



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

Deze tekst kwam tot stand in de schoot van de taskforce ventilatie van het coronacommissariaat.

Leden van de werkgroep:

Sarah Benoy (Vlaanderen)
Benjamin Bienfait (FOD Economie)
Pieter Bolle (FOD WASO)
Samuel Caillou (WTCB)
Arnold Janssens (UGent)
Jelle Laverge (UGent)
Sofie Vandenbroeck (Vlaanderen)
Peter Wouters (WTCB)

Werden betrokken via de stuurgroep:

Pierre-Yves Badot (Regie der gebouwen)
Bart Bautmans (Vlaanderen)
Lois Bosson (Federatie Wallonië-Brussel)
Stijn Callebaut (Vlaanderen)
Guillaume Creusat (Bozar)
Brecht De Vos (Sport Vlaanderen)
Manu Dierckx (Vlaanderen)
Marc Francaux (UCLouvain)
Thomas Gilson (Federatie Wallonië-Brussel)
Vincent Hitabatuma (Federatie Wallonië-Brussel)
Anthony Kets (Vlaanderen)
Cindy Lemoine (Federatie Wallonië-Brussel)
Eric Lambert (Regie der gebouwen)
Erik Smeets (Vlaanderen)
Marianne Stranger (VITO)
Nathalie Snackers (DGOV)
Ellen Thielens (Vlaanderen)
Kim Vanderpoorten (Vlaanderen)
Stephane Vanreppelen (Bozar)
Alfred Volckaerts (FOD WASO)
Pierre Wilquet (Federatie Wallonië-Brussel)
Joerg Zimmerman (DGOV)

INHOUDSTABEL

1.	INLEIDING	3
2.	VENTILATIE, CO ₂ EN COVID-19	4
3.	IMPLEMENTATIEPLAN	5
3.1	STAP 1: Open ramen en/of buitendeuren waar mogelijk	7
3.2	STAP 2: Zijn er mechanische-ventilatiesystemen aanwezig?	7
3.3	STAP 3: Kent men het debiet aan verse lucht van de mechanische ventilatie?	8
3.3.1	STAP 3.1: <i>Debiet verse lucht gekend in kader van de codex over het welzijn op het werk</i> 8	8
3.3.2	STAP 3.2: <i>Bepaling debiet verse lucht via rechtstreekse debietmetingen</i>	8
3.3.3	STAP 3.3: <i>Raming van het debiet aan verse lucht op basis van gemeten CO₂- concentraties</i>	8
3.4	STAP 4: Bepaling van de nominaal toegelaten bezetting op basis van het ventilatiedebiet	10
3.5	STAP 5: Is er een CO ₂ -meter beschikbaar?	10
3.6	STAP 6: Is er minstens één CO ₂ -meter per ruimte?	11
3.7	STAP 7: Uitvoering van permanente CO ₂ -metingen	11
3.8	STAP 8: Is de CO ₂ -concentratie zelden hoger dan 900 ppm?	11
3.9	STAP 9: Maatregelen bij permanente CO ₂ -metingen waarbij soms hoge CO ₂ -concentraties vastgesteld worden	11
3.10	STAP 10: Steekproefsgewijze CO ₂ -metingen	11
3.11	STAP 11: Zijn de steekproefsgewijze metingen van de CO ₂ -concentraties voldoende laag? 12	12
3.12	STAP 12: Maatregelen indien onvoldoende lage CO ₂ -waarden bij steekproefsgewijze metingen	12
3.13	STAP 13: Ramen en deuren altijd openhouden	12
3.14	STAP 14: Acties als de situatie OK is	13
3.15	STAP 15: Actieplan voor het verbeteren van de ventilatievoorzieningen op langere termijn 14	14
3.16	STAP 16: Luchtzuivering	14
4.	CHECKLIST	14
	BIJLAGE 1: CHECKLIST	0
	BIJLAGE 2: TIPS VOOR HET CREËREN VAN EEN DRAAGVLAK	0
	BIJLAGE 3: BSOH-TOOL – HET VOORSPELLEN VAN DE EVOLUTIE VAN DE CO ₂ -CONCENTRATIE	1
	BIJLAGE 4: BEPALEN VAN DE NOMINALE BEZETTINGSGRAAD BIJ OPEN RAMEN EN BUITENDEUREN	3
	BIJLAGE 5: CODEX OVER HET WELZIJN OP HET WERK	5
	BIJLAGE 6: SPECIFIEKE AANDACHTSPUNTEN	7
	BIJLAGE 7: RELEVANTE DOCUMENTEN EN HYPERLINKS	8
	BIJLAGE 8: SYMBOLEN, EENHEDEN EN DEFINITIES	10

1. Inleiding

Dit document geeft advies voor een pragmatische aanpak van het implementatieplan voor de kortetermijnmaatregelen die een voldoende ventilatie kunnen garanderen in het kader van de COVID-19-pandemie. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat één of meerdere van de volgende beperkingen van toepassing kunnen zijn: onvoldoende CO₂-toestellen beschikbaar, lange procedures voor het bestellen en leveren van CO₂-meters, geen mogelijkheid om mechanische-ventilatiegebieten te meten ...

We willen erop wijzen dat ventileren en verluchten niet voldoende is en slechts één van de maatregelen is om ons te beschermen tegen COVID-19 (zie afbeelding 1). Naast de overdracht via aerosolen, zijn er nog andere belangrijke manieren van virusoverdracht, met name de rechtstreekse overdracht via grote druppels op korte afstand (< 1,5 m) en het contact met besmette oppervlakken. Bij deze andere manieren van virusoverdracht is de ventilatie dus niet betrokken. Het toepassen van andere maatregelen, ter aanvulling van de ventilatie, blijft dus noodzakelijk: veiligheidsafstand, dragen van een mondmasker, veiligheidsschermen, ontsmetten van oppervlakken, wassen van de handen ...

Het is ook belangrijk om te benadrukken dat dit document zich **focust op kortetermijnacties**. Op langere termijn is het essentieel dat een goede binnenluchtkwaliteit permanent gegarandeerd kan worden in alle ruimten, alsook dat deze op een correcte wijze geventileerd kunnen worden.



Afb. 1 Maatregelen om jezelf en anderen te beschermen tegen COVID-19.

Bij de keuze van de maatregelen is het belangrijk om de preventiehiërarchie te bewaken:

- vermijd het risico: kan een bijeenkomst elektronisch plaatsvinden, doe dit dan. Kan een activiteit buiten georganiseerd worden, dan biedt dit meer zekerheid dan binnen
- technische maatregelen: ramen en deuren openen, ventilatiesystemen, luchtzuivering ...
- administratieve maatregelen: aangepaste bezettingsgraad
- informatie voorzien voor medewerkers, vrijwilligers, deelnemers en klanten.

2. Ventilatie, CO₂ en COVID-19

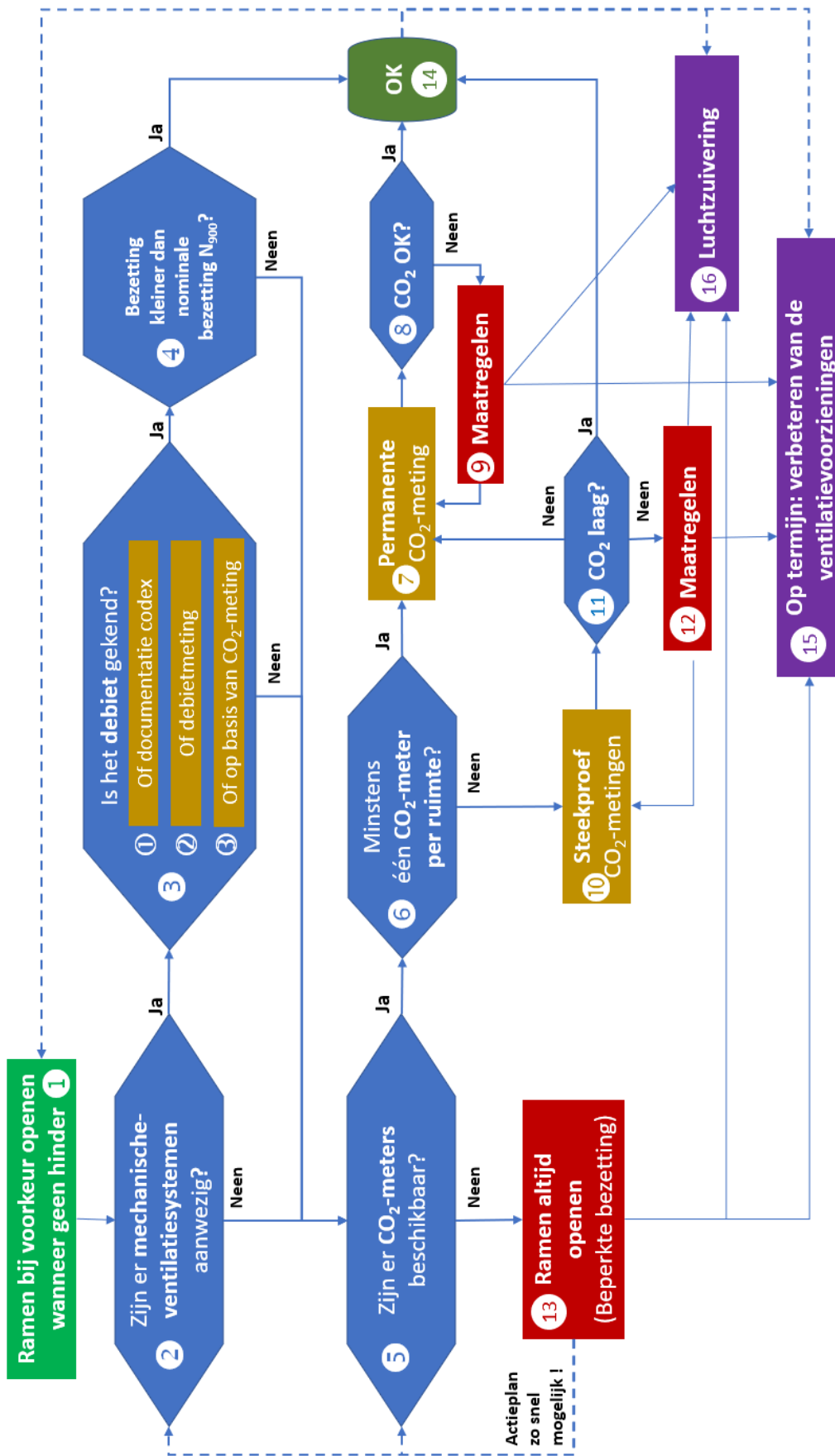
- Ventilatie is een doeltreffend middel om het risico op een COVID-19-besmetting door aerosolen te verminderen.
- Via de ademhaling komen er aerosolen vrij, die virussen bevatten als de persoon besmet is. Tegelijkertijd wordt er CO₂ uitgeademd, een gas waarvan de concentratie in de lucht eenvoudig gemeten kan worden. De CO₂-concentratie wordt daarom vaak gebruikt als indicator voor het ventilatiedebiet in ruimten waar personen in aanwezig zijn. Door het gebruik van mondklappers zal men de verspreiding van aerosolen in de ruimte kunnen beperken bij een gelijkblijvende CO₂-productie.
- Bij het uitademen, komt er CO₂ vrij. Bij een rustige activiteit (1,2 MET) is dit ongeveer 20 l/uur. Meer informatie over de impact van de activiteit en van de MET-waarde op de CO₂-productie kan men terugvinden in BIJLAGE 3.
- In een ruimte met een permanente bezetting is er een eenduidige relatie tussen het verschil in CO₂-concentratie binnen en buiten en het ventilatiedebiet. Tabel 1 geeft de resultaten weer voor een rustige activiteit.
- Voor het risico op virusoverdracht via aerosolen bestaat er geen drempelwaarde voor het ventilatiedebiet, de luchtverversingsgraad of de CO₂-concentratie waarmee men het risico op besmetting kan uitsluiten. Hoe meer ventilatie er voorzien wordt, hoe kleiner het risico wordt.
- Naast het ventilatiedebiet zijn er nog andere factoren die een grote invloed hebben op het risico op virusoverdracht, met name: het aantal blootgestelde personen in een ruimte, het aantal besmette personen in deze ruimte, de duur van de blootstelling, het stemgebruik (zingen, roepen) ...
- Om dit risico te beperken door middel van ventilatie, moet er in de eerste plaats gezorgd worden voor voldoende ventilatie in alle ruimten en moet er voorrang gegeven worden aan het nemen van corrigerende maatregelen in ruimten waar de ventilatie duidelijk onvoldoende is.
- Een CO₂-concentratie die lager is dan 900 ppm, wordt beschouwd als een aanvaardbare waarde om op maatschappelijk vlak de verspreiding van het virus via aerosolen beperkt te houden. In de praktijk kan men het niet of zelden overschrijden van 900 ppm voor een volwassene die een rustige activiteit uitoefent min of meer garanderen bij een ventilatiedebiet van 40 m³/h.persoon. Dit minimale ventilatiedebiet zal hoger zijn bij intensieve activiteiten, aangezien er dan meer CO₂ en dus ook meer aerosolen geproduceerd worden.
- Hoe lager de CO₂-concentratie, hoe kleiner het risico op besmetting door aerosolen.

Tabel 1 Relatie tussen CO₂-concentratie en ventilatiedebieten voor rustige activiteiten.

CO ₂ -toename t.o.v. buitenconcentratie	Indien CO ₂ buiten 400 ppm	Ventilatiedebiet (m ³ /h.persoon)
200	600	100
400	800	50
500	900	40
800	1.200	24
1.100	1.500	18

3. Implementatieplan

Het implementatieplan dat voorgesteld wordt in afbeelding 2, focust zich op kortetermijnmaatregelen die het toe moeten laten om een voldoende ventilatie te garanderen in het kader van de COVID-19-pandemie. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat één of meerdere van de volgende beperkingen van toepassing kunnen zijn: onvoldoende CO₂-toestellen beschikbaar, lange procedures voor het bestellen en leveren van CO₂-meters, geen mogelijkheid om op korte termijn mechanische-ventilatiegebieten te meten of een degelijk ventilatiesysteem te installeren ...



Afb. 2 Algemeen schema van het implementatieplan.

3.1 STAP 1: Open ramen en/of buitendeuren waar mogelijk

- **Open indien mogelijk de ramen en/of buitendeuren.** Het openen van ramen of buitendeuren zal bijdragen tot meer ventilatie en dient daarom zoveel mogelijk toegepast te worden waar dit mogelijk is. Wanneer deze openingen relatief groot zijn in verhouding tot de afmetingen van de ruimten, is er in principe maar een kleine kans op te hoge CO₂-concentraties.
- Het openen van ramen en deuren is niet altijd mogelijk of evident, zoals:
 - in situaties met een veiligheidsrisico, bv. banksector, musea, gevangenissen ...
 - in situaties waar de veiligheid van personen niet gegarandeerd kan worden, bv. psychiatrische centra ...
 - in situaties met veel buitenlawaai, druk verkeer ...
 - bij slechte weersomstandigheden (regen, wind ...)
 - voor de perioden of de ruimten waarin er actief verwarmd of gekoeld moet worden, kan het openen van ramen en/of buitendeuren het bereiken van het thermisch comfort bemoeilijken
 - wanneer men op basis van debiet- of CO₂-metingen (STAP 14) kan aantonen dat er voldoende ventilatie is zonder het openen van de ramen, is het sluiten van de ramen aanvaardbaar. Maar het blijft wel zinvol om de ramen maximaal open te houden wanneer dit geen hinder veroorzaakt.

- **Permanent of tijdelijk openen van ramen en buitendeuren?**

Het beste resultaat wordt bekomen bij het permanent openen van ramen en/of buitendeuren. Indien dit niet mogelijk is, kan men proberen om de ramen en/of buitendeuren te openen tijdens perioden van niet-bezetting, bv. vóór aanvang van het gebruik van de ruimte, tijdens rust- of speelpauzes ... In dat geval is een CO₂-monitoring wenselijk (STAP 7 of STAP 10).

Indien er geen ventilatiesysteem aanwezig is, kunnen de CO₂-concentraties snel oplopen als de ramen gesloten zijn.

- **Eén of meerdere openingen?**

Een grotere luchtverversing wordt meestal bereikt met meerdere openingen in verschillende buitengevels, zelfs als het om kleine openingen gaat. Indien een opening slechts mogelijk is in één gevel, kan een grotere opening noodzakelijk zijn. Het verdient ook de voorkeur om de openingen op verschillende hoogten te openen, voor zover dit mogelijk is.

- **Zijn open ramen en buitendeuren altijd nodig?**

Bij een goed werkend ventilatiesysteem kan men voldoende lage CO₂-concentraties (≤ 900 ppm) bekomen en is het niet strikt noodzakelijk om de ramen en/of buitendeuren te openen. Maar zoals eerder vermeld, is een lagere CO₂-concentratie altijd beter om het risico op besmetting te beperken.

3.2 STAP 2: Zijn er mechanische-ventilatiesystemen aanwezig?

Indien er mechanische-ventilatiesystemen aanwezig zijn met luchttoevoer en/of -afvoer in dezelfde ruimte, is het zinvol om het ventilatiedebiet te bepalen. Men bepaalt bij voorkeur het ventilatiedebiet in de hoogste stand en eventueel ook de debieten in andere standen.

Op basis van deze debieten kan dan een **nominale bezettingsgraad N_{900}** bepaald worden (STAP 4). Dit is het aantal personen dat permanent in de ruimte mag verblijven zonder dat er een (belangrijke) overschrijding van de toelaatbare CO₂-concentraties zal plaatsvinden en zonder de noodzaak om CO₂-metingen uit te voeren op voorwaarde dat de ventilatie correct gebruikt wordt.

3.3 STAP 3: Kent men het debiet aan verse lucht van de mechanische ventilatie?

Een bepaling van de ventilatiedebieten kan op meerdere manieren gebeuren:

1. indien er in het kader van de codex over het welzijn op het werk al een evaluatie uitgevoerd is, zal het debiet van de mechanische ventilatie normaal gezien gekend zijn (§ 3.3.1)
2. het is ook mogelijk om het debiet te meten met een debietmeter (§ 3.3.2)
3. een inschatting van het ventilatiedebiet kan ook gebeuren op basis van de evolutie van de CO₂-concentraties (§ 3.3.3).

BELANGRIJK: De debieten dienen bepaald te worden bij gesloten ramen en deuren, inclusief binnendeuren.

De codex over het welzijn op het werk moet verplicht nageleefd worden door werkgevers. De codex kan fungeren als een code van goede praktijk in alle andere gevallen.

3.3.1 STAP 3.1: Debiet verse lucht gekend in kader van de codex over het welzijn op het werk

In het kader van de codex over het welzijn op het werk moet elke werkgever beschikken over een risicoanalyse van de binnenluchtkwaliteit. De codex over het welzijn op het werk specificeert de maximale CO₂-concentraties of ventilatiedebieten. Als de voorziene CO₂-concentraties of ventilatiedebieten niet bereikt worden, moet er een actieplan toegepast worden. Zie BIJLAGE 6.

In ruimten met mechanische ventilatie is het meten van de Q_{mech} -debieten de eenvoudigste manier om de conformiteit met de codex over het welzijn op het werk aan te tonen.

3.3.2 STAP 3.2: Bepaling debiet verse lucht via rechtstreekse debietmetingen

De Q_{mech} -debieten dienen minstens bepaald te worden in de maximale stand en eventueel ook bij andere regelstanden.

Het correct meten van mechanische-ventilatiedebieten vereist geschikte apparatuur alsook de nodige competentie. Praktische informatie over meetapparatuur kan men terugvinden in [Mechanische-ventilatiedebieten opmeten « WTCB-Contact • WTCB](#) (in NL en FR).

In het Vlaamse Gewest is er in het kader van de EPB-wetgeving een systeem van erkende ventilatieverslaggevers, die in principe beschikken over de geschikte apparatuur alsook over de nodige competentie. Zie [Ventilatieverslaggever - Energiesparen](#)

3.3.3 STAP 3.3: Raming van het debiet aan verse lucht op basis van gemeten CO₂-concentraties

Als men niet over de nodige meetapparatuur voor debietmetingen beschikt en/of indien het niet evident is om de debieten te meten (grote ruimten ...), kan er op basis van de CO₂-concentratie

in een stationair regime een inschatting gemaakt worden van het mechanische-ventilatiedebiet Q_{mech} . Het is wel belangrijk dat de ramen en deuren gesloten zijn tijdens de meetperiode.

Indien de CO_2 -concentratie min of meer gestabiliseerd is bij bezetting, kan men het mechanische-ventilatiedebiet inschatten.

Voor rustige activiteiten is het mechanische-ventilatiedebiet $Q_{\text{mech}} = 20.000 * N / (\text{CO}_{2,\text{binnen}} - \text{CO}_{2,\text{buiten}})$ (m^3/h), waarbij N het aantal aanwezigen is. Deze formule geldt voor personen met een rustige activiteit (1,2 MET).

Tabel 2 geeft voor het gemeten CO_2 -verschil tussen binnen en buiten het overeenkomstige ventilatiedebiet per persoon. De nominale bezetting van de ruimte is dan gelijk aan het aantal aanwezigen N tijdens de meting, vermenigvuldigd met de factor uit tabel 2.

Tabel 2 Relatie tussen CO_2 -toename en het ventilatiedebiet per uur voor een rustig zittend persoon.

$\text{CO}_{2,\text{binnen}} - \text{CO}_{2,\text{buiten}}$	m^3/h
300	67
400	50
500	40
600	33
700	29
800	25
900	22
1.000	20
1.100	18
1.200	17
1.300	15
1.400	14
1.500	13
1.600	13

Belangrijke aandachtspunten en randvoorwaarden:

- een voldoende precieze Q_{mech} -debietbepaling is alleen mogelijk indien het verschil in CO_2 -concentratie groter is dan 300 ppm
- het is nodig om de evolutie van de CO_2 -concentratie regelmatig of voortdurend te monitoren, om te kunnen vaststellen of men effectief een stationair regime bereikt heeft. Indien er geen stationair regime bereikt wordt, kan deze methode NIET toegepast worden
- het is belangrijk dat de analyse uitgevoerd wordt door een persoon met de nodige ervaring
- indien men de keuze heeft tussen een rechtstreekse debietmeting (STAP 3.2) of een debietbepaling op basis van een CO_2 -meting (STAP 3.3), is de rechtstreekse debietmeting te verkiezen.

Voorbeeld van een debietbepaling op basis van CO_2 -metingen

Indien men in een zaal met mechanische ventilatie en met gesloten ramen en deuren voor 10 aanwezigen ($N = 10$) met een rustige activiteit in een stationair regime een verschil in

CO₂-concentratie tussen binnen en buiten van 400 ppm meet, is er een ventilatiedebiet van ongeveer 50 m³/h per persoon. Het totale mechanische-ventilatiedebiet Q_{mech} bedraagt dan:

- volgens tabel 2: $Q_{\text{mech}} = 10 * 50 = 500 \text{ m}^3/\text{h}$
- volgens formule: $Q_{\text{mech}} = 20.000 * 10/400 = 500 \text{ m}^3/\text{h}$.

Het is ook mogelijk om de debieten te ramen op basis van de afname en toename van de CO₂-concentraties, maar dit is een meer complexe methode die uitgevoerd dient te worden door een expert.

3.4 STAP 4: Bepaling van de nominaal toegelaten bezetting op basis van het ventilatiedebiet

In stap 3 wordt het mechanische-ventilatiedebiet Q_{mech} bepaald in m³/h. Gezien het streefdoel is om de CO₂-concentratie te beperken tot 900 ppm (of een toename van 500 ppm ten opzichte van de buitenconcentratie), komt dit voor rustige activiteiten overeen met een noodzakelijk ventilatiedebiet van 40 m³/h (zie bijlage 3).

De nominale bezetting N₉₀₀ (die permanent toegelaten is) voor rustige activiteiten bedraagt bijgevolg Q_{mech}/40:

- indien de effectieve bezetting N_{eff} niet groter is dan N₉₀₀, is er een zeer grote kans dat de CO₂-concentratie niet boven 900 ppm zal komen en kan men de situatie als OK beschouwen (→ STAP 14)
- indien de effectieve bezetting N_{eff} groter is dan N₉₀₀, zal 900 ppm mogelijkwijs wel overschreden worden en dient men over te gaan naar STAP 5. Wanneer CO₂-metingen niet mogelijk zijn, is een hogere bezetting alleen toegelaten op voorwaarde dat de ramen en deuren geopend kunnen worden en deze altijd open staan (STAP 13).

OPMERKING: Wanneer in het kader van de codex over het welzijn op het werk de nominale bezetting bepaald werd op basis van 1.200 ppm CO₂ (N₁₂₀₀), is het nodig om een correctie uit te voeren om de nominale bezetting N₉₀₀ te bepalen:

$$N_{900} = (900-400)/(1200-400) * N_{1200} = 0,625 * N_{1200}.$$

Voorbeeld

Kapper: indien er een mechanische ventilatie is met een Q_{mech}-debiet = 80 m³/h, is de nominale bezetting N₉₀₀ = 80/40 = 2 personen. Dit betekent dat er bij de kapper permanent 1 klant aanwezig kan zijn zonder dat er een te hoge CO₂-concentratie bereikt wordt.

3.5 STAP 5: Is er een CO₂-meter beschikbaar?

Wat de keuze en het gebruik van CO₂-meters betreft: zie document 'Keuze en gebruik van CO₂-meters in het kader van COVID-19'.

Als men over een CO₂-meter beschikt, kan men checken of 900 ppm niet overschreden wordt → STAP 6.

Als er geen CO₂-meters zijn, dient men over te gaan naar STAP 13.

3.6 STAP 6: Is er minstens één CO₂-meter per ruimte?

Het is ideaal om in elke ruimte minstens één CO₂-meter te hebben. Omwille van diverse redenen (budget, levertermijnen, marktaanbod ...) kan het evenwel mogelijk zijn dat men niet in elke ruimte een CO₂-meter kan plaatsen:

- 1) als er voor iedere ruimte wel een CO₂-meter beschikbaar is → STAP 7
- 2) als er niet voor iedere ruimte een CO₂-meter beschikbaar is → STAP 10.

3.7 STAP 7: Uitvoering van permanente CO₂-metingen

Indien men permanent de CO₂-concentratie in een ruimte meet **EN** indien men de concentratie ook effectief opvolgt, kan men zeer goed inschatten of er voldoende ventilatie is en dit zowel voor mechanische-ventilatiesystemen als voor natuurlijke ventilatie.

3.8 STAP 8: Is de CO₂-concentratie zelden hoger dan 900 ppm?

Indien JA:

- er is in principe voldoende ventilatie en er zijn geen bijkomende maatregelen nodig → STAP 14
- aangezien de CO₂-concentratie beïnvloed wordt door de bezetting, de weersomstandigheden en het gebruik van ramen en deuren is het wenselijk dat de concentraties regelmatig gecontroleerd worden.

Indien NEE:

- het is nodig om maatregelen te nemen → STAP 9.

3.9 STAP 9: Maatregelen bij permanente CO₂-metingen waarbij soms hoge CO₂-concentraties vastgesteld worden

Als de CO₂-concentratie regelmatig hoger is dan 900 ppm, zijn er maatregelen nodig. Het type en de omvang van de maatregelen kunnen variëren in functie van de ventilatiecontext, het niveau van de CO₂-concentraties ...:

- indien er een werkende mechanische ventilatie aanwezig is met een gekend debiet (zie STAP 4) en de installatie correct functioneert, zijn te hoge concentraties in principe te wijten aan het feit dat de effectieve bezetting N_{eff} groter is dan de nominale bezetting N_{900} . Bij te hoge concentraties moet men de bezetting beperken tot N_{900} of minder en/of moet men trachten de ventilatie te verhogen (het openen van ramen en/of deuren). Zodra de CO₂-concentratie lager dan of gelijk is aan 900 ppm, kan een bezetting N_{900} aangehouden worden. Te hoge CO₂-concentraties kunnen ook het gevolg zijn van een niet-correct gebruik van de ventilatie-installatie, een gebrekkig onderhoud ...
- indien er geen mechanische ventilatie aanwezig is, is er geen sprake van een nominale bezetting en zijn de mogelijke maatregelen: het openen van ramen en deuren, luchtzuivering (STAP 16) of het verlagen van de bezetting. Men moet dan permanent opvolgen of de genomen maatregelen al dan niet voldoende zijn. Men dient ook een planning uit te werken om de ventilatievoorzieningen te verbeteren (STAP 15).

3.10 STAP 10: Steekproefsgewijze CO₂-metingen

Niet-continue monitoring van de CO₂-concentratie kan een eerste indicatie geven over de luchtkwaliteit en de ventilatievoorzieningen.

Deze aanpak is nuttig als men wel gebruik kan maken van een CO₂-meter, maar wanneer er een onvoldoende beschikbaarheid is om alle ruimten met CO₂-meters uit te rusten (vanwege lange leveringstermijnen, beperkte budgetten ...).

Wat de steekproefsgewijze aanpak betreft, zijn er diverse mogelijkheden:

- a) **regelmatig een relatief korte meting** uitvoeren in de verschillende ruimten (bij voorkeur op het einde van een bezettingsperiode)
- b) **langere metingen per ruimte uitvoeren** (1 dag, 1 week ...) waarbij er telkens van ruimte veranderd wordt. Hiervoor gebruikt men bij voorkeur een CO₂-meter die een (grafisch ...) overzicht kan geven van de evolutie van de CO₂-concentratie
- c) **een combinatie van korte en langere meetperioden**, waarbij de korte meetperioden het toelaten om risicosituaties in kaart te brengen en om de impact van bepaalde maatregelen snel te beoordelen, en de langere meetperioden een meer globaal beeld geven van de ventilatie in een ruimte.

3.11 **STAP 11: Zijn de steekproefsgewijze metingen van de CO₂-concentraties voldoende laag?**

Er kunnen zich twee situaties voordoen:

1. **CO₂-concentraties zijn globaal laag tot zeer laag (500 - 700 ppm)**

Indien de gebruiksomstandigheden representatief zijn voor een maximale bezetting, is de kans op te hoge CO₂-concentraties relatief klein (**STAP 14**).

Het is dan wel belangrijk om de steekproefsgewijze CO₂-metingen verder te zetten. De frequentie van deze steekproefsgewijze CO₂-metingen hangt af van de gemeten CO₂-niveaus, de weersomstandigheden, de bezettingsgraad, het gebruik van de voorzieningen (open ramen en/of deuren) ...

2. **als de CO₂-concentraties regelmatig in de buurt liggen van 800 - 900 ppm of meer**

Indien er geen permanente mechanische ventilatie is, is de kans reëel dat (al dan niet op regelmatige basis) de CO₂-concentratie vaak hoger ligt dan 900 ppm. In dat geval is het nodig om over te schakelen op permanente CO₂-metingen – zie **STAP 7**.

Het is eveneens noodzakelijk om maatregelen te nemen → **STAP 12**.

3.12 **STAP 12: Maatregelen indien onvoldoende lage CO₂-waarden bij steekproefsgewijze metingen**

De te nemen maatregelen zijn in grote mate vergelijkbaar met de maatregelen bij permanente CO₂-metingen en te hoge CO₂-waarden (zie **STAP 9**).

Naarmate de steekproefsgewijze CO₂-waarden hoger zijn, hoe belangrijker een permanente CO₂-meting wordt. Indien dit praktisch niet mogelijk is, moeten de steekproefsgewijze metingen met een voldoende hoge frequentie uitgevoerd worden.

Indien er een permanente mechanische ventilatie aanwezig is, moeten er geen maatregelen genomen worden zolang de CO₂-concentratie niet hoger is dan 900 ppm.

3.13 **STAP 13: Ramen en deuren altijd openhouden**

Als men geen indicaties heeft over de ventilatie van de ruimte (geen debietmetingen bij mechanische ventilatie en geen meting van de CO₂-concentraties), zijn de volgende stappen van cruciaal belang:

- maximaal inzetten op het openen van ramen en/of deuren en indien er mechanische ventilatie beschikbaar is, deze op de maximale stand zetten

- het beperken van de bezetting, waarbij de volgende vuistregel gehanteerd kan worden:
 - o maximaal 4 personen per m² netto-opening van ramen
 - o maximaal 6 personen per m² netto-opening van buitendeuren
 De onderbouwing van deze regel, de berekening van de netto-oppervlakte alsook een meer verfijnde berekening, kan men terugvinden in BIJLAGE 4
- op korte termijn CO₂-metingen uitvoeren (STAP 5) of, in het geval van mechanische ventilatie, debietmetingen (STAP 2)
- het verbeteren van de ventilatie-installatie (STAP 15) en het eventueel toepassen van luchtzuivering (STAP 16).

3.14 STAP 14: Acties als de situatie OK is

Wanneer er op basis van de debietmetingen (STAP 4) of CO₂-metingen (STAP 8 en STAP 11) een behoorlijk grote zekerheid is dat de ventilatie voldoende is voor de bezetting, kan men veronderstellen dat de CO₂-streefwaarden zelden overschreden zullen worden.

De volgende aandachtspunten zijn hierbij belangrijk:

- bij mechanische ventilatie is het belangrijk dat de installatie tijdens de bezetting van de ruimte op dezelfde manier functioneert als tijdens de meting van het mechanische-ventilatie-debiet
- daarnaast is het aangewezen dat de installatie al enige tijd vóór de aanvang van de activiteiten in werking is, en dat ze na het beëindigen van de activiteiten ook nog een tijdje functioneert totdat de CO₂-concentraties voldoende laag zijn.

Indien men de activiteiten met geopende ramen kan uitvoeren zonder al te veel hinder (STAP 1), is dit aangewezen zodat de CO₂-concentraties verlaagd worden.

Wanneer de CO₂-richtwaarden enkel bereikt kunnen worden met geopende ramen of deuren, is het wenselijk om een actieplan uit werken om de ventilatie te verbeteren (STAP 15).

Een situatie kan men als in orde beschouwen wanneer:

- de volgende maatregelen genomen worden:
 - o waar mogelijk wordt er maximaal voorzien in natuurlijke ventilatie door het openen van ramen en deuren
 - o de systemen worden onderhouden en afgesteld zodat het debiet gemaximaliseerd wordt en er een aanvoer is van 100 % verse buitenlucht. De ventilatiesystemen zorgen voor voldoende voor- en na-ventilatie
- er minimaal de volgende resultaten aangetoond kunnen worden:
 - o ofwel kan er via ventilatie voor gezorgd worden dat de CO₂-concentratie doorgaans (> 95 % van de tijd) onder 900 ppm of 500 ppm boven de buitenluchtconcentratie blijft. Deze situatie wordt eveneens als in orde beschouwd indien men kan garanderen dat er voor elke aanwezige persoon in iedere ruimte 40 m³/h verse buitenlucht aangevoerd kan worden
 - o ofwel neemt men bijkomende maatregelen (specifieke mondmaskers, luchtzuivering ...) op basis van een risicoanalyse om ervoor te zorgen dat hoeveelheid aerosolen in de binnenlucht niet hoger ligt dan wanneer de ventilatie gebeurt conform de specificaties van dit document. In dat geval dient er alsnog voldoende ventilatie voorzien te worden zodat de CO₂-concentratie niet stijgt boven de 1200 ppm of 800 ppm boven de buitenluchtconcentratie. Deze situatie wordt eveneens als in orde beschouwd indien men kan garanderen dat er voor elke aanwezige persoon in iedere ruimte ten minste 25 m³/h verse buitenlucht aangevoerd kan worden.

3.15 STAP 15: Actieplan voor het verbeteren van de ventilatievoorzieningen op langere termijn

Indien er in een ruimte geen degelijke ventilatievoorziening aanwezig is en men enkel aan de CO₂-richtwaarden kan voldoen door het openen van ramen of deuren, is het wenselijk om een actieplan uit te werken om er op termijn voor te zorgen dat er ventilatievoorzieningen aanwezig zijn waarmee men een voldoende ventilatie kan bekomen, zonder dat het nodig is om de ramen en deuren te openen of de bezetting te verminderen.

Dit zal er trouwens ook voor zorgen dat de ruimten waarin werknemers actief zijn, beantwoorden aan de bepalingen uit de codex over het welzijn op het werk. Bovendien kan een degelijke ventilatie ook zorgen voor minder besmettingen bij griep of andere virussen, en ze kan eveneens een positieve invloed hebben op de prestaties van personen die aanwezig zijn in de ruimte.

Om het risico op een besmetting met COVID-19 in afgesloten ruimtes te verminderen, moet een hiërarchie van maatregelen in acht genomen worden:

- Verlucht en/of ventileer zo veel mogelijk, waarbij de luchtcirculatie zo veel mogelijk en indien mogelijk volledig wordt afgesneden en 100 % verse lucht wordt aangevoerd.
- Als het niet mogelijk is om de recirculatie van lucht uit de ruimte volledig af te sluiten, moet de toevoer van verse lucht maximaal verhoogd worden.
- Als het verhogen verhoging van het debiet van de verse lucht niet voldoende is, moet de technische haalbaarheid van het installeren van een centraal filtratiesysteem worden onderzocht.
- Zorg bij renovatie of de plaatsing van een nieuw systeem voor een gecentraliseerde luchtfiltratie.

3.16 STAP 16: Luchtzuivering

Het gebruik van luchtzuiveringstoestellen als aanvulling op de ventilatie, biedt mogelijkheden in het kader van de COVID-19-pandemie om het besmettingsrisico verder te doen dalen, maar dergelijke toestellen dienen aan specifieke eisen te voldoen. Hiervoor worden aparte richtlijnen uitgewerkt.

4. Checklist

In BIJLAGE 1 vindt men een checklist die als hulp kan dienen bij de evaluatie.

BIJLAGE 1: Checklist

Stap	Omschrijving	Vul in of omcirkel	Opmerkingen	Volgende stap
1.	Zorg voor een maximale natuurlijke ventilatie door ramen en deuren te openen.		Hou ook rekening met risico's in verband met (brand)veiligheid ...	2
2	Zijn er mechanische-ventilatiesystemen aanwezig?	Ja Nee		Ja: 3.1 Nee: 5
3.1	Debiet gekend in het kader van de codex over het welzijn op het werk?	Q_{mech} gekend Nee	Elke werkgever zou reeds moeten beschikken over een risicoanalyse van de binnenluchtkwaliteit.	Ja: de debieten zijn in principe gekend, ga naar stap 4 . Nee: 3.2
3.2	Voer in elke ruimte een debietmeting uit.	Q_{mech} wordt voor elke ruimte bepaald in m ³ /h.	Doe dit minstens op maximale stand en bij voorkeur ook op andere regelstanden. Dit moet gebeuren door een expert.	Kan bepaald worden: stap 4 . Kon niet (snel) bepaald worden: stap 3.3 .
3.3	Raam het debiet op basis van het verschil in CO ₂ -concentratie tussen binnen en buiten.	$Q_{\text{mech}} = 20.000 * N / (\text{CO}_{2,\text{binnen}} - \text{CO}_{2,\text{buiten}})$ (m ³ /h), waarbij N het aantal aanwezigen is. Deze formule geldt voor personen die een rustige activiteit (1,2 MET) uitoefenen.	Bekijk de verschillende voorwaarden waaraan voldaan moet worden opdat men deze methode mag gebruiken.	Kan bepaald worden: stap 4 . Kon niet bepaald worden: stap 5 .
4	Nominale capaciteit van elke ruimte	$N_{\text{eff}} =$ $N_{900} = Q_{\text{mech}}/40 =$	= aantal personen dat permanent aanwezig mag zijn zodat 900 ppm CO ₂ niet overschreden wordt	Indien $N_{\text{eff}} \leq N_{900}$: stap 14 Indien $N_{900} \leq N_{\text{eff}} \leq N_{1200}$: stap 4.1

			N_{eff} is de effectieve bezetting.	Anders: stap 5
4.1	Indien conformiteit met de codex over het welzijn op het werk mogelijk is op basis van 1200 ppm.		Indien N_{1200} gekend is: $N_{\text{eff}} = 0,625 * N_{1200}$ Ofwel: een bijzondere risicoanalyse wijst uit dat er een evenwicht gevonden wordt tussen de afmetingen van de ruimte, de mate van ventilatie, de luchtvochtigheid, de activiteit, het al dan niet dragen van mondklappers en het type mondklapper en de tijdsduur dat men aanwezig is.	Ga naar stap 5 .
5	Zijn er CO ₂ -meters beschikbaar?		Overweeg het aankopen, huren of lenen van CO ₂ -meters. Er is een afzonderlijk document beschikbaar over CO ₂ -meters en CO ₂ -metingen.	Ja: stap 6 Nee: stap 13
6	Is er een CO ₂ -meter beschikbaar voor iedere ruimte?			Ja: stap 7 Nee: stap 10
7	Monitor permanent het CO ₂ -gehalte.		Blijf de waarde monitoren en neem maatregelen. Bekijk de tabel onder deze checklist om dit op te volgen.	Bepalen waarde: stap 8 Bepalen maatregelen: stap 9 Als er voldoende vertrouwen is na een meetperiode: stap 14
8	Evalueer de CO ₂ -concentratie.	Ligt de CO ₂ -concentratie gedurende 95 % van de tijd lager dan 900 ppm?	Bij wisselende bezetting en wanneer er alleen natuurlijke ventilatie gebruikt wordt, is het nodig om deze metingen regelmatig te herhalen. Bekijk de tabel onder deze checklist om dit op te volgen	Indien OK: stap 14 Indien niet OK: stap 9
9	Neem bijkomende maatregelen.		Bij mechanische ventilatie:	Indien er bijkomende maatregelen genomen zijn: stap 7

			<ul style="list-style-type: none"> - de ventilatie aanvullen door het openen van ramen en/of deuren - de bezettingsgraad beperken. <p>Bij natuurlijke ventilatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bijkomend openen van ramen en deuren - een ventilatie-installatie en eventuele luchtzuivering overwegen - een actieplan opmaken. 	<p>Actieplan: stap 15</p> <p>Luchtzuivering: stap 16</p>
10	Monitor steekproefsgewijs het CO ₂ -gehalte.		<p>Er zijn diverse mogelijkheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - regelmatig een korte meting uitvoeren, in het bijzonder op het einde van een bezettingsperiode - metingen uitvoeren van 1 dag of 1 week per ruimte - een combinatie van bovenstaande mogelijkheden. 	<p>Evaluatie metingen: stap 11</p> <p>Bepalen maatregelen: stap 12</p> <p>Als er voldoende vertrouwen is na een meetperiode: stap 14</p>
11	Evalueer de CO ₂ -concentratie.	<p>CO₂-concentraties laag tot zeer laag (grootteorde van 500 tot 700 ppm)?</p> <p>CO₂-concentraties eerder hoog (≥ 750 ppm)?</p>	<p>Indien laag tot zeer laag bij een maximale bezetting: situatie OK, verder steekproeven nemen.</p> <p>Indien eerder hoog: overstappen op permanente metingen en bijkomende maatregelen nemen.</p>	<p>Indien laag tot zeer laag: stap 14</p> <p>Indien eerder hoog: stap 12</p>
12	Maatregelen bij onvoldoende lage CO ₂ -concentraties tijdens steekproefsgewijze metingen		<p>Indien mechanische ventilatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ventilatie aanvullen door het openen van ramen en/of deuren - de bezettingsgraad beperken. <p>Indien natuurlijke ventilatie:</p>	<p>Neem maatregelen en meet direct opnieuw: stap 10</p> <p>Actieplan: stap 15</p> <p>Luchtzuivering: stap 16</p>

			<ul style="list-style-type: none"> - het bijkomend openen van ramen en deuren - het inzetten van luchtzuivering - een actieplan opmaken. <p>Evalueer deze ruimte onmiddellijk opnieuw via een permanente meting</p>	
13	Steeds ramen openen als tijdelijke oplossing		<ul style="list-style-type: none"> - maximaal inzetten op het openen van ramen en/of deuren. - de bezettingsgraad beperken conform tabel 3 (bijlage 4) - onmiddellijk compenserende maatregelen nemen, zoals het continu dragen van mondklappers in afwachting van verdere maatregelen - op korte termijn CO₂-metingen uitvoeren of, in het geval van mechanische ventilatie, debietmetingen. 	Maatregelen nemen: stap 15 + 16 Indien ventilatiesysteem: stap 2 Indien natuurlijke ventilatie: stap 5
14	Situatie is OK, maar bijkomende maatregelen kunnen zinvol zijn.		<p>Situatie is aanvaardbaar, maar het is zinvol om bijkomende maatregelen te overwegen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ramen en deuren openen waar mogelijk - bij natuurlijke ventilatie een mechanische ventilatie en een eventuele luchtzuivering voorzien 	
15	Verbeteren van de ventilatievoorzieningen.		Actieplan opstellen om ventilatievoorzieningen te voorzien, zodat er geventileerd kan worden zonder het openen van ramen of deuren. Dit zal	Permanente metingen: stap 7

			een positieve invloed hebben op de prestaties van de aanwezigen en besmettingen verminderen bij griep of andere infectieziekten. Bovendien kan er dan bij alle weersomstandigheden correct geventileerd worden.	Steekproefsgewijze metingen: stap 10 Herevaluatie: stap 2
16	Bijkomende luchtzuivering voorzien		Zie specifieke richtlijnen.	

Indien er op basis van bovenstaand stappenplan permanente of periodieke CO₂-metingen uitgevoerd moeten worden:

Opvolgen van de ventilatie op basis van CO ₂ -metingen	
	Vul in
Er is een verantwoordelijke aangeduid voor de opvolging van de ventilatie/CO ₂ -metingen. Naam verantwoordelijke?	
Er worden op regelmatige basis controle-CO ₂ -metingen uitgevoerd en de resultaten worden bijgehouden in een logboek.	
Er wordt opvolging voorzien als er in ruimten herhaaldelijk overschrijdingen vastgesteld werden.	
Omschrijf welke acties er ondernomen werden.	

BIJLAGE 2: Tips voor het creëren van een draagvlak

Hoe creëer je een groot draagvlak en zorg je ervoor dat heel je organisatie meewerkt aan een goede ventilatie. Enkele tips!

Informeer iedereen over het nut van ventileren en verluchten. Welk ventilatiesysteem is er aanwezig in het gebouw? Wat kunnen de werknemers zelf doen rond ventilatie? Maak bv. afspraken over het openen van ramen en/of deuren en communiceer deze aan iedereen.

Moedig het gebruik van CO₂-meters aan en stel ze ter beschikking. Organiseer een opleiding over het gebruik van CO₂-meters. Geef tips om de CO₂-meter te gebruiken in je organisatie. Bespreek de ervaringen in verband met het gebruik van deze CO₂-meters.

Onderneem actie als de CO₂-meters vaak hoge waarden aangeven of in het oranje/rood gaan. Onderzoek wat de oorzaken zijn:

- in het geval van natuurlijke ventilatie zijn mogelijke oorzaken: ontoereikende ventilatiemogelijkheden, ramen die gesloten worden vanwege straatlawaai ... Voor meer informatie, zie [‘Het effect van het gebruik van een CO₂-meter op het ventilatie-en verluchtingsgedrag in de klas’](#).
- mogelijke problemen met mechanische-ventilatiesystemen zijn: verstopte filters, te weinig ventilatiedebiet, slechte afregeling, ventilatiesysteem is uitgeschakeld, te lage stand van het systeem, bij systeem C staan de roosters toe of zijn ze afgeplakt, onvoldoende luchtdoorstroming bij gesloten binnendeuren ... Bij een installatie met CO₂-sturing is het mogelijk dat de instellingen aangepast moeten worden. Kijk de volgende zaken na: is jouw systeem van het type C of D? Werk je met een vraaggestuurd systeem en met welke factoren houdt het systeem rekening, bv. CO₂-gehalte, bezettingsgraad of andere factoren? Is het aanpasbaar per klas of aanpasbaar voor een deel van de school of wordt het centraal afgeregeld? Contacteer indien nodig de onderhoudsfirma.

Maak afspraken rond de bezettingsgraad van de ruimten

Stel een verantwoordelijke aan voor het ventilatiebeleid. Stel een verantwoordelijke aan voor de werking van het ventilatiesysteem.

Duid een aanspreekpunt aan voor klachten dat eveneens ondersteuning biedt omtrent ventileren en verluchten, inclusief het gebruik van de CO₂-meter.

Maak afspraken met de poetsdienst over het reinigen van de ventilatieroosters en ventilatieopeningen. Neem dit op in hun planning.

Maak afspraken omtrent het onderhoud van het ventilatiesysteem. Bepaal in het onderhoudsschema (en -contract) de frequentie van het nazicht en de vervanging van onderdelen (bv. filters).

BIJLAGE 3: BSOH-tool – het voorspellen van de evolutie van de CO₂-concentratie

De [rekentool CO_{2sim}](#) van de [BSOH](#) (*Belgian Society for Occupational Health* of de Belgische wetenschappelijke vereniging voor de arbeidshygiëne) laat toe om een inschatting te maken van de evolutie van de CO₂-concentratie in functie van de tijd. Hierbij zijn er een groot aantal variabelen die een rol spelen en die men kan selecteren in de rekentool.

De voornaamste variabelen zijn:

- het volume van de ruimte
- het ventilatiedebiet in m³/h
- het aantal aanwezige personen in de ruimte
- de CO₂-concentratie bij aanvang
- de karakteristieken van de aanwezige personen (volwassene/kind, activiteitsgraad).

Wat de impact van de activiteit op de CO₂-productie betreft, is de MET-waarde belangrijk. De MET-waarde (Metabool Equivalent) is voor volwassenen de hoeveelheid energie die een bepaalde fysieke inspanning kost ten opzichte van de hoeveelheid benodigde energie in rust. Eén MET komt overeen met de hoeveelheid energie die verbruikt wordt tijdens het stilzitten. Praktische waarden voor de MET, kan men onder andere terugvinden in: <https://nl.wikipedia.org/wiki/MET-waarde>

De CO₂-productie verandert lineair evenredig met de MET-waarde. De MET-waarde is één van de parameters in de rekentool.

Het gebruik van de tool is vrij eenvoudig. Bovendien kan men meerdere simulaties automatisch aan elkaar koppelen.

Voorbeeld

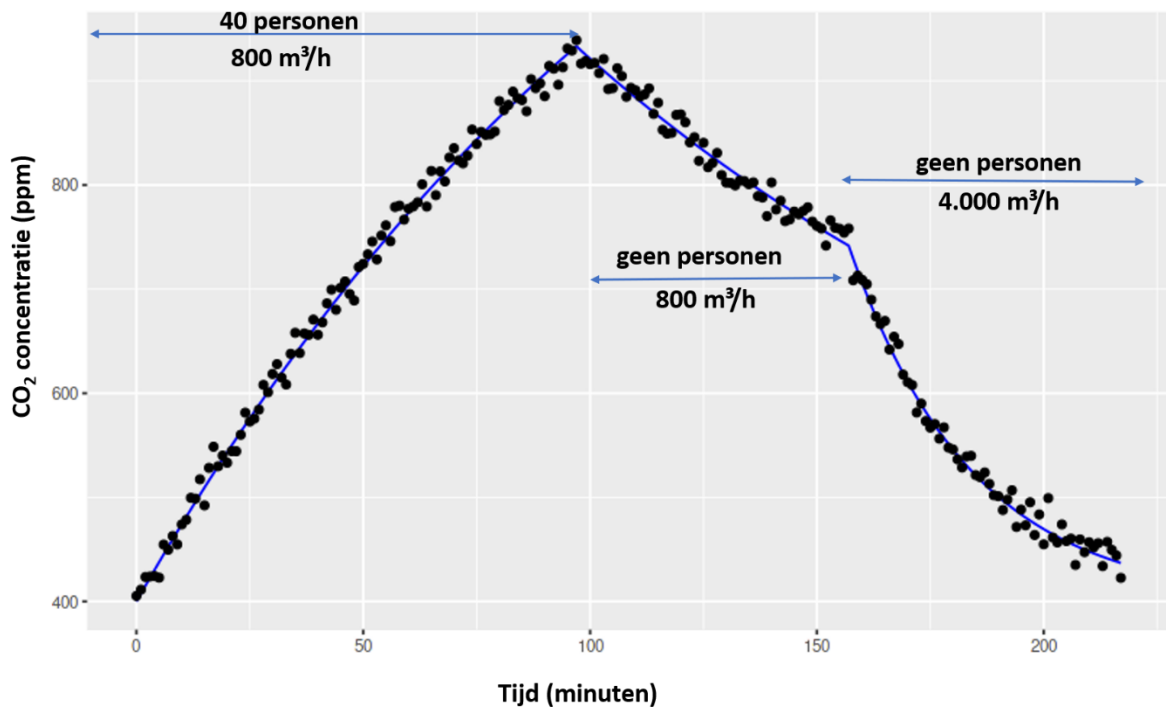
Indien $Q_{\text{mech}} = 800 \text{ m}^3/\text{h}$, is de nominale bezettingsgraad voor een rustige activiteit $N_{900} = 800/40 = 20$ personen. Een grotere bezetting is tijdelijk toegelaten op voorwaarde dat de CO₂-concentratie gemonitord wordt (**STAP 6**). Met de BSOH-tool CO_{2sim} kan men een raming maken van de maximale tijd waarin een grotere bezetting mogelijk is.

In afbeelding 3 ziet men de evolutie van de CO₂-concentratie wanneer er 40 personen aanwezig zijn in een ruimte die vrij groot is (20 m lang, 15 m breed, 6 m hoog = 1.800 m³) en er een mechanische ventilatie is van 800 m³/h ($N_{900} = 20$ personen).

Op basis van de simulatie kan men verwachten dat de CO₂-concentratie 900 ppm zal bedragen na ongeveer 90 minuten.

Wanneer de aanwezigen de ruimte verlaten en de ventilatie blijft werken (800 m³/h), daalt de CO₂-concentratie maar weliswaar vrij langzaam.

De grafiek geeft ook de evolutie weer van de CO₂-concentratie wanneer er na ongeveer 60 minuten zonder aanwezigen een intensieve ventilatie uitgevoerd wordt (het openen van ramen en/of deuren overeenstemmend met 4.000 m³/h). De CO₂-concentratie zal dan veel sneller terugkeren naar 400 ppm.



Afb. 3 De evolutie van de CO₂-concentratie met veranderlijke bezettingsgraad en ventilatiedebiet.

BIJLAGE 4: Bepalen van de nominale bezettingsgraad bij open ramen en buitendeuren

Indien er geen informatie over de mechanische-ventilatie debieten of over de CO₂-concentraties beschikbaar is, mag men alleen rekenen op de ventilatie door het openen van ramen en/of buitendeuren.

Het ventilatiedebiet is functie van vele parameters, zoals o.a. de windsnelheid, de binnen- en buitentemperaturen, de grootte en de positie van deze openingen ...

In het kader van dit document is een inschatting gemaakt op basis van de Europese norm EN 15242 waarbij de volgende aannames gehanteerd worden:

- het temperatuurverschil tussen binnen en buiten bedraagt 3 °C
- het is windstil weer
- elk raam op zich wordt geëvalueerd in de veronderstelling van dat alle openingen zich in dezelfde gevel bevinden.

De volgende formule kan dan gebruikt worden:

$$\text{Debiet (m}^3/\text{h)} = Q_{\text{open}} = 1800 * A_{\text{open}} * (0,0035 * H_{\text{open}} * (T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}}))^{0,5} \text{ met } T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}} = 3^{\circ}\text{C.}$$

$$\text{Debiet (m}^3/\text{h)} = Q_{\text{open}} = 184 * A_{\text{open}} * H_{\text{open}}^{0,5}.$$

De overeenstemmende nominale bezetting voor een rustige activiteit (1,2 MET) is:

$$N_{900} = N_{900,\text{formule}} = 4,6 * A_{\text{open}} * H_{\text{open}}^{0,5}.$$

De volgende eenvoudige vuistregel kan gebruikt worden:

- geopende ramen: $N_{900,\text{vuistregel}} = 4 * A_{\text{open}}$ (dit komt overeen met een openingshoogte van 75 cm)
- geopende deuren: $N_{900,\text{vuistregel}} = 6 * A_{\text{open}}$ (dit komt overeen met een openingshoogte van ongeveer 2 meter).

Tabel 3 geeft op basis van de formule voor geopende ramen een indicatie van de nominale bezetting voor een rustige activiteit in functie van de netto-openingsoppervlakte van een open raam (A_{open}) en van de hoogte van de opening (H_{open}).

Tabel 3 Toegelaten nominale bezetting voor elk permanent geopend raam of iedere permanent geopende buitendeur.

Hoogte opening H_{open}	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
$N_{900,\text{vuistregel}}$ per m ² netto-raamopening	3,3	4,6	5,6	6,5	7,3	8,0

Indien er meerdere ramen of buitendeuren zijn, dient de berekening voor elk raam en iedere buitendeur uitgevoerd te worden. Het is belangrijk te benadrukken dat men de netto-opening dient te nemen en niet de bruto-raamoppervlakte. Bij kipramen is A_{open} functie van de netto-opening bovenaan het raam L_{boven} , waarbij $A_{\text{open}} = L_{\text{boven}} * (H_{\text{open}} * B_{\text{open}})$.

Voorbeeld (zie tabel 4):

Een ruimte met 2 ramen en 1 buitendeur:

- Bruto-afmetingen:
 - draairaam: breedte 90 cm en hoogte 120 cm

- kipaam: breedte 90 cm en hoogte 120 cm
- buitendeur: breedte 90 cm en hoogte 202 cm
- Netto-openingen:
 - volledig geopend draairaam: netto-openingsbreedte $B_{open} = 80$ cm en netto-openingshoogte $L_{open} = 105$ cm $\rightarrow A_{open} = 0,8 * 1,05 = 0,84$ m²
 - kipaam: netto-openingsbreedte $B_{open} = 80$ cm en netto-openingshoogte $L_{open} = 110$ cm, veronderstel dat bovenaan de netto-opening 6 cm bedraagt $\rightarrow A_{open} = 0,06 * (0,80 + 1,10) = 0,11$ m²
 - volledig geopende buitendeur: breedte $B_{open} = 80$ cm en hoogte $L_{open} = 200$ cm: $\rightarrow A_{open} = 1,60$ m².

Tabel 4 Vergelijking tussen de berekening van de toegelaten nominale bezetting via de vuistregel en via de formule.

	A_{open} (m ²)	$N_{900, vuistregel}$	$N_{900, formule}$
Volledig open draairaam	0,84	3,4	4,0
Kipaam 6 cm netto-opening bovenaan	0,11	0,4	0,5
Volledig geopende deur	1,60	9,6	10,4
TOTAAL	2,55	13,4	14,9

De berekening via de formule zal in de meeste gevallen een iets grotere nominale bezetting geven dan bij gebruik van de vuistregel.

BIJLAGE 5: Codex over het welzijn op het werk

Toepassingsdomein van de codex over het welzijn op het werk

De eisen van de codex over het welzijn op het werk zijn van toepassing op alle ruimten waarin werknemers aanwezig zijn. De werkgever is er verantwoordelijk voor dat de ruimten voldoen aan de eisen uit de codex. Het spreekt vanzelf dat deze eisen in alle andere situaties als een code van goede praktijk gebruikt kunnen worden.

Eisen in de codex over het welzijn op het werk met betrekking tot de binnenluchtkwaliteit?

De codex over het welzijn op het werk legt limietwaarden op met betrekking tot de maximaal toegelaten CO₂-concentratie:

- in het algemeen: maximaal 900 ppm CO₂ of een maximale toename ten opzichte van de buitenconcentratie van 500 ppm. Dit komt voor rustige activiteiten overeen met 40 m³/h per persoon
- voor emissiearme ruimten: maximaal 1.200 ppm CO₂ of een maximale toename ten opzichte van de buitenconcentratie van 800 ppm. Dit komt voor rustige activiteiten overeen met 25 m³/h per persoon.

Voor de aanpak in kader van de codex over het welzijn op het werk, verwijzen we naar [de website van FOD WASO](#), en in het bijzonder naar [de praktijkrichtlijn](#) die als handleiding gebruikt kan worden bij het uitvoeren van de risicoanalyse.

In een eerste stap voert de werkgever een risicoanalyse uit. Hierbij gaat hij na welke factoren er allemaal een invloed hebben op de binnenluchtkwaliteit:

- ventilatie in de ruimte
- verontreiniging door de aanwezige personen
- verontreiniging door aanwezige toestellen of materialen
- verontreiniging afkomstig van het ventilatie-, luchtbehandelings- of verwarmingssysteem
- de kwaliteit van de toegevoerde (buiten)lucht.

Praktisch gezien pakt men dit aan via een snelle screening door: het verzamelen van de documentatie van het gebouw, het uitvoeren van visuele inspecties en het bevragen van de werknemers. Indien nodig, zal men berekeningen maken of eventueel metingen uitvoeren.

Na de risicoanalyse moet er tot actie overgegaan worden aan de hand van een actieplan waarbij de technische maatregelen ingepland worden (zoals het installeren van een ventilatiesysteem) en er organisatorische maatregelen genomen worden (zoals een adequaat onderhoud van de installaties en een juist gebruik van het gebouw en de infrastructuur).

Voor de uitwerking van de risicoanalyse en het actieplan zal de werkgever een beroep doen op de bevoegde interne of externe preventiedienst. Het sociaal overleg moet hierbij betrokken worden.

Toepassing in het kader van dit document

Conform de praktijkrichtlijn, kan men bij mechanische ventilatie voldoen aan de eisen uit de codex over het welzijn op het werk indien er 40 m³/h.persoon beschikbaar is (eis van 900 ppm)

of 25 m³/h.persoon (eis van 1200 ppm). Wanneer men het debiet van de mechanische ventilatie kent, kent men dus de nominale bezettingsgraad N₉₀₀ of N₁₂₀₀.

BIJLAGE 6: Specifieke aandachtspunten

In specifieke omstandigheden kan het onmogelijk zijn om een bepaalde ruimte of bepaalde werkplek snel te gaan aanpassen in overeenstemming met de hierboven bepaalde maatregelen. In dat geval zal men een evenwicht moeten zoeken tussen:

- de afmetingen van de ruimte
- de mate van ventilatie
- de luchtvochtigheid
- de activiteit en dus de ademhalingsfrequentie en -intensiteit
- het al dan niet dragen van mondmaskers en het type mondmasker
- de tijdsduur dat men aanwezig is.

Een ruwe grootteorde van het besmettingsrisico kan ingeschat worden met behulp van diverse rekentools, o.a. van [MIT](#) en [REHVA](#). Het is wel belangrijk om te benadrukken dat deze rekentools een grote onzekerheid hebben. Deze tools zijn vooral nuttig om het relatieve belang van de verschillende maatregelen onderling te vergelijken.

Er zal in elk geval bijzondere aandacht nodig zijn voor de gekoelde ruimten waarin gewerkt wordt, zoals de snijzalen in slachterijen en beenhouwerijen, bepaalde ruimten in de voedingssector zoals bij industriële bakkerijen, de productie van diepvriesvoeding ... In dergelijke gevallen zijn de risico's vaak groot omdat er met een systeem van constante luchtcirculatie gewerkt wordt met weinig of geen aanvoer van buitenlucht, er veel achtergrondlawaai is waardoor men meer roept en tot slot omdat het virus langer aanwezig blijft in koudere temperaturen.

Daarnaast moet men ook aandacht hebben voor de ventilatie in de wagen en de ventilatie in refters en ontspanningsruimten.

Bij het gemeenschappelijke vervoer van personen die niet onder hetzelfde dak wonen, is het belangrijk dat, als aanvulling op de bestaande richtlijnen, de ventilatie op de maximale stand staat en dat er zoveel mogelijk met geopende ramen (al dan niet op een spleet) gereden wordt.

BIJLAGE 7: Relevante documenten en hyperlinks

Federale overheid

- [Toelichting in verband met luchtverversing en binnenluchtklimaat](#)
- [Wetgeving: zie codex over het welzijn op het werk boek III titel I art. 34 en verder.](#)
- [Praktijkrichtlijn “binnenluchtkwaliteit in werklokalen”](#)
- HGR: [Advies 9616 - Ventilatie en overdracht van SARS-CoV-2 | FOD Volksgezondheid \(belgium.be\)](#)

Vlaams Gewest

Een overzicht van de inzichten, richtlijnen, sensibiliseringsmaterialen, technische richtlijnen, protocollen en procedures zoals deze gehanteerd worden in Vlaanderen, kan u terugvinden via de volgende hyperlinks:

- basisdocumenten waar inhoudelijk op afgestemd wordt in de diverse beleidsdomein en sectoren:
 - <https://www.zorg-en-gezondheid.be/binnenmilieu>
 - [Maatregelen voor een gezond binnenmilieu tijdens corona-epidemie - Zorg en Gezondheid \(zorg-en-gezondheid.be\)](#)
 - <https://www.zorg-en-gezondheid.be/binnenmilieu-in-wzc>
 - Meer specifiek:
 - [Luchtzuiveringstoestellen voor de beperking van airborne transmissie van COVID-19](#)
 - [Algemene maatregelen m.b.t. ventileren en verluchten tijdens corona](#)
 - [CO₂ als indicator voor COVID-19-risico](#)
 - [Tips voor een goede CO₂-meter](#)
 - [Ventileren, verluchten en CO₂-meting in publiek toegankelijke gebouwen](#)
 - [Standpunt CO₂-concentratie t.a.v. HGR-advies 9616](#)
- onderwijs:
 - [Coronamaatregelen: verlucht en ventileer voldoende je lokalen - Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming \(vlaanderen.be\)](#)
 - <https://www.zorg-en-gezondheid.be/binnenmilieu-op-school>
- omgeving:
 - [Bouw gezond - Departement Omgeving \(vlaanderen.be\)](#)
- Sport Vlaanderen:
 - [Wat zijn de maatregelen als je wil sporten? | Sport Vlaanderen](#)
 - [basisprotocol-sport.pdf](#)
- Facilitair Bedrijf:
 - [Veilige werkomgeving bij coronamaatregelen: Gebouwen en installaties | Vlaanderen Intern](#)
- jeugd en cultuur (basisprotocollen):
 - [Protocollen | Departement Cultuur, Jeugd & Media \(vlaanderen.be\)](#)
- luchtzuivering

- https://www.zorg-en-gezondheid.be/sites/default/files/atoms/files/Adviesvraag%20luchtzuivering-AZG-VITO_20201204.pdf

Duitstalige gemeenschap

- <https://beschaeftigung.belgien.be/sites/default/files/content/documents/Coronavirus/AllgemeinerLeitfaden.pdf>
- <https://beschaeftigung.belgien.be/de/themen/coronavirus/sicheres-arbeiten-waehrend-der-coronavirus-krise-allgemeiner-leitfaden>
- Bildung und Kinderbetreuung:
 - http://www.ostbelgienbildung.be/PortalData/21/Resources/downloads/coronavirus/20210324_Rundschreiben_Covid19_Bildung_und_Kinderbetreuug.pdf
- Jugend:
 - https://www.ostbelgienlive.be/PortalData/2/Resources/downloads/gesundheit/coronavirus/20210329_Rundschreiben_Jugendprotokoll.pdf
- Sport:
 - https://www.ostbelgienlive.be/PortalData/2/Resources/downloads/gesundheit/coronavirus/20210322_20210324Protokoll_Sport_DG.pdf
- Kultur:
 - https://www.ostbelgienlive.be/PortalData/2/Resources/downloads/gesundheit/coronavirus/RS_Kulturprotokoll_30112020.pdf

Documenten van specifieke sectoren

- [Schoolventilatiegids in tijden van COVID-19, Agoria](#)

Internationale hyperlinks

- SCOEH (*Swiss Centre for Occupational and Environmental Health*) ontwikkelde een tool om een snelle simulatie mogelijk te maken van de virusblootstelling in verschillende indoor scenario's. De tool kan je [hier](#) gratis downloaden, meer info over de tool vind je op de website van [SCOEH](#)
- [HSE \(UK\): Ventilation and air conditioning during the coronavirus pandemic](#)
- <https://ieq-ga.net/covid-19/information-center>
- <https://www.aivc.org/resources/faqs>
- <https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance/rehva-covid-19-guidance>

BIJLAGE 8: Symbolen, eenheden en definities

- **N₉₀₀**: nominale bezettingsgraad die permanent aangehouden kan worden indien de streefwaarde voor de CO₂-concentratie 900 ppm bedraagt (500 ppm boven de buitenconcentratie)
- **N₁₂₀₀**: nominale bezettingsgraad in het kader van de codex over het welzijn op het werk in situaties waar de limietwaarde 1.200 ppm bedraagt
- **N_{eff}**: effectieve bezettingsgraad van de ruimte
- **Q_{mech}**: debiet van de mechanische ventilatie (m³/h)
- **A_{open}**: de netto-oppervlakte van de openingen tussen de ruimte en de buitenomgeving [m²]
 - klassiek opengaande ramen: lengte * breedte
 - kipramen, klapramen ...: netto-afmetingen van de openingen
 - indien insectengaas: slechts 50 % van de oppervlakte in rekening brengen
 - openingen met lamellen: productgegevens gebruiken
- **H_{open}**: de nettohoogte van het opengaande deel van een raam of opening [m]
- **MET**: indicator met betrekking tot de metabolische activiteit (Metabool Equivalent)
- **Rustige activiteit**: een activiteit die overeenstemt met een MET-waarde van 1,2
- **Natuurlijke ventilatie**: alle vormen van ventilatie die geen gebruikmaken van mechanische ventilatie (infiltratie, ventilatieroosters, opengaande ramen en deuren)
- **Permanente CO₂-metingen**: er gebeurt altijd een continue CO₂-meting in de ruimte
- **Steekproefsgewijze CO₂-metingen**: er wordt slechts gedurende bepaalde perioden een CO₂-meting uitgevoerd. Dit kan zowel gaan om korte perioden voor ogenblikkelijke metingen of om metingen gedurende één of meerdere dagen.
- **CADR**: *Clean Air Delivery Rate* van een toestel voor luchtzuivering. De CADR geeft voor een bepaalde pollutant (meestal fijnstof) het debiet aan gezuiverde lucht weer dat het toestel inblaast. Dit komt overeen met het debiet aan buitenlucht (in m³/h) dat nodig zou zijn om dezelfde hoeveelheid pollutanten af te voeren als het luchtzuiveringstoestel.