

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIE: BASISPRINCIPES

LENTE 2024

Hoe ventileren?

Voorstelling van de verschillende systemen en hun
voor- en nadelen

Julie RENAUX

écorce
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



- ▶ Een overzicht geven van de energetische uitdagingen van ventilatie
- ▶ Voorstelling van de basisprincipes, van de 4 mogelijke ventilatiesystemen en hun uitvoeringen, en de voor- en nadelen ervan



INLEIDING

► **Uitdagingen**

- Ongunstige opties
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

HET VENTILATIENET

- Centralisatie/decentralisatie

ENERGIE



Gezondheid en comfort

- ▶ Hygiënische luchtverversing vereist om de kwaliteit van de binnenlucht te garanderen
 - Voor de bewoners/gebruikers
 - Voor het gebouw

Energie

- ▶ Ventilatie leidt tot energieverlies omdat de aangevoerde lucht een andere temperatuur heeft dan de omgevingslucht:

$$P [W] = 0,34 \cdot q_v \left[\frac{m^3}{h} \right] \cdot (T_{int} - T_{puls}) [K]$$

⇒ **Twee optimaliseringsassen om ventilatieverliezen te beperken**

- **De temperatuur van de aangevoerde lucht**
- **De debietregeling**



INLEIDING

- Uitdagingen
- **Ongunstige opties**
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

HET VENTILATIENET

- Centralisatie/decentralisatie

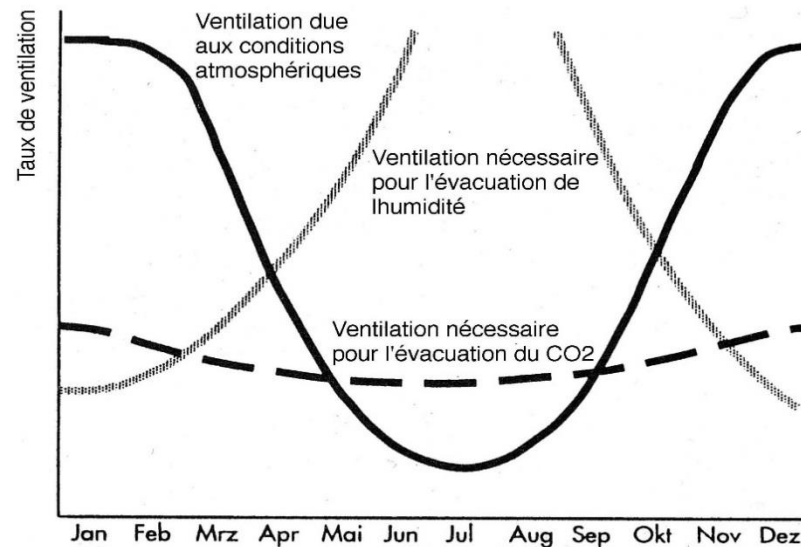
ENERGIE



Rekenen op de slechte luchtdichtheid van de gebouwschil



- ▶ Non-conform (EPB-regelgeving)
- ▶ Te wisselvallig: afhankelijk van de weersomstandigheden (windsnelheid en temperatuur)
- ▶ Debieten zijn meestal ontoereikend
- ▶ Impact op het verbruik en het comfort



Ventileren door de vensters te openen



- ▶ Non-conform (EPB-regelgeving), behalve bij intensieve ventilatie
- ▶ Actie van de mens
- ▶ Te grote en niet-continue debieten
- ▶ Impact op het verbruik en het comfort
- ▶ Verhoogd inbraakrisico
- ▶ Eventueel binnendringen van insecten en regen

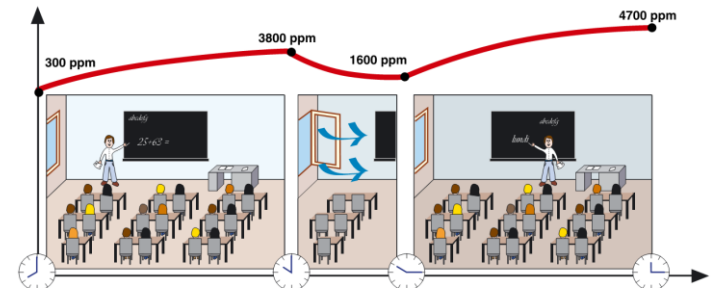
⇒ **Gebouw met hoge prestaties**
 ≠ **bouw zonder opengaande vensters**

NBN
13779 (2007)

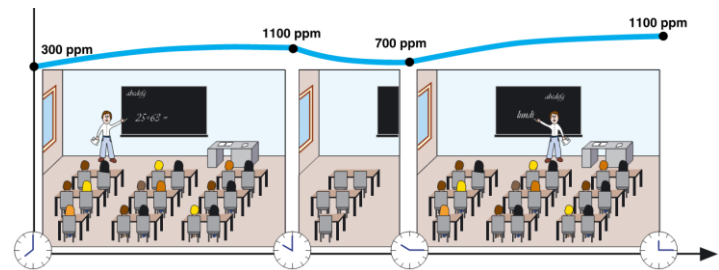
Tableau A.10 — Niveaux de CO₂ dans les pièces

Catégorie	Niveau de CO ₂ au dessus du niveau de l'air neuf en ppm _x	
	Plage type	Valeur par défaut
INT 1	≤ 400	350
INT 2	400 – 600	500
INT 3	600 – 1 000	800
INT 4	> 1 000	1 200

Voorbeeld van evolutie van CO₂-concentratie:
 Klas van 25 leerlingen, 2 uur les -> 15 min. pauze -> 2 uur les



'zonder ventilatie': infiltratie 0,2 vol/u (pauze 4 vol/u)



'met ventilatie': 18 m²/u.pers -> 2,6 vol/u (permanent)

Bron: CETIAT



INLEIDING

- Uitdagingen
- Ongunstige opties
- **Basisprincipes**

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

HET VENTILATIENET

- Centralisatie/decentralisatie

ENERGIE



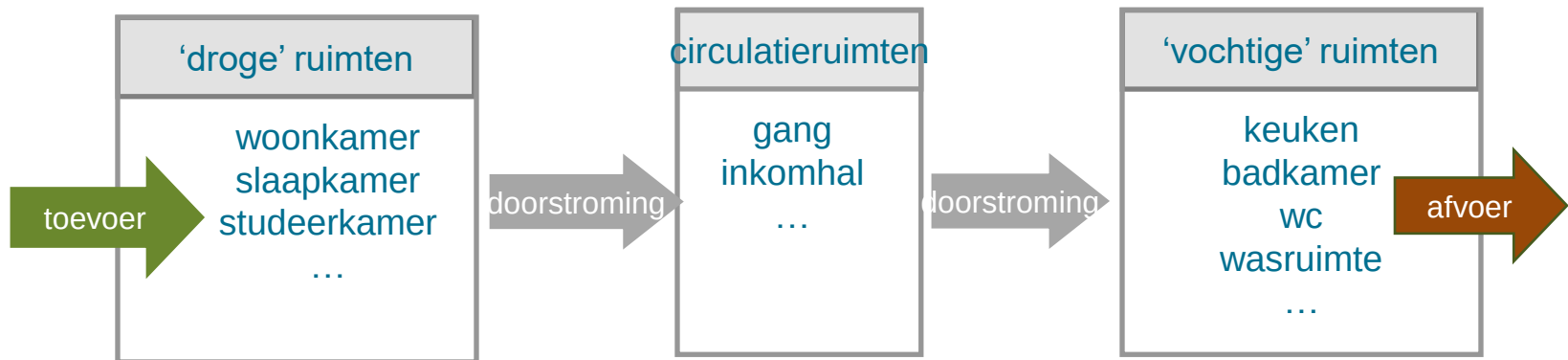
Ideaal systeem

Toevoer en afvoer van lucht in elke ruimte

- ▶ Zeer zeldzaam (technisch ingewikkeld en duur)

