

Studierapport

‘Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard.’

Inleiding

In mei 2007 lanceerde de Vlaamse overheid het pilootproject passiefscholen. De doelstelling van het project is te leren uit de ervaringen op het terrein en om hieruit onderbouwde beleidskeuzes te kunnen maken. Op advies van de selectiecommissie werden 25 schoolprojecten geselecteerd en weerhouden. 24 van de geselecteerde projecten zullen de komende jaren worden gerealiseerd. Deze schoolprojecten worden verspreid over het Vlaams en Brussels Hoofdstedelijk Gewest gerealiseerd en gefinancierd door de Vlaamse Overheid. Bijkomende inlichtingen over de aard van de projecten kunnen worden verkregen op de website van AGION: www.agion.be en op ecobouwers www.ecobouwers.be.

In overeenstemming met het decreet van 7 december 2006 betreffende energieprestaties in scholen, en in toepassing van artikel 13bis. § 1 van de wet, kent de Vlaamse Regering infrastructuurmiddelen toe aan de geselecteerde inrichtende machten of schoolbesturen voor de pilootprojecten die voldoen aan de passiefhuisstandaard.

Voor de passiefhuisstandaard dient men ten minste te voldoen aan de volgende criteria :

- 1° een netto energiebehoefte voor verwarming ≤ 15 kWh/m².jaar;
- 2° een netto energiebehoefte voor koeling ≤ 15 kWh/m².jaar;
- 3° een luchtdichtheid (n50-waarde) $\leq 0,6$ h⁻¹;
- 4° een maximaal E-peil van E55.

Het voldoen aan de criteria van de passiefhuisstandaard, zoals vermeld in artikel 13bis, §1 van de wet, moet blijken uit een kwaliteitsverklaring die zal worden uitgereikt door een door AGION en het Gemeenschapsonderwijs aangeduide instelling.

Het voldoen aan de hierboven vermelde kwaliteitscriteria is sterk afhankelijk van de gebruikte **randvoorwaarden in de verschillende** berekeningsmethodes (onder meer interne warmtewinsten, binnen- en buitentemperatuur, bezettingsgraad, ventilatiedebiet,...). De verschillende berekeningsmethodes zijn in eerste instantie ontwikkeld voor woon- en kantoorfuncties. Bij toepassing op schoolgebouwen stelt men vast dat deze randvoorwaarden niet altijd effectief kunnen ingesteld worden. Omdat de gebouw- en lokaaltypologie, het gebruik en de comforteisen heel verschillend kunnen zijn van school tot school is het aangewezen om voor deze **brede waaier aan school- en lokaaltypologieën randvoorwaarden te ontwikkelen per type aangepast aan de specifieke karakteristieken** (vb. verschillende interne warmtewinsten voor volwassenen- of kleuteronderwijs, klaslokaal versus praktijkatelier, ...).

Samenvatting studieopdracht: Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard

Rapport werkpakket 1 : Gegevensverzameling

apr-10

Om een brede erkenning van de **kwaliteitsverklaring** van de passiefscholen te garanderen en deze scholen op een correcte manier met elkaar te kunnen vergelijken, is het noodzakelijk een duidelijk **referentiekader van randvoorwaarden** tot stand te brengen. Een referentiekader met een maximale compatibiliteit met de internationaal gehanteerde berekeningsvoorwaarden. Vandaag is dit kader, waarbinnen de scholen ontworpen, uitgevoerd en geëvalueerd worden, niet bepaald.

De hierna beschreven opdracht betreft de studieopdracht voor het ontwikkelen van een eenduidig referentiekader voor de passiefscholen en het vastleggen van de minimale randvoorwaarden per school- en/of lokaaltypologie.

Het onderzoek is mede gebeurd aan de hand van de meest gevorderde en/of dringendste passiefschoolprojecten (een 6-tal).

De studie is uitgevoerd onder leiding van KAHO St-Lieven in samenwerking met het Passiefhuisplatform, Katholieke Universiteit Leuven en de Vrije Universiteit Brussel en is op regelmatige basis teruggekoppeld naar een stuurgroep en een reflectiegroep.

De stuurgroep bestond uit afgevaardigden van VEA, GO! en AGIO en de reflectiegroep uit afgevaardigden van de verschillende pilootprojecten (bouwheren, architecten, studie bureaus), de dienst volksgezondheid, de BIM, de koepels en LNE dienst milieu en gezondheid.

Opmerkingen gemaakt op de reflectievergadering, zijn onderzocht en opgenomen in het studierapport.



Vrije Universiteit Brussel



project: Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de
passiefstandaard
datum: vrijdag 05/02/2010
opdrachtgever: AGIOn

Studieopdracht

Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard.

