

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

GEBOUWSCHIL:
DAKRENOVATIE

HERFST 2023

Luchtdichtheid



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

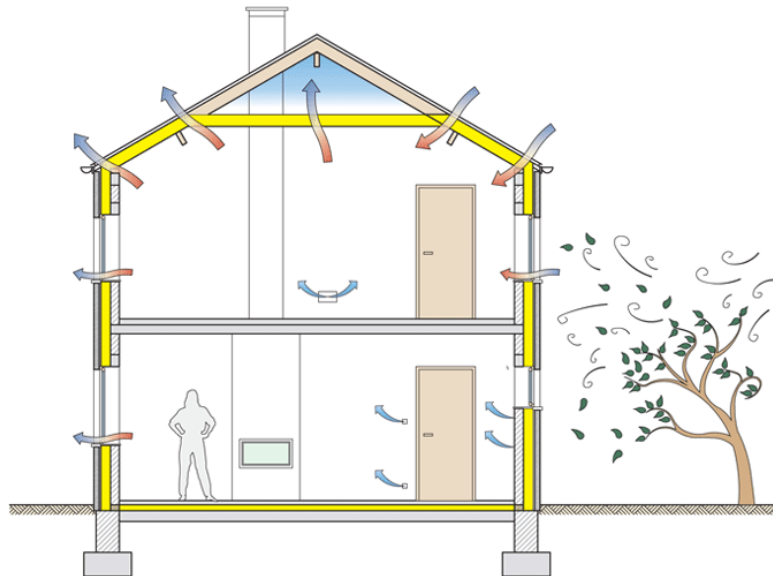
Pierre WILLEM
écorce
INGÉNIERIE & CONSULTANCE

- ▶ Dit boekje vormt een theoretische aanvulling op de presentatie “Bescherming tegen regen en kou”.
- ▶ Het belicht de aspecten verbonden aan de **luchtdichtheid**.
- ▶ De spreker zal dit document slechts gebruiken bij een specifieke vraag ter zake.



Luchtdichtheid [bron: WTCB]

- ▶ *De luchtdichtheid van een gebouw is zijn vermogen om de luchtstromingen van buiten naar binnen toe - maar ook omgekeerd - binnen de perken te houden.*
- ▶ *Deze eigenschap wordt gekwantificeerd door het lekdebiet doorheen de gebouwschil bij een gegeven drukverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving. In België wordt de luchtdichtheid meestal uitgedrukt bij een drukverschil van 50 Pa.*

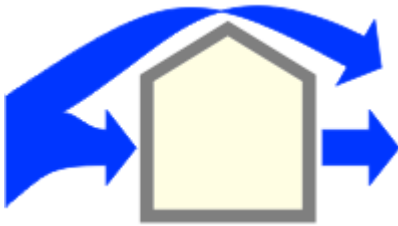


Bron: WTCB



Fysisch fenomeen

- ▶ Drukverschil tussen binnen- en buitenomgeving (0 tot 100 Pa)
 - Migratie van de lucht
- Wind
 - Druk/onderdruk op de gevels



Bron: énergie+



- Temperatuur
 - Verwarming → Uitzetting van de binnenlucht → Overdruk



Bron: énergie+



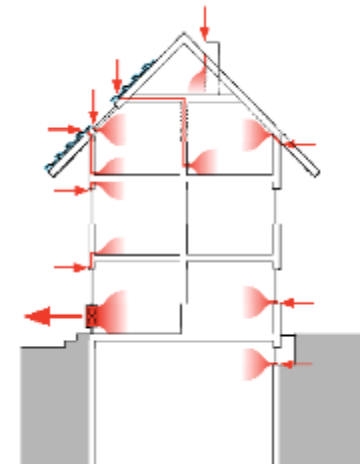
Waar komen de lekken vandaan?

- ▶ Porositeit van de materialen



microscopische foto van weefsel

- ▶ Non-continuïteit tussen bouwelementen
 - Aansluitingen tussen scheidingsconstructies / materialen / raamwerk
 - Constructiefouten
 - Deurlijsten en vensterramen > openend/vast
 - Doorbrekingen
 - ...

