

# Natuurlijke ventilatie voor vrije koeling - kort overzicht van de stand van zaken

**Citation for published version (APA):**

Loomans, M. G. L. C., & Hensen, J. L. M. (2016). Natuurlijke ventilatie voor vrije koeling - kort overzicht van de stand van zaken. *Bouwfysica*, 27(2), 17-21. Artikel 4.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/08/2016

**Document Version:**

Het geaccepteerde manuscript inclusief aanpassingen uit het peer-review proces

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Natuurlijke ventilatie voor vrije koeling – kort overzicht van de stand van zaken

Marcel G.L.C. Loomans en Jan L.M. Hensen

Building Performance Group - Unit Building Physics and Services, Department of the Built Environment, Technische Universiteit Eindhoven

## ***Samenvatting***

Een overzicht wordt gegeven van recente onderzoeksactiviteiten in de context van vrije koeling met behulp van natuurlijke ventilatie. De Engelse term hiervoor is 'ventilative cooling'. Oververhitting en de groter wordende noodzaak voor koeling om oververhitting te voorkomen in laag energie woningen en gebouwen vormen de aanleiding om het concept vrije koeling met natuurlijk ventilatie (weer) meer aandacht te geven. De problematiek en mogelijkheden voor de Nederlandse woningvoorraad worden getoond in resultaten van enkele recente onderzoeken die deels in de context van IEA Annex 62 *Ventilative Cooling* zijn uitgevoerd. De stand van zaken in die annex wordt eveneens kort toegelicht.