Rapport werkpakket 1 : Gegevensverzameling

Inhoudsopgave

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Zonering..... | 3 |
| 1.1 | Vastleggen van lokaal- en gebruikstypologieën..... | 3 |
| 2 | Randvoorwaarden voor de berekening koel- en verwarmingsbehoefte..... | 7 |
| 2.1 | Klimaat: Buitentemperatuur..... | 7 |
| 2.2 | Klimaat: bezonning..... | 9 |
| 2.3 | Klimaat: binnentemperatuur..... | 10 |
| 2.3.1 | Normering en bestaande regelgeving betreffende berekening van energiebehoefte 10 | |
| 2.3.2 | Normering en regelgeving betreffende comfort: gewenste min. en max. binnentemperaturen..... | 12 |
| 2.4 | Geconditioneerde vloeroppervlakte..... | 16 |
| 2.5 | Bezetting van de lokalen..... | 17 |
| 2.6 | Binnenluchtkwaliteit en Ventilatiegebieden..... | 20 |
| 2.7 | Gebruiksprofielen..... | 28 |
| 2.8 | Regeling ventilatiesysteem..... | 35 |
| 2.9 | Interne warmtewinsten..... | 35 |
| 2.9.1 | Interne warmtewinsten: personen..... | 35 |
| 2.9.2 | Interne warmtewinsten: apparatuur..... | 37 |
| 2.9.3 | Interne warmtewinsten: verlichting..... | 40 |
| 2.9.4 | Interne warmtewinsten: algemeen..... | 43 |
| 2.10 | Omzettingsfactoren van eind naar primair energieverbruik..... | 43 |
| 3 | Beoordeling Zomercomfort..... | 45 |
| 3.1 | Specifieke problematiek van scholen en thermisch zomercomfort..... | 45 |
| 3.2 | Normering en bestaande regelgeving betreffende de evaluatie van het thermische zomercomfort..... | 45 |
| 3.3 | Vastleggen van te evalueren lokalen..... | 47 |
| 4 | Analyse van de Duitse passiefscholen (PHPP)..... | 49 |

1 Zonering

1.1 Vastleggen van lokaal- en gebruikstypologieën

Een gebouw wordt voor de **energieberekeningen** als geheel opgesplitst in verschillende zones op basis van de verschillende geldende **eisen** afhankelijk van de specifieke gebruiksbestemmingen/functies van lokalen. Aan elk van deze gebruiksbestemmingen zijn ook specifieke eisen voor **gezondheid (IAQ), hygiëne en comfort** gerelateerd en gelden bepaalde **typische gebruiksprofielen en bezettingstijden**.

- EPB

Scholen omvatten een brede variatie van lokalen met specifieke bestemmingen: klaslokalen, pc- en multimedialokalen, praktijklokalen en ateliers (variërend van ateliers voor chocolatiers tot metselateliers), sportzalen. Overeenkomstig de EPB gelden voor deze bestemmingen verschillende eisen (ventilatie, temperatuur, energieprestatie...). In geval echter de gewenste binnentemperatuur van het lokaal niet afwijkt van de temperatuur van het totale gebouw en het totale volume van de groep ruimten relatief beperkt is ten opzichte van het totale gebouwvolume moet **geen opsplitsing op ruimteniveau** op basis van bestemming gemaakt worden.

| | Bestemming volgens de EPB-regelgeving |
|--|---------------------------------------|
| Internaatdeel bij een school | Wonen |
| Leslokalen Medialokalen Vaklokalen - lokalen voor haartooi, verzorging - leskeukens, voeding en hotel - laboratoria | School |
| Turn- en sportzalen Land- en tuinbouw Refter- en keuken | Andere specifieke bestemming |
| Werkplaats, ateliers : metselaar, vloerder- tegelzetter, schilder-decorateur Praktijklokalen nautische technieken | Industrie |

In de EPB-nieuwsbrief N°2006/05 werd volgende informatie betreffende de indeling op basis van bestemming gevonden voor schoolgebouwen met een turnzaal, keuken en refter:

o de turnzaal wordt op **een andere binnentemperatuur** verwarmd:

Hier **moet u opsplitsen naar bestemmingen in verschillende subdossiers**:

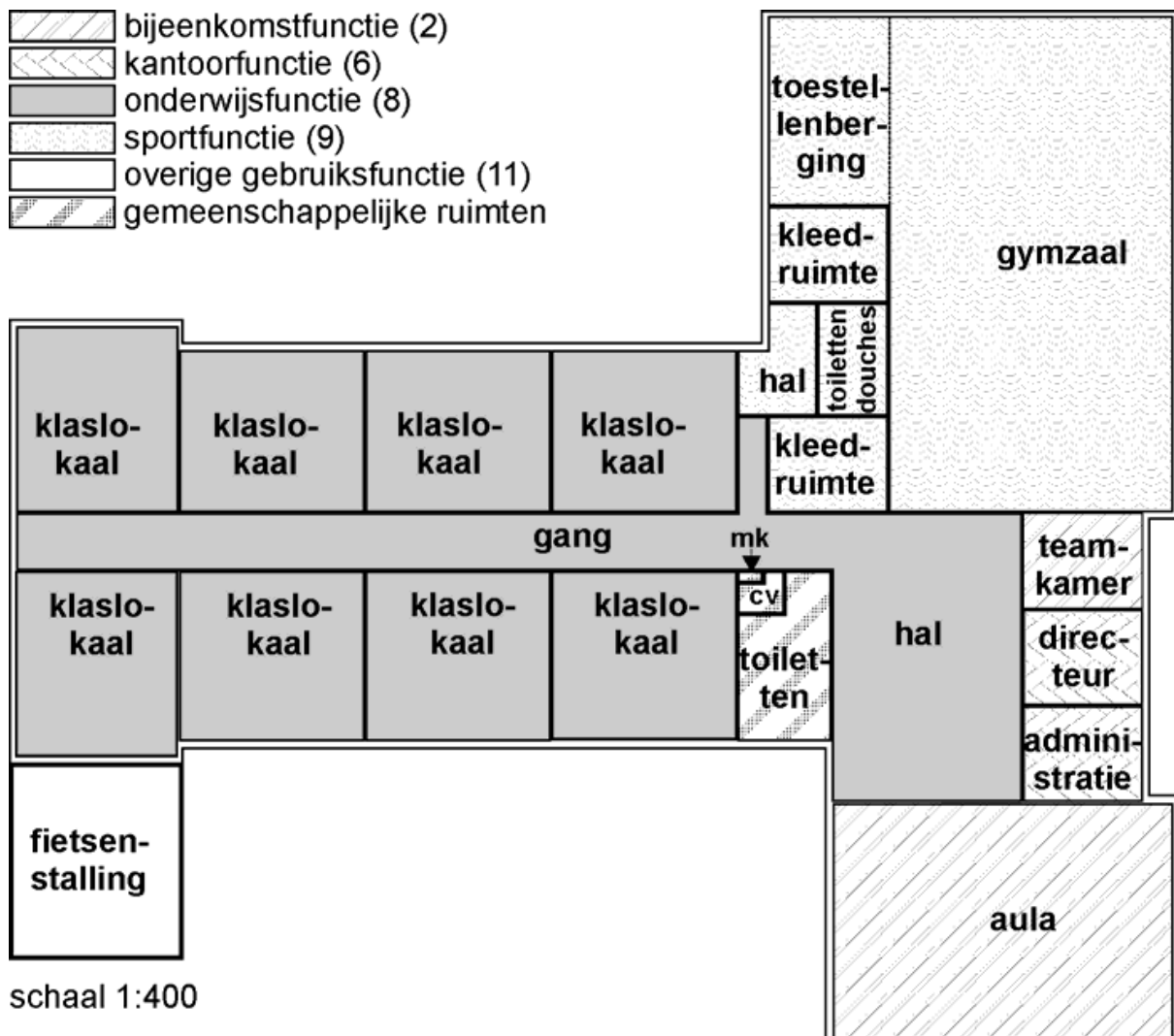
- één subdossier 'school'
- één subdossier 'ASB' voor de turnzaal

o als het volume van de keuken en refter samen relatief beperkt is op het totale volume van de school (exclusief de turnzaal), mag u de keuken en refter samennemen met het schooldeel: u hebt bijgevolg één subdossier 'school'.

o als de keuken en refter samen een groot aandeel van de totale school innemen (exclusief de turnzaal), mag u de keuken en refter niet samennemen tot één subdossier: u hebt bijgevolg:

- één subdossier 'school' voor het schooldeel
- één subdossier 'ASB' voor de refter en de keuken samen

- Nederland - NEN 2916 'Energieprestatie van utiliteitsgebouwen - Bepalingsmethode'



| |
|--|
| Gebuiksfunctie |
| Onderwijsfunctie (al dan niet voor basis- of speciaal onderwijs) |
| - klaslokalen, collegezalen,... |
| Bijeenkomstfunctie |
| - aula, leraarskamer, crècheruimte, delen v.e. sportgebouw waarin zich een tribune bevindt |
| Kantoorfunctie |
| - administratie en directeurslokaal |
| Sportfunctie (behorend tot het onderwijs) |
| - gymzaal, kleedruimtes en douches, toiletten, toestelberging,... |
| Overige gebruiksfunctie |
| - fietsenstalling, opslag van afval,... |

- **Duitsland - EnEV - DIN V 18599** 'Energetische beoordeling van gebouwen; berekening van nuttig, eind- en primair energieverbruik voor verwarming, koeling, verluchting, warm water en verlichting'.

| Gebruiksfunctie |
|---|
| Kantoorfunctie |
| a éénmanskantoor |
| b groepskantoor |
| c landschapskantoor |
| Onderwijsfunctie |
| a klaslokaal (lagere + secundaire school, kleuterschool) |
| b auditoria |
| Kantine |
| keuken in niet-residentieel gebouw (industriële keuken) |
| toiletten en sanitaire faciliteiten in niet-residentieel gebouw |
| Bibliotheek |
| Workshop (atelier) |
| Sporthal |

Probleemstelling

De bedoeling van dit onderdeel van WP1 is een zo breed mogelijk spectrum van school-, lokaal- en gebruikstypologieën te definiëren.