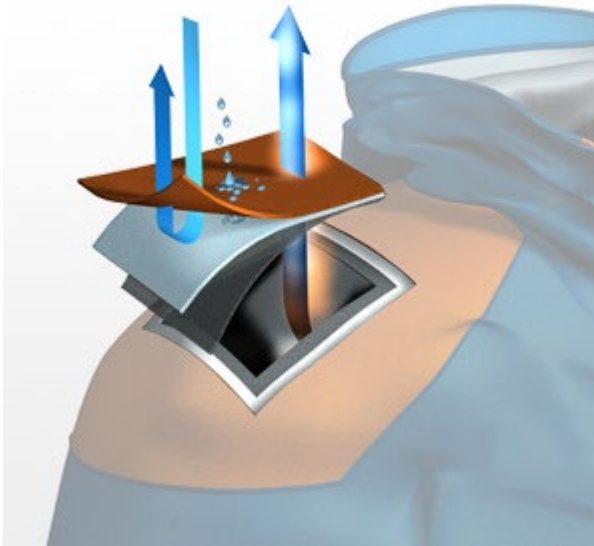


Bron: energie+



Luchtdichtheid ≠ waterdampdichtheid

- ▶ Dichte en ademende gebouwschil = nieuwe jas uit Gore-Tex®
- ▶ Niet-dichte, waterdampondoorlatende gebouwschil = plastic jas met gaatjes

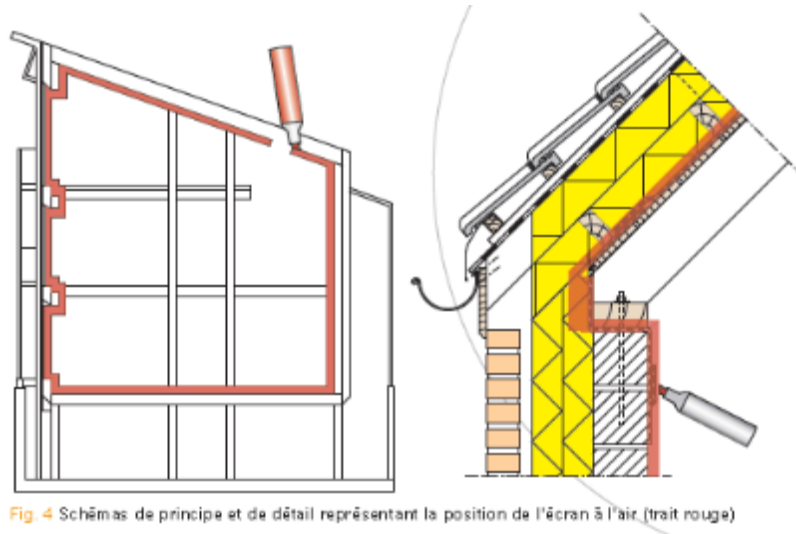


Bron: GORE-TEX



Afbakening van het luchtdichte volume

- ▶ Op elk plan en elke doorsnede van het gebouw moet met een doorlopende lijn de grens van het luchtdichte volume kunnen worden aangegeven
- ▶ Het geïsoleerde volume = het luchtdichte volume
- ▶ Dichte afscherming binnenkant / warme kant van de isolatie



Bron: WTCB Contact nr. 33 (1-2012)

⇒ **In de praktijk moet men dus weten hoe de ‘delicate’ aansluitingen zullen worden uitgevoerd: muur-dak, muur-raam, muur-vloer, dak-dakvenster, ...**



Porositeit

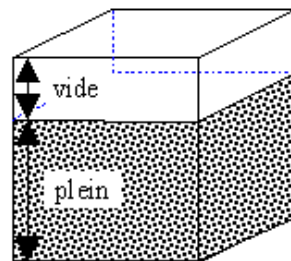
[%]

(n)

- Porositeit is de eigenschap van een materiaal met poriën of kleine holten die fluïda kunnen bevatten (vloeibaar of gasvormig).

Een poreuze structuur is:

- gesloten als de poriën niet onderling verbonden zijn (bijv.: schuimglas),
 - open als de poriën onderling verbonden zijn (bijv.: baksteen, beton) en zeer fijne kanaaltjes vormen.
- Als de structuur **open** is, kan ze:
- water absorberen: de kanaaltjes gedragen zich als capillaire buisjes → capillaire materialen,
 - waterdamp doorlaten → waterdampdoorlatende materialen,
 - lucht laten doorstromen → luchtdoorlatende materialen