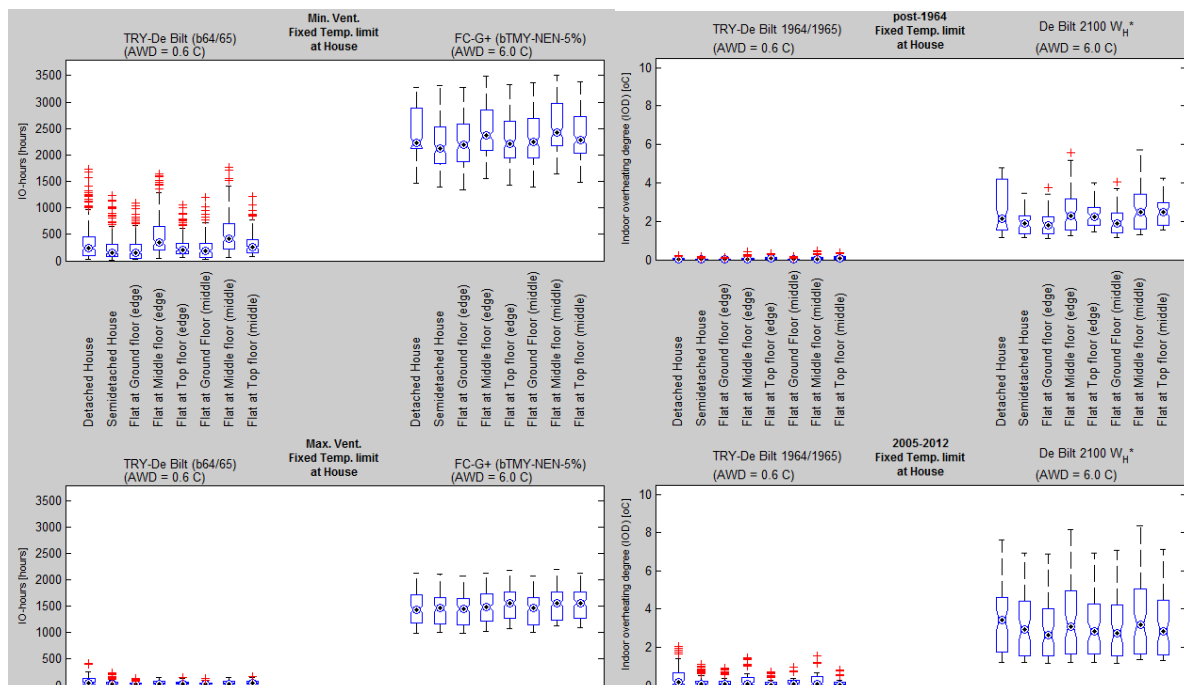
## ***Het probleem - oververhitting***

Oververhitting is een punt van zorg in een groot aantal nieuwe en bestaande woningen. Veronderstelde veranderingen in het klimaat en de lokale gevolgen van het zogenaamde 'urban heat island' effect kan het probleem verder verslechteren [1]. Airconditioning units bieden een snelle en eenvoudige oplossing voor oververhitting in woningen. In de afgelopen jaren zijn dergelijke systemen op grotere schaal en tegen (relatief) betaalbare prijzen beschikbaar gekomen. Uiteraard geven deze systemen een extra belasting op het gebruik van elektriciteit. Bovendien hebben ze onderhoud nodig om een goede luchtkwaliteit te garanderen. Anderzijds, als er geen mogelijkheid is om een airconditioningsysteem in de woning te brengen, kan oververhitting de gezondheid van de bewoners beïnvloeden. Wat betreft mortaliteit bestaat er een relatie tussen het sterftecijfer als functie van de (buiten)temperaturen boven 20-25°C, vooral voor ouderen (> 65 jaar; [2]). Garssen et al. [3] bespreken het effect van de 2003 hittegolf op het sterftecijfer in Nederland. Verminderde slaapkwaliteit is een ander voorbeeld van het effect van oververhitting [4]. Peeters et al. [5] stellen bijvoorbeeld een maximum aan de temperatuur voor een slaapkameromgeving (=26°C).

## ***De potentie***

Het klimaat in Nederland, met zijn dagelijkse variatie in temperatuur, lijkt zeer geschikt om oververhitting te voorkomen zonder dat direct teruggegrepen moet worden op het gebruik van actieve koelsystemen. Extreme temperaturen binnen kunnen worden vermeden. Daarvoor is een goed gebruik van koeling met natuurlijke ventilatie, hier verder aangeduid als "vrije koeling" (VK; ventilative cooling [Engelse term]), bij voorkeur gecombineerd met het gebruik van zonwering en de aanwezig thermische massa, gewenst. Deze potentie, ook aanwezig in grote delen van Europa, wordt beschreven door Artmann et al. [6]. Uit simulatie gegevens is gebleken dat het gebruik van passieve koeling 's nachts tijdens de zomermaanden kan leiden tot besparingen in de energiebehoefte van ongeveer 60% in Groningen, 50% in München en 15% in Palermo [7].

Een aanvullende studie van Mohamed Hamdy en Hensen [8] laat het potentieel voor de Nederlandse situatie zien. Door middel van simulatie hebben zij het risico op oververhitting voor bijna 10.000 mogelijke combinaties van ontwerp- en gebruikparameters, representatief voor de bestaande (!) Nederlandse woningvoorraad (1964-2012), onderzocht. Voor elke combinatie werd het risico op oververhitting beoordeeld voor vier klimaatscenario's (historisch en toekomstig zoals geprojecteerd door het KNMI). De resultaten uit deze studie laten zien dat voor de huidige woningvoorraad vrije koeling met natuurlijk ventilatie en zonwering de meest doeltreffende aanpassingsmaatregelen zijn om het risico op oververhitting in de Nederlandse woningvoorraad te beperken. Dat risico lijkt overigens, zonder aanvullende maatregelen zoals vrije koeling, groter te zijn voor moderne goed geïsoleerde woningen (nieuwbouw en renovatie) ten opzichte van de oudere woningvoorraad. Enkele voorbeelden van resultaten van de studie worden in Figuur 1 getoond. Overigens is de huidige wet- en regelgeving voornamelijk gericht op het reduceren van het energieverbruik voor verwarming. Gezien de levensduur van de woningen en de ontwikkelingen in het klimaat mag verwacht worden dat koeling naar de toekomst toe een meer belangrijke positie gaat innemen, zelfs in Nederland.



