO₂ meting



- Wanneer
 - Als verplicht (bv. fitness)
 - Als sensoren beschikbaar
 - **Aanbevolen indien geen ventilatiesysteem**
- Welke functies
 - Weergave of alarm
 - Gegevensregistratie → volgen
- Maatregelen
 - De opening van vensters, luchtzuivering aanpassen
 - **Actieplan: ventilatiesysteem installeren**

Steekproef CO₂ meting

- Wanneer
 - Als GEEN voldoende sensoren beschikbaar zijn
 - Vaste bezetting en condities
- Welke functies
 - Korte meting → weergave
 - Lange meting → gegevensregistratie
- Maatregelen
 - Strategie voor het openen van ramen vastleggen
 - Permanente CO₂ meting
 - Actieplan: ventilatiesysteem installeren



Herhaling: er is immers geen 100% veilige debietswaarde!



- Andere parameters: tijd, maskers, ...
- Andere maatregelen: afstand, maskers, vaccinatie, ...

Het openen van vensters heeft echter verschillende beperkingen

- Ongemak (winter en hittegolven)
 - Energieverbruik (winter)
 - Geluid van buiten
 - Invoer van stoffen
 - Tochten
-
- Variabel en onzeker → CO₂ meting

Actieplan noodzakelijk → installatie van een ventilatiesysteem

- Structurele en duurzame opstelling:
 - Installeren van een ventilatiesysteem
- Geldig in het algemeen
- Maar zeker in de context van de CODEX welzijn op het werk, die op alle werkplekken met werknemers van toepassing is

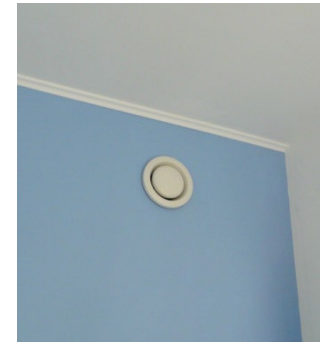
Een ventilatiesysteem installeren: Eenvoudige oplossingen & Ontwerp

Grote diversiteit van gebouwen...



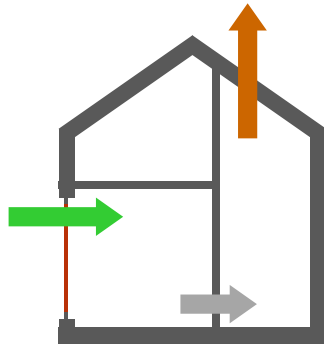
... en diversiteit van ventilatiesystemen

- « Kleine » installaties
 - Gelijk aan woningen
 - Ontwerp
 - door de architect
 - + installateur
- « Grote » installaties
 - Type tertiaire
 - Ontwerp
 - door studiebureau HVAC

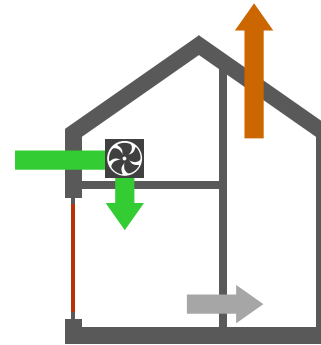


Afhankelijk van of de ventilatie natuurlijk of mechanisch is, zijn er 4 soorten systemen

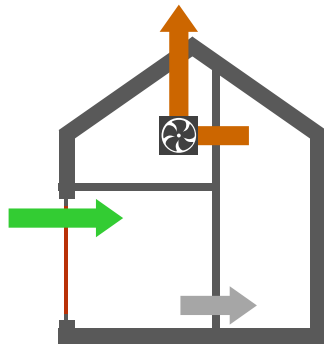
A: Natuurlijke toevoer en afvoer



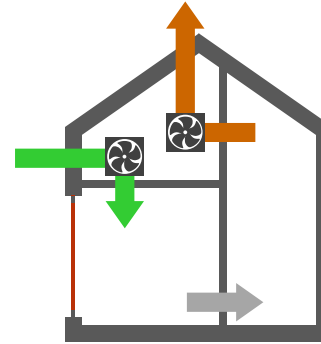
B: Mechanische toevoer + natuurlijke afvoer



C: Natuurlijke toevoer + mechanische afvoer



D: Mechanische toevoer en afvoer

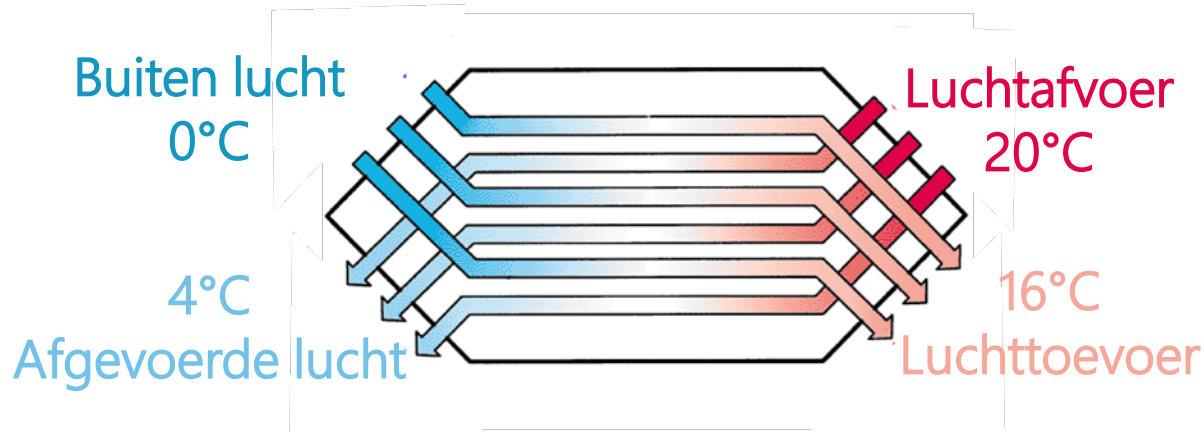


Ventilatie kost energie, maar mogelijk om de impact ervan te beperken

- Verwarming/koeling (ventilatieverliezen)
 - Warmteterugwinning (systeem D)
 - Vraaggestuurde ventilatie / debietsregeling
- Elektriciteit (mechanische ventilatie)
 - Ontwerp van netwerk (drukverliezen)
 - Keuze ventilator

