

B2. Oefenvraagstukken Behaaglijkheid – Comfort (20250206)

Vraag 1

Hoe groot is het voorspelde percentage ontevredenen volgens Fanger bij de volgende omstandigheden?

- Rustig zitten / lezen
- Gemiddelde zomerkleding
- Luchttemperatuur 26°
- Stralingstemperatuur 28°
- Luchtsnelheid 0,4 m/s
- Relatieve vochtigheid 50%

- a. 0%
- b. 5%**
- c. 10%
- d. 20%
- e. 95%

Uitwerking

Rechtstreeks af te lezen uit de tabel in figuur 5.8 uit het Bouwfysicaboek (8^e druk).

Bij de gegeven condities geldt $PMV = 0 \rightarrow PPD = 5\%$ (figuur 5.4).

Vraag 2

Welke van de onderstaande factoren wordt niet in de PMV verwerkt en is wel bepalend voor het thermisch comfort in de zomer?

- a. De luchtvochtigheid
- b. De verticale temperatuurgradiënt
- c. De aanwezigheid van te openen ramen**
- d. De verrichte arbeid
- e. De spreiding in metabolisme van persoon tot persoon bij een bepaalde activiteit

Uitwerking

De behaaglijkheidsvergelijkingen van Fanger zijn afgeleid uit laboratoriumomstandigheden waar alleen de gegevens van de betrokken mensen en de klimaatomstandigheden zijn betrokken en geen gegevens over de fysieke omgeving. Indirect, zou je kunnen zeggen, zit de invloed van te openen ramen er overigens wel in via de overdrachtscoëfficiënt voor convectie aan het lichaam die weer afhankelijk is van de luchtsnelheid in het vertrek, die op zijn beurt weer beïnvloed wordt door het openen en sluiten van ramen. Maar de aanwezigheid van te openen ramen geeft ook meer relatie met het buitenklimaat waardoor mensen zich

aan de wisselende klimaatomstandigheden aanpassen wat betreft waardering van het binnenklimaat. Zie daarvoor ook het boek "Binnenklimaat en Adaptief Thermisch Comfort". Maar de invloed van de te openen ramen wordt dus niet echt meegenomen. Dus antwoord c.

Vraag 3

Beschouwd wordt een kantoor op een zonnige zomerdag. Er is geklaagd over tocht door de lage toevoertemperatuur van de ventilatie en door het facilitair management is besloten de toevoertemperatuur op 22 °C in te stellen, maar daardoor wordt er nauwelijks meer gekoeld.

Er zijn, behalve het verhogen van de toevoertemperatuur, nog meer maatregelen die genomen kunnen worden ter voorkoming van tocht.

Welke van de hieronder genoemde maatregelen leidt niet tot afname van tochtklachten?

- a. Het hoger plaatsen van de luchttoevoer opening.
- b. De luchttoevoeropeningen groter maken.
- c. Het lager plaatsen van de luchttoevoer opening.**
- d. De toevoeropening verder van de werkplek plaatsen.
- e. De toevoerlucht langs het plafond inblazen.

Uitwerking:

- a. Kennelijk zit de luchttoevoeropening laag, hoger plaatsen van de luchttoevoer zorgt voor een minder hoge lichtsnelheid in de leefzone.
- b. Bij dezelfde luchthoeveelheid de uitblaasopening groter maken geeft een lagere lichtsnelheid.
- c. Lager plaatsen van de luchttoevoer geeft een hogere lichtsnelheid in de leefzone. Dus niet doen.**
- d. Toevoeropening verder weg geeft een bredere verdeling van de lucht, dus een lagere lichtsnelheid.
- e. Bij langs het plafond inblazen blijft de luchtstroom als het ware aan het plafond kleven (coanda effect) en komt beter verdeeld in de leefzone.

Vraag 4

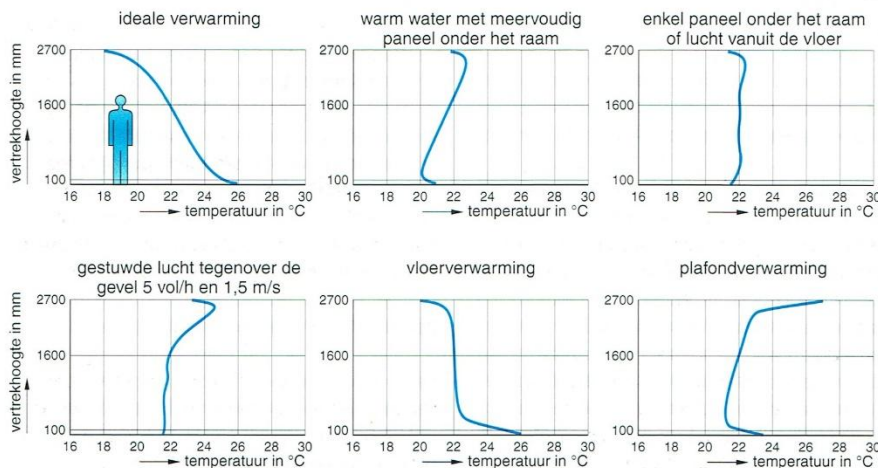
Wat is, gelet op de temperatuurgradiënt in de ruimte, uit oogpunt van comfort de meest behaaglijke manier van ruimteverwarming?