Conclusie

Er is een niet-limitatieve lijst van ruimtes opgemaakt waarvoor specifieke randvoorwaarden (θ_i , ventilatiedebieten, gebruiksprofielen, bezetting ...) worden vastgelegd.

Daar waar mogelijk zullen lokalen in de loop van het rapport worden gegroepeerd of indien nodig verder uitgesplitst.

| Bestemming |
|-------------------------|
| Leslokalen |
| Praktijklokaal (labo's) |
| PC-lokaal |
| Open leercentrum |
| Kantoorruimte |
| Refter |
| Leraarskamer |
| Warme leskeuken |
| Koude leskeuken |
| Atelier |
| Sporthal |
| Turnzaal |
| Speelzaal |
| Koude keuken bij refter |
| Warme keuken bij refter |
| Sanitair |

| |
|--|
| Circulatie ruimte |
| Technische ruimte + berging |
| Kleedkamer en douche bij sporthal/turnzaal/atelier |

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen leskeukens enerzijds en keukens bij refters anderzijds omwille van de verschillende gebruiksprofielen en de bezettingsgraad. Ingeval de temperatuur in de kookruimte volgens de HACCP-regelgeving¹ strikt beperkt wordt tot een maximum van 15°C wordt de keuken als 'koud' omschreven. In alle andere gevallen wordt de ruimte voor de energieberekeningen als warme (les)keuken beschouwd.

De polyvalente ruimte werd niet aan de lijst toegevoegd aangezien dit een ruimte is die vaak voor één of meerdere van bovenvermelde doeleinden (speelhal, refter, klaslokaal, turnzaal,...) gebruikt wordt. Om variaties in de energieberekening te vermijden zal steeds die bestemming uit bovenstaande lijst en bijhorende randvoorwaarden gekozen worden die het dichtst aanleunen bij de werkelijke invulling van de polyvalente ruimte. In geval een ruimte 2 volwaardige functies heeft (bv. refter is ook studiezaal) kunnen de beiden gebruiksprofielen en interne warmtewinsten bijhorend bij elk van de functies, samengesteld worden op voorwaarde dat deze functie niet reeds in een andere ruimte werd voorzien. Voor een gecombineerd gebruik van een lokaal worden gebruiksprofielen en bezettingsgraad eveneens gecombineerd. Hiertoe zal het lokaal worden beschouwd als 50% van elk van de functies. In het geval van werkplaatsklassen betekent dit een gecombineerd lokaalgebruik 'atelier' en 'leslokaal'. Voor de bepaling van de gebruiksprofielen en bezettingsgraad wordt dus uitgegaan van een atelier en een leslokaal met elk een gebruiksoppervlakte gelijk aan de helft van de totale lokaaloppervlakte.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen sporthallen (groot) en turnzaal (kleiner). Deze indeling is gebaseerd op de definitie van wat in het kader van het Vlaams sportinfrastructuurplan een eenvoudige sporthal is: een eenvoudige sporthal bestaat minimaal uit een overdekte sportruimte die kan opgedeeld worden in meerdere kleinere sportruimten, met een oppervlakte die effectief bruikbaar aangewend kan worden voor sportactiviteiten, hierna netto-sportoppervlakte te noemen, van minimaal 26 m bij 34 m (884 m²) en een vrije hoogte van minimaal 7.5 m. Lokalen met afmetingen kleiner dan deze waarden kunnen als turnzaal worden beschouwd.

Koel- en vriescellen en gekoelde voedselbergingen (ruimtes niet voor menselijke bezetting bestemd) worden niet in beschouwing genomen voor de geconditioneerde vloeroppervlakte bij energieberekening van warmte- en koelbehoefte.

De extra opsplitsing in douches en kleedkamers gebeurt enkel voor de bepaling van de gemiddelde binnentemperatuur. Voor de rest van de berekening worden deze ruimte-oppervlaktes toegekend aan de lokalen waartoe ze behoren.

¹ Hazard Analysis Critical Control Points

Studieopdracht: Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard
 Rapport werkpakket 1 : Gegevensverzameling

2 Randvoorwaarden voor de berekening koel- en verwarmingsbehoefte

De berekening van de koel- en verwarmingsbehoefte gebeurt aan de hand van de maandmethode aangezien deze resultaten nauwkeuriger zijn dan de jaarmethode.