Vereenvoudigd systeem (residentieel schema)

- ▶ Toevoer in de 'droge' ruimten
- ▶ Doorstroming via de circulatiezones
- ▶ Afvoer uit de 'vochtige' ruimten



Gebalanceerde debieten

Geen luchtophoping in het gebouw

- ▶ Geen toevoer zonder afvoer
- ▶ Geen afvoer zonder toevoer
 - In het hele gebouw
 - In elke ruimte



INLEIDING

- Uitdagingen
- Ongunstige opties
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

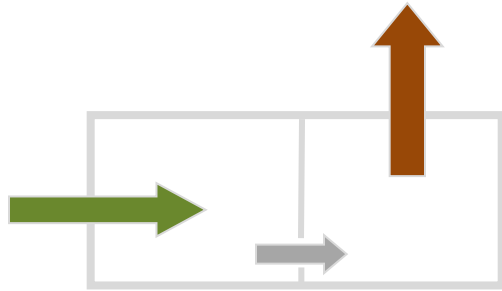
HET VENTILATIENET

- Centralisatie/decentralisatie

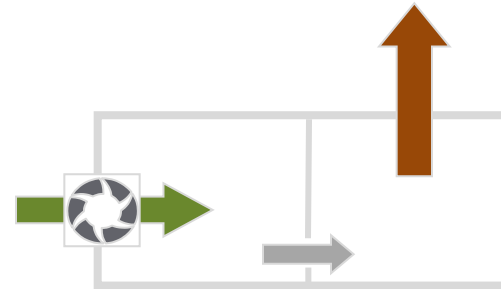
ENERGIE



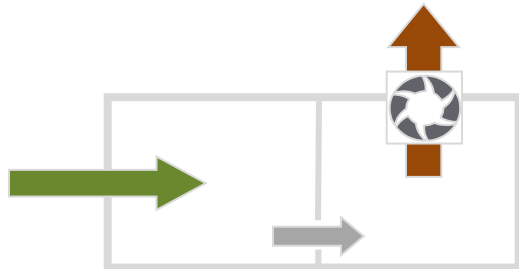
- A.** natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer



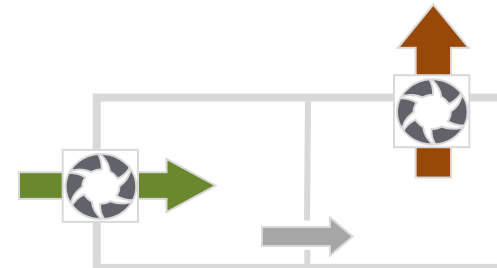
- B.** mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



- C.** natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer

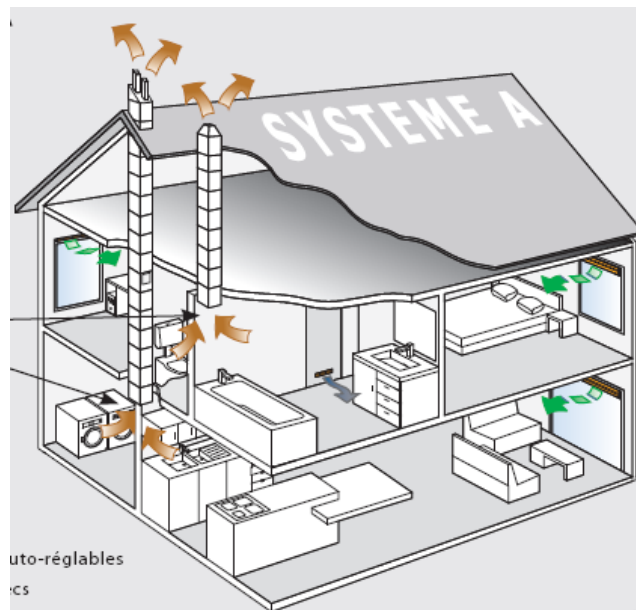


- D.** mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



Systeem A: natuurlijke toevoer & natuurlijke afvoer

- ▶ Toevoer: instelbare roosters
- ▶ Doostroming: spleten of roosters
- ▶ Afvoer: instelbare roosters aan begin van verticale kanalen



Bron: Renson



► Voor- en nadelen

+	-
• Niet duur • Geen elektriciteitsverbruik • Weinig onderhoud • Regeling rooster per rooster	• Geen debietcontrole • Complexiteit van de realisatie van de verticale kanalen en hoogte van de uitlaten • Manuele regeling, rooster per rooster • (Filteren van de toegevoerde lucht) • (Buitengeluiden) • Toegevoerde 'koude' lucht = energieverlies en gebrek aan comfort • Gelijmatige verdeling van de toegevoerde lucht minder goed verzekerd (centrale ruimte)



Systeem B: mechanische toevoer & natuurlijke afvoer

- ▶ Toevoer: ventilator(en)
- ▶ Doostroming: spleten of roosters
- ▶ Afvoer: instelbare roosters aan begin van verticale kanalen



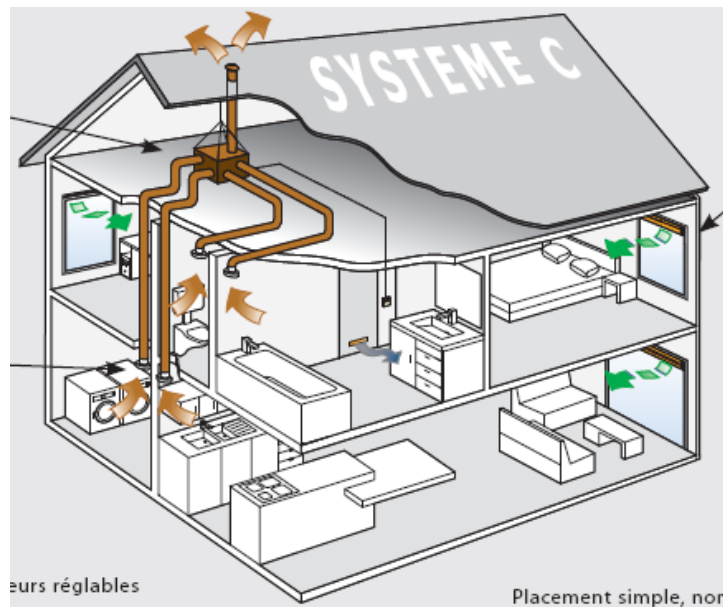
► Voor- en nadelen

+	-
• Goede verdeling van de verse lucht en controle van de debieten ervan • Vermindering van het risico van terugslag en infiltratie • Mogelijkheid van filtering van de toegevoerde lucht (algemeen) • Mogelijkheid van voorverwarming van de toegevoerde lucht	• Elektriciteitsverbruik • Onderhoud vereist • Bevordering van overdracht van vochtige lucht aan de wanden (gebouw in overdruk) • Geen controle over de afvoerluchtdebieten en geringe afvoerefficiëntie • Complexiteit van de realisatie van de verticale kanalen en hoogte van de uitlaten • Toegevoerde 'koude' lucht = energieverlies en gebrek aan comfort



Systeem C: natuurlijke toevoer & mechanische afvoer

- ▶ Toevoer: regelbare roosters
- ▶ Doostroming: spleten of roosters
- ▶ Afvoer: ventilator(en)