Warmteterugwinning met systeem D

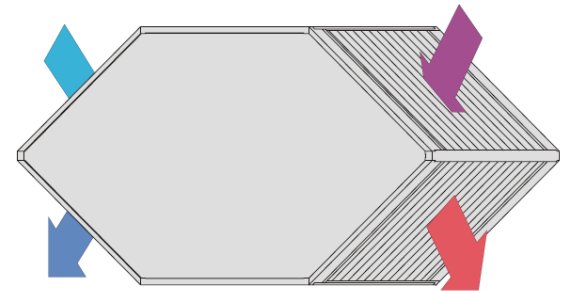
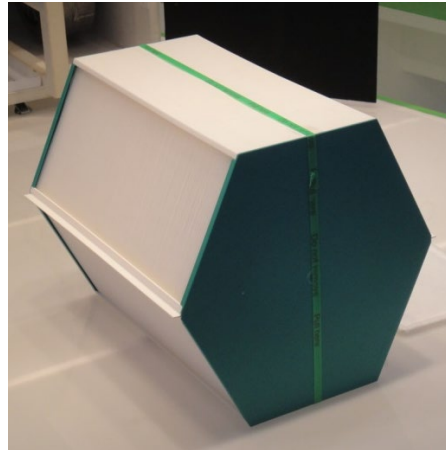
- Principe:
 - Warmteterugwinning op luchtafvoer
 - Om de luchttoevoer voor te verwarmen



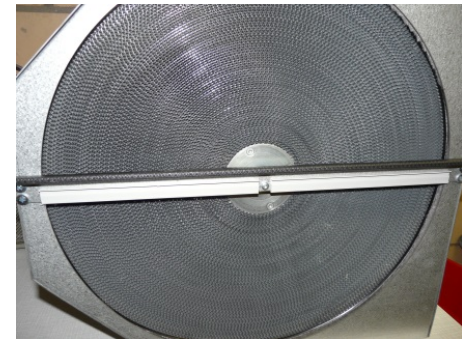
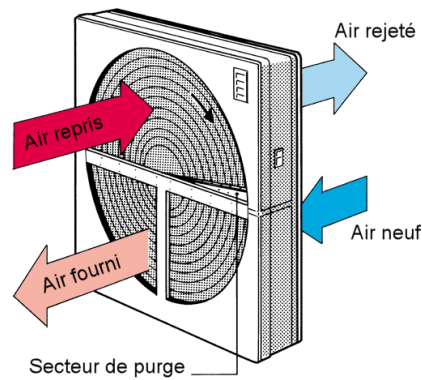
- Het reële besparingspotentieel hangt af van:
 - Netto verwarmingsbehoefte
 - Efficiëntie van het verwarmingssysteem

Verschillende soorten warmtewisselaars

- Platen



- Wiel



Vraaggestuurde ventilatie: detectie van de behoeften

- (Kloksturing)
- Ruimte bestemd voor menselijke bezetting
 - CO₂ sensoren
 - Aanwezigheidsdetector
- Het reële besparingspotentieel hangt af van:
 - Beroepsprofielen: variabel of niet
 - Efficiëntie van het verwarmingssysteem

Vraaggestuurde ventilatie: debietsregeling

- Decentrale systemen:
 - Onafhankelijk regeling lokaal per lokaal
- Centrale regeling
 - Alle gebouwen tegelijkertijd
 - Variatie van ventilatorsnelheid
 - Vb. op uurbasis of sensoren
- Lokale regeling (centrale systemen)
 - Vereist kleppen voor verschillende ruimten



Eerste stap: bepaal de nodige debieten

- Toepassing van de lokalen
- Type activiteit (MET) → debiet / persoon
 - Standaard: $40 \text{ m}^3/\text{h.pers}$
- Nominale bezetting
 - Toepassing of zie ook EPB
- Totale debiet per lokaal
 - $\text{Debiet/pers.} \times \text{nominale bezetting}$
- Totale debiet gebouw

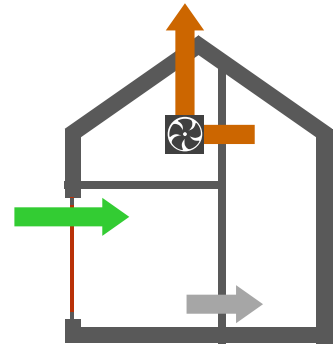
Keuze van ventilatieconcept volgens verschillende criteria

- Aantal ruimten?
 - 1 of meerdere systemen
- Gelijktijdige en permanente bewoning van verschillende ruimten?
 - Permanente debiet of vraagsturing
- Ruimte beschikbaar voor kanalen en groep?
 - Centraal, schijnbaar of decentraal
- Geluid van buiten?
 - C of D
- Thermische comfort?
 - C of D
- Energiebesparing?
 - Warmteterugwinning of vraaggestuurde ventilatie (DCV)
- ...

Voor bestaande gebouwen systemen C of D

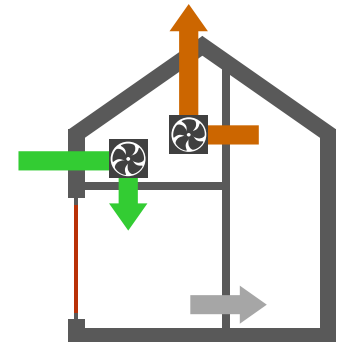
- C

- Energiebesparing via DCV
- Minder kanalen
- Regeling onafhankelijk ruimte per ruimte
- Centraal of decentraal



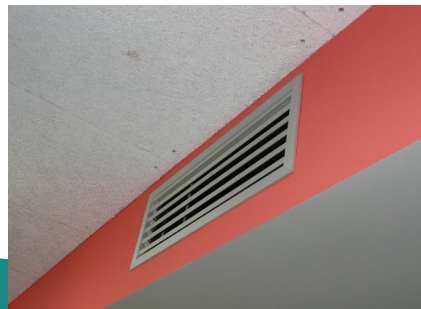
- D

- Energiebesparing via RC (en DCV)
- Thermisch en akoestisch comfort
- Centraal of decentraal



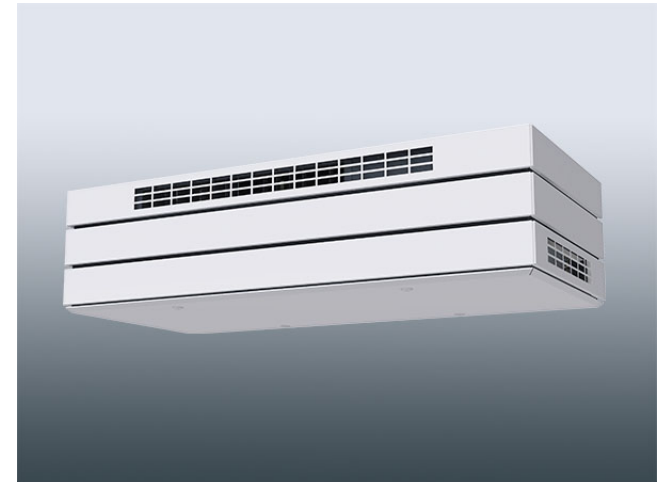
Klassieke C en D systemen

- C
 - Ruimte voor de groep
 - Toevoer in elk lokaal
- D
 - Ruimte voor de groep
 - Ruimte voor de kanalen



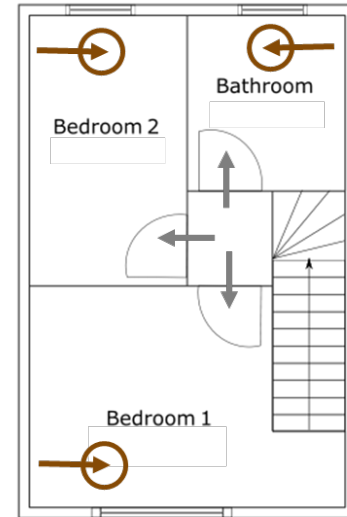
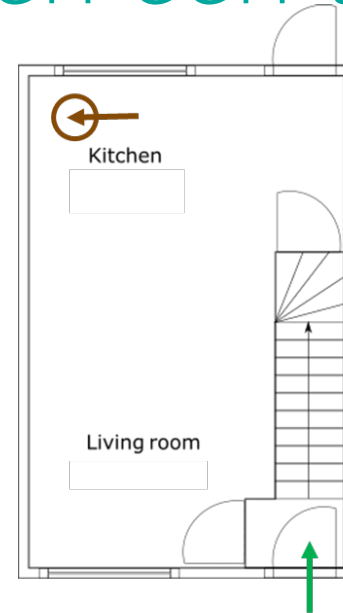
Alternatieve oplossing 1: decentrale D systeem

- Typische toepassing:
 - Klassen in scholen
- Voordelen
 - Weinig ruimte nodig
 - Makkelijk te installeren
 - Regeling (DCV) per lokaal
- Beperkingen
 - Schijnbaar
 - Vereist buitengevel



Alternatieve oplossing 2: systeem met overal afvoeren en één toevoer

- Typische toepassing
 - Klein gebouw / "huis"
- Voordelen
 - Makkelijker te integreren
 - Eenvoudige DCV-regeling 
 - Niet gevoelig voor luchtdichtheid
- Beperkingen
 - Toevoer via de gangen



Het ontwerp van het mechanische ventilatiesysteem is een compromis tussen verschillende criteria

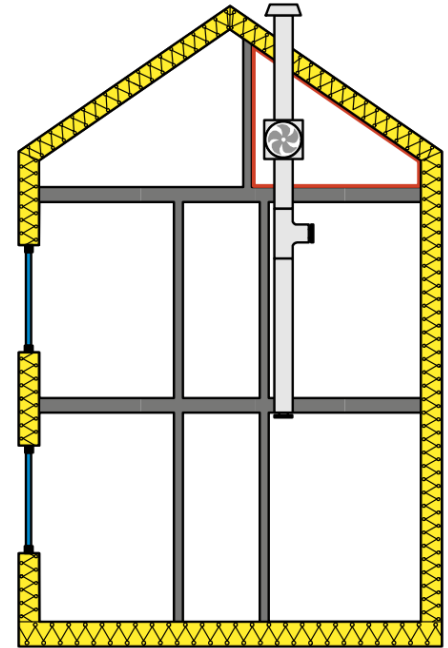
- Lage lichtsnelheden → akoestisch comfort
- Lage drukverliezen → laag elektrisch verbruik
- Beperkte ruimte
- Ventielen/diffusers voor een goede luchtverdeling
- Onderhoudsgemak
- Betaalbaar

Het ontwerp van het mechanische ventilatiesysteem houdt in:

- Kiezen van de locatie van het technisch lokaal voor de ventilator
 - En componenten: geluidsdempers, luchttoevoeropening, isolatie, enz.
- Dimensionering
 - Tracé van het kanalennetwerk
 - Diameters van de kanaalstukken en de componenten
- Keuze van de ventilator

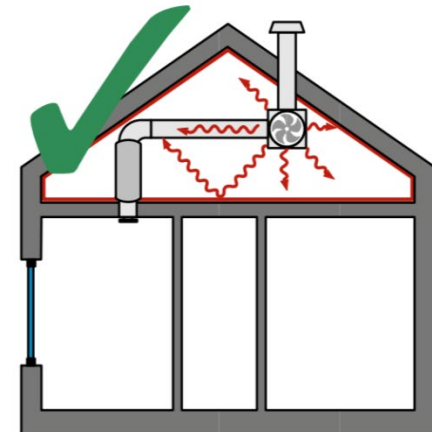
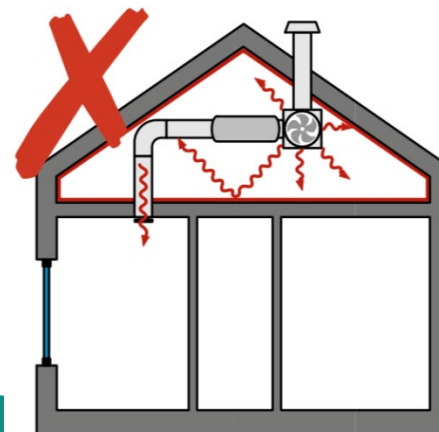
De plaats van de ventilatorgroep moet voldoen aan verschillende criteria

- In een afgesloten lokaal, met plaats voor geluidsdempers
- Centraal ten opzichte van de te bedienen lokalen
- Toegankelijk voor onderhoud
- Binnen het beschermd volume, waarbij de lengte van de kanalen van en naar buiten wordt beperkt
- Een voldoende afstand tussen de luchttoevoeropening en luchtafvoeropeningen



Plaats de groep in een afgesloten lokaal met voldoende plaats voor de geluidsdempers

- Gesloten technische ruimte
- Geluidsdempers
 - Toevoer en afvoer (systeem B, C en D)
 - Dichtbij de ventilatorgroep en bij de doorsteek door de muur
 - Grote debieten: geluidsdempers met baffles

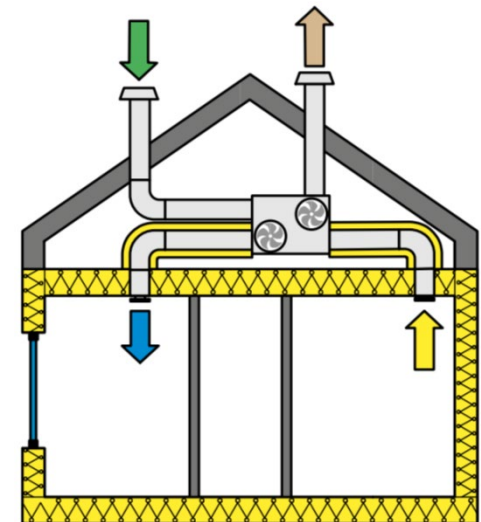
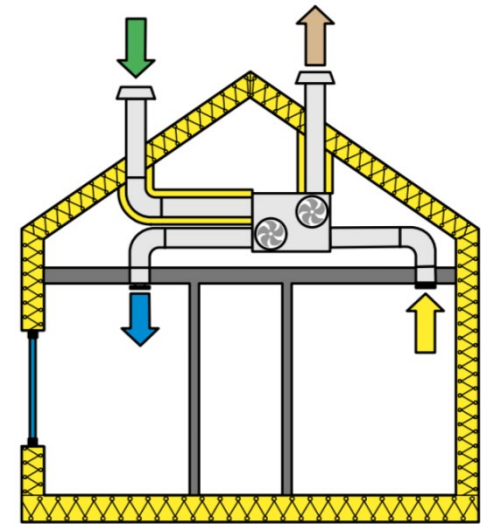


De ventilatiegroep moet toegankelijk blijven voor onderhoud

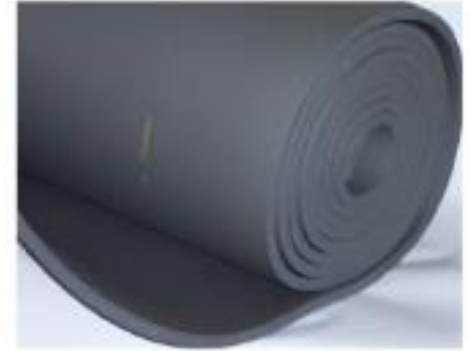
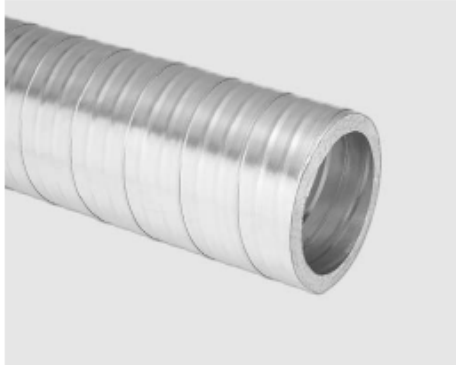


Welke kanalen moeten geïsoleerd worden?

- Groep binnen beschermd volume
 - Kanalen met verse lucht (van buiten)
 - Kanalen met vervuilde lucht (naar buiten)
- Groep buiten beschermd volume
 - Kanalen toevoerlucht (naar de ruimten)
 - Kanalen afvoerlucht (vanuit de ruimten)
- A en C: kanalen buiten BV (condensatierisico)



Er zijn meerdere oplossingen in de praktijk om kanalen te isoleren

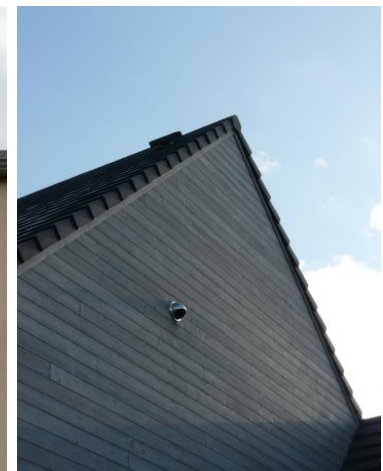
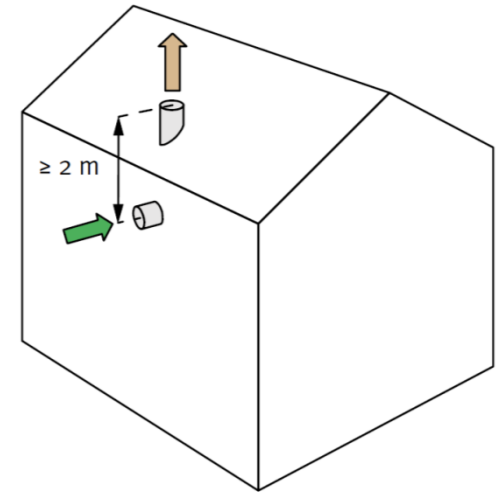


De plaats van de luchttoevoeropening is van belang om recirculatie van vervuilde lucht te voorkomen

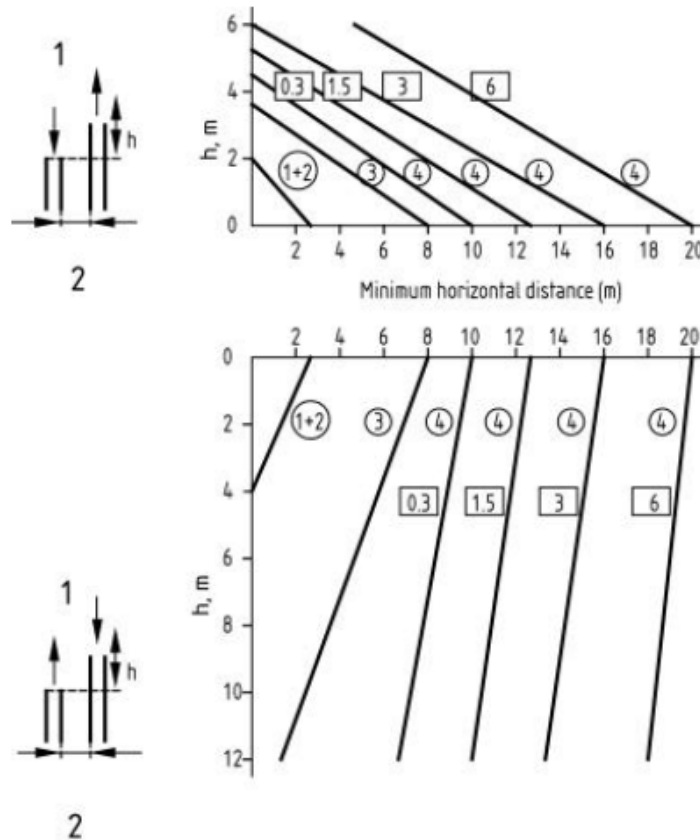


Voor afvoeren van ventilatie is een hoogteverschil van 2 m voldoende

- Vereenvoudigde regels
 - Toevoer 2 m lager dan alle andere afvoeren (ventilatie, dampkap, gasketel)
 - Op een andere gevel indien mogelijk
- Praktische voorbeelden
 - Luchttoevoeropeningen in een gevel en de afvoeren op het dak



Afstand tussen luchttoevoeropening en luchtafvoeren voor grote debieten: norm EN 13779



○ 3

□ 4

Légende

- 1 Distance verticale – Refoulement au dessus d'une prise d'air neuf (haut de la courbe)
- 2 Distance
- 3 Catégorie RJT
- 4 Débit dans l'orifice de refoulement en m^3/s
- A Distance minimale horizontale (m)

Figure A.1 — Distances minimales recommandées entre les orifices de refoulement et les prises d'air neuf

Doorstroomopeningen voor grote debieten



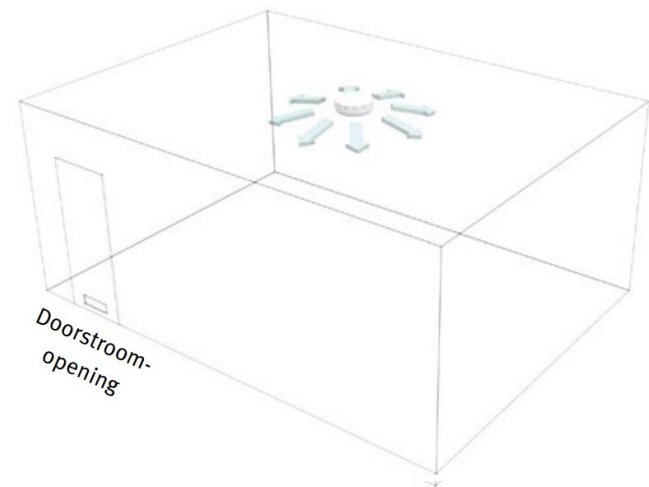
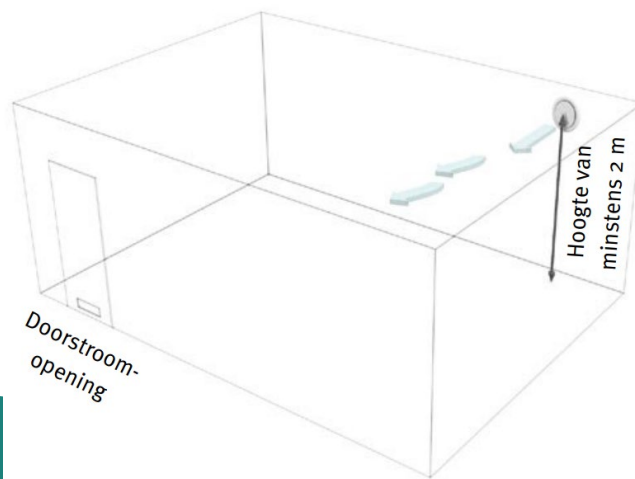
Toevoeropeningen voor C systemen

- Glasvervangend
 - Bovenop het schrijnwerkprofiel
 - Doorheen de muur
- Akoestiek



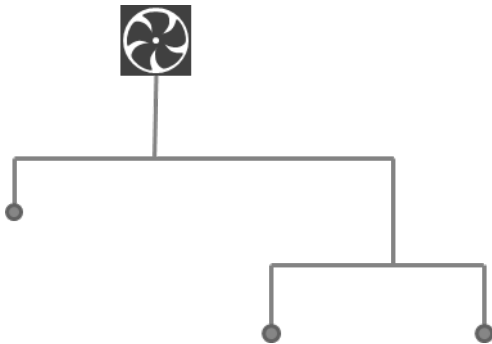
Mechanische toevoer: aantal en plaats van de ventielen/diffusers

- Grote ruimten: verdelen met meerdere diffusers
 - Betere verdeling
 - Beperken de snelheid in eindkanalen
- Kleine ruimten: plaats en keuze van ventielen
 - Ver van de afvoer
 - Buiten bezettingszone

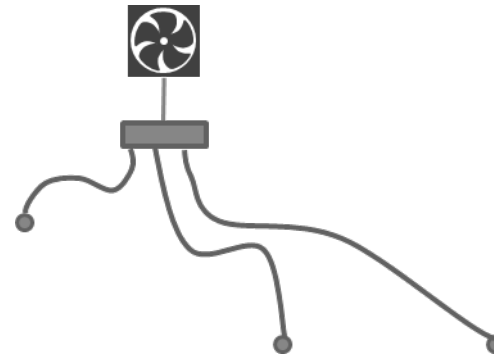


Kanaal dimensionering: er bestaat 2 verschillende systemen

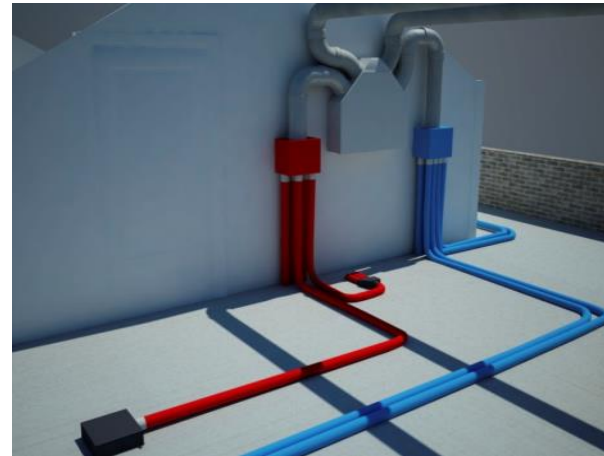
Vertakt netwerk



Netwerk met collector



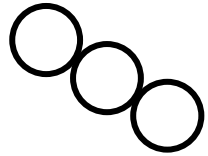
Er bestaan veel verschillende types kanalen



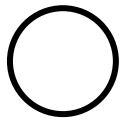
Maar let op zeer kleine diameters, zelfs bij meerdere parallelle kanalen

Meerdere semi-flexibele kanalen in parallel veroorzaken meer drukverliezen

- 3 kleine, ronde, gladde kanalen:
3 x $\varnothing 50$ mm, 75 m³/h (3.5 m/s)
→ 4.9 Pa/m



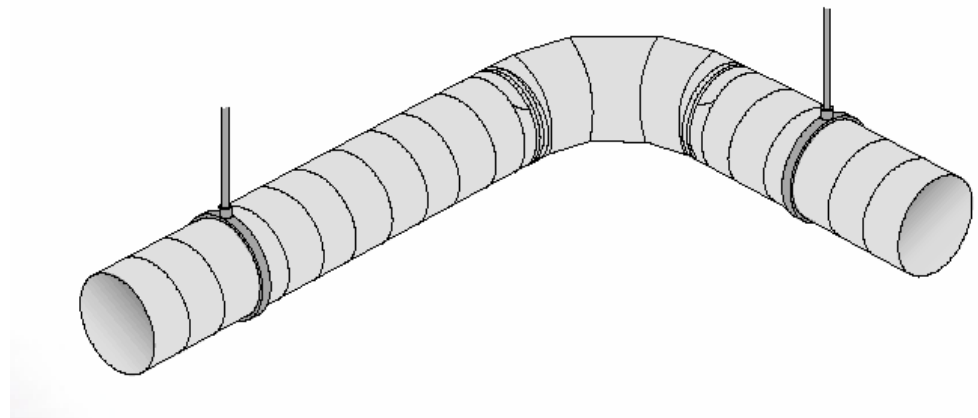
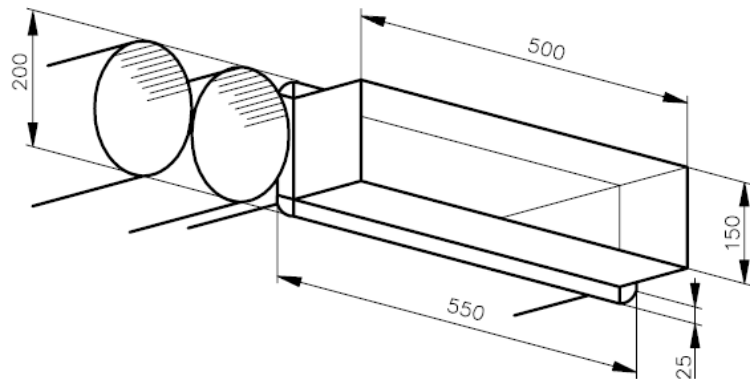
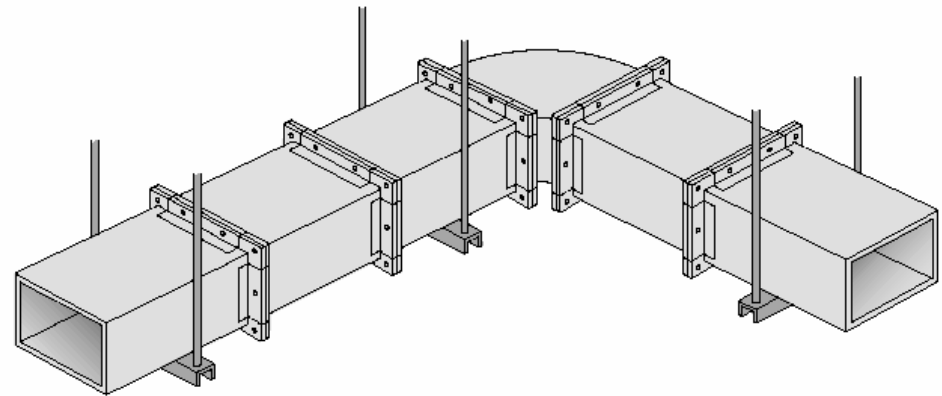
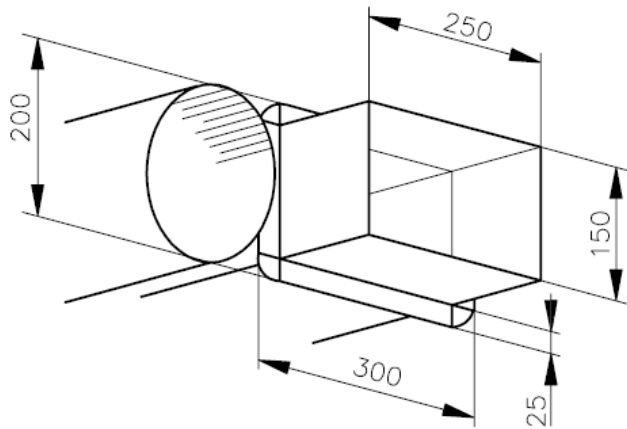
- 1 rond, glad kanaal:
1 x $\varnothing 87$ mm 75 m³/h (3.5 m/s)
→ 2.4 Pa/m



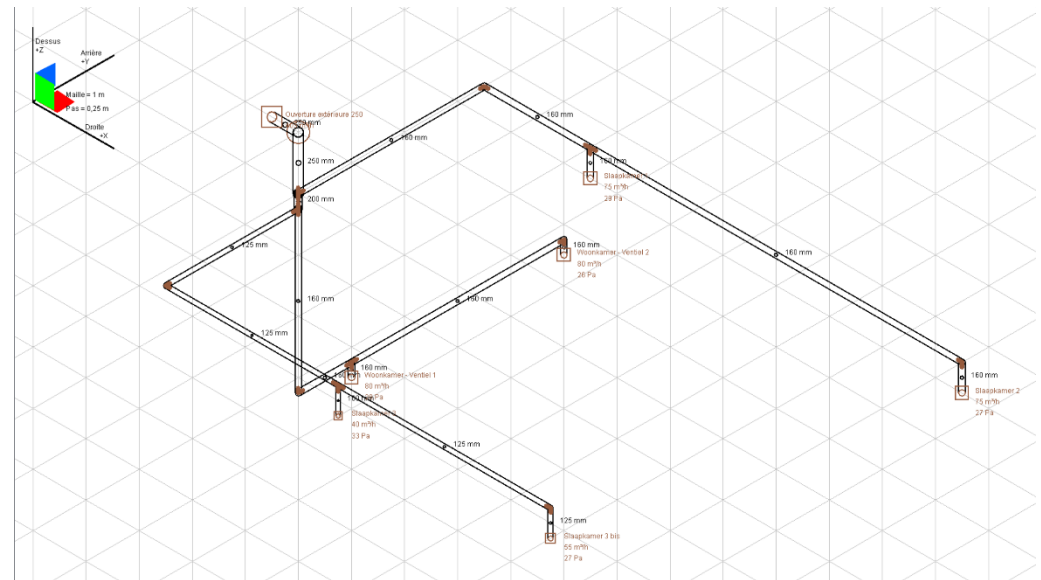
→ Gelijke snelheid, maar
drukverliezen 2 x hoger



Circulaire kanalen → minder drukverliezen en gemakkelijker te monteren dan rechthoeken



Ontwerp van “kleine” installaties zie TV 258 en Optivent tool



TV 258 en rekentool OPTIVENT

Luchtzuivering en Ventilatie

Waarom luchtzuivering in het kader van Covid?

- Luchtzuivering vermindert de hoeveelheid virus in de lucht van een lokaal
- Voorwaarden van luchtzuivering
 - Mobiele toestellen
 - Plug & Play
 - Geen kanalen, geen luchttoevoeropeningen
 - Gemakkelijker te installeren dan ventilatie

Twée categorieën luchtzuivering hebben invloed op Covid

- Captatie / filtratie
 - Deeltjes (met virus) worden in het apparaat vastgehouden en uit de lucht verwijderd
 - Bv. HEPA filters, elektrostatische precipitatie
- Inactivatie
 - Virusdeeltjes zijn beschadigd en kunnen de ziekte niet meer overdragen
 - Bv. UV-C, koude plasma

De globale efficiëntie van luchtzuiveringstoestel wordt gegeven door de CADR

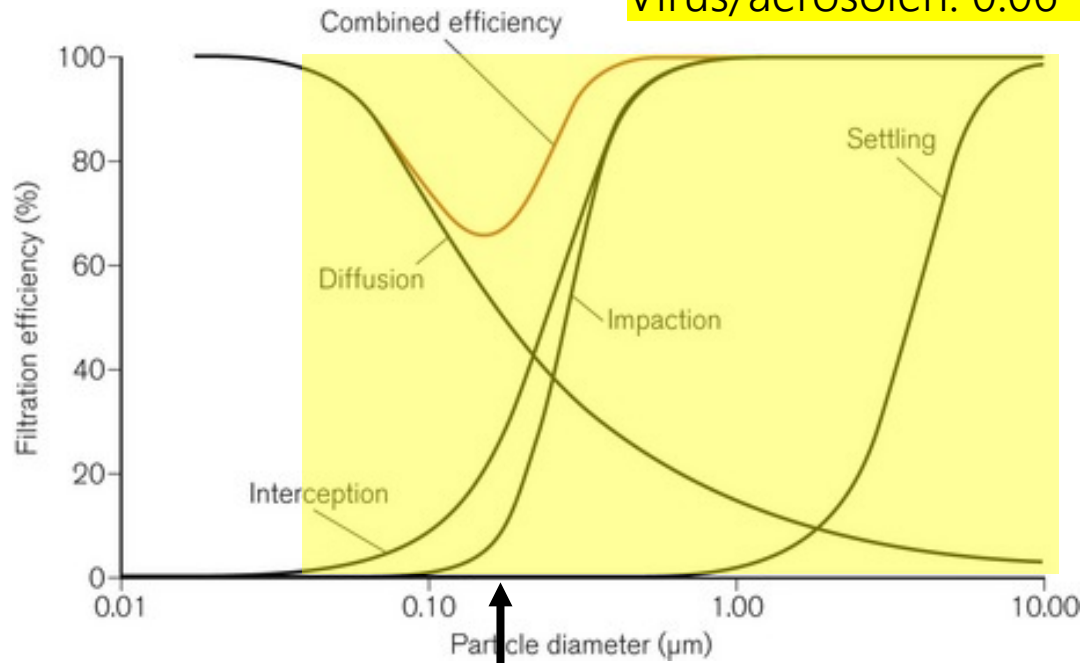
- CADR = Clean Air Delivery Rate
 - Luchtdebiet x efficiëntie (**voor een bepaalde pollutant**)
= hoeveelheid gezuiverde lucht geleverd (m^3/h) rekening houdend met de effectiviteit
- Geen internationaal gestandaardiseerde testmethode (ISO of EN)
 - Methode in USA: **ANSI/AHAM AC-1-2015**
 - Tabakrook ($0.1\text{-}1\mu\text{m}$), stoffen ($0.5\text{-}3\mu\text{m}$), pollen ($5\text{-}11\mu\text{m}$)
 - Methode in France: **NF-B44-200:2016**
 - 5 Gas, 1 bacterie + 1 schimmel, allergeen, PM $0.3\text{-}5\mu\text{m}$

De efficiëntie van zuivering door **captatie** meten?

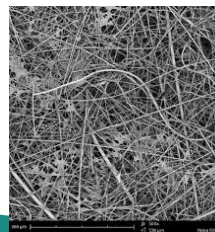
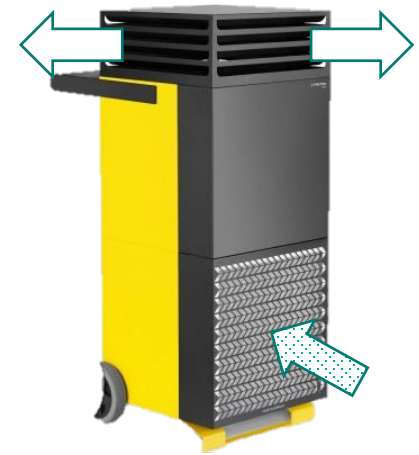
- Principe
 - Het virus is aanwezig in aerosolen
 - Als we de aerosolen opvangen, vangen we het virus op
- Directe meting van de CADR
 - Mogelijk in principe (methode USA of France)
 - Maar moeten de afmetingen van de geteste deeltjes aangepast worden (virus/aerosolen: 0.06-5 μ m)
- Indirecte meting van de filtratieefficiëntie
 - Norm EN 1822-1:2019
 - Filters HEPA klassen: H13 of H14

Captatie: HEPA filters

Virus/aerosolen: 0.06-50 μ m

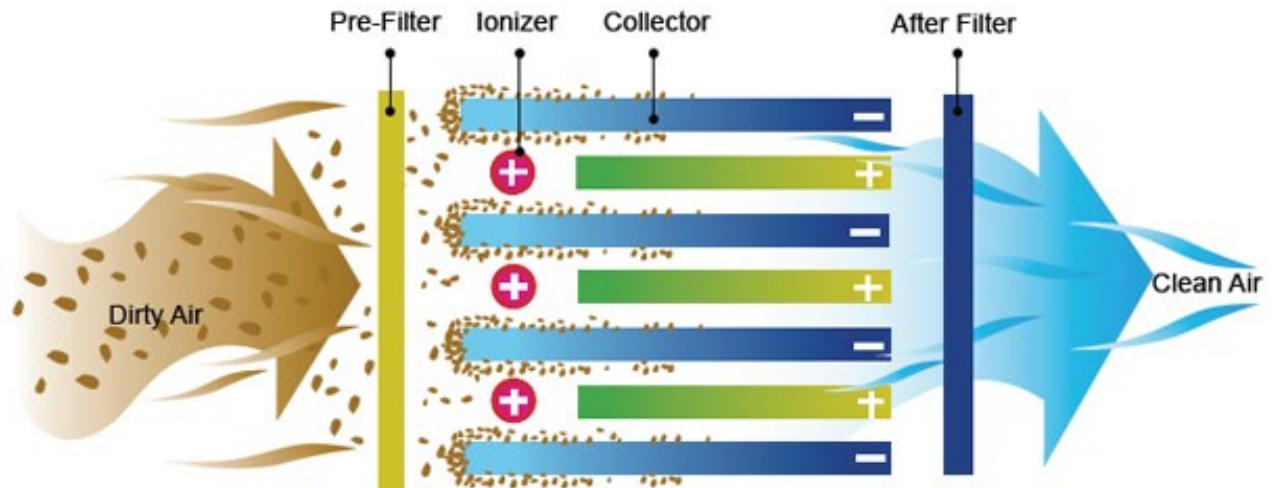


Most Penetrating Particle Size (MPPS): 0.2 μ m



Captatie: elektrostatische precipitatie

- Principe
 - Stap 1: ionisatie van lucht → + geladen deeltjes
 - Stap 2: geladen deeltjes worden op een collector vastgehouden
- Prestatie $\approx$ HEPA filtratie



De efficiëntie van zuivering door **inactivatie** meten?

- Uitdaging
 - Meting van de inactivatie van biologische materiaal
 - Specifiek voor het Covid virus (verschillend van organisme tot organisme!)
- Geen genormaliseerde meetmethode voor inactivatie
- In theorie, meting van de CADR mogelijk, maar **nood aan efficiëntiemeting**

Invactivatie: ultraviolet UV-C

- Principe
 - UV beschadigt genetisch materiaal (RNA)
- aandachtspunten
 - Bescherming van mensen tegen UV-stralen
 - Dosis
 - Contact tijd
 - ...

Luchtzuivering is specifiek voor een (groep van) pollutent(en)

- Covid: aerosolen captatie of inactivatie
- Verschillende luchtzuiveringstechnieken
 - Gas: actieve kool, oxidatie, fotokatalyse,...
 - Deeltjes: filtratie, elektrostatische precipitatie
 - Microbiologisch: UV, ...
- IAQ in het algemeen
 - Polluenten: bio-effluenten, vocht, materiaalemissies, stoffen, enz.
 - Luchtzuivering: combinatie van technieken nodig!
 - Ventilatie: alle pollutanten zijn verdund

Luchtzuivering biedt nog steeds extra uitdagingen

- Meting van efficiëntie
- Specifieke aan één enkel pollutant
- Akoestiek
- Mobiele toestellen
 - Aantal en verdeling in een ruimte
 - Gebruik van vloeroppervlakte
- Onderhoud
 - Filters, UV lamp, ...
 - Kost
 - Risico: nog erger als onbehandeld lucht recirculeerd is!



Ventilatie of luchtzuivering?

	Ventilatie	Luchtzuivering
Welke pollutanten?	Alle	Deeltjes (captatie) Biologisch (inactivatie)
Verplicht?	PEB + CODEX	/
Efficiëntie?	Debiet	CADR (toestel): Efficiëntie x debiet
Scundaire risico's?	In principe nee	By-products?
Onderhoud?	Regelmatig: filters Lange termijn: kanalen, groepen	Heel regelmatig: filters, UV lampen, enz.
Gemak van installatie?	Variabele omvang van het werk	Plug & Play
Investering?	Op lange termijn Duurzaam	Indien geen andere oplossingen?

→ **Complementaire oplossingen geval per geval!**

Ventilatie en luchtzuivering = verdunning!

