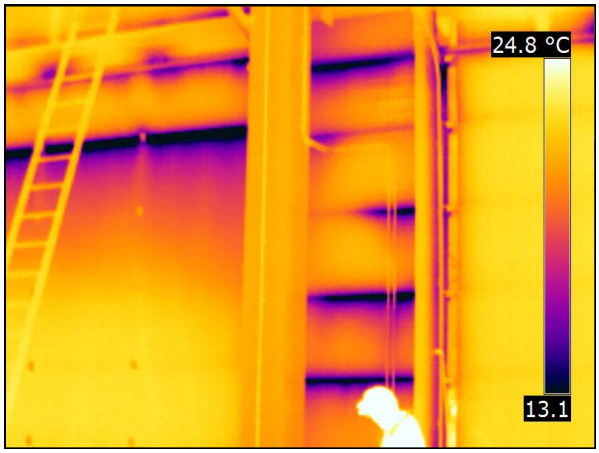
RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman·Kettlitz
Gevel- en Dakadvies

Luchtdicht Bouwen
=
Werken aan kwaliteit!

ing. P. (Peter) Kuindersma
10 oktober 2013

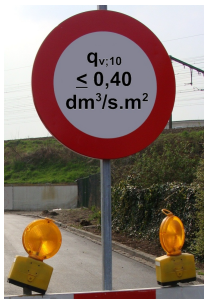
In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.



Stop Air Infiltration

- Waarom luchtdicht bouwen?
- Theorie
- Eisen luchtdichtheid
- Ontwerp- en uitvoeringsaspecten
- Meten = Weten
- Stappenplan luchtdicht bouwen



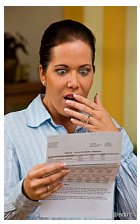
In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V. 3

Waarom luchtdicht bouwen?



Energiebesparing



Energieverlies per jaar bij:

- 300 dm³/s infiltratie ⇒ 312 m³ aardgas /jaar ⇒ €190
- 200 dm³/s infiltratie ⇒ 208 m³ aardgas /jaar ⇒ €127
- 100 dm³/s infiltratie ⇒ 104 m³ aardgas /jaar ⇒ € 63
- 63 dm³/s infiltratie ⇒ 66 m³ aardgas /jaar ⇒ € 40
- 15 dm³/s infiltratie ⇒ 16 m³ aardgas /jaar ⇒ € 10

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

Comfort



In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

Vochtproblemen voorkomen



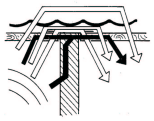
Waterdichtheid



Waarom luchtdicht bouwen?

- Energierekening
- Comfort / tocht
- Vochtschades voorkomen
- Waterdichtheid
- Akoestiek / brandveiligheid

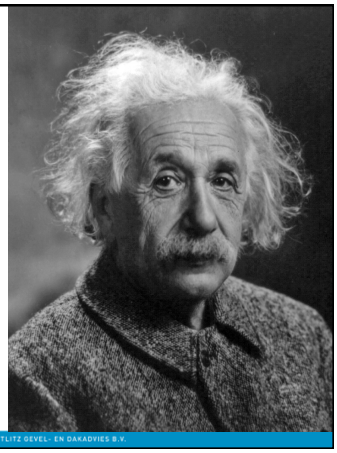




Hoge luchtdichtheid alleen in combinatie met een goed ventilatiesysteem!

Theorie

$$q_{v;p} = \sum (C) * p^n$$



Luchtdicht – luchtdoorlatend?

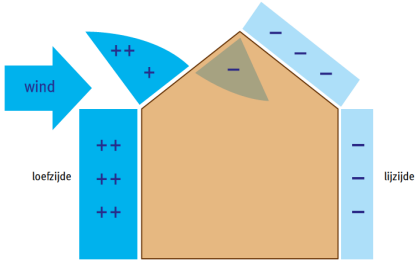


Na verloop van tijd loopt de ballon leeg.
Ballon is dus niet luchtdicht.

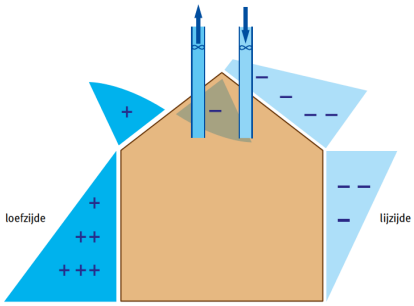
In de bouw beschouwen we dit wel als 'luchtdicht'.

Luchtdoorlatendheid: De eigenschap van een object lucht door te laten indien hierover een luchtdrukverschil aanwezig is.

Drukverschil a.g.v. wind



Drukverschil a.g.v. wind + ventilatie



Beaufortschaal

(gelden voor **gemiddelde** windsnelheden)

Schaalcijfer Beaufort	Windsnelheidsequivalenten op 10 meter hoogte boven vlak terrein			Benaming					Beschrijving van de zichtbare uitwerking van de windkracht op objecten in het binnenland
	m/s	km/h	zeemijlen/uur (knopen)	Nederlands boven zee	Nederlands boven land	English Engels	Francais Frans	Deutsch Duits	
0	0- 0,2	<1	<1	Stilte	Windstil	Calm	Calme	Stille	Rook stijgt recht of bijna recht omhoog.
1	0,3 – 1,5	1 - 5	1 - 3	Flauw en stil	Zwakke wind	Light air	Très légere brise	Leiser Zug	Windrichting goed herkenbaar aan rookpluimen.
2	1,6 – 3,3	6 - 11	4 - 6	Flauwe koelte	Zwakke wind	Light breeze	Légere brise	Leichte Brise	Bladeren beginnen te ritselen en windvanen kunnen gaan bewegen. Wind begint merkbaar te worden in het gelaat.
3	3,4 – 5,4	12 - 19	7 - 10	Lichte koelte	Matige wind	Gentle breeze	Petite brise	Schwache Brise	Bladeren en twijgen zijn voortdurend in beweging.
4	5,5 – 7,9	20 - 28	11 - 16	Matige koelte	Matige wind	Moderate	Jolie brise	Mässige Brise	Kleine takken beginnen te bewegen. Stof en papier worden door de wind opgewerveld en gaan dwarrelen.
5	8,0 – 10,7	29 - 38	17 - 21	Frisse koelte	Frisse wind	Fresh breeze	Bonne brise	Frische Brise	Kleine bladerbomen beginnen te zwaaien. Op het land vormen zich golfjes op de meren.
6	10,8 – 13,8	39 - 49	22 - 27	Stijve koelte	Krachtige wind	Strong breeze	Vent frais	Starker Wind	Grote takken bewegen. Paraplu's kunnen slechts met moeite boven hoofd gehouden worden.
7	13,9 – 17,1	50 - 61	28 - 33	Harde wind	Harde wind	Near gale	Grand frais	Steifer Wind	Gehele bomen bewegen. De wind is hinderlijk wanneer men er tegen in loopt
8	17,2 – 20,7	62 - 74	34 - 40	Stormachtig	Stormachtige wind	Gale	Coup de vent	Stürmischer Wind	Twijgen breken af. Fietsen en lopen wordt bemoeilijkt.
9	20,8 – 24,4	75 - 88	41 - 47	Storm	Storm	Strong gale	Fort coup de vent	Sturm	Lichte schade aan gebouwen. Schoorsteen-kappen en dakpannen worden afgerukt.
10	24,5 – 28,4	89 - 102	48 - 55	Zware storm	Zware storm	Storm	Tempête	Schwerer Sturm	Ontwortelde bomen. Aanzienlijke schade aan gebouwen enz. Komt boven land zelden voor.
11	28,5 – 32,6	103 - 117	56 - 63	Zeer zware storm	Zeer zware storm	Violent Storm	Violente tempête	Orkanartiger Sturm	Uitgebreide schade.
12	> 32,6	> 117	> 63	Orkaan	Orkaan	Hurricane	Ouragan	Orkan	Komt boven land zeer zelden voor.

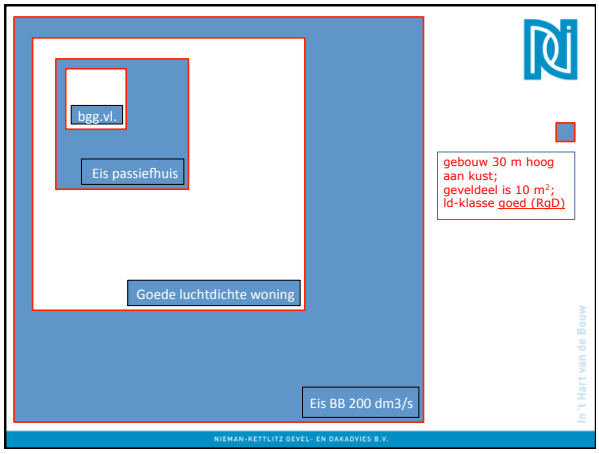
10 Pascal, te vergelijken met 2 à 3 Bft.
"wind wordt merkbaar in het gelaat / bladeren en twijgen zijn voortdurend in beweging"

Eisen



Eisen luchtdichtheid

- **Bouwbesluit**
  - artikel 5.4 ($q_{v;10} \leq 200$ dm³/s) → = circa 340 cm² (18,4 x 18,4 cm)
    - *meting volgens NEN 2686*
  - artikel 5.2 (energieprestatiecoëfficiënt) → = circa 136 cm² (11,7 x 11,7 cm)
    - *bepaling volgens NEN 7120 / 8088*
  - artikel 3.21 lid 4 ($q_{v;1} \leq 0{,}02$ dm³/s per m²) (= 20×10^{-6} m³/s per m²) → = circa 7 cm² (2,6 x 2,6 cm)
    - *meting volgens NEN 2690*
- NEN 2687 Luchtdoorlatendheid van woningen - Eisen
- NEN 3661 Gevelvullingen - Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte - Eisen
- Rijksgebouwendienst (RGD)
- Overige private eisen (BRL's, attesten, NEN-normen, branches, e.d.)
- BREEAM, ...



Ontwerpuitgangspunten (1)

Ontwerpen vanuit kwaliteitsgedachte!

Welke kwaliteit wil je bereiken?
- Referentieperiode
- Gebouwfunctie
- Budget
- Duurzaamheidsambitie

Welke klasse past hierbij?
- Basis
- Goed
- Uitstekend

Dan reële getalswaarde bepalen.



In 't Hart van de Bouw
NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

Ontwerpaspecten (2)

Luchtdicht bouwen begint bij goed ontworpen details.
Relatief grote luchtlekken in de praktijk zijn:

- De aansluitingen met de beganegrondvloer,
- doorvoeringen door de beganegrondvloer / leidingschachten,
- de aansluiting tussen kozijnen en gevels,
- kierdichting van deuren (en soms ook ramen),
- dockshelters, laadperrons, e.d.,
- de aansluitingen van daken op gevels (o.a. canalures),
- daknokken, kilgoten, hoekkepers, aansluitingen dakkapellen
- dak- en geveldoorvoeringen.

In 't Hart van de Bouw
NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

Waar zitten de lekken?



In 't Hart van de Bouw
NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

Ontwerpaspecten (3)

De ontwerper dient in de detaillering en de keuze van het dichtingsmateriaal rekening te houden met de volgende aspecten:

- de plaats van het dichtingsmateriaal in het aansluitdetail;
- de totale lengte van de aansluiting;
- de maatvoeringskwaliteit (noodzakelijke toleranties);
- de vormverandering van het bouwelement als gevolg van onder ander drogingskrimp;
- de keuze van het dichtingsmateriaal (MTV) in relatie tot de gebouwdelen, rekening houdend met kruip, thermische bewegingen en optredende belastingen.

In 't Hart van de Bouw

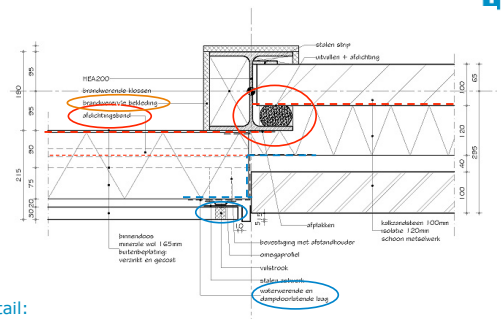
Ontwerpaspecten (4)

De plaats van de dichting is van zeer groot belang en dient door de ontwerper goed te worden aangegeven.

- dichting zo dicht mogelijk aan het binnenoppervlak (warme zijde);
- hoe verder de dichting naar buiten komt hoe moeilijker deze in één vlak is aan te sluiten en hoe eerder inwendige condensatie kan optreden;
- dichting bij voorkeur in een aanslag;
- comprimering in dezelfde richting als de bewegingsrichting;
- afdichting in één vlak;
- rekening houdend met werkvolgorde/bereikbaarheid;
- na plaatsing zo veel mogelijk controleerbaar.

In 't Hart van de Bouw

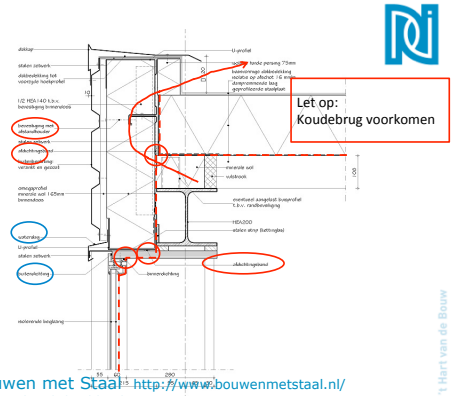
DETAILS



detail:
Bron: SBR/Bouwen met Staal http://www.bouwenmetstaal.nl/lasso/tools/referentiedetails/archlist.lasso

In 't Hart van de Bouw

DETAILS



detail:
Bron: SBR/Bouwen met Staal http://www.bouwenmetstaal.nl/lasso/tools/referentiedetails/archlist.lasso

In 't Hart van de Bouw

Een detail is geen kleinigheid!



Details bepalen de kwaliteit

Vaak 'lekt' het al op papier

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.



NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

Uitvoering

Rekening houden met:

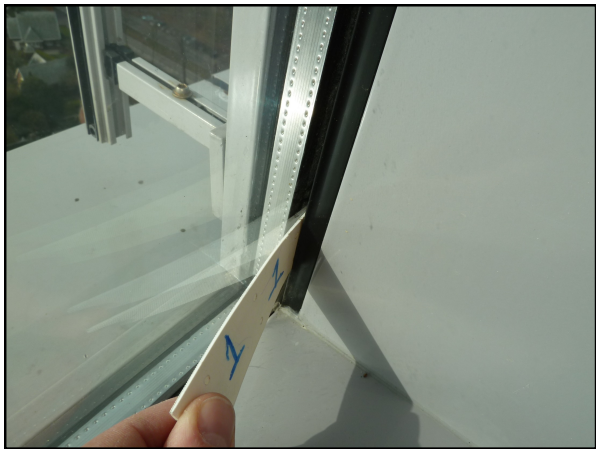
- Uniforme materiaalkeuze voor bepaalde oplossingen;
- Beperking van het aantal luchtdichtingsmaterialen;
- Uniforme methode voor het oplossen van ontmoetingen;
- Houd rekening met de nodige toleranties/maatafwijkingen;
- Houd rekening met de bouwmethodiek en montagevolgorde;
- Let op de vervormingscapaciteit (MTV) van het materiaal;
- Laat in verband met de weersomstandigheden zoveel mogelijk luchtdichtingen in de fabriek aanbrengen.

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.



NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.







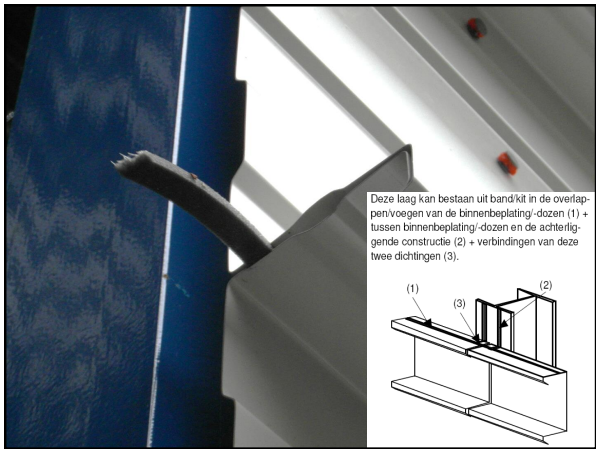

Aandacht voor luchtdicht bouwen, maar……?

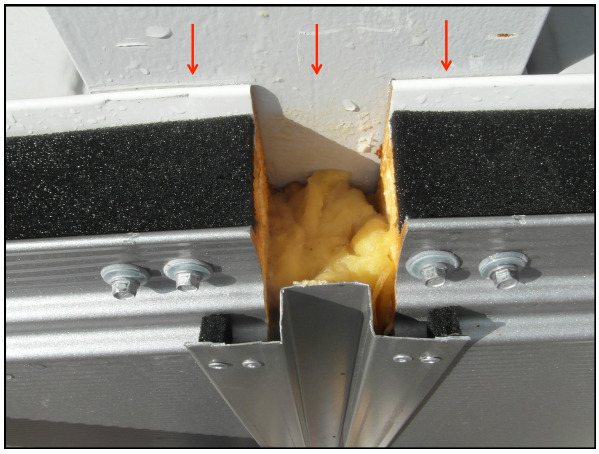



????
NIET ZO ….


….MAAR ZO !!









Meten = Weten, maar …..



weet ook, wat je meet!!!

Meetmethoden / metingen



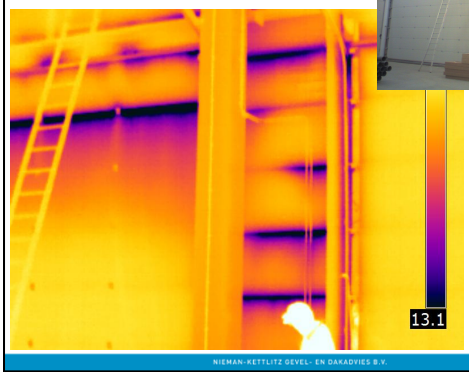
Blowerdoorproef NEN 2686 / NEN-EN 13829

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V. 41

Meting en controle





In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

Een luchtdicht gebouw in 8 stappen



In 't Hart van de Bouw

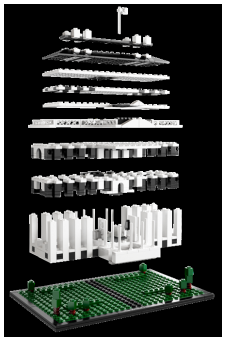
NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

1. Benoem in vroeg stadium het ambitieniveau (=kwaliteit) voor energiezuinigheid en luchtdichtheid.
2. Op basis van dit (energie)concept wordt de noodzakelijke $q_{v;10;kar}$-waarde vastgesteld.
   Deze $q_{v;10;kar}$-waarde is input voor de EPC-berekening.
3. Ga na wat deze $q_{v;10;kar}$-waarde betekent voor de schil van het gebouw.
4. Bepaal de lijn/het vlak waarin de luchtdichting moet worden aangebracht. Inventariseer de overgangen van de details. Geef op de details op correcte wijze de luchtdichting aan (ontwerp een naad, stem de dichting hier op af, let op de werkvolgorde) en beschrijf de maatregelen/materialen in het bestek.
5. Controleer tijdens de werkvoorbereiding de kwaliteit van de luchtdichtingen in het ontwerp. Stem de keuze van het dichtingsmateriaal (gebaseerd op specificaties in bestek) af op de 'bewegingen' van de bouwdelen.
6. Instrueer tijdens de uitvoering de medewerkers zorgvuldig over de bouwtechnische detaillering van het project.
7. Controleer de luchtdichtheid tijdens de gevel- en daksluiting (visueel) en stuur waar nodig bij. Na de gevel- en daksluiting met één of meer luchtdichtheidsmetingen het resultaat beoordelen.
   Laat de betrokken partijen meekijken tijdens de meting.
8. Controleer de luchtdichtheid bij oplevering met één of meer luchtdichtheids- en / of thermografie (in combinatie met het opsporen van lekken met behulp van rook). Laat de betrokken partijen meekijken tijdens de meting.

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

Luchtdicht Bouwen = werken aan kwaliteit!



Bedankt voor uw aandacht



NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.

nationale STAALBOUWDAG

Luchtdicht Bouwen
=
Werken aan kwaliteit!

ing. P. (Peter) Kuindersma
p.kuindersma@gevelsendaken.nl

www.gevelsendaken.nl / www.kierdichtbouwen.info

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN-KETTLITZ GEVEL- EN DAKADVIES B.V.