2.1 Klimaat: Buitentemperatuur

- EPB

De gebruikte maandgemiddelde buitentemperatuur bij de berekening van de maandelijkse energiebehoefte voor koeling en verwarming worden in onderstaande tabel aangegeven.

| Maand | Karakteristieke dag | Lengte van de maand t_m (Ms) | EPB Maandgemiddelde buitentemperatuur $\theta_{e,m}$ (°C) | EPB Rekenwaarde voor de temperatuur van de toegevoerde buitenlucht bij koelberekeningen $\theta_{e,v,cool,m}$ (°C) |
|-----------|---------------------|--------------------------------|--|---|
| Januari | 15 | 2.6784 | 3.2 | 16,0 |
| Februari | 46 | 2.4192 | 3.9 | 16,0 |
| Maart | 74 | 2.6784 | 5.9 | 16,0 |
| April | 105 | 2.5920 | 9.2 | 16,0 |
| Mei | 135 | 2.6784 | 13.3 | 16,0 |
| Juni | 166 | 2.5920 | 16.2 | 18,2 |
| Juli | 196 | 2.6784 | 17.6 | 19,6 |
| Augustus | 227 | 2.6784 | 17.6 | 19,6 |
| September | 258 | 2.5920 | 15.2 | 17,2 |
| Oktober | 288 | 2.6784 | 11.2 | 16,0 |
| November | 319 | 2.5920 | 6.3 | 16,0 |
| December | 349 | 2.6784 | 3.5 | 16,0 |

| Methode | θ_e transmissie | θ_e ventilatie + infiltratie |
|---------------------------------------|----------------------------------|--|
| Niet-residentieel verwarmingsbehoefte | $\theta_{e,m}$ | $\theta_{e,m} + 2^\circ\text{C}$ |
| Niet-residentieel koelbehoefte | $\theta_{e,m} + 2^\circ\text{C}$ | $\theta_{e,v,cool,m} = \max(16^\circ\text{C}, \theta_{e,m} + 2^\circ\text{C})$ |

Opmerking voor de berekening van de koelbehoefte:

De koelbehoefte in het Belgisch klimaat hangt sterk af van de actuele weersomstandigheden. De koelbehoefte van een gemiddeld meteorologisch jaar is niet gelijk aan de gemiddelde koelbehoefte over verschillende jaren omdat warme jaren relatief zwaarder doorwegen. Bij de berekeningen wordt met dit verschijnsel rekening gehouden door de temperaturen en bezonning wat hoger te nemen dan het langjarig gemiddelde.

- **PHPP 2007**

Voor de voorspelling van gemiddelde energiegebruiken worden de klimaatgegevens van Ukkel gebruikt.

| Maand | Karakteristieke dag | Lengte van de maand t_m (Ms) | PHPP Maandgemiddelde buitentemperatuur $\theta_{e,m}$ (°C) |
|-----------|---------------------|-----------------------------------|--|
| Januari | 15 | 2.6784 | 2.5 |
| februari | 46 | 2.4192 | 2.7 |
| Maart | 74 | 2.6784 | 5.7 |
| April | 105 | 2.5920 | 8.3 |
| Mei | 135 | 2.6784 | 12.8 |
| Juni | 166 | 2.5920 | 14.9 |
| Juli | 196 | 2.6784 | 17.4 |
| augustus | 227 | 2.6784 | 17.1 |
| september | 258 | 2.5920 | 13.7 |
| Oktober | 288 | 2.6784 | 10.4 |
| november | 319 | 2.5920 | 5.7 |
| december | 349 | 2.6784 | 3.6 |

- **KMI – maandgemiddelde temperaturen Ukkel**

| Maand | Karakteristieke dag | Lengte van de maand t_m (Ms) | Maandgemiddelde buitentemperatuur (1971-2000) $\theta_{e,m}$ (°C) |
|-----------|---------------------|-----------------------------------|--|
| Januari | 15 | 2.6784 | 3.1 |
| februari | 46 | 2.4192 | 3.5 |
| Maart | 74 | 2.6784 | 6.3 |
| April | 105 | 2.5920 | 8.9 |
| Mei | 135 | 2.6784 | 13.2 |
| Juni | 166 | 2.5920 | 15.6 |
| Juli | 196 | 2.6784 | 17.7 |
| augustus | 227 | 2.6784 | 17.7 |
| september | 258 | 2.5920 | 14.5 |
| Oktober | 288 | 2.6784 | 10.6 |
| november | 319 | 2.5920 | 6.2 |
| december | 349 | 2.6784 | 4.1 |

2.2 Klimaat: bezonning

- EPB

Voor de bepaling van de zonwinsten worden de volgende waarden voor bezonning gebruikt:

| Maand | Karakteristieke dag | Lengte van de maand t_m (Ms) | $I_{s,tot,hor,m}$ [MJ/m ²] | $I_{s,dif,hor,m}$ [MJ/m ²] |
|-----------|---------------------|--------------------------------|--|--|
| Januari | 15 | 2.6784 | 71.4 | 51.3 |
| Februari | 46 | 2.4192 | 127 | 82.7 |
| Maart | 74 | 2.6784 | 245.5 | 155.1 |
| April | 105 | 2.5920 | 371.5 | 219.2 |
| Mei | 135 | 2.6784 | 510.0 | 293.5 |
| Juni | 166 | 2.5920 | 532.4 | 298.1 |
| Juli | 196 | 2.6784 | 517.8 | 305.8 |
| Augustus | 227 | 2.6784 | 456.4 | 266.7 |
| September | 258 | 2.5920 | 326.2 | 183.6 |
| Oktober | 288 | 2.6784 | 194.2 | 118.3 |
| November | 319 | 2.5920 | 89.6 | 60.5 |
| December | 349 | 2.6784 | 54.7 | 40.2 |