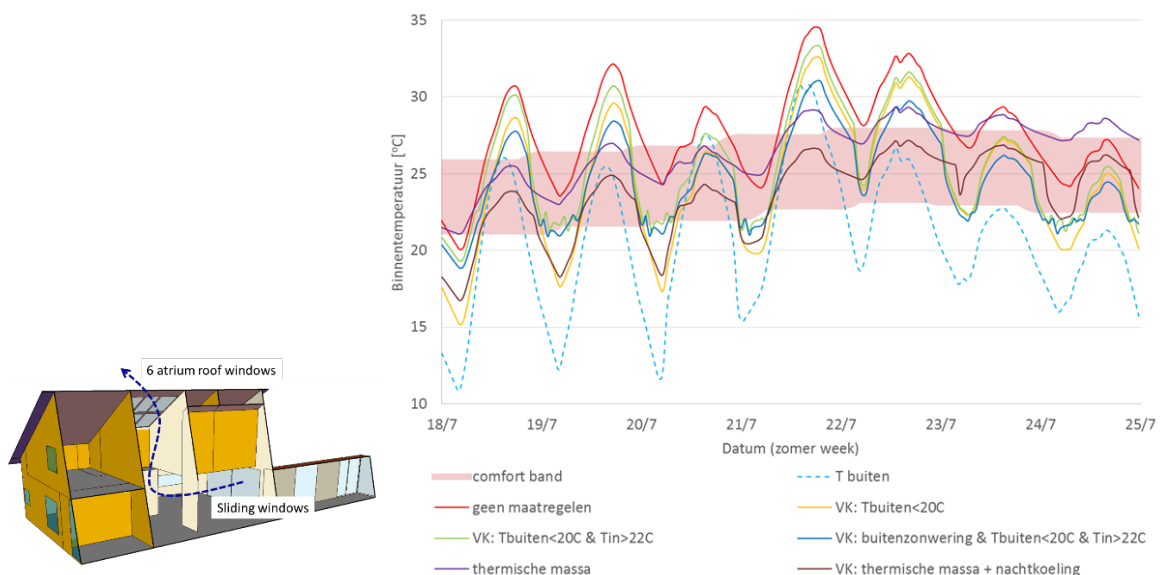
Figuur 1. De boxplots geven het aantal oververhittingsuren (IOHs; links) en de aantal oververhittingsgraden (IODs; rechts) weer voor acht woningtypen en twee ventilatiedebieten (min. 0.9 l/sm<sup>2</sup> versus max. 5-8 ACH; links) en de constructie periode (post-1964 versus 2005-2012; rechts). Hierbij is een vast temperatuur criterium aangehouden en worden de resultaten getoond voor twee klimaat scenario's (De Bilt 1964/1965 en NEN 5060-5% scenario – De Bilt 2100 met urban heat island effect). Figuren uit [8].

### Laag energie (en minder...) woningen

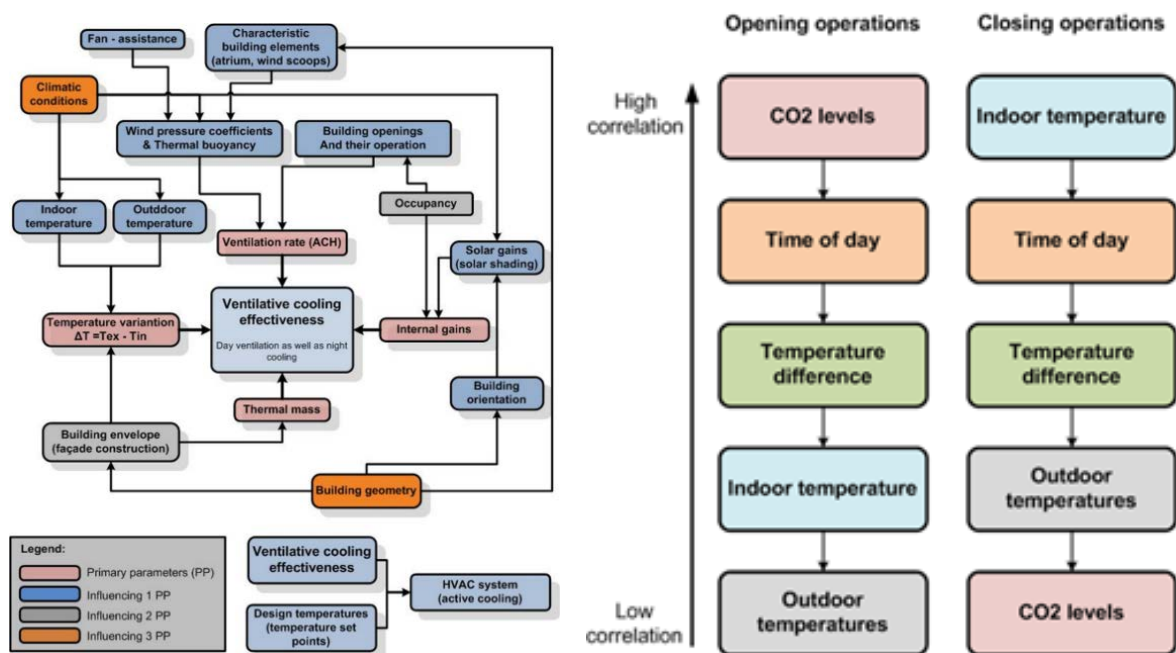
In de nabije toekomst zullen laag energie, of zelfs nul energie of energie plus woningen de norm zijn. De extra gevoeligheid van dergelijke woningen voor oververhitting vraagt om extra aandacht in het ontwerpproces. Dat vrije koeling een bijdrage kan leveren wordt duidelijk in het onderzoek naar het effect daarvan voor een laag energie woning volgens het Active house principe [9].

Met als prestatie indicator voor de beoordeling van het thermisch comfort en oververhitting de comfortbanden voor woningbouw zoals gedefinieerd door Peeters et al. [5], is onderzocht of een bestaande woning (House of Today Tomorrow [HoTT]) gevoelig is voor oververhitting en welke maatregelen ingezet kunnen worden om eventuele oververhitting te beperken. Dit is gedaan met behulp van simulatie, waarbij de echte woning is gebruikt om metingen uit te voeren om het gebruikte simulatiemodel te kalibreren. De complexiteit hierbij zit in de koppeling van een gebouwsimulatie model om het thermische gedrag te simuleren (TRNSYS) met een model om de luchtstromingen te simuleren (Air Flow Network; CONTAM).

Figuur 2 laat het resultaat van een parameter studie zien voor een warme zomerweek. Te zien is dat zonder maatregelen oververhitting zeker een probleem kan opleveren in deze woning. Vrije koeling (VK) levert een duidelijke bijdrage in de mogelijke maatregelen die ingezet kunnen worden om de oververhitting te beperken. Het gebruik van buitenzonwering en de combinatie van extra thermische massa met nachtkoeling blijken zeer effectief om deze specifieke woning dusdanig te conditioneren dat de comfortband (volgens [5]) niet wordt overschreden. Op deze wijze kan dus een meer robuuste woning worden gecreëerd waarvoor het probleem van oververhitting kan worden beperkt. Daarnaast kan bespaard worden op de actieve koeling die in deze woning ook aanwezig is.



Figuur 2. Gesimuleerde binnentemperaturen voor een zomerweek bij toepassing van verschillende controle en ontwerpstrategieën (VK: strategie die gebruik maakt van vrije koeling). 'comfort band' geeft de comfort bandbreedte aan voor de bijbehorende buitencondities. 'Tbuiten' is de buitentemperatuur, 'Tin' de binnentemperatuur. Figuren uit [9].



Figuur 3. Overzicht van parameters die de VK effectiviteit beïnvloeden (links). Volgorde van redenen voor gebruikers om een raam te openen of te sluiten (rechts; gebaseerd op basis van meetdata in tien woningen). Figuren uit [10].

Een overzicht van alle parameters die de werking van VK kunnen beïnvloeden wordt getoond in Figuur 3 (links; [10]). Uit de literatuur kan een rangschikking van de belangrijkste parameters die de werking van VK beïnvloeden worden afgeleid (bijv. [6],[11],[12]). Deze analyse identificeert, wellicht niet verrassend, de gebruiker en zijn/haar gedrag als de belangrijkste parameter bij het bereiken van effectieve VK. Klep [10] analyseerde ook drivers voor het openen en sluiten van ramen op basis van meetgegevens in tien passiefhuis gerenoveerde woningen in Roosendaal (Figuur 3; rechts). Deze analyse gaf aan dat de binnentemperatuur niet de belangrijkste driver is voor het openen van ramen. Uit de analyse werd ook aangetoond dat, mede daardoor, het koelpotentieel voor de woningen in de zomer niet optimaal wordt gebruikt.

### IEA Annex 62 'Ventilative Cooling'

Bovenstaande in de loop der tijd ontwikkelde kennis van zaken sluit aan bij de intenties van de Annex 62 'Ventilative Cooling' van het International Energy Agency (IEA) die in 2014 is gestart ([13]; <http://venticool.eu/annex-62-home/>). Een deel van de bovenstaande resultaten is ook binnen die context ontwikkeld. Gezien de aanwezige potentie, maar zeker ook gezien de verwachte ontwikkelingen omtrent de noodzaak van koeling in laag energie woningen, zelfs soms al in de overgangsseizoenen, én de noodzaak voor energie efficiënte oplossingen op dat gebied, is het doel van deze Annex om duidelijk te maken dat VK een interessante en energie efficiënte oplossing biedt voor koeling en daarmee het voorkomen van oververhitting. Dit zowel voor nieuwe als bestaande woningen, maar het principe is ook zeer interessant voor bijvoorbeeld kantoorgebouwen waarbij in de winter soms zelfs nog steeds vraag kan zijn naar koeling!

Het aanvullende gegeven hierbij is dat, vanwege hygiënische eisen, natuurlijke en/of mechanische ventilatievoorzieningen al aanwezig zijn in woningen en kantoorgebouwen, en dat deze kunnen worden ingezet om warmte af te voeren. De capaciteit van de mechanische ventilatie is overigens niet per definitie toereikend in dergelijke gevallen. Vanwege de normaal gesproken hogere

luchtsnelheden die worden gegenereerd bij vrije koeling kan daarnaast het thermisch comfort gebied verschuiven naar hogere acceptabele binnentemperaturen.

De bedoeling van Annex 62 is om meer en betere informatie beschikbaar te maken over VK. Het doel is ook om de mogelijkheden voor het voorspellen en inschatten van de meerwaarde van VK (voor het afvoeren van warmte en het voorkomen van oververhitting) als mogelijke oplossing voor een ontwerp meer toegankelijk te maken. Daarmee zou de meerwaarde van het concept eerder en beter kunnen worden ingeschat. Zowel in het ontwerpproces, maar ook in de waardering van de oplossing bij de energie prestatie bepaling. Subtask A richt zich hier op. Ook worden hierbij mogelijke key performance indicatoren geanalyseerd die voor de beoordeling ingezet kunnen worden.

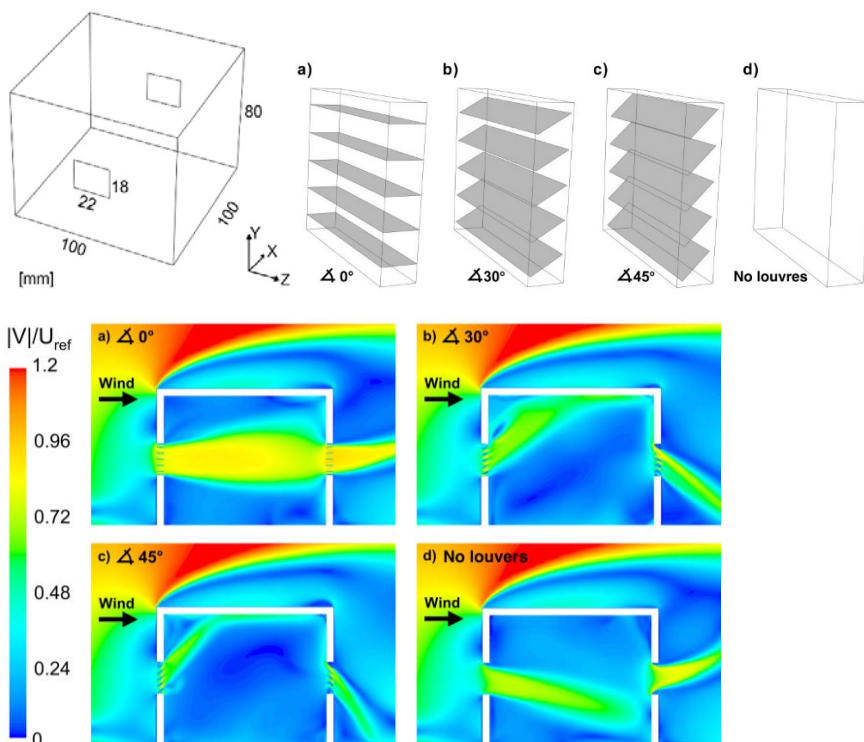
De resultaten van een vragenlijst, ingevuld door vertegenwoordigers van de deelnemende landen, laten zien dat in verschillende landen VK nog niet expliciet kan worden meegenomen in de bepaling van de energiestaat en daarmee wordt ondergewaardeerd. Ook wordt geconcludeerd dat het gebruik van VK vanuit de bouwregelgeving nog vaak slechts (zeer) impliciet gefaciliteerd wordt. De uitdaging hierbij is dat VK raakt aan veel onderdelen van de bouwregeling, van energiegebruik voor koeling, tot aan ventilatie voor gezondheid en comfort en (brand)veiligheid. De toepassing vraagt om integrale oplossingen.

Om het ontwerpproces verder te ondersteunen worden in Subtask B bestaande systeemoplossingen en technologieën geanalyseerd, zowel actieve als passieve systemen. Voorbeelden zijn de componenten die de luchtstroming beïnvloeden zoals (dak-)ramen, deuren en atria, maar ook mechanische en hybride oplossingen en de controle daarvan. Ook op het niveau van het gebouwontwerp en dat van de directe omgeving kan de toepassing van VK worden ondersteund.

Subtask C richt zich op integrale oplossingen, zijnde case studies van gebouwen wereldwijd, waarbij het gebruik van VK als ontwerpuitgangspunt is meegenomen. Van dergelijke cases kan vaak veel geleerd worden en ze bieden een mooi platform om de mogelijkheden en werking van VK in de praktijk aan te tonen. Waar mogelijk wordt deze aan het einde van Annex dan ook via beschikbare ontwerp- en meetdata ondersteund.

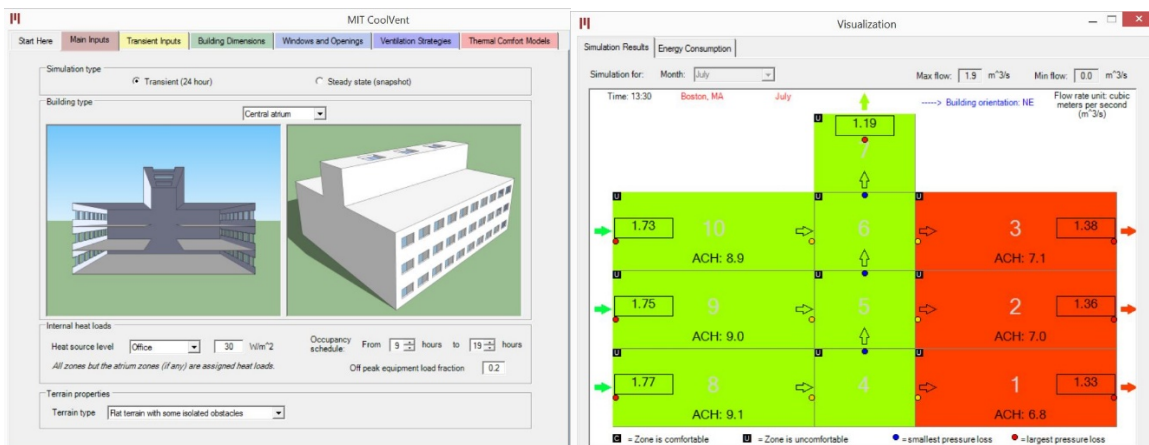
Voor Subtask B en C is het onder meer de bedoeling om een database op te bouwen met de benodigde informatie. Het state-of-the-art report dat eind 2015 beschikbaar is gekomen [14] geeft daarbij een eerste, veelal beschrijvend, overzicht. Dit rapport geeft ook een meer gedetailleerde toelichting op het concept vrije koeling en de mogelijkheden en beperkingen daarvan.

Op het gebied van methodes en programma's om de prestatie van VK te kunnen voorspellen zijn hierboven al een tweetal voorbeelden gegeven. Enerzijds kan met behulp van een thermische gebouwsimulatie (zone-model) de gevoeligheid van het ontwerp voor oververhitting en het effect van vrije koeling worden bestudeerd [8]. Daarop kunnen ontwerpbeslissingen worden genomen. Het daadwerkelijk analyseren van de potentie in een ontwerp vraagt om een koppeling met een airflow network model (zoals in het voorbeeld van HoTT; [9]). Verdere detaillering is mogelijk door de inzet van CFD (zie bijvoorbeeld Figuur 4), maar de complexiteit neemt daarmee navenant toe. Het grotere detail op ruimtelijk/ component niveau kent normaal gesproken een beperking in het tijdsdomein en de grote variatie in mogelijke randvoorwaarden. Daarnaast is een koppeling normaal gesproken wenselijk om het thermische gebouwmodel hierin mee te nemen.



Figuur 4. Contourenplots van de dimensieloze snelheid ( $|V|/U_{ref}$ ) in het verticale vlak van een eenvoudige geometrie voor een niet-isotherme simulatie bij verschillende hoeken van de louvers: (a)  $0^\circ$ , (b)  $30^\circ$ , (c)  $45^\circ$ , en voor (d) raam zonder louvers.  $U_{ref} = 6.97$  m/s. Figuren uit [15].

Een interessante ontwerptool die kan ondersteunen bij beslissingen over het inbrengen van VK in de vroege ontwerpfase is de tool MIT CoolVent [16] dat over een langere periode is ontwikkeld door het Massachusetts Institute of Technology, ook een van de deelnemers binnen de Annex. Deze tool combineert een relatief eenvoudig thermisch gebouwmodel met een airflow network model. De grafische user interface (zie enkele screenshots in Figuur 5) en de beperkte opties aan geometrie en invoergegevens maken een relatief snelle analyse van keuzes voor VK in de vroege ontwerpfase mogelijk.



Figuur 5. Enkele screenshots van de MIT Coolvent tool die gebruikt kan worden bij de analyse van vrije koeling in de vroege ontwerpfase van een gebouw [16].

## **Afsluitend**

Vrije koeling met natuurlijke ventilatie is een onderwerp dat een lange historie kent, maar waarvan de meerwaarde in de afgelopen decennia wat uit het oog is geraakt. Met de wens om energiezuinigere gebouwen te ontwerpen en bouwen komt de potentie van vrije koeling echter weer vol in beeld. Enerzijds omdat energiezuinige gebouwen veel gevoeliger lijken te zijn voor oververhitting, terwijl de aandacht momenteel nog steeds sterk op het energiegebruik voor verwarming is gericht. Anderzijds omdat vrije koeling een techniek is die koeling op een energiearme wijze mogelijk maakt. Naar de toekomst toe lijkt voor nieuwbouw en renovatie het concept van vrije koeling met natuurlijke ventilatie een belangrijke ontwerputgangspunt om een oplossing te kunnen bieden voor het optimaliseren van comfort én energiegebruik. Het concept kan in principe (deels) worden geautomatiseerd in nieuwe gebouwen, bij voorkeur ondersteund door ontwerp oplossingen die het probleem van het begin af aan minimaliseren. Dit gaat dan hand in hand met de alomtegenwoordige aanwezigheid van sensoren die data-gedreven modellen kunnen voeden en daarmee actuatoren aansturen.

Echter, we moeten ook rekening houden met de bestaande voorraad en zeker de meer recente bouwvoorraad waarbij goede isolatie en luchtdichtheid heeft geleid tot een laag energiegebruik maar ook tot problemen in de zomer en de tussenseizoenen. Wanneer het lukt om de impliciet in het gebouw aanwezige mogelijkheden voor vrije koeling beter te gebruiken zou het mogelijk moeten zijn de prestaties van deze woningen ook naar de toekomst toe nog te kunnen blijven handhaven. In dat geval moeten we de gebruiker echter goed gaan instrueren om van die mogelijkheden ook daadwerkelijk en effectief gebruik te maken. Voor het Nederlandse klimaat zouden we dan een heel eind kunnen komen.

Ondertussen loopt Annex 62 nog een jaar door. De wens is dat we met de uitkomsten van die Annex de toepassing van vrije koeling met natuurlijke ventilatie naar de toekomst toe beter kunnen faciliteren.

## **Dankwoord**

De activiteiten in het kader van IEA Annex 62 Ventilative Cooling worden ondersteund door een bijdrage van RVO Nederland.

## **Bronnen**

- [1] Heijden, M. G. M. v. d., Blocken, B., & Hensen, J. L. M. 2012. "Heat wave vulnerability classification of residential buildings", Proceedings of the 7th Windsor Conference: The changing context of comfort in an unpredictable world, 12-15 April, Windsor, UK, Network for Comfort and Energy Use in Buildings - NCEUB, pp. 1-6.
- [2] Huynen, M.M.T.E., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M.P. and Kunst, A.E. 2001. The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population. Environmental Health Perspectives, 109/5:463-470.
- [3] Garssen J, Harmsen C, De Beer J. The effect of the summer 2003 heat wave on mortality in the Netherlands. Euro Surveill. 2005;10(7):pii=557. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=557>



- [4] Lan, L. et al. 2014. Experimental study on thermal comfort of sleeping people at different air temperatures, *Building and Environment*, 73:24-31.
- [5] Peeters, L., Dear, R. d., Hensen, J., & D'haeseleer, W. 2009. "Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation", *Applied Energy*, vol. 86, no. 5, pp. 772-780.
- [6] Artmann, N., H. Manz, and P. Heiselberg. 2008. Climatic parameter study of performance of building cooling by night-time ventilation. *Renewable Energy*, 33:2589-2598.
- [7] Ramponi, R., Anfelotti, A. and Blocken, B. 2014. Energy saving potential of night ventilation: Sensitivity to pressure coefficients for different European climates. *Applied Energy*, 123: 185-195.
- [8] Mohamed Hamdy and Hensen, J. 2014. Impact of Climate Change on Overheating Risk in Dwellings. Report CPC Project: Climate proof cities. Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- [9] Bouwens, E., Loomans, M.G.L.C., Hensen, J.L.M. & Lichtenberg, J.J.N. (2016). Ventilative cooling potential in low-energy dwellings: the Hon case study. In P.K. Heiselberg (Ed.), *CLIMA 2016: Proceedings of the 12th REHVA World Congress, 22-25 May 2016, Aalborg, Denmark* (pp. 1-10). Aalborg: Aalborg University, Department of Civil Engineering.
- [10] Klep, M. 2014. Ventilative cooling - an overview of the aspects involved. Master report. Dept. Built Environment. Eindhoven University of Technology. Pp.117
- [11] Belleri, A., Dutton, S., Oberegger, U.F., Lollini, R. 2013. A sensitivity analysis of natural ventilation design parameters for non residential buildings. *Proceedings of BS2013: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.*
- [12] Leenknecht, S., Saelens, D. 2013. Assessing convection modelling in Building Energy Simulation models for night cooling. *Proceedings of BS2013: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.*
- [13] IEA. 2013. Annex 62 'Ventilative Cooling', Energy in Buildings and Communities Programme (EBC), International Energy Agency (IEA) [<http://venticool.eu/annex-62-home/>; last visited 20140917]
- [14] EBC. 2015. Ventilative Cooling - State-of-the-Art Review. Ed. M. Kolokoroni and P. Heiselberg. IEA/EBC Programme -Annex 62 Ventilative Cooling. Aalborg University. Aalborg, Denmark (pp.213; <http://venticool.eu/wp-content/uploads/2013/09/SOTAR-Annex-62-FINAL.pdf>)
- [15] Kosutova, K., Hooff, van, T.A.J., Blocken, B.J.E. & Hensen, J.L.M. (2015). CFD analysis of ventilative cooling in a generic isolated building equipped with ventilation louvers. *Proceedings of Healthy Buildings 2015 Europe, 18-20 May 2015, Eindhoven, The Netherlands* (pp. 1-8). Eindhoven: ISIAQ.
- [16] MIT. MIT CoolVent. Massachusetts institute of Technology. Boston. USA (<http://coolvent.mit.edu/>)