Bron: Renson



► Voor- en nadelen

+	-
• Controle van de afvoer- luchtdebieten (en in mindere mate van de toevoerluchtdebieten) • Gebouw in onderdruk • Flexibele realisatie van de afzuiging • Mogelijkheid van regeling van de luchtafzuiging volgens kwaliteit en/of aanwezigheid (C+) • Voordeliger in gebruik dan systeem D • Energierecuperatie uit vervuilde lucht mogelijk (met warmtepomp)	• Elektriciteitsverbruik (kan worden verlaagd door een goede regeling) • Regelmatig onderhoud • Manuele regeling, rooster per rooster • (Filteren van de toegevoerde lucht) • (Buitengeluiden) • Toegevoerde 'koude' lucht = energieverlies en gebrek aan comfort • Appartementengebouwen: risico van drukonevenwicht tussen woningen • Gelijkmatige verdeling van de toegevoerde lucht minder goed verzekerd (centrale ruimte)



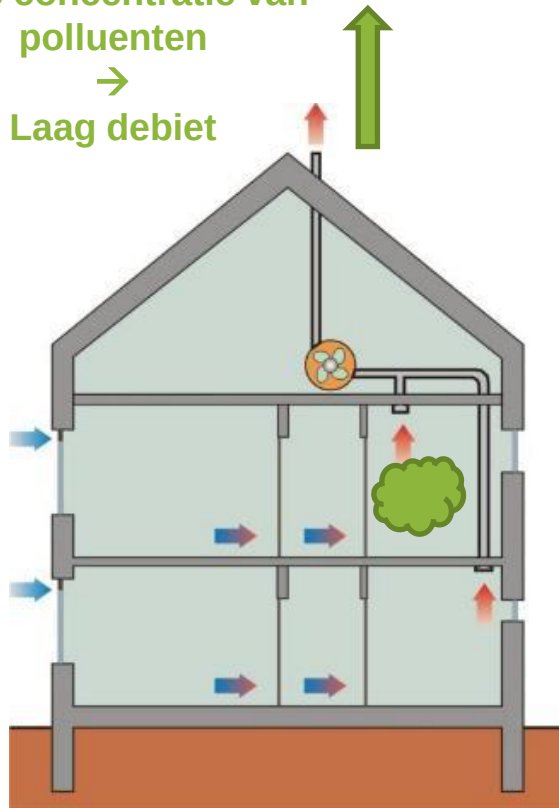
Geregeld systeem C (“C+”)

- ▶ Regeling overeenkomstig de sensoren (RV, CO₂, VOS, aanwezigheid)
- ▶ Vermindering van verliezen en verbruik

Lage concentratie van
polluenten



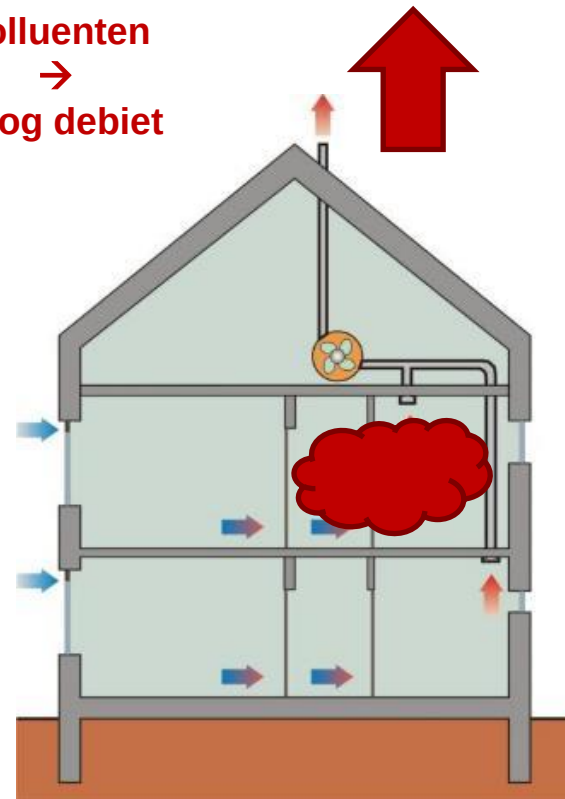
Laag debiet



Hoge concentratie van
polluenten



Hoog debiet



Geregeld systeem C (“C+”)

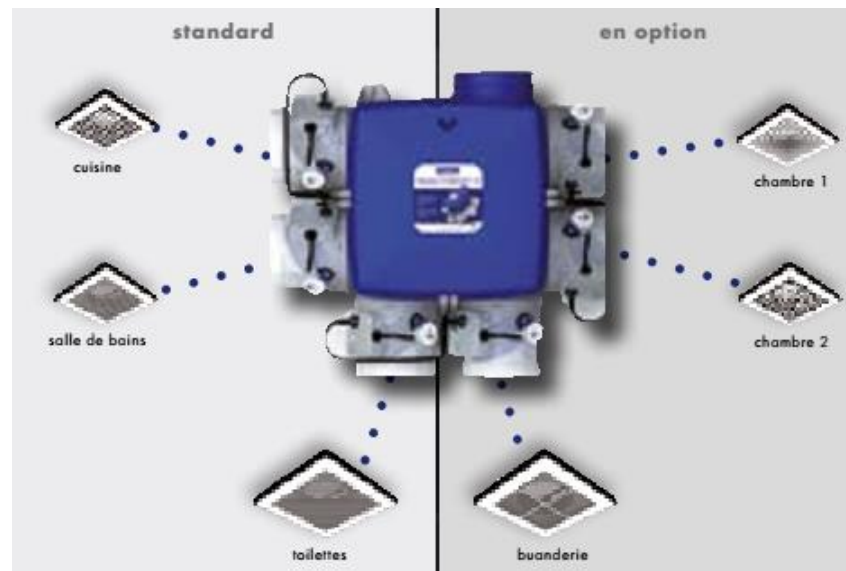
- ▶ Principe
 - Regeling van het extractiedebiet volgens bezetting
Badkamer, wasplaats: vochtdetectie
Toiletten: vochtdetectie
Keuken: vochtdetectie + bewegingsdetectie
 - De sensoren regelen de luchttoevoer niet



Bron: Renson

Geregeld systeem C (“C+”)

- ▶ Beperkt
 - Het luchtdebiet wordt geregeld op basis van de bezetting in de vochtige vertrekken. ‘s Nachts is het luchtdebiet minimaal, zodat de luchtkwaliteit in de slaapkamers niet noodzakelijk gegarandeerd is.
- ▶ Verbetering is mogelijk
 - Bijkomende luchtafzuiging in de slaapkamers.