- PHPP

| Maand | $I_{s,tot,hor,m}$ [MJ/m ²] | $I_{s,noord,m}$ [MJ/m ²] | $I_{s,oost,m}$ [MJ/m ²] | $I_{s,zuid,m}$ [MJ/m ²] | $I_{s,west,m}$ [MJ/m ²] |
|-----------|--|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Januari | 72.1 | 38.20 | 52.41 | 111.88 | 55.6 |
| februari | 132.79 | 70.21 | 95.84 | 158.39 | 93.97 |
| Maart | 238.16 | 118.42 | 162.73 | 232.36 | 169.50 |
| April | 367.64 | 177.67 | 251.28 | 282.84 | 254.5 |
| Mei | 503.36 | 240.27 | 337.26 | 328.48 | 333.36 |
| Juni | 507.49 | 250.99 | 338.50 | 308.97 | 333.24 |
| Juli | 510.63 | 256.17 | 355.80 | 323.34 | 322.49 |
| augustus | 444.41 | 215.79 | 306.18 | 318.74 | 294.90 |
| september | 302.97 | 150.71 | 206.51 | 263.71 | 208.7 |
| Oktober | 192.43 | 99.08 | 137.61 | 208.43 | 137.35 |
| november | 87.62 | 46.43 | 64.44 | 122.90 | 65.75 |
| december | 56.00 | 31.29 | 44.36 | 86.84 | 41.65 |

- Meteonorm Ukkel

| Maand | Maandgemiddelde globale irradiantie $I_{s,tot,hor,m}$ [MJ/m ²] |
|-----------|--|
| Mei | 503.53 |
| Juni | 508.03 |
| Juli | 511.57 |
| augustus | 498.18 |
| september | 303.26 |

Probleemstelling:

Beide rekenprogramma's gebruiken verschillende maandgemiddelde buitentemperaturen en irradiantie voor de energiebehoefteberekening voor verwarming en koeling.

Merk op: beide rekenprogramma's gebruiken verschillende berekeningsmethodes!

Conclusie:

Gezien het kleine verschil in temperaturen en irradiantie, zijn ook de verschillen in de resultaten hieraan te wijten minimaal. Een aanpassing van de temperaturen en bezonning is dus niet aangewezen. Voor beide rekenprogramma's worden voorgestelde klimaatgegevens behouden.

2.3 Klimaat: binnentemperatuur

2.3.1 Normering en bestaande regelgeving betreffende berekening van energiebehoefte

- EPB

Maandgemiddelde binnentemperatuur voor de berekening van de energiebehoefte voor ruimteverwarming en -koeling:

| | Ruimteverwarming $\theta_{l, \text{heat}} [^{\circ}\text{C}]$ | Ruimtekoeling $\theta_{l, \text{cool}} [^{\circ}\text{C}]$ |
|-------------------|--|---|
| Kantoorbestemming | 19.0 | 23.0 |
| Schoolbestemming | | |

- Nederland - energieprestatie utiliteitsgebouwen NEN 2916

De binnentemperatuur voor de bepaling van de energiebehoefte voor ruimteverwarming en – koeling:

| Gebruiksfunctie* van een (gedeelte van een) gebouw | Ruimteverwarming $\theta_{l, \text{heat}} [^{\circ}\text{C}]$ | Ruimtekoeling $\theta_{l, \text{cool}} [^{\circ}\text{C}]$ |
|--|--|---|
| sportfunctie, matig verwarmd tennishallen squashbanen indoorkartings raquetballbanen boksalen | 13 | 24 |
| kantoorfunctie | 19 | |
| onderwijsfunctie | | |
| sportfunctie, anders dan matig verwarmd | | |

* Bij de gebruiksfuncties blijven gemeenschappelijke ruimten van een gebruiksfunctie en niet-gemeenschappelijke ruimten die zijn gelegen binnen de omhullende van een andere gebruiksfunctie buiten beschouwing.

De maandelijkse warmtebehoefte voor elke ruimte wordt pas in rekening gebracht vanaf een winst-verliesverhouding $\leq 2,5$, of $\theta_{l, \text{heat}} > \theta_e$ voor die maand. De maandelijkse koelbehoefte wordt voor elke

ruimte waar mechanische koeling is voorzien in rekening gebracht vanaf een verlies-winstverhouding $\leq 2,5$.