- a. Meerplaatradiatoren
- b. Luchtverwarming
- c. Vloerverwarming**
- d. Plafondverwarming
- e. Convectoren

Uitwerking:

Door de gehele vloer te verwarmen zal er geen stimulans zijn voor de lucht op te gaan stromen wel krijg je door de warmte straling warme voeten en een koel hoofd wat als behaaglijk wordt ervaren. Ook zal door de lagere luchttemperatuur de lucht minder droog zijn i.v.m. een hogere relatieve vochtigheid, wat in de winter meestal zorgt voor een rv tussen de 50 en 70%. Dit wordt als plezieriger ervaren dan een rv die lager is dan 50%

Meest comfortabel is “warme voeten en een koel hoofd”, zie de figuur 1.



Verticale temperatuurgradiënt bij verschillende verwarmingssystemen

Vraag 5

In de zomer, in een collegezaal, zijn de luchttemperatuur en de gemiddelde stralingstemperatuur beiden 26 °C, bij een relatieve luchtvochtigheid van 50% en een maximale luchtsnelheid van 0,4 m/s. De studenten zitten in de collegezaal rustig te luisteren en de docent houdt enthousiast zijn verhaal.

Welke bewering over de PMV volgens Fanger is juist?

- a. De PMV is voor de docent 0,8 hoger dan die voor de studenten.
- b. De PMV is voor zowel de docent als de studenten 0.
- c. De PMV is voor zowel de docent als de studenten +0,5.
- d. De PMV is voor de studenten 0,5 hoger dan die voor de docent.
- e. Er zijn niet genoeg gegevens om alle bovenstaande antwoorden te verifiëren.

Uitwerking:

Zie boek Bouwfysica figuur 5.8 (blz. 87). De hele tabel geldt voor $I_{clo} = 0,7$ (zomerkleding) een r.v. van 50% en een luchtsnelheid van 0,4 m/s.

De studenten zitten op activiteitsniveau II, de docent op activiteitsniveau IV.

Op de regel $T_1 = T_s$ vind je de aanwezige temperatuur (26 °C) onder $PMV = 0$ voor de studenten en onder $PMV = 0,8$ voor de docent. Hiermee is a het juiste antwoord.

Vraag 6

In de zomer, in een collegezaal, zijn de luchttemperatuur en de gemiddelde stralingstemperatuur beiden 26 °C, bij een relatieve luchtvochtigheid van 50% en een maximale lichtsnelheid van 0,4 m/s. De studenten zitten in de collegezaal rustig te luisteren en de docent houdt enthousiast zijn verhaal.

De luchttemperatuur in de gehele ruimte is in de loop van het college 2 °C gestegen van 26 naar 28° C. Daarom is het koelplafond dat boven de studenten hangt aangezet en is de gemiddelde stralingstemperatuur voor de studenten daarmee 2 °C gezakt van 26°C naar 24°C. De gemiddelde stralingstemperatuur voor de docent blijft gelijk aan 26 °C.

Wat gebeurt er met de PPD in vergelijking met de uitgangssituatie?

- Deze wordt hoger voor zowel de studenten als de docent.
- Deze wordt lager voor zowel de studenten als de docent.
- Deze blijft hetzelfde voor zowel de studenten als de docent.
- Deze blijft hetzelfde voor de docent, maar gaat omhoog voor de studenten.
- Deze blijft hetzelfde voor de studenten, maar gaat omhoog voor de docent.**

Uitwerking:

De luchttemperatuur is nu $T_1 = 28$ °C. De stralingstemperatuur voor de studenten is gezakt naar $T_s = 24$ °C. Als we nu op de regel $T_s = T_1 - 4$ kijken dan zien we dat bij $T_1 = 28$ °C voor de studenten nog steeds $PMV = 0$ geldt. Voor de docent geldt $T_1 = 28$ C en $T_s = 26$ °C.

Op de lijn $T_s = T_1 - 2$ vinden we bij $T_1 = 27$ °C voor de docent $PMV = 0,8$, maar $T_1 = 28$ °C, dus geldt zelfs $PMV > 0,8$. Daarmee is e het juiste antwoord.

Vraag 7

Een kantoor beschikt over individuele kantoorruimtes waarin de werknemers de ramen zelf kunnen openen of sluiten en de verwarming kan ook naar behoeven ingesteld worden.

Welke methode kan in deze situatie het best gebruikt worden om het binnenklimaat te beoordelen?

- Het PMV-model van Fanger
- De ATG-methode voor alfa gebouwen**
- De ATG-methode voor bèta gebouwen
- Elk van bovenstaande modellen geven dezelfde resultaten
- Geen van deze modellen kan een uitspraak doen over de acceptatie van de gebruikers

Uitwerking:

Het PMV model van Fanger geldt voor strikt omschreven situaties. Als mensen zelf hun omgeving kunnen aanpassen wordt het behaaglijkheidsgebied groter. Dan gelden de uitgangspunten van Adaptief Thermisch Comfort en daarmee de Adaptieve Temperatuur Grenslijnen (ATG). In dit geval die voor alfa gebouwen, gebouwen met te openen ramen, enz. Gebouwen met gesloten gevels en centraal geregelde luchtbehandeling worden bèta gebouwen genoemd. Dus antwoord b.

Vraag 8

In een collegezaal zitten de studenten ($I_{clo} = 0,9$) rustig te luisteren terwijl de docent enthousiast zijn verhaal houdt en zijn jasje heeft uitgetrokken ($I_{clo} = 0,7$). De relatieve luchtvochtigheid is 50% en de maximale luchtsnelheid is 0,15 m/s. $T_L = T_s = 24^\circ\text{C}$

Hoeveel verschilt de PMV voor de Docent en de student. (maak gebruik van de figuren 5.7 en 5.8 van bouwfysica van der Linden 8^e druk)

- a. 0
- b. +5**
- c. - 5
- d. +8
- e. - 8

Uitwerking:

Zie figuur 5.7 v d Linden 8^e druk. Rustig luisteren is activiteitsniveau II, Lesgeven is activiteitsniveau IV 160 W. Bij 24°C is de PMV voor de studenten (105W) = 0. Bij 24°C is de PMV voor de docent (160W) = +5. Dus antwoord b is goed.

Vraag 9

Neem dezelfde situatie als bij vraag 8 als uitgangssituatie.

Voor de docent moet de PMV = 0 worden bij dezelfde temperaturen. Welke maatregel is het meest effectief?

- a. Verhogen van de luchtsnelheid van 0,15 naar 0,40 m/s
- b. Het activiteitsniveau van de docent één klasse verlagen**
- c. Het vergroten van de verticale temperatuurgradiënt
- d. De relatieve vochtigheid wat verhogen

Uitwerking:

Als de luchtsnelheid wordt verhoogt scheelt dit iets voor de docent, maar de studenten krijgen het kouder. Het veranderen van de verticale temperatuurgradiënt heeft invloed op docent en de Het verhogen van de RV heeft tot 75% weinig invloed en daarboven is het zelfs nadelig. Als de docent zich minder druk maakt en zijn activiteitsniveau dus een klasse daalt is dat de beste oplossing. Dus antwoord b is goed

Vraag 10

In de tabel hiernaast zijn de daggemiddelde temperaturen gegeven, zoals die zijn gemeten in Rotterdam in de eerste twee weken van juli 2010.

In deze periode was de maximale gewogen gemiddelde buitentemperatuur ($T_{e,ref}$) 23,2 °C.

Op welke dag was dat?

- a. 2 juli
- b. 3 juli
- c. 9 juli
- d. 10 juli
- e. 11 juli

Uitwerking:

Zie boek Bouwfysica, 8^e druk, blz 96.

$$T_{e,ref} = (T_{vandaag} + 0,8 \cdot T_{gisteren} + 0,4 \cdot T_{eergisteren} + 0,2 \cdot T_{eer-eergisteren}) / 2,4$$

Als er 23,2 °C uit moet komen moeten op de eerste twee posities behoorlijk hoge temperaturen staan. Dus kijken voor "vandaag" op 9, 10 of 11 juli.

Laten we de middelste proberen, dan vinden we:

$$T_{e,ref;10 \text{ juli}} = (23,7 + 0,8 \cdot 24,4 + 0,4 \cdot 21,4 + 0,2 \cdot 19,5) / 2,4 = 23,2 \text{ °C}$$

Voor de andere twee vinden we

$$T_{e,ref;9 \text{ juli}} = (24,4 + 0,8 \cdot 21,4 + 0,4 \cdot 19,5 + 0,2 \cdot 16,3) / 2,4 = 21,9 \text{ °C}$$

$$T_{e,ref;11 \text{ juli}} = (22,3 + 0,8 \cdot 23,7 + 0,4 \cdot 24,4 + 0,2 \cdot 21,4) / 2,4 = 23,0 \text{ °C}$$

dag	etmaal gemiddelde temperatuur Rotterdam ° C
26-6-2010	19,0
27-6-2010	21,3
28-6-2010	20,7
29-6-2010	19,1
30-6-2010	20,5
1-7-2010	21,7
2-7-2010	25,8
3-7-2010	20,0
4-7-2010	19,0
5-7-2010	18,4
6-7-2010	16,3
7-7-2010	19,5
8-7-2010	21,4
9-7-2010	24,4
10-7-2010	23,7
11-7-2010	22,3
12-7-2010	19,7
13-7-2010	20,3
14-7-2010	20,9

Vraag 11

Beschouw een goed geïsoleerde eenpersoons kantoorruimte van 15 m² met een vertrekhoogte van 3 m. De ruimte wordt door middel van ventilatielucht van buiten gekoeld, met een inblaastemperatuur van 19 °C en een constant ventilatievoud van 3.

Het vertrek wordt vooral op zonnige dagen veel te warm.

Wat is de meest effectieve manier om het thermisch comfort in de zomer te verbeteren, zonder risico op andere klachten?

- a. Het vergroten van het ventilatievoud.
- b. Het verminderen van de thermische isolatie.
- c. Het verlagen van de inblaastemperatuur.
- d. Het aanbrenge van buitenzonwering.
- e. Het toepassen van warmteterugwinning op de ventilatielucht.

Uitwerking:

Als het ventilatievoud van 3 is voor één persoon ruim voldoende voor de relatievevochtigheid. De temperatuur zal wel dalen o.i.v. het verhogen van het ventilatievoud, maar er zal dan wel een hele hoge ventilatievoud moeten worden gerealiseerd om effect te hebben, dus het heeft weinig zin om deze te verhogen om de temperatuur te verlagen.

Het verminderen van de thermische isolatie geeft alleen maar extra warmte in de ruimte. Deze kan wel sneller afkoelen als de zon weggaat, maar dat heeft bij op oververhitting geen oplossing.

Het verlagen van de inblaastemperatuur is niet mogelijk bij het invoeren van de lucht van buiten.

Bij het aanbrengen van de zonwering wordt de warmte toevoer d.m.v. de straling van de zon aanzienlijk beperkt, doordat deze vorm van warmte wordt tegen gehouden. Een lichte kleur van de zonwering is het meeste effectief.

Door het toepassen van warmte terugwinning wordt de warmte die binnen is behouden door deze weer af te geven aan de binnenstromende frisse buiten lucht. Dit heeft dus het omgekeerde effect.

Dus, Antwoord d is goed.

Vraag 12

Een multifunctionele ruimte wordt 's ochtends gebruikt als gymzaal. In de winter zijn de wanden in de ochtend nog aan de koude kant, de gemiddelde stralingstemperatuur is 19 °C.

Het eerste uur wordt er een Yogales gegeven. Het activiteitsniveau is hierbij IV (M=160W). De kleding die de deelnemers dragen is gelijk aan zomerkleding.

Op welke temperatuur kan, volgens het comfortmodel van Fanger, de luchttemperatuur het best worden ingesteld?

- a. 20 °C
- b. 21 °C
- c. 22 °C
- d. 23 °C**
- e. 26 °C

Uitwerking:

Zie figuur 5.7 8^e druk v.d. Linden. $T_s = 19$ graden , $I_{clo,i} = 0,7$. PMV moet = 0, dus kijkend in figuur bij M=160 en PMV=0:

$T_s = T_1 - 4$, $19 = T_1 - 4$. $T_1 = 23^{\circ}C$. Antwoord d is goed

Vraag 13

In de avond wordt er een vioolconcert gegeven. De soliste speelt een moeilijk stuk en daardoor is haar activiteitsniveau V. Ze is erop gekleed met luchtige kleding met 0,7 clo.

De toeschouwers genieten rustig van de muziek en hebben een activiteitsniveau II. Hun kleding heeft een clo-waarde van 0,9.

De luchttemperatuur in de ruimte is 24 °C en de wanden zijn 22 °C.

Welke bewering over de PMV volgens Fanger is juist?

- a. De PMV is voor de violiste ruim 0,8 hoger dan die voor de toehoorders
- b. De PMV is voor zowel de violiste als de toehoorders 0
- c. De PMV is voor zowel de violiste als de toehoorders +0,5
- d. De PMV is voor de toehoorders 0,5 hoger dan die voor de violiste

Uitwerking:

Zie figuur 5.7 8^e druk. $T_s = T_i - 2$, $T_i = 24^\circ\text{C}$

Bij toeschouwers ($M=105\text{W}$). PMV ligt tussen -0,5 en 0

Bij de violiste ($M=200\text{W}$). PMV = +8

Dus antwoord a is goed.

Vraag 14

In een bepaalde situatie is de PMV volgens Fanger -0,1.

Welke van de onderstaande beweringen is juist voor deze situatie?

- a. Alle mensen hebben het een beetje te koud
- b. Sommige mensen hebben het oncomfortabel warm
- c. Bijna 95% van de mensen vindt het neutraal comfortabel
- d. Alle mensen hebben het een beetje warm

Uitwerking:

Bij een PMV=0 hebben 5% van de mensen het een beetje warm, of koud. Bij PMV-0,1 is dit ongeveer het zelfde. Men neigt naar wat meer naar een beetje koud.

Antwoord c is goed.

Vraag 15

In een bepaalde situatie is de PMV volgens Fanger +0,1.

Welke van de onderstaande beweringen is juist voor deze situatie?

- a. Alle mensen hebben het een beetje te warm
- b. Ongeveer 5% van de mensen vindt het te warm
- c. Ongeveer 5% van de mensen vindt het oncomfortabel (te warm of te koud)

- d. Ongeveer 5% van de mensen vindt het oncomfortabel koud

Uitwerking:

Bij een PMV van +1 is de situatie iets warmer als bij PMV=0, maar ook hier geldt dat bijna 5% van de mensen het of iets te warm, of te koud heeft. Dus antwoord c is goed.

Vraag 16

In een bepaalde situatie is de PMV volgens Fanger +1,2.

Hoeveel procent van de mensen vindt dit comfortabel warm?

- a. Circa 85%
- b. Circa 15%
- c. Circa 50%
- d. Circa 65%
- e. Circa 35%

Uitwerking:

Zie figuur 5.4 boek Bouwfysica (8^e druk). Volgens de figuur is de PPD 35%. Deze mensen zijn dus ontevreden. Dus 65% van de mensen is tevreden. Dus antwoord d is goed

Vraag 17

Beschouw een goed geïsoleerde kantoorruimte.

De ruimte wordt gekoeld door lucht in te blazen met een temperatuur van 20 °C.

Door de aanwezige personen en apparatuur wordt in totaal 500 W aan warmte afgegeven.

Ga uit van een stationaire situatie, waarbij geen warmteopslag in de constructies plaatsvindt. Het transmissieverlies door de gevel wordt verwaarloosd evenals overige warmtebronnen en zinstraling.

Hoeveel m³ gekoelde lucht moet er per uur worden toegevoerd om de luchttemperatuur in de ruimte constant op 24°C te houden?

Gegeven: $\rho_{\text{lucht}} \cdot c_{\text{lucht}} = 1200 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$

- a. 125 m³/h
- b. 1500 m³/h
- c. 200 m³/h
- d. 300 m³/h
- e. 375 m³/h

Uitwerking:

Er wordt $500 \times 3600 = 1.800.000$ J/h opgebracht door de personen en de apparatuur

De lucht neemt $1200 \text{ J/m}^3\text{K}$ op. $Q_{\text{extra}} = \rho \cdot c \cdot \Delta T \text{ J/m}^3$. De gekoelde lucht moet 24°C worden opgewarmd. Dus $Q_{\text{lu}} = 1200 \times 24 = 28.800 \text{ J/m}^3$. Er moet dus per uur $1.800.000 / 28800 = 62,5 \text{ m}^3$ per uur worden opgewarmd om de lucht temperatuur in de ruimte op 24°C te houden. . Antwoord is goed.

De gekoelde lucht moet 24°C worden opgewarmd. Dus $\rho_{\text{lucht}} \cdot c_{\text{lucht}} \times 4\text{K} = 1200 \times 4 = 4800 \text{ J/m}^3$

afgifte is $400 \text{ W} = 400 \text{ J/sec.} \rightarrow$ per uur: $400 \times 3600 = 1.440.000 \text{ J/h}$

Voor een stationaire situatie hebben we $1440000 / 4800 \text{ m}^3$ lucht nodig = 300 m^3

Dus antwoord d.

Vraag 18

Beschouw een lesruimte, met een docent (activiteitsniveau IV, $I_{\text{clo}} = 0,7$) en toehoorders (activiteitsniveau II, $I_{\text{clo}} = 0,9$). De lichtsnelheid in de ruimte is $0,15 \text{ m/s}$.

Neem aan dat de luchttemperatuur gelijk is aan de gemiddelde stralingstemperatuur.

Bij welke luchttemperatuur is de mate van discomfort bij docent en toehoorders ongeveer gelijk?

- a. 22°C
- b. 23°C**
- c. 24°C
- d. 25°C
- e. 26°C

Uitwerking:

Zie fig 5.7 8^e druk van der Linden.

$T_1 = T_s$: de docent heeft bij 22°C een $PMV = 0$, de docent heeft bij 24°C een $PMV = +5$

$T_1 = T_s$: de toehoorders hebben bij 24°C een $PMV = 0$, de toehoorders hebben bij 22°C een $PMV = -5$.

Bij 23°C zal de PMV bij de Docent tussen de 0 en +5 liggen en bij de toehoorders tussen de -5 en 0 liggen. De één zal het mogelijk comfortabel warm hebben de ander zal het mogelijk comfortabel koel hebben. Ze ervaren dan allen een zelfde mate van discomfort.

Bij rechtlijnig interpoleren: Bij 25°C zal de toehoorder het comfortabel warm hebben en de docent zal het (iets te) warm hebben.

Bij 26°C zal de toehoorder het nog comfortabel warm hebben, maar de docent zal het te warm hebben. Dus antwoord b is goed.

Vraag 19

Beschouw een lesruimte, met een docent (activiteitsniveau IV, $I_{clo} = 0,7$) en toehoorders (activiteitsniveau II, $I_{clo} = 0,9$). De luchtsnelheid in de ruimte is 0,15 m/s.

Neem aan dat de luchttemperatuur gelijk is aan de gemiddelde stralingstemperatuur.

Als de luchttemperatuur is ingesteld voor optimaal comfort voor de toehoorders, wat is dan de PMV voor de docent?

- a. -0,8
- b. -0,5
- c. 0
- d. +0,5
- e. +0,8

Uitwerking:

Optimaal comfort voor de toehoorders betekent $PMV = 0$. Uit tabel 5.8 (boek Bouwfysica, 8^e druk) kun je aflezen dat daarbij (activiteitsniveau II, $I_{clo} = 0,9$ en $T_s = T_i$) een temperatuur hoort van 24 °C.

In dezelfde tabel vind je bij activiteitsniveau IV en $I_{clo} = 0,7$ die 24 °C in de kolom waar $PMV = +0,5$ boven staat. De (gemiddelde) docent heeft het dus warmer dan de gemiddelde toehoorder.

Vraag 20

Beschouw een lesruimte, met een docent (activiteitsniveau IV, $I_{clo} = 0,7$) en toehoorders (activiteitsniveau II, $I_{clo} = 0,9$). De luchtsnelheid in de ruimte is 0,15 m/s.

Neem aan dat de luchttemperatuur twee graden hoger is dan de gemiddelde stralingstemperatuur.

Als de luchttemperatuur is ingesteld voor optimaal comfort voor de docent, wat is dan de PMV voor de toehoorders?

- a. -0,8
- b. -0,5
- c. 0
- d. +0,5
- e. +0,8

Uitwerking:

Bij lesgeven hoort een metabolisme van ca. 160 W. Zie figuur 5.5 boek Bouwfysica (8^e druk). Dat is activiteitsniveau IV zoals aangegeven in de vraag.

In figuur 5.7 vind je onder $PMV = 0$ in de kolom zomer ($I_{clo} = 0,7$) bij activiteitsniveau IV en bij $T_s = T_i - 2$ en gewenste binnenluchttemperatuur van 22 °C.

Voor de toehoorders leidt deze luchttemperatuur tot $PMV = -0,8$ zie de kolom winter ($I_{clo} = 0,9$) onder activiteitsniveau II.

Vraag 21

Beschouw een grote vergaderruimte (activiteitsniveau II) waar de helft van de aanwezigen is gekleed met $I_{clo} = 0,7$ en de andere helft met $I_{clo} = 0,9$.

De luchtsnelheid in de ruimte is 0,15 m/s. De stralingstemperatuur is 2 graden hoger dan de luchttemperatuur. De relatieve vochtigheid is 50%.

Bij welke van de onderstaande luchttemperaturen is het aantal ontevredenen volgens Fanger het kleinst in deze situatie?

- a. 20 °C
- b. 21 °C
- c. 22 °C
- d. 24 °C
- e. 26 °C

Uitwerking:

Zie figuur 5.7 (tabel) boek Bouwfysica (8^e druk).

Bij een activiteitsniveau II met een $I_{clo,i} = 0,9$:
20°C PMV= -0,8, 22°C PMV= -0,5, 23°C PMV=0,

Bij een activiteitsniveau II met een $I_{clo,i} = 0,7$:
24°C PMV= +0,8, 26°C PMV= +0,5, 24°C PMV=0

dus antwoord d is goed, omdat dan bij $I_{clo,i} = 0,9$ de PPD nog comfortabel warm is (6% klagers) is en bij $I_{clo,i} = 0,7$ de PPD neutraal (5% klagers) is.

Vraag 22

In een kantoorruimte is de $T_s = T_L$ en $I_{clo,i} = 0,7$ de wordt in de zomer door middel van plafondventilators de gemiddelde luchtsnelheid verhoogd van 0,15 m/s naar 0,40 m/s.

Hoeveel graden hoger mag de luchttemperatuur dan zijn bij gelijkblijvende PMV?

- a. 1-2 graden
- b. 2-3 graden
- c. 0-1 graden



Uitwerking:

Zie figuur 5.7 en 5.8 (tabel) boek Bouwfysica (8^e druk).

Activiteiten niveau II en 0,15m/sec:
28°C PMV= +0,8, 27°C PMV= +0,5, 25°C PMV=0

Activiteiten niveau II en 0,40m/sec:
28°C PMV= +0,8, 28°C PMV= +0,5, 26°C PMV=0,
Dus antwoord c is goed 0-1 graden

Vraag 23

In een ruimte worden werkzaamheden met activiteitsniveau IV verricht.

In deze ruimte wordt in de zomer door middel van plafondventilatoren de gemiddelde luchtsnelheid verhoogd van 0,15 m/s naar 0,40 m/s.



Hoeveel graden hoger mag de luchttemperatuur dan zijn bij gelijkblijvende PMV?

Neem aan dat de stralingstemperatuur steeds gelijk is aan de luchttemperatuur.

- a. 1 graad
- b. 2 graden
- c. 3 graden
- d. 4 graden

Uitwerking:

Vergelijk hiervoor de temperaturen in de tabellen 5.7 en 5.8 van het boek Bouwfysica (8^e druk). De eerste tabel geldt voor $v = 0,15$ m/s, de tweede voor 0,40 m/s.

Als je de getallen bij activiteitsniveau IV en $T_s = T_l$ vergelijkt zie je dat dat precies 1 °C scheelt.

Vraag 24

In een ruimte worden werkzaamheden met activiteitsniveau III verricht.

In deze ruimte wordt in de zomer door middel van plafondventilators de gemiddelde luchtsnelheid verhoogd van 0,15 m/s naar 0,40 m/s.



Hoeveel graden hoger mag de luchttemperatuur dan zijn bij gelijkblijvende PMV?

Neem aan dat de stralingstemperatuur steeds twee graden boven de luchttemperatuur ligt.

- a. 1 graad
- b. 2 graden
- c. 3 graden
- d. 4 graden

Uitwerking:

Kijk in figuur 5.7 (Bouwfysicaboek, 8^e druk) in de kolom zomer bij activiteitsniveau III bij $PMV = 0$

Voor de verschillende combinaties van lucht- en stralingstemperatuur vind je dan het volgende rijtje van gewenste temperaturen: 24, 24, 25, 23, 22 °C.

Als je hetzelfde doet in figuur 5.8 vind je: 25, 25, 26, 24, 23 °C.

Het verschil is dus steeds 1 °C.

Vraag 25

Welke parameter komt niet voor in het model van Fanger en wel in het adaptieve comfortmodel?

- a. De buitentemperatuur
- b. De tijd van de dag
- c. De mate van kleding
- d. Het metabolisme

Uitwerking:

Bij de adaptieve thermische behaaglijkheid speelt de hoeveelheid kleding (I_{clo}), het activiteiten niveau (MET), de temperatuur (T_s en T_1) en ook de buitentemperatuur (de mens past zich hier op aan. Het tijdstip van de dag heeft geen, of nauwelijks invloed. Hierbij speelt het activiteiten niveau wel een rol. 's Avonds zit men meer stil)

De Dear en Brager hebben de buitentemperatuur meegenomen in hun adaptieve comfortberekening. Hierbij wordt rekening gehouden met de aangepaste kledingweerstand bij verschillende buitentemperaturen. De mens past zich hier op aan.

De tijd van de dag wordt nooit meegenomen. Het tijdstip van de dag heeft geen, of nauwelijks invloed. Hierbij speelt het activiteiten niveau wel een rol. 's Avonds zit men meer stil.

Mate van kleding en metabolisme wordt zowel bij Fanger, als bij het adaptieve model meegenomen. Dus antwoord a is goed.

Vraag 26

In een bepaalde situatie is het percentage ontevredenen volgens Fanger 10%.

Welke stelling is voor deze situatie juist?

- a. De PMV is circa +0,5 of circa -0,5
- b. De PMV ligt tussen -0,5 en +0,5
- c. 5% heeft het te warm en 5% heeft het te koud
- d. 10% heeft het te warm of 10% heeft het te koud

Uitwerking:

Zie figuur 5.4 uit het Bouwfysicaboek (8^e druk).

Vraag 27

In een vertrek heerst een (stationaire) evenwichtssituatie.

Nu verlaten we de stationaire situatie en gaan kijken wat er gebeurt als de zon gaat schijnen, waardoor er vanaf een bepaald tijdstip 1500 W extra aan warmte het vertrek binnenkomt.

Ga ervan uit dat deze extra warmte volledig wordt opgeslagen in de eerste 10 mm van de wand en vloerconstructie.

Verdere gegevens:

- Vloer: 40 m² kale beton ($\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$), alleen geveerd
- Wanden: 50 m² gipskartonplaten ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$), alleen geveerd

Hoeveel is de temperatuur van de constructie bij benadering gestegen na 1 uur?

N.B. In werkelijkheid wordt de warmte afvoer bij stijgende temperatuur groter en wordt daardoor de temperatuurstijging beperkt. Daarmee houden we nu echter even geen rekening.

- a. $\Delta T = 6,7 \text{ }^\circ\text{C}$
- b. $\Delta T = 4,3 \text{ }^\circ\text{C}$**
- c. $\Delta T = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- d. $\Delta T = 2,8 \text{ }^\circ\text{C}$

Uitwerking:

Eerst berekenen we de massa die wordt opgewarmd:

$$M_{\text{beton}} = 0,01 \cdot 40 \cdot 2500 = 1000 \text{ kg}; M_{\text{gips}} = 0,01 \cdot 50 \cdot 1000 = 500 \text{ kg}.$$

Omdat beide materialen dezelfde soortelijke warmte hebben, kunnen we ze samen nemen.

Q is de toegevoerde warmte in het eerste uur $Q = 1500 \cdot 3600 \text{ J}$; $c = 840 \text{ J/kg.K}$

De opwarming volgt uit $Q = M \cdot c \cdot \Delta T$

$$\Delta T = Q / M \cdot c = 1500 \cdot 3600 / 1500 \cdot 840 = 4,3 \text{ }^\circ\text{C}. \text{ Dus antwoord b}$$

Vraag 27

Ondanks een gerealiseerde PMV van 0 zijn er toch nog comfortklachten in een open werkplek in een kantoorgebouw. Deze comfortklachten worden hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door:

- a. een verkeerd ingeschat metabolisme
- b. een verkeerd ingeschatte clo-waarde
- c. koudeval
- d. individuele verschillen**

Uitwerking:

De PMV en Clo-waarden is een algemene berekeningen. Als het goed is wordt bij en PMV=0 ook de koudeval uitgesloten. Echter personen hebben allemaal hun eigen persoonlijke behaaglijkheidswaardering.

Vraag 28

Hoe komt het stationaire evenwicht m.b.t. behaaglijkheidswaardering tot stand?

- a. door menselijke activiteiten en de kleding.
- b. door omgevingsfactoren en de uitwendige arbeid
- c. **door menselijke activiteiten, kleding en omgevingsfactoren**
- d. door uitwendige arbeid en de menselijke activiteiten

Uitwerking:

De behaaglijkheidswaardering wordt weergegeven a.d.h.v. de menselijke activiteiten, de hoeveelheid kleding en de invloed van stralingstemperatuur, luchttemperatuur en luchtstroming. Dus c is het juiste antwoord.

Vraag 29.

Wat betekent Predicted Mean Vote?

- a. het voorspelde aantal klagers
- b. de voorspelde mate van behaaglijkheid**
- c. de voorspelde mate van warmte waardering
- d. de voorspelde warmte balans van de mens

Vraag 30.

Hoe komt de feitelijke behaaglijkheidswaardering van de mens tot stand?

- a. Door een combinatie van de in b, c en d genoemde factoren .
- b. Door de warmte-uitwisseling tussen lichaam en omgeving , de warmteregulatie van het lichaam en psychologische aspecten.
- c. Door de klimatologische aspecten van de plaats waar de mens zich bevindt en de leeftijd van de persoon
- d. Door warmteoverdracht van straling, convectie en geleiding.**

Vraag 31

Welke aspecten zijn van belang voor behaaglijkheid bij de comfort berekening van Fanger?

- a. straling, luchtstroming, kledingweerstand**
- b. straling, activiteiten niveau, isolatie woning
- c. convectie, kledingweerstand, isolatie woning
- d. straling, luchtstroming, warmte capaciteit