



2. EISEN BINNENKLIMAAT

2.1 Kwaliteit

Als veel van het binnenklimaat afhangt, zoals bij de productie van micro-elektronische componenten, teelt van klimaatgevoelige gewassen, conservering van onvervangbare kunstvoorwerpen etc., kan een nauwkeurige klimaatregeling - die ook onder extreme weers- en gebruiksomstandigheden binnen de vereiste grenzen blijft - noodzakelijk zijn. Klimaatinstallaties voor verblijfsruimten, zoals woningen, kantoren, scholen e.d., worden zelden op extremen gebaseerd. Bij dergelijke ruimten worden overschrijdingen van comfortgrenzen gedurende kortere perioden toegestaan [7]. De mate waarin dat gebeurt, bepaalt enerzijds de kwaliteit van het binnenklimaat en anderzijds de mate waarin installatietechniek moet worden aangewend om die kwaliteit te realiseren.

2.2 Klimaat

Onder "klimaat" of "thermisch klimaat" wordt verstaan: de combinatie van omgevingsfactoren die de warmte- en vochtuitwisseling tussen de mens en zijn omgeving bepaald. De factoren zijn: de luchttemperatuur, de (gemiddelde) stralingstemperatuur, de luchtbeveging en de luchtvochtigheid. Vaak wordt tot het binnenklimaat ook de luchtreinheid gerekend.

2.3 Thermisch comfort

Het klimaat is thermisch comfortabel als mensen geen behoefte hebben aan een hogere of lagere temperatuur [8]. De mate waarin mensen het klimaat als (on)comfortabel ervaren hangt samen met de warmte-isolatie van de kleding en met de ontwikkelde interne lichaamswarmte, die op zijn beurt afhankelijk is van de lichamelijke activiteit. Over thermisch comfort is veel bekend. Eisen zijn nauwkeurig te geven, zie o.a. paragraaf 2.8. Uit de praktijk blijkt dat het thermisch comfort vooral wordt bedreigd door tocht en temperatuurverschillen. Bij tocht gaat het om de combinatie van lichtsnelheid, luchttemperatuur en het karakter van de luchtstroming (mate van turbulentie). Bij temperatuurverschillen zijn het de verschillen in de tijd (fluctuaties en verloop) en de ruimtelijke verschillen (gradiënten) die het comfort beïnvloeden. Meer hierover is te vinden in [9 t/m 12].

2.4 Olfactief comfort (luchtreinheid)

Het comfort dat samenhangt met de luchtreinheid kan worden aangeduid met "olfactief comfort (olfactief = reukzin betreffend). Hiervan is minder bekend dan van thermisch comfort. Vele stoffen kunnen de lucht olfactief verontreinigen. Slechts van een beperkt aantal stoffen is het verband bekend tussen de concentratie van die stoffen in de lucht en de mate van geurhinder. Complicerend is dat de geurwaarneming door thermische factoren en adaptatie worden beïnvloed. Bovendien kunnen verontreinigingen hinder, zoals slijmvliesirritatie, veroorzaken [13].

Voor het beoordelen van de luchtreinheid wordt vaak gebruik gemaakt van indicatorstoffen, zoals kooldioxide. Verblijfsruimten met een concentratie van meer dan 0,1 vol.% CO₂ worden doorgaans bedompt of onfris gevonden, terwijl 0,08 vol.% wordt genoemd als grenswaarde i.v.m. klachten [14]. Omdat de CO₂-productie van mensen bekend is, en afhankelijk is van de activiteit, kan op basis van dit gegeven de verse luchthoeveelheid per persoon worden vastgesteld.

Bij CO₂ als indicator wordt alleen de mens als verontreinigingsbron in aanmerking genomen. Andere bronnen, zoals bouw- en inrichtingsmaterialen en vervuilde installaties, leveren vaak grotere bijdragen aan de binnenluchtverontreiniging. Om deze reden wordt ook wel de concentratie van meer stoffen, zoals de groep vluchtige organische verbindingen (VOC's), als indicator gebruikt [15]. Een nieuwe benadering is het



beoordelen van de luchtreinheid met proefpersonen ("geurpanels") [16]. De waarnemingen van het panel worden uitgedrukt in "decipol" (eenheid van geursterkte). De geursterkte is te herleiden tot bronsterkte. De eenheid van bronsterkte is de "olf" [17]. De geursterkte is afhankelijk van de bronsterkte en de hoeveelheid verse lucht die door de ruimte stroomt.

Omdat de relatie tussen geursterkte en het percentage ontevredenen bekend is, is ook bekend hoeveel verse lucht moet worden toegevoerd om een bepaald percentage mensen tevreden te stellen. De "olf/decipol-methode" is anno 1996 nog in ontwikkeling. Met name onderzoek naar bronsterkten van verschillende bouw- en inrichtingsmaterialen vraagt tijd.

De tot nu toe meest gebruikelijke luchtreinheids-eisen worden gesteld in de vorm van hoeveelheden per persoon toe te voeren verse lucht. Ook wel worden ventilatie-vouden aangegeven, afhankelijk van de functie van ruimten (o.a. [18, 19]), zie ook tabel 5, blz. 26. Zie voor toelichting van het begrip "ventilatie-voud" paragraaf 4.2.

2.5 Auditief en visueel comfort

Installaties en voorzieningen die geluid produceren en/of geluid tot de ruimte toelaten - en om die reden niet gebruikt kunnen worden - vormen een bedreiging voor het thermische en olfactieve comfort. In dit dictaat wordt verder niet ingegaan op het auditieve comfort en de op grond daarvan te stellen akoestische eisen. Wel wordt, bij de keuze van klimaatsbeheersingsoplossingen, steeds gestreefd naar het voorkomen van een nadelige invloed op het akoestische en visuele klimaat.

2.6 Acceptatie van discomfort

Thermisch en olfactief discomfort hoeven niet perse tot onvrede te leiden of klachten tot gevolg te hebben. Hoe het mechanisme **discomfort** → **onvrede** → **acceptatie** → **klacht** precies werkt is onduidelijk. Wel is bekend dat tussen de verschillende bevindingen "drempels" zitten [20]. De hoogte van die drempels wordt mede beïnvloed door andere (fysische) aspecten in de omgeving. Zo is bekend dat mensen, naarmate ze meer invloed op hun omgeving kunnen uitoefenen, meer onbehagen accepteren en minder snel klagen [21]. Dit pleit voor individuele regelbaarheid van temperatuur, ventilatie (o.a. te openen ramen), zonwering, verlichting etc. In de volgende hoofdstukken worden klimatiseringsoplossingen beschreven waarvan bekend is dat ze ten minste een redelijke mate van acceptatie geven (>80%).

2.7 Woningen en woongebouwen

Klimaatseisen voor woningen zijn o.m. vastgelegd in NEN 5066 [22]. Zie hoofdstuk 6 voor meer gegevens over temperatuureisen. NEN 1087 [23] geeft ventilatie-eisen voor woningen i.v.m. luchtverversing en zomerkoeling. Samengevat komen deze eisen op het volgende neer:

- woonkamer	:	gelijk aan totale ventilatie overige vertrekken, minimaal 75 m ³ /h, maximaal 150 m ³ /h;
- overige kamers	:	3,6 m ³ /m ² .h, minimaal 25 m ³ /h;
- eenkamerwoning	:	4,7 m ³ /m ² .h, minimaal 75 m ³ /h;
- keuken	≤ 10 m ²	: 75 m ³ /h;
	> 10 m ²	: 100 m ³ /h, (mechanisch);
- open keuken in woning	:	150 m ³ /h, (mechanisch);
- open keuken in wooneenheid	:	3,6 m ³ /m ² .h, minimaal 50 m ³ /h, maximaal 100 m ³ /h (mechanisch);
- bad-, was- en droogruimte	:	50 m ³ /h;
- bergruimte, kelder, zolder	:	3,6 m ³ /m ² .h;
- gemeenschappelijk trappenhuis of gang	:	enkelvoudige ventilatie;
- opslagruimte huisvuil	:	360 m ³ /h;



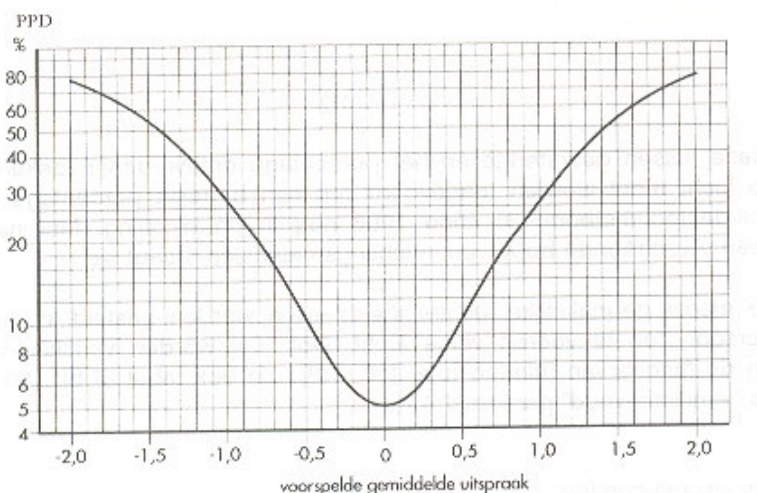
- liftkooi : 3,6 m³/h per persoon;

Bij hoogbouw (flats) en bij woningen met ramen in slechts één gevel is mechanische afvoer of mechanische toe- en afvoer nodig. De NEN-normen geven minimum-eisen. I.v.m. de beoogde acceptatie (zie paragraaf 2.6) worden in de praktijk meestal hogere waarden aangehouden.

2.8 Kantoren e.d.

Voor kantoren wordt m.b.t. het thermische klimaat/comfort vaak verwezen naar de richtlijnen van de Rijksgebouwendienst (Rgd) [24]. Deze zijn gebaseerd op aanbevelingen van de Rijks Bedrijfsgezondheidsdienst (RBB) [7] en hebben in beginsel betrekking op de mate en de tijd waarin wordt toegestaan dat bepaalde klimaatgrenzen in **bestaande gebouwen** worden overschreden (zie eveneens paragraaf 2.6). De richtlijnen komen op het volgende neer:

- het thermische klimaat moet ten minste 90% van de bewoners ten minste 90% van de tijd tevreden stellen, nader uitgewerkt:
 - * maximaal 5% van de tijd (ca. 100 uur/jaar) "te warm"
 - * maximaal 5% van de tijd (ca. 100 uur/jaar) "te koud"
- het thermische klimaat mag maximaal 1 à 1,5 % van de tijd (ca. 20 à 30 uur/jaar) meer dan 25% ontevredenen geven

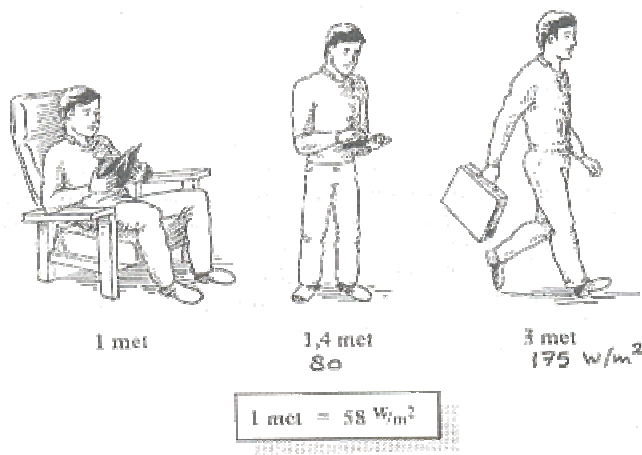


figuur 1 Percentage ontevreden (PPD) afhankelijk van gemiddelde uitspraak (PMV)

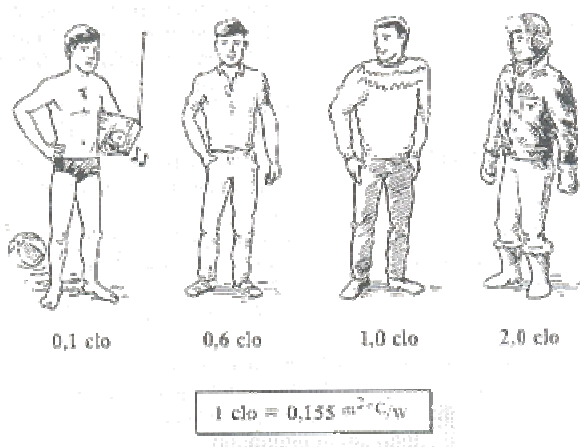
Het percentage (on)tevredenen wordt doorgaans afgeleid met behulp van het model van Fanger [8]. Dit model is bekend als PMV/PPD-index en beschreven in NEN-ISO 7730 [25]. Het model wordt nader toegelicht in [2]. PMV betekent "Predicted Mean Vote". PPD betekent "Predicted Percentage Dissatisfied". Zie figuur 1 voor de relatie tussen beide indices. De eis "ten minste 90% tevreden" blijkt overeen te komen met PPD<10. Aan deze eis wordt voldaan als $-0,5 < PMV < +0,5$. PPD<25 komt, blijkens figuur 1, overeen met $-1,0 < PMV < +1,0$. De PMV- en PPD-waarden kunnen met behulp van het model van Fanger worden herleid tot waarden voor de luchttemperaturen of andere klimaat- of persoonsgebonden factoren. Omdat de PMV/PPD-index wordt gevormd door 6 factoren moeten, als de waarde van één van die factoren wordt gevraagd, de waarde van de vijf andere factoren bekend zijn, of worden geschat. Voor kantoorarbeid bedragen de waarden van deze factoren gemiddeld:



- metabolisme/activiteitsniveau		70 W/m ²	(zie figuur 2)
- warmte-isolatiekleding	winter	1,0 clo	(zie figuur 3)
	zomer	0,4 clo	
- stralingstemperatuur	winter	luchttemperatuur min 2° C	
	zomer	luchttemperatuur plus 2° C	
- luchtsnelheid	winter	0,15 m/s	
	zomer	0,25 m/s	
- luchtvochtigheid		50 %	



figuur 2 Metabolisme / activiteitsniveau



figuur 3 Kleding-isolatie

De luchttemperaturen die hieruit volgen zijn:

PMV = -1,0	→	18,0 °C	} 75 % tevredenen } 90 % tevredenen
PMV = -0,5	→	20,0 °C	
PMV = +0,5	→	26,0 °C	
PMV = +1,0	→	28,0 °C	

Met behulp van een temperatuur-overschrijdingsprogramma kan worden nagegaan of het klimaat "90% van de tijd" binnen de aangegeven PMV-, PPD- of temperatuur-grenzen blijft, zie hoofdstuk 6.

Er zijn voorstellen gedaan om de temperatuur-overschrijding anders te beoordelen. Zo zouden de grenzen (PMV=0,5 en PMV=1,0) door één grens (PMV=0,5) moeten worden



vervangen en de uren, waarin het klimaat deze grens overschrijdt, moeten worden gewogen [26]. De voorgestelde weging gaat uit van de PMV{PPD-relatie van Fanger. Door Stichting Bouw Research is een publicatie uitgegeven waarin deze methode nader is uitgewerkt [27].

Voor de luchtverversing van kantoren worden vaak de volgende normen aangehouden.

- kantoren	:	5 m ³ /m ² .h of	50 m ³ /h per persoon (rookverbod of onderling regelen)
- kantoortuinen	:	10 m ³ /m ² .h of	100 m ³ /h per persoon (geen rookverbod)
- vergaderruimten	:	20 m ³ /m ² .h of	50 m ³ /h per persoon (rookverbod)
- bedrijfsrestaurant	:	20 m ³ /m ² .h	
- toiletten	:	35 m ³ /m ² .h	
- garderobe	:	9 m ³ /m ² .h	

2.9 Scholen

Temperatuureisen voor scholen zijn grotendeels vastgelegd in NEN 5066 [21]. Zie hoofdstuk 6 voor meer gegevens. NEN 1089 [28] geeft ventilatie-eisen voor verschillende ruimten in scholen. Samengevat komen de ventilatie-eisen op het volgende neer:

lesruimte	20 m ³ /h per leerling
werkplaats	36 m ³ /h per leerling
bureau/kantoorruimte	36 m ³ /h per persoon
vergader ruimte/docentenruimte	54 m ³ /h per persoon
gemeenschapsruimte < 1,5 m ² /persoon	22 m ³ /h per m ² vloeroppervlak
gemeenschapsruimte > 1,5 m ² /persoon	11 m ³ /h per m ² vloeroppervlak
sportzaal/gymzaal	3,6 m ³ /h per m ² vloeroppervlak
zuurkast scheikundepracticum	720 m ³ /h per werkopening
keuken (geen lesruimte) < 10 m ²	75 m ³ /h
toiletruimte	25 m ³ /h per urinoir of closet
wasruimte	50 m ³ /h per douche
wasruimte	25 m ³ /h per warmwater-tappunt
kleedruimte	11 m ³ /h per m ² vloeroppervlakte
liftkooi	36 m ³ /h per persoon
gang/trappenhuis/garderobe	1 m ³ /h per m ³ (enkelvoudige ventilatie)

2.10 Andere gebouwen

De eisen die aan het klimaat in andere gebouwen dan woningen, kantoren, scholen e.d. worden gesteld, worden vaak per geval bepaald. Bij industriële ruimten, sportaccommodaties e.d. wordt bij het vaststellen van de eisen rekening gehouden met het tijdelijke verblijf van personen in de ruimte. Een deel van de eisen is aan handboeken te ontleen. Zie ook de paragrafen 4.7.9 t/m 4.7.14 en 6.2.2 en tabel 5, blz. 26.