- **Duitsland – PHI**

Tijdens het stookseizoen hanteert het Passivhaus Instituut voor de gewenste **ogenblikkelijke temperatuur** in scholen $\theta_{i,gebruik} = 20^{\circ}\text{C}$. Door afwezigheid/intermitterend gebruik zakt deze temperatuur exponentieel, afhankelijk van de buitentemperatuur en de gebouwconstante, wat maakt dat de **gemiddelde temperatuur** iets lager ligt. Deze verlaging mag ook in de stationaire energieberekeningen ingevoerd worden.

| | Ogenblikkelijke temperatuur $\theta_{i,gebruik}$ [$^{\circ}\text{C}$] | Nachtverlaging [$^{\circ}\text{C}$] $\Delta\theta$ | Ruimteverwarming $\theta_{i,heat}$ [$^{\circ}\text{C}$] |
|---------------------------|---|---|---|
| Voldaagse school (7-18u) | 20 | 0.6 | 19.4 |
| Halfdaagse school (7-14u) | 20 | 1.0 | 19.0 |

De vooropgestelde maandgemiddelde binnentemperatuur voor berekeningen voor ruimtekoeling bedraagt 25°C

- **Duitsland – EnEV – DIN V 18599**

De maandgemiddelde binnentemperatuur voor de bepaling van de warmte- en koelbehoefte, is als volgt:

| Gebruiksfunctie* van een (gedeelte van een) gebouw | Ruimteverwarming $\theta_{i,heat}$ ($^{\circ}\text{C}$) | Ruimtekoeling $\theta_{i,cool}$ ($^{\circ}\text{C}$) |
|--|---|--|
| Sporthal | 21 | 24 |
| Kantoorruimte | | |
| - éénmanskantoor | 21 | 24 |
| - landschapsbureau | | |
| - gemeenschappelijk bureau | | |
| Klaslokaal | 21 | 24 |
| Kantine | 21 | 24 |
| leesruimte | 21 | 24 |
| Toiletten/sanitair in niet-residentiële gebouwen | 21 | 24 |
| Keuken in niet-residentiële gebouwen | 21 | 24 |
| Workshop, assembly, manufacturing (ateliers) | 21 | 24 |
| Circulatieruimte | 21 | 24 |

Belangrijk hierbij is wel dat de temperatuur $\theta_{i,heat}$ een continu gebruik van de verwarmingsinstallaties verondersteld. Voor nachten, weekends en vakantie dient een verlaging te worden ingerekend.

2.3.2 Normering en regelgeving betreffende comfort: gewenste min. en max. binnentemperaturen

- ARAB – ogenblikkelijke temperatuur op het werk

| | Min.temperatuur $\theta_{l, \min} (^{\circ}\text{C})$ | Max. temperatuur ² $\theta_{l, \max} (^{\circ}\text{C})$ |
|---|--|--|
| zeer licht werk (+/_ 90 kcal/u) | 20°C | - |
| licht werk (+/_ 150 kcal/u) <i>meestal van toepassing in leslokalen</i> | 18°C | 30°C |
| Half zwaar werk (+/_ 250 kcal/u) <i>meestal van toepassing in turn-, sportzaal</i> | 15°C | 26.7°C |

Deze waarden zijn geldig voor kantoorgebouwen en andere gelijkaardige gebouwen, voornamelijk bestemd voor menselijke zittende activiteiten en waar de gebruikers over de mogelijkheid beschikken de ramen te openen en hun kledij kunnen aanpassen aan binnen- en buitenweercondities.

- NBN-ISO 7730:2006

| | | |
|---|---------------------------------|---------------------------|
| Lichte activiteit ~ 1.2 met klaslokalen | Winter Kledij ~ 0.75 à 1 clo | Zomer Kledij ~ 0,5 clo |
| categorie I (+/-0.2 PMV of 6% PPD) | 22°C-24°C | 24°C-26°C |
| categorie II (+/-0.5 PMV of 10% PPD) | 20°C-26°C | 24°C-28°C |

| | | |
|---|---|--|
| Lichte sportactiviteit ~ 1,8 met sporthal | ~ 0.5 à 0.75 clo (hogere kledingsgraad) | |
| categorie I (+/-0.2 PMV of 6% PPD) | 18°C-24°C | |
| categorie II (+/-0.5 PMV of 10% PPD) | 16°C-24°C | |

| | | |
|--|---|--|
| Middelzware sportactiviteit ~ 3 met sporthal | ~ 0.25 à 0.5 clo (lagere kledingsgraad) | |
| categorie I (+/-0.2 PMV of 6% PPD) | 14°C-20°C | |
| categorie II (+/-0.5 PMV of 10% PPD) | 12°C-22°C | |

- NBN EN 15251:2007

Binnentemperatuur voor de berekening van de koel- en warmtevraag op uurbasis in functie van de tevredenheidsklasse in gebouwen zonder mechanische koelsystemen in functie van de activiteit en de kledij.

| Klaslokalen, eenmanskantoor en landschapskantoren, auditoria, cafetaria's | Winter Kledij ~ 1 clo | Zomer Kledij ~ 0,5 clo |
|---|--------------------------|---------------------------|
| Lichte activiteit ~ 1,2 met | | |
| categorie I (+/-0.2 PMV of 6% PPD) | 21°C-23°C | 23.5°C-25°C |
| categorie II (+/-0.5 PMV of 10% PPD) | 20°C-24°C | 23°C-26°C |
| categorie III (+/-0.7 PMV of 15% PPD) | 19°C-25°C | 22°C-27°C |