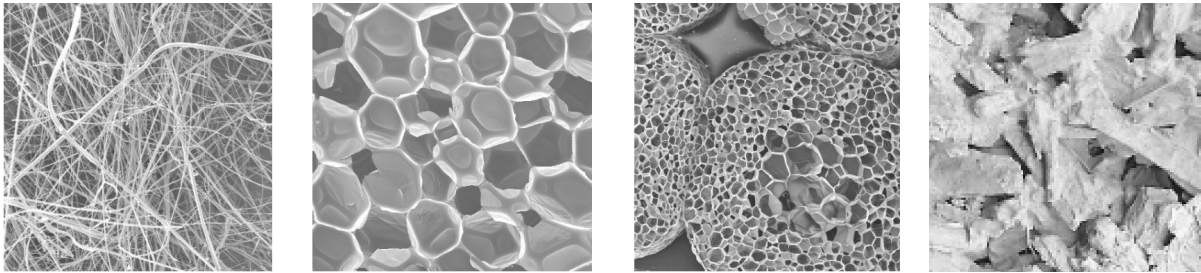
$$p = \frac{\text{volume de vide}}{\text{volume total}}$$



Porositeit

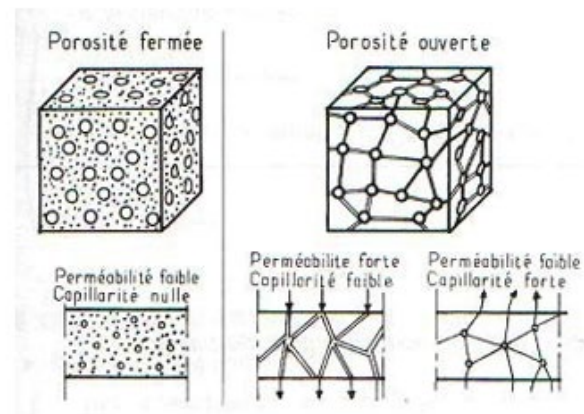
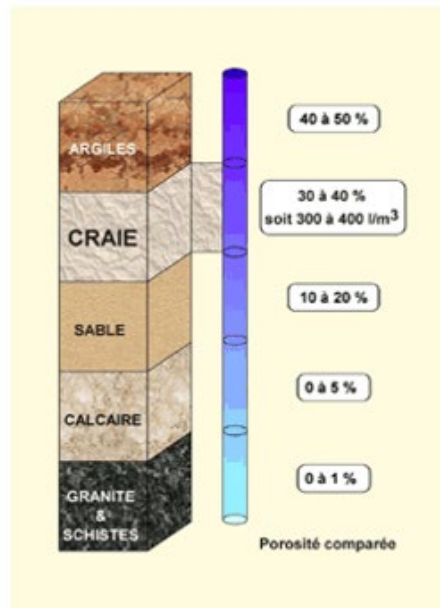
[%]

(n)



Bron: Insulation materials, éd. Details

Bron: A. Evvard



Bron: LAB'cercle



Permeantie

(W)

[ng/s·m²·Pa]

- ▶ Mate waarin een materiaal een materie laat doorstromen, in dit geval lucht.
- ▶ De permeantie wordt uitgedrukt door de meting van de luchtmassa die doorheen een materiaal gaat per tijdseenheid, per oppervlakte-eenheid en per eenheid van luchtdrukverschil langs weerszijden van het materiaal.
- ▶ Des te hoger deze waarde, des te makkelijker de lucht doorheen de scheidingsconstructie stroomt.
- ▶ EENHEID [Perm]
 - “US Perm” - gebruikt in de VS en in zekere mate ook in Canada, en uitgedrukt in grains/pi²·h·po Hg*
 - “Metric perm” - uitgedrukt, in SI-eenheid, in g/dag·m²·mmHg.

De overeenstemming tussen beide is eenvoudig:

$$1 \text{ US perm} = 0,659045 \text{ metric perm} = 57 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}$$

$$1 \text{ metric perm} \neq 57 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}.$$

$$1 \text{ metric perm} \approx 86,8 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}.$$



Luchtdoorlatendheid**(δ)****[ng/s·m·Pa]**

- ▶ Hoeveelheid lucht die doorheen een materiaal van 1 m dik gaat per tijdseenheid en eenheid van luchtdrukverschil langs weerszijden van het materiaal.
- ▶ Intrinsieke eigenschap van een materiaal (varieert niet met de dikte)
- ▶ Des te groter de doorlatendheid van een materiaal, des te makkelijker het materiaal de lucht vrij laat doorstromen.
- ▶ De permeantie W van een materiaal met dikte d wordt berekend op basis van de doorlatendheid van het materiaal, en wel als volgt:

$$W = \delta_{\text{materiaal}} / d$$

Luchtscherm

- ▶ element met luchtdoorlatendheid $< 0,1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ bij een drukverschil van 50 Pa



Massiefbouw

- ▶ Het voornaamste dichte element = **continue en scheurvrije bepleistering**
 - *Bepleistering* gips, kalk, klei, mortex...
 - *Continu* zonder onderbreking tot aan het volgende dichte element
 - *Scheurvrij* opgelet op de uitvoering (geometrie), op de samenstelling (vooral m.b.t. de klei) en op de duurzaamheid van de gekozen materialen.



Bron: Claytec

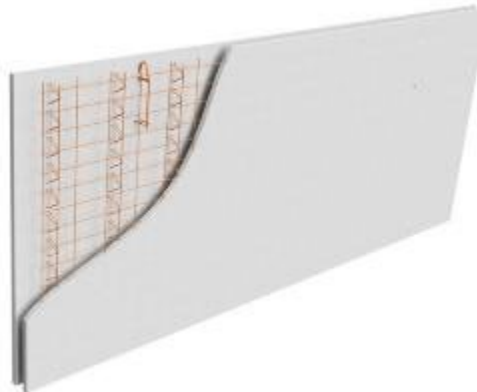


Massiefbouw

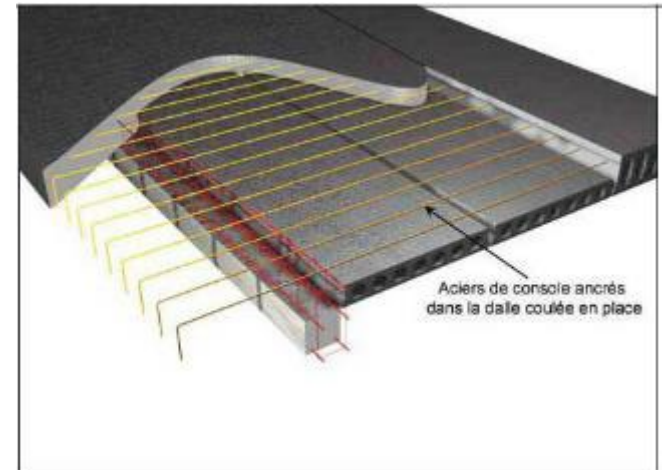
- ▶ CONTINUE gestorte betonnen elementen
 - dunne betonwand,
 - druklaag,
 - kanaalplaten (opgelet: dichting van de kanalen aan de zijkanten)
 - ...



Dunne wand uit gewapend beton



Betonnen premuur
Bron: Rector



Druklaag
Bron: SEAC



Skeletbouw

- OSB-platen (messaging en groef, afdekking van aansluitingen met aangepaste kleeftband)



- Dichtheidsmembranen
 - *aluminium-/polyethyleenfolie dient vermeden te worden; het is beter versterkt papier te gebruiken*



Bron: Pro clima



Bron: Isover



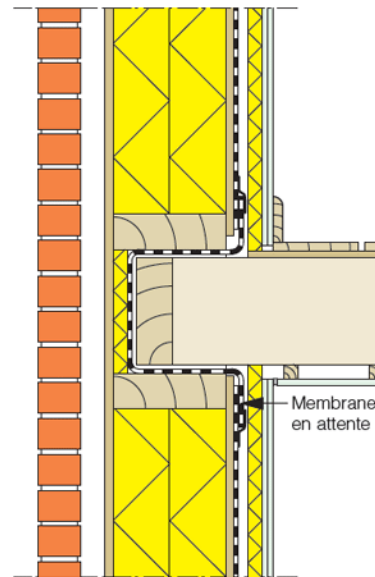
Skeletbouw

- ▶ Continuïteitsprincipe moet worden gerespecteerd d.m.v. verschillende producten
 - Kleefband, contactlijm of geplooide dubbele hechting ...
 - Vaak installatielaag vereist (technische voorzetwand)

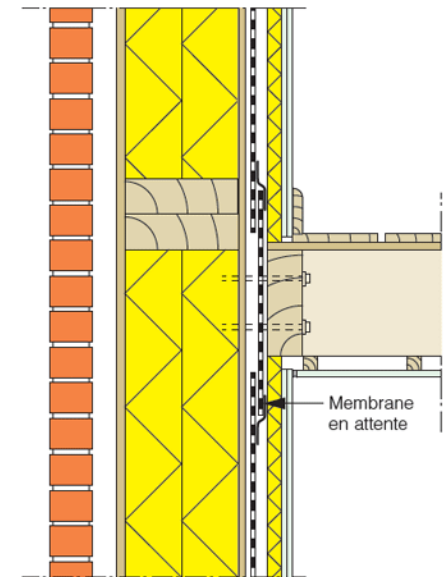
⇒ **ANTICIPEREN!**



Diverse aansluitingen
Bron: WTCB

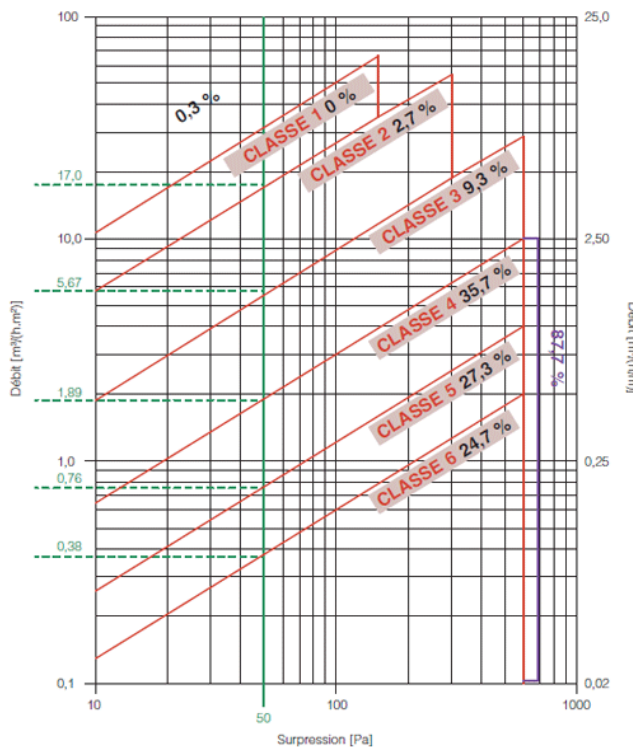


Aansluiting gevel / tussenvloer
Bron: WTCB



Ramen

- Twee infiltratiebronnen: op het niveau van het raamwerk zelf (aansluiting vleugel/kozijn)
 - Luchtdichtheidsprestatieclassen van het buitenschrijnwerk
 - Over het algemeen: vast raam > draaikiel- en enkele vleugel > dubbele vleugel > schuiframen



Bron: WTCB

→ Raam dichtheidsklasse 4
 Lekken bij 50 Pa (BD-testvoorwaarden)
 = 1,89 m³/h.m²

Vitrage anti-effraction	
Equippée d'un double vitrage de sécurité, super isolant.	
Ug valeur du vitrage 0,8 W/m²K (vert.) - EN 673	
4 mm vitre extérieure avec coating isolation thermique	
14,5 mm espace avec gaz Argon	
33,4 mm vitre intérieure feuilletée	
(Classe P4A, classe 1B1- conforme NBN S 23-002).	
Uw valeur moyenne de la fenêtre	1,2 W/m²K EN 1873
Rw (C ; Ctr) réduction acoustique	37 dB (-1;-5) EN ISO 10140-2
Perméabilité à l'air: classe 4	EN 1026
g 0,51	EN 410
τV 0,72	EN 410
LIA 49 dB	EN ISO 140-18

(Classe P4A, classe 1B1- conforme NBN S 23-002).

Uw valeur moyenne de la fenêtre	1,2 W/m²K	EN 1873
Rw (C ; Ctr) réduction acoustique	37 dB (-1;-5)	EN ISO 10140-2
Perméabilité à l'air: classe 3		EN 1026
g 0,52		EN 410
τV 0,72		EN 410

solant.
3
ermique





Oefening: impact van een velux op het luchtverversingsdebiet

- ▶ Geval 1: eengezinswoning van 160 m², 2,50 m onder plafond
- ▶ Geval 2: appartement op de dakverdieping: 60 m², gemiddelde hoogte onder plafond: 2 m

- ▶ Velux van 1 m op 1 m, van klasse 3

- ▶ Geval 1:
 - Volume: $160 \times 2,5 = 400 \text{ m}^3$
 - Lekken: $(1 \times 1) \text{ m}^2 \times 5,67 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 = 5,67 \text{ m}^3/\text{h}$
 - D.w.z. $5,67/400 = 0,014 \text{ vol/h}$

- ▶ Geval 2:
 - Volume: $60 \times 2 = 120 \text{ m}^3$
 - Lekken: $(1 \times 1) \text{ m}^2 \times 5,67 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 = 5,67 \text{ m}^3/\text{h}$
 - D.w.z. $5,67/120 = 0,047 \text{ vol/h}$

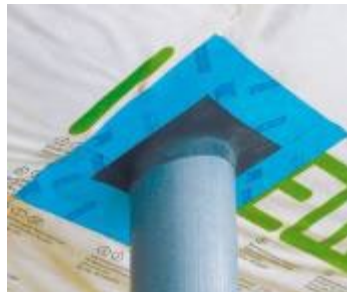


Aansluitingen

- ▶ Geprefabriceerde dichte mof
- ▶ Kleefband (radiale plaatsing)



Bron: WTCB



Bron: Pro Clima



Foto: écorce

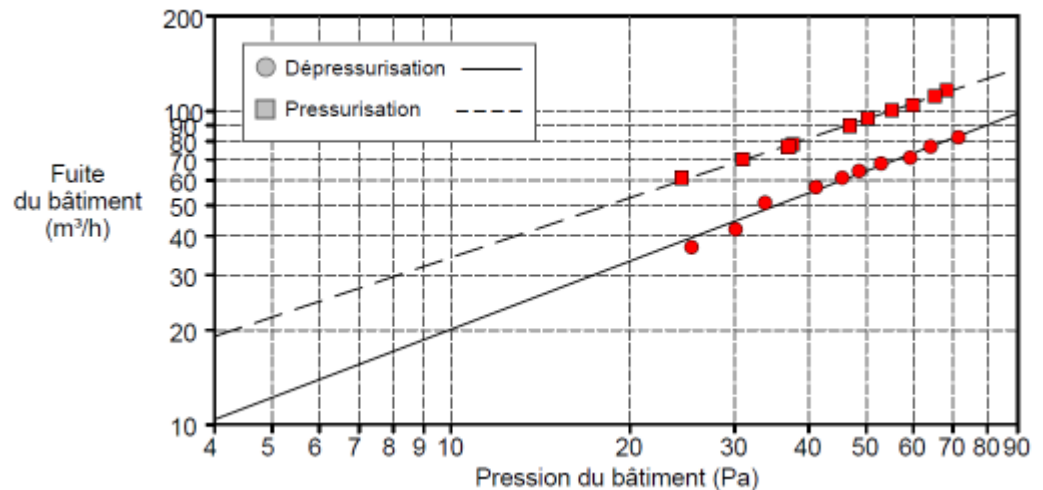


Definitie

- ▶ *Blowerdoortest, pressurisatietest of infiltrometrietest genoemd*
- ▶ Bij deze test worden de ruimten met behulp van een ventilator in onder- en overdruk gebracht en worden (facultatief) de plaatsen opgespoord waar lucht doorheen de gebouwschil binnendringt



Bron: écoRce sa



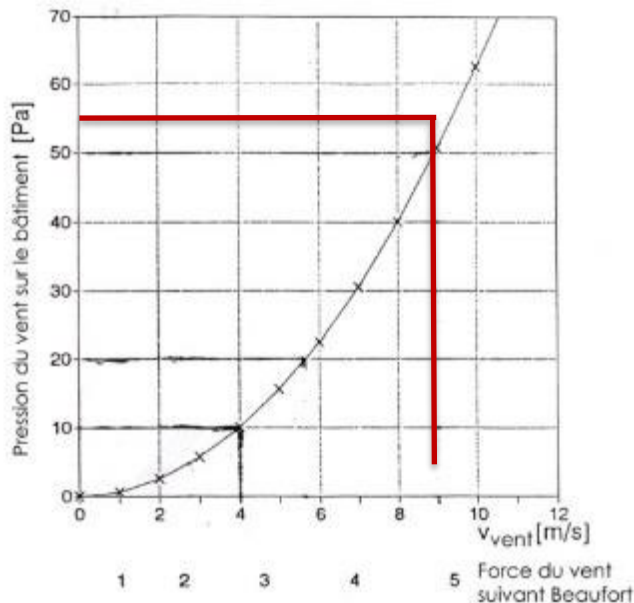
Meetvoorwaarden

- Metingen uitgevoerd op basis van een verschil van 50 Pa tussen de binnen- en de buitenomgeving

Als een exact gewicht van 0,1 kg inwerkt op een oppervlakte van 1 m², wordt een druk van 1 Pascal gegenereerd.

Bij een gewicht van 5 kg of een WK van 5 mm wordt een druk van 50 Pascal bereikt.

In werkelijkheid kan de druk van de wind op de gevel tussen 0 en 100 Pa variëren. In België wordt er gemiddeld uitgegaan van een drukverschil van 2 Pa tussen de binnen- en de buitenomgeving.



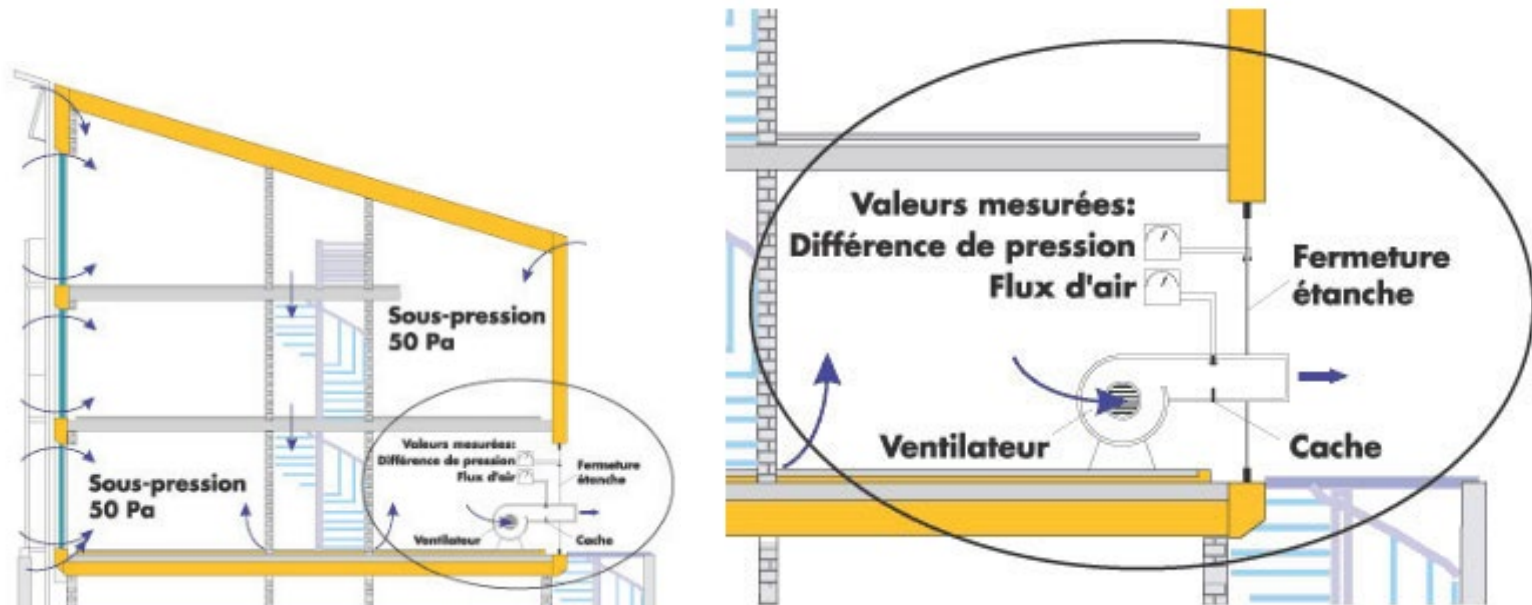
Force du vent (Echelle de Beaufort)	Vitesse du vent en m/s	Reconnaissable par:
0	0,00 - 0,45	Absence de vent, ascension verticale de la fumée.
1	0,45 - 1,50	La direction du vent n'est visible que par la fumée, mais pas par une girouette.
2	1,60 - 3,30	Le vent est ressenti au visage; des feuilles frémissent; la girouette bouge.
3	3,40 - 5,40	Des feuilles et des brins minces bougent; le vent étire un fanion.
4	5,50 - 7,90	Soulève de la poussière et du papier dissocié; bouge des brins et des branches minces.
5	8,00 - 10,70	Des branches et des petits arbres bougent.
6	10,80 - 13,80	La force du vent devient audible. Sifflement auprès de cables et coins de maisons; de fortes branches bougent.
9	20,80 - 24,40	Peut être considéré comme tempête, des tuiles de toiture mal fixées se détachent et tombent.
12	32,80 - 36,90	Essentiellement au littoral, des murs s'effondrent, grande dévastation.

Bron: BlowerDoor GmbH: Minneapolis Blower Door, in: Anwenderhandbuch Modell 4; Springe, 2002



NBN EN ISO 9972:2015

- Thermische eigenschappen van gebouwen – Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen - Overdrukmethode met ventilator (ISO 9972:2015)
- Meetproces



Bron: lamaisonpassive.be



NBN EN ISO 9972:2015

- ▶ De norm beschrijft twee testmethodetypes volgens het nagestreefde doel
- ▶ Deze twee methodes vereisen een verschillende voorbereiding van het gebouw
 - Methode A (test van een gebouw dat in gebruik is)

De toestand van de gebouwschil moet overeenstemmen met de toestand ervan tijdens het seizoen waarin de verwarmings- of koelingssystemen worden gebruikt

⇒ **Methode vereist voor valorisatie bij passief- en EPB-certificering**

- Methode B (test van de gebouwschil)

Elke opzettelijk voorziene opening in de gebouwschil moet worden gesloten of afgedicht, zoals gespecificeerd in 4.b.I en 4.b.II.

⇒ **Maakt het mogelijk de luchtdichtheid te beoordelen tijdens de werken**

⇒ **Vormt een aanvulling op testmethode A, vooral als er hoge eisen worden gesteld**



**Niet te verwarren:**

- n_{50} : luchtverversingsdebiet [vol/h] (lekdebiet in verhouding tot het binnenvolume van het gebouw) → Gebruikt in PHPP

$$n_{50} = \dot{V}_{50} / V$$



- $\dot{v}_{50}$: de luchtdoorlatendheid van de gebouwschil [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$] (lekdebiet in verhouding tot de oppervlakte van de gebouwschil). → Gebruikt in EPB

$$\dot{v}_{50} = V_{50} / A_t$$



V_{50} [m³/h]

- ▶ Totaal lekdebiet bij een drukverschil van **50 Pascal**
- ▶ Gemiddelde van het gemeten debiet bij **overdruk** en bij **onderdruk**

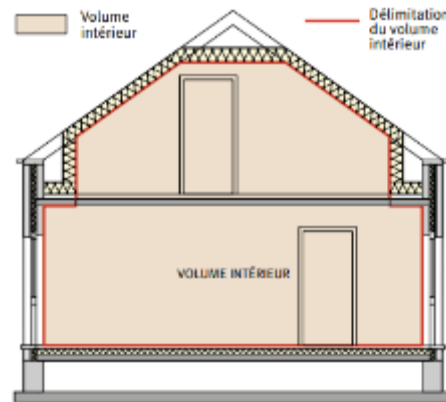
 **v_{50} [m³/h.m²]**

- ▶ Totaal lekdebiet per m² verliesoppervlakte A_t [m²] bij een drukverschil van 50 Pascal
- ▶ Waarde die in de EPB-software wordt ingevoerd
- ▶ Komt overeen met V_{50}/A_t
- ▶ A_t : verliesoppervlakte van het beschermde volume [m²]



n_{50} [$\text{m}^3/\text{h.m}^3$ ou $1/\text{h}$]

- ▶ Aantal luchtverversingen per uur bij een drukverschil van 50 Pa
- ▶ $n_{50} = V_{50} / V_{\text{binnen}}$
 - V_{binnen} = nettobinnenvolume
 - Definitie: *Bewust geklimatiseerde ruimte in een gebouw of gebouwdeel onderworpen aan de test, die in het algemeen niet de zolderruimte en evenmin de kelderruimte of bijgebouwen en aanbouwen omvat.*



Bron: WTCB TV 255

- ▶ Om aan de criteria van de passiefnorm te voldoen: $n_{50} < 0,6$
- ▶ Door te delen door 20 wordt een benadering van de gemiddelde infiltratiedebieten over een periode van een jaar verkregen





Gids Duurzame Gebouwen

<https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/>

- Thema ENERGIE

[Dossier | Luchtdichtheid verbeteren](#)

[Voorziening | Luchtdichtheid van de wanden en aansluitingen](#)

[Voorziening | Luchtdichtheid van technische voorzieningen](#)



Websites

- Energie +
www.energieplus-lesite.be
- Buildwise
<https://www.buildwise.be/nl/>
- Wallonie énergie
<http://energie.wallonie.be>
- Fiches Voorbeeldgebouwen (fiches 1.1. en 1.2.)
https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20RT%20BATEX%20Fiche1.1.%20Luchtdichtheid%20NL.pdf
- https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF_RT_BATEX_Fiche1.2.Etancheite_FR.pdf
- Gids “Conception de maisons neuves durables”
<http://energie.wallonie.be/fr/conception-de-maisons-neuves-durables.html?IDC=6099&IDD=44684>



Pierre WILLEM

Projectingenieur

écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