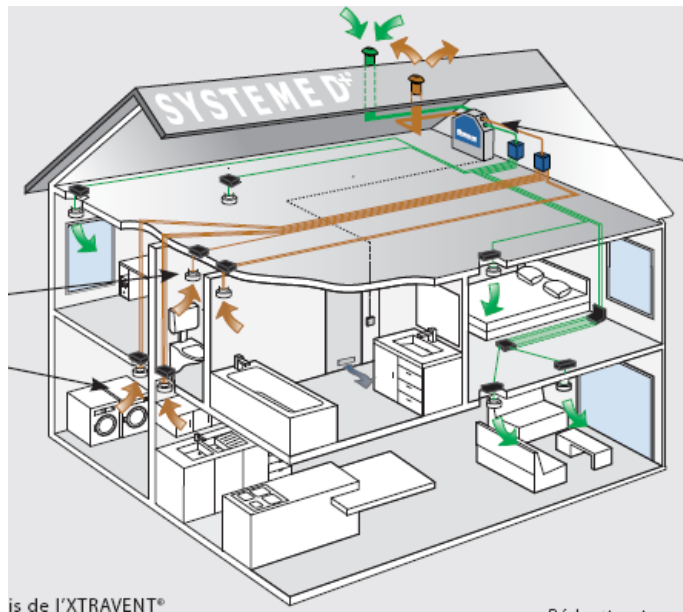


Bron: Renson



Systeem D: mechanische ventilatie met dubbele stroom

- ▶ Toevoer: ventilator(en)
- ▶ Doorstroming: spleten of roosters
- ▶ Afvoer: ventilator(en)



Bron: Renson



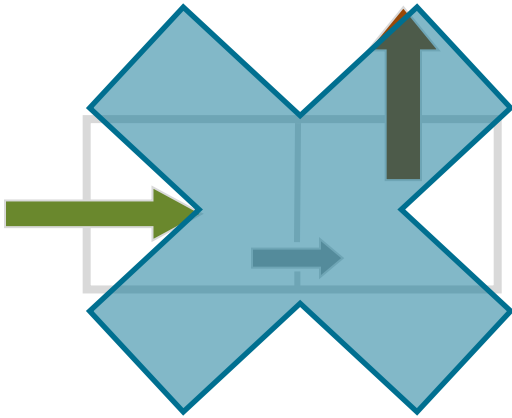
► Voor- en nadelen

+	-
• Controle van de debieten (onafhankelijkheid van de weersomstandigheden en mogelijke regeling) • ‘Voorverwarmde’ toegevoerde lucht = energierugwinning (positieve balans ‘energieverbruik <> vermindering van de behoeften’) en comfort • Geen overdracht van buitengeluiden • Filtering van de verse buitenlucht (globale filtering)	• Elektriciteitsverbruik (kan worden verlaagd door een goede regeling) • Regelmatig onderhoud • Kosten (die van systeem C niet gelijk aan nul) • Plaatsruimte van de kanalen en de groep (soms complex bij renovatie)

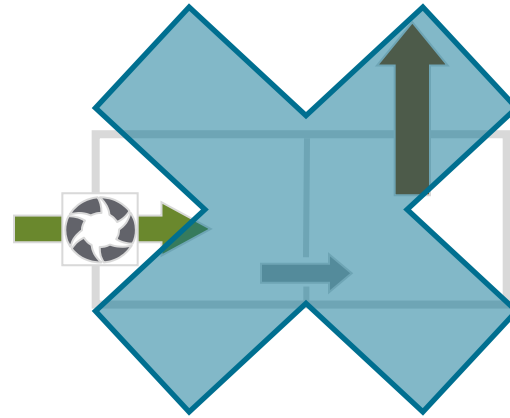


Op het vlak van de energie

- A. natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer



- B. mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



- C. natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer

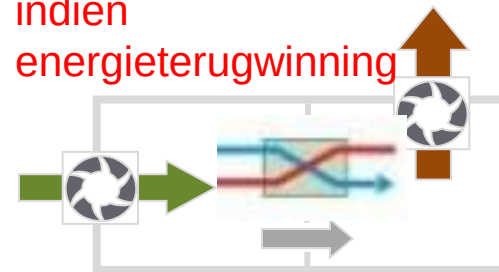


~ OK voor LAGE ENERGIE / RENOVATIE

- D. mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



indien
energieterugwinning

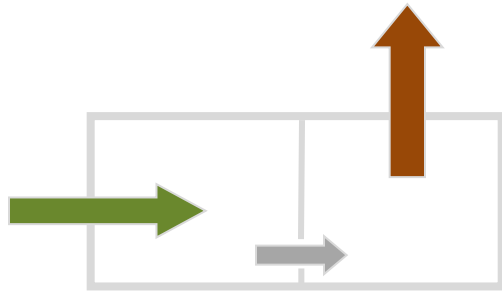


OK voor PASSIEF en LAGE ENERGIE



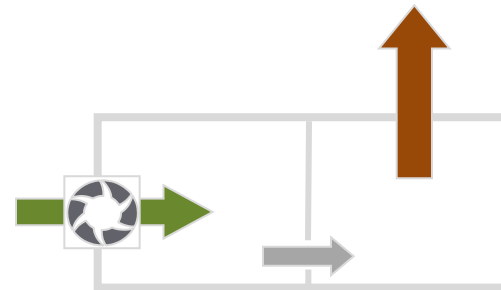
Op het vlak van het ademhalingscomfort (luchtkwaliteit)

- A. natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer

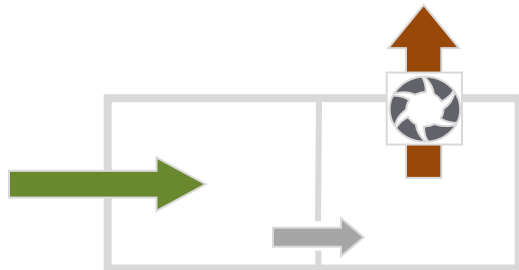


Complexiteit van de realisatie

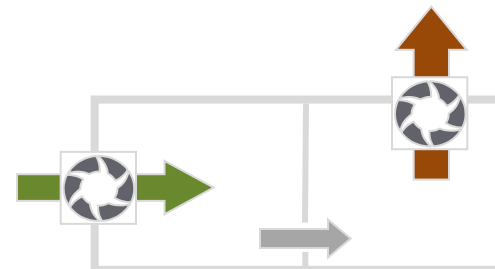
- B. mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



- C. natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer

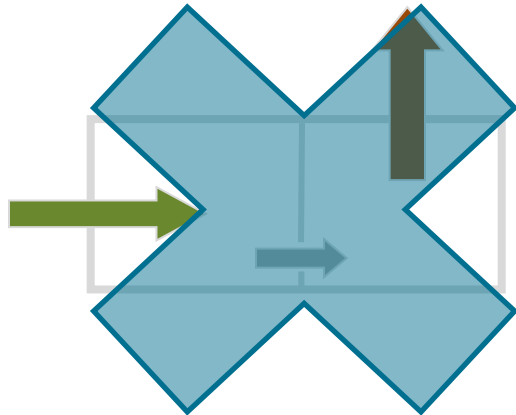


- D. mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



Op het vlak van het thermische comfort (winter)

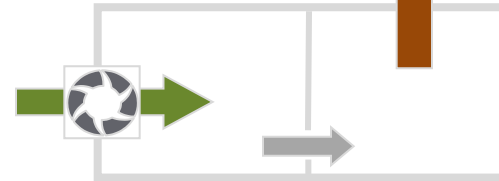
- A. natuurlijke toevoer
+ natuurlijke afvoer



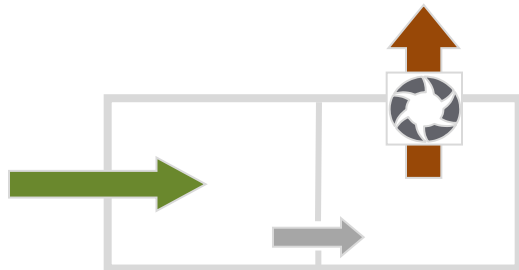
- B. mechanische toevoer
+ natuurlijke afvoer



indien voorverwarmen,
maar energiegebruik



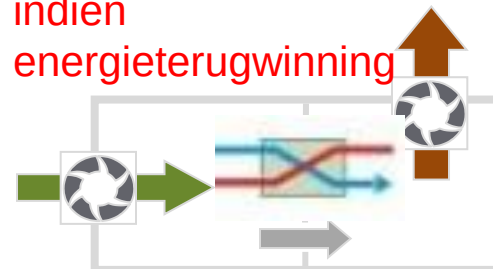
- C. natuurlijke toevoer
+ mechanische afvoer



- D. mechanische toevoer
+ mechanische afvoer



indien
energieterugwinning



Andere criteria

- ▶ Afvoer van de vochtigheid > systemen C en D zijn de efficiëntste
- ▶ Configuratie van de ruimten <> plaatsruimte van de installatie
- ▶ Installatiekosten <> exploitatiekosten
- ▶ Bestemming
- ▶ Eventuele behoefte aan behandeling van de verse buitenlucht
- ▶ Eventuele behoefte aan filtering van de verse buitenlucht
- ▶ EPB-reglementering (ventilatie <> isolatie)
- ▶ Ventilatie <> luchtdichtheid



INLEIDING

- Uitdagingen
- Ongunstige opties
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- **Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen**
- Warmteterugwinning

HET VENTILATIENET

- Centralisatie/decentralisatie

ENERGIE



Luchttoevoeropening

- ... mechanisch



Muurventilator
Bron: Helios



Ventilator in beglazing
Bron:

- ... regelbaar



Ventilatiekast
Bron: Renson



Schuifrooster
Bron: Renson



Doorstroomopening

- ▶ Spleet onder de deur
- ▶ Roosters



Muurrooster
Bron: Buildwise



Akoestische deurroosters
Bron: Renson



Luchtafvoeropening

► ...mechanisch



Lokale afzuigventilator
Bron: Soler & Palau



Kanaalventilator
Bron: Soler & Palau

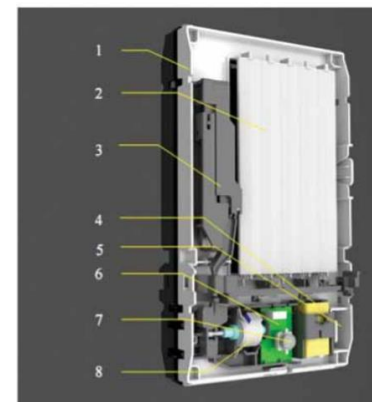


Raamventilator
Bron: Soler & Palau

► ...regelbaar



Rooster met manuele regeling
Bron: Renson



Rooster met automatische regeling
Bron: Schiedel

- 1 dos
- 2 volets (shutters)
- 3 détecteur de l'humidité
- 4 batterie
- 5 tranchée pour l'électricité
- 6 PCB
- 7 détecteur de présence
- 8 moteur



Dubbelstroomgroep

- Eengezinswoning



- $\dot{V} = \rightarrow 500 \text{ m}^3/\text{u}$
- $\eta_{\text{warmtewisselaar}} = 85 \%$

- Tertiair gebouw, gecentraliseerde woning, enz.



- $\dot{V} = 1200-27000 \text{ m}^3/\text{u}$
- $\eta_{\text{warmtewisselaar}} = 75 \%$



Distributie

► Kanalen



Verzinkt staal



Polypropyleen



Soepele aluminiumkanalen



Kanalen in textiel (enkel inblazing)

Distributie

► Toebehoren



Ronde geluiddemper
Bron: Trox



Coulissengeluiddemper
Bron: Trox



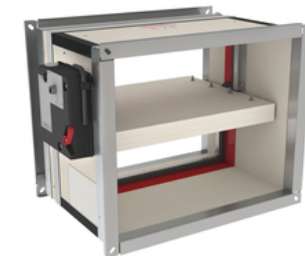
Flexibele geluiddemper
Bron: Lindab



Regelkleppen
Bron: Energie +



Brandkleppen
Bron: RFT



INLEIDING

- ▶ Uitdagingen
- ▶ Ongunstige opties
- ▶ Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- ▶ Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- ▶ **Warmteterugwinning uit de afgevoerde lucht**

HET VENTILATIENET

- ▶ Centralisatie/decentralisatie

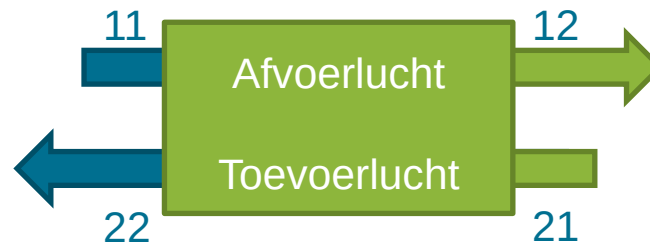
ENERGIE



Verliezen door hygiënische ventilatie

$$P [W] = 0,34 \cdot q_v \left[\frac{m^3}{h} \right] \cdot (T_{int} - T_{puls}) [K]$$

- Een warmtewisselaar laat toe een deel van de energie uit de afgevoerde lucht terug te winnen om deze aan de verse buitenlucht af te geven



- De doeltreffendheid ervan wordt als volgt uitgedrukt (NBN EN 308)

η = rendement

t = temperatuur [$^{\circ}\text{C}$]

x = absolute vochtigheid

[$\text{kg}_{\text{water}}/\text{kg}_{\text{droge lucht}}$]

$$\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \Rightarrow \text{Voor de temperatuur}$$

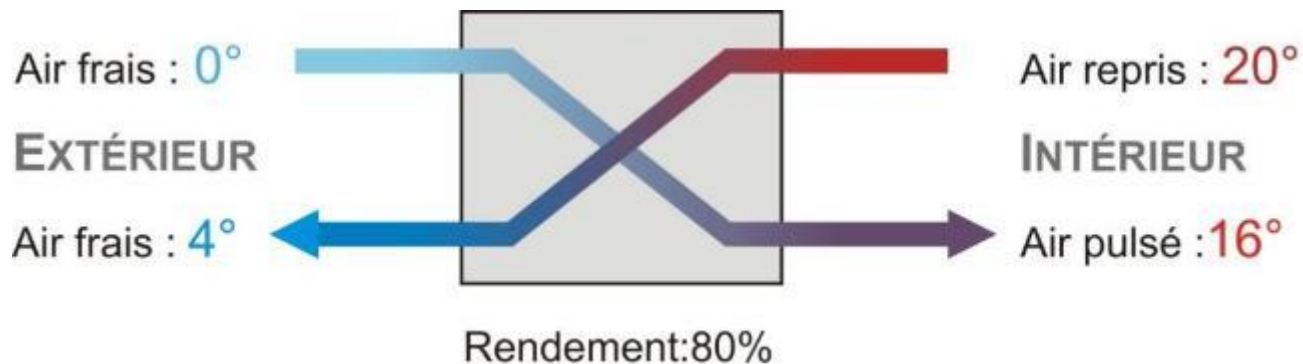
$$\eta_x = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}} \Rightarrow \text{Voor de vochtigheid}$$



Verliezen door hygiënische ventilatie

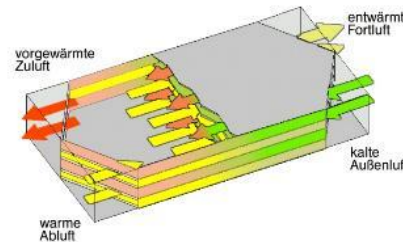
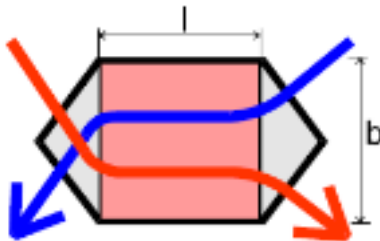
- ▶ Voorbeeld: woning met 300 m³/u bij een buitentemperatuur van 0°C
 - Zonder recuperatie: verliezen van **2024 W**
 - Met recuperatie: verliezen van **408 W**

⇒ **Verliezen gedeeld door 5!**



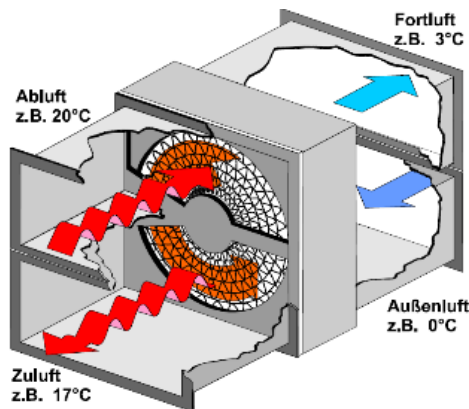
Warmtewisselaars

- ▶ De meest voorkomende
 - Tegenstroom-platenwarmtewisselaar



$$\eta = 80 - 90 \%$$

- (Niet-)hygroscopische roterende warmtewisselaar

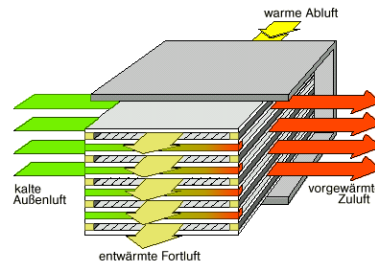
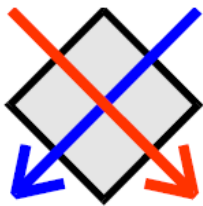


$$\eta = 50 - 70 \%$$



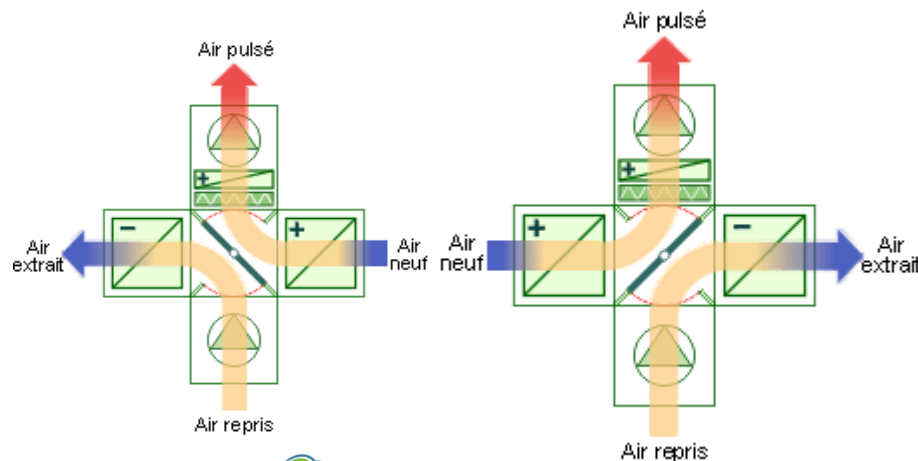
Warmtewisselaars

- Andere types
 - Kruisstroom-platenwarmtewisselaar



$$\eta = 70 - 80 \%$$

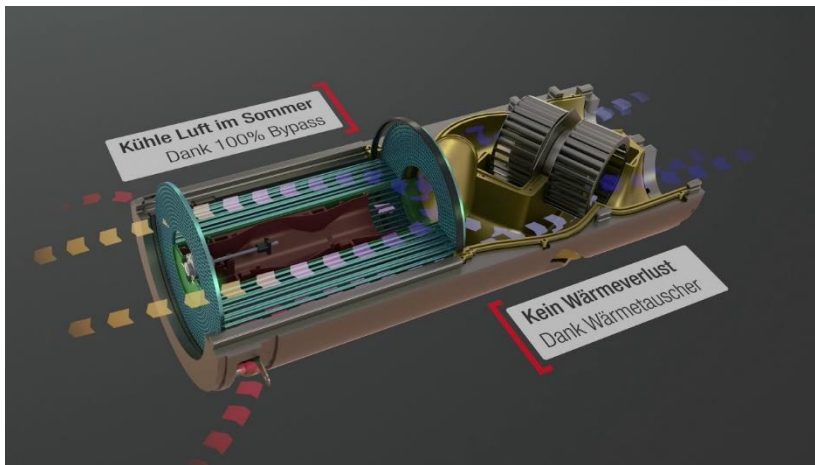
- (Niet-)hygroscopische statische warmtewisselaar



$$\eta = 75 - 92 \%$$



Gedecentraliseerd systeem met dubbele stroom en warmteterugwinning



Bron: Wolf

$\eta \pm 70 \%$



Bron: Airria



INLEIDING

- Uitdagingen
- Ongunstige opties
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

HET VENTILATIENET

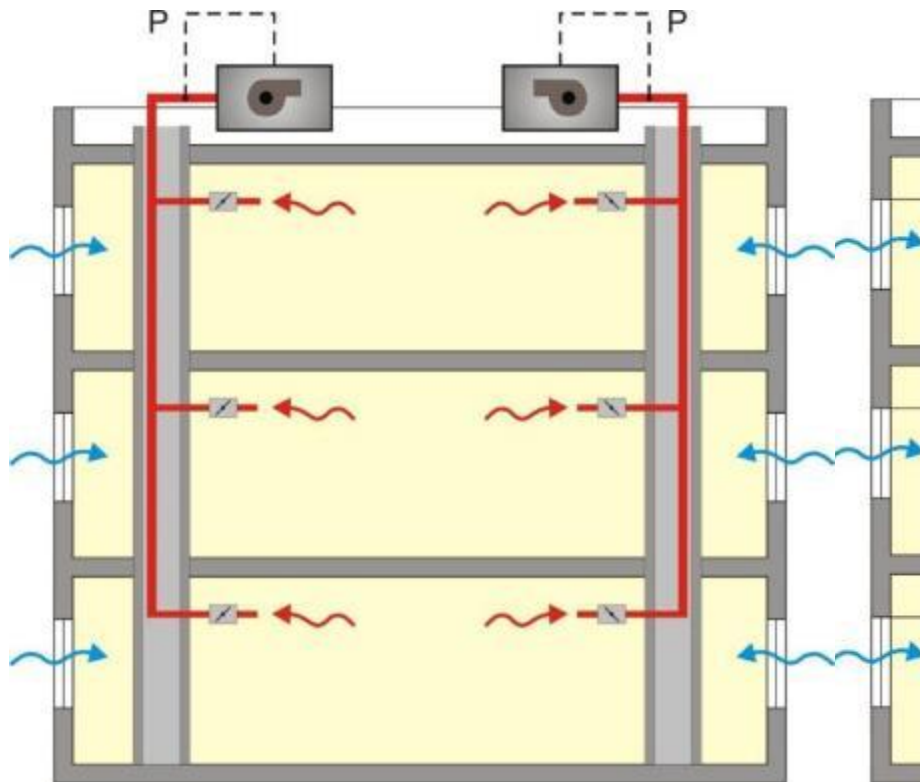
- **Centralisatie/decentralisatie**

ENERGIE

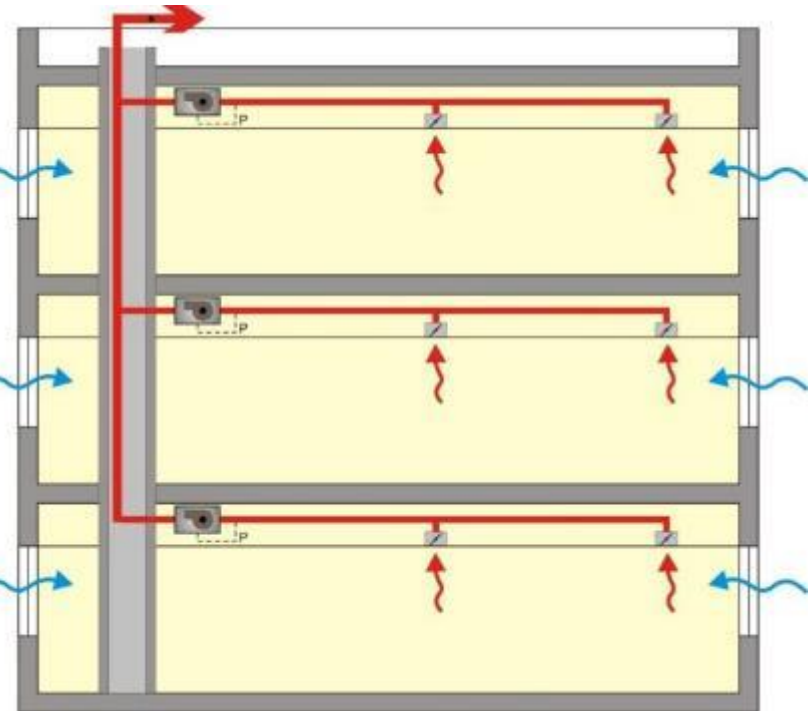


System C

Collectieve installatie

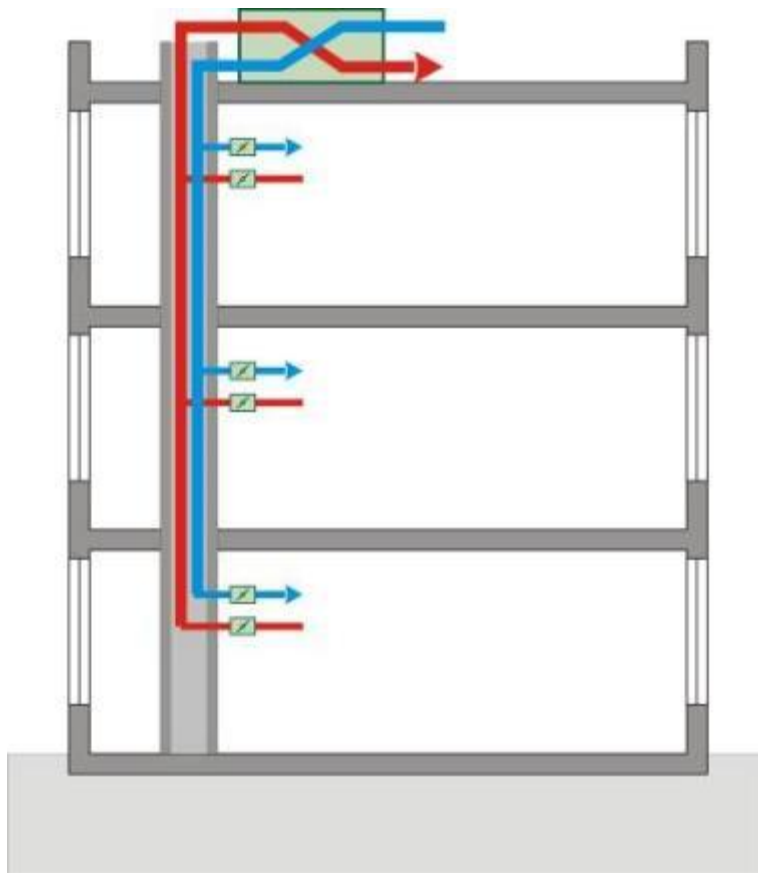


Individuele installaties

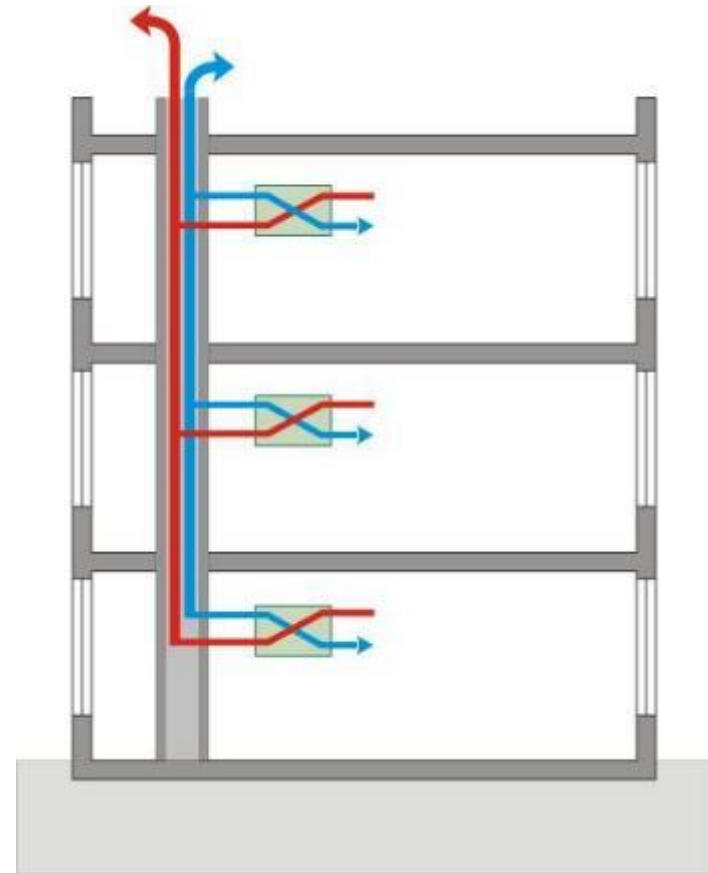


Systeem D

Collectieve installatie



Individuele installaties



INLEIDING

- Uitdagingen
- Ongunstige opties
- Basisprincipes

DE SYSTEMEN

DE COMPONENTEN

- Toevoer-, doorstroom- en afvoerinrichtingen
- Warmteterugwinning

HET VENTILATIENET

- Centralisatie/decentralisatie

REGELING

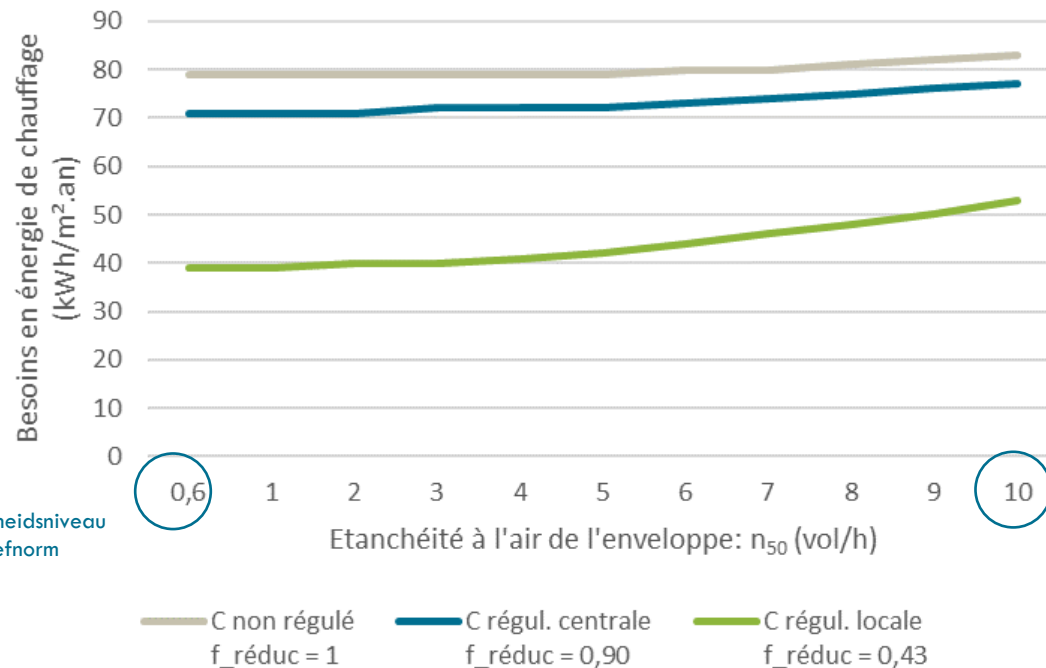


45 VENTILATIE / LUCHTDICHTHEID / REGELING

Beperken van warmteverliezen (gestuurde ventilatie)

- Energiebalans: impact van het ventilatiesysteem en de regeling op de verwarmingsbehoefte
- Geval 1: Ventilatie met enkelvoudige stroom

⇒ **Belang van de regeling**

**Balans gebouw "RODE DRAAD"**

$$U_{\text{gem, opake scheidingsconstructies}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{gem, vensters/deuren}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Komt in dit geval overeen met
 $v_{50} = 12 \text{ m}^3/\text{u.m}^2$

Berekening "Balans gebouw RODE DRAAD"
 op basis van het PHPP
 Bron: écorce



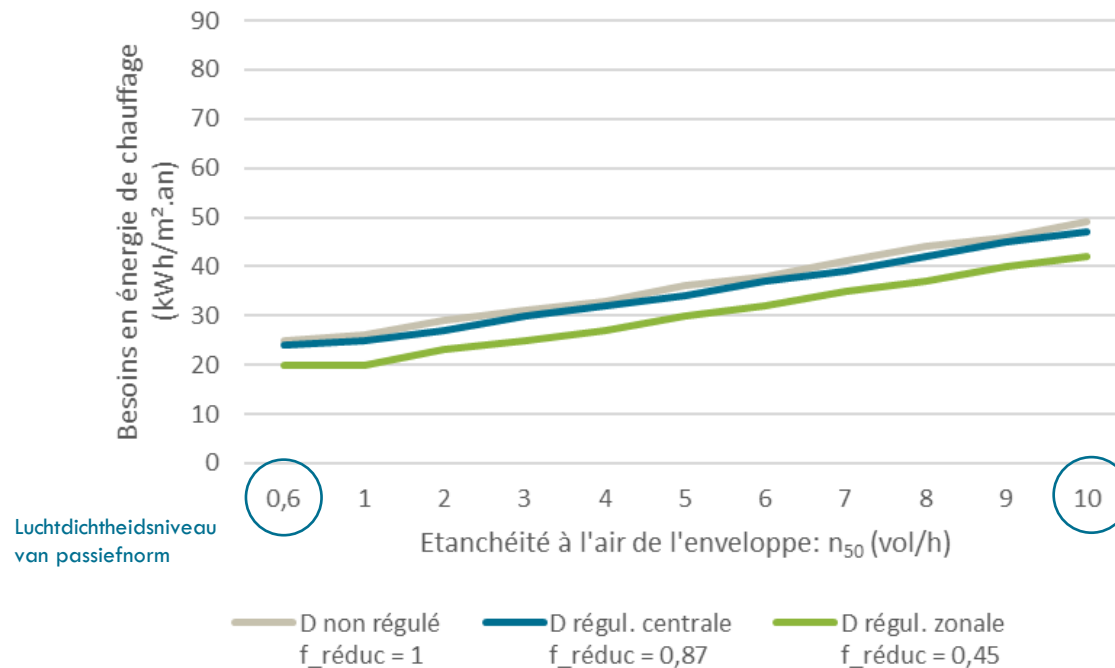
46 VENTILATIE / LUCHTDICHTHEID / REGELING

Beperken van warmteverliezen (gestuurde ventilatie)

- Energiebalans: impact van het ventilatiesysteem en de regeling op de verwarmingsbehoefte
- Geval 2: Ventilatie met dubbele stroom

⇒ **Belang van een performante luchtdichtheid van de gebouwschil**

⇒ **Belang van de regeling**

**Balans gebouw "RODE DRAAD"**

$$U_{\text{gem, opake scheidingsconstructies}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{gem, vensters/deuren}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Komt in dit geval overeen met
 $v_{50} = 12 \text{ m}^3/\text{u.m}^2$

Berekening "Balans gebouw RODE DRAAD"
op basis van het PHPP
Bron: écorce

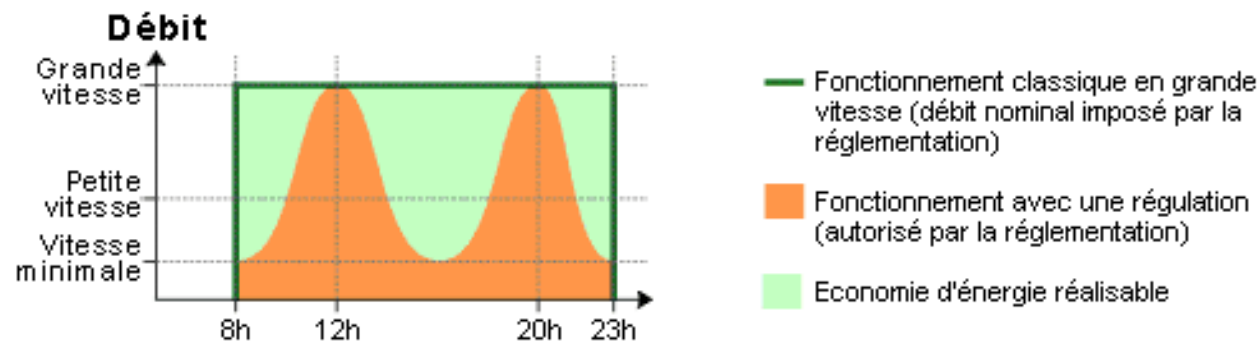


Hoe?

- ▶ Met een klok
- ▶ Volgens bezetting
- ▶ Met voelers en sensoren (luchtkwaliteit)

Waarom?

- ▶ Verlagen van het energieverbruik
 - Elektriciteitsverbruik van de groep $\searrow$
 - Energieverliezen door ventilatie $\searrow$



Bron: Energie +





- ▶ De ventilatie speelt een belangrijke rol op het niveau van comfort, en ook voor de gezondheid van de bewoners en het gebouw. Men moet er zo vroeg mogelijk in het project rekening mee houden.
- ▶ Ventilatie = energieverlies maar onmisbaar
- ▶ 4 systemen:
 - A: natuurlijke toevoer + natuurlijke afvoer
 - B: mechanische toevoer + natuurlijke afvoer
 - C: natuurlijke toevoer + mechanische afvoer
 - D: mechanische toevoer + mechanische afvoer
- ▶ De mechanische ventilatie met dubbele stroom maakt het mogelijk de luchtkwaliteit te handhaven en tegelijk de debieten te beheersen en de energieverliezen te beperken door een warmtewisselaar





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema Energie

[Dossier | Een energie-efficiënt ventilatiesysteem ontwerpen](#)



Websites

- ▶ [Energie+ | Ventilation double flux](#)

- ▶ [Buildwise | Infofiches ventilatie van gebouwen](#)



Publicaties

- ▶ Norm NBN D50-001 (1): dimensionering (residentieel)
- ▶ Norm NBN EN 15251: gebruik en comfortcriteria (tertiair en residentieel)



Opleidingen en seminars

- ▶ Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen
<https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>

Ventilatie: Ontwerp en regeling

- ▶ Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!



Julie RENAUX

Projectingenieur
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