² ARAB – art.148 decies2: Warmte

| Laboratorium | Winter | Zomer |
|---|------------------|------------------|
| Zitten – lopende activiteit ~ 1,5 met | Kledij ~ 1 clo | Kledij ~ 0,5 clo |
| categorie I (+/-0.2 PMV of 6% PPD) | 18°C-25°C | 23,5°C-25°C |
| categorie II (+/-0.5 PMV of 10% PPD) | 16°C-25°C | 23°C-26°C |
| categorie III (+/-0.7 PMV of 15% PPD) | 14°C-25°C | 22°C-27°C |

- **Binnenmilieudecreet (BS 19.X.04)**

| | Winter | Zomer |
|-------------|------------|-------------|
| Temperatuur | 20°C -24°C | 22°C – 26°C |

- **Outputspecificaties DBFM scholenbouw**

Voor de binnencondities geven de outputspecificaties een **minimale ogenblikkelijke wintertemperatuur** aan die **100% van de verblijfstijd gegarandeerd** moet zijn. De **maximale temperatuur in de zomer** geldt als richtwaarde.

| Binnentemperatuur | Min.temperatuur $\theta_{l, \min}$ (°C) | Max. temperatuur $\theta_{l, \max}$ (°C) |
|--|--|---|
| Klas- en leslokalen Administratieve lokalen en kantoren Studiezaal | 21 | 26 |
| Bibliotheek Mediatheek Open studielandschap | 21 | 26.5 |
| Informaticalokaal | 21 | 26.5 |
| laboratoria | 21 | 26 |
| Speelzaal Polyvalente zaal Turnzaal Sportzaal | 16 | 26 |
| Refter | 21 | 26 |
| Keuken | conform HACCP normen : koude keuken: max. 15°C | |
| Bergingen en archiefruimtes | 10 | - |
| Circulatieruimtes | 18 | - |
| Tochtportaal | 15 | - |
| werkplaatsen Ateliers | 21 | 26 |
| Slaapkamers en -zalen | 18 | 26 |
| Sanitaire ruimtes | 18 | - |

- **EPIcool**

| Functie | Luchttemperatuur voor verwarming |
|---------------------|---|
| Kantoor | 20°C tijdens gebruiksuren, 16°C daarbuiten |
| Onderwijs | 20°C tijdens gebruiksuren, 16°C daarbuiten |
| Sportinfrastructuur | 18°C tijdens gebruiksuren, 14°C daarbuiten |

- **Nederland – Senternovem Eisen Frisse scholen**

| Binnentemperatuur | Min.temperatuur $\theta_{l, \min}$ (°C) | Max. temperatuur $\theta_{l, \max}$ (°C) |
|--------------------------|--|--|
| Klaslokaal klasse A | - | 22°C bij $\theta_e < 20^\circ\text{C}$ max. $\theta_e + 2^\circ\text{C}$ (< 27°C) bij $\theta_e > 20^\circ\text{C}$ |
| Klaslokaal klasse B | 20 | 23°C bij $\theta_e < 20^\circ\text{C}$ max. $\theta_e + 3^\circ\text{C}$ bij $\theta_e > 20^\circ\text{C}$ |
| Klaslokaal klasse C | 19 | 24°C bij $\theta_e < 20^\circ\text{C}$ max. $\theta_e + 4^\circ\text{C}$ bij $\theta_e > 20^\circ\text{C}$ |

Specifiek voor sporthallen zijn volgende bijkomende specificaties gevonden

- **Bloso Dixit Michel Van Espen:**

“De temperatuur in een sporthal is afhankelijk van de intensiteit van de beoefende disciplines. Voor eerder bewegingsarme activiteiten zoals bijvoorbeeld yoga, is een hogere temperatuur vereist dan voor bijvoorbeeld zaalvoetbal. Volgende richtwaarden worden doorgaans gehanteerd :

- grote zaal : 16 °C
- kleine zaal : 18-20 °C
- omkleedruimten en sanitaire voorzieningen : 20-24 °C
- toezichtslokaal, ev. afzonderlijke EHBO-ruimte, cafetaria : 20-22 °C
- andere deelaccommodaties : 16 °C.

- **Presentatie Energiezorg op school (Cenergie): 17°C**

- **Conditions and planning aspects of passive house gymnasiums (PHI): 18°C**

Conclusie: wanneer comfortklasse B (90% tevreden) acceptabel is, lijkt 16 à 17°C een aanvaardbare operationele binnentemperatuur. Dit vereist dan wel een aangepaste kledij van de sporters t.t.z. bij zware sporten zeer lichte kledij en bij lichte activiteiten een betere kledij.

Specifiek voor keukens gelden de volgende bijkomende specificaties³ gevonden

- Magazijn (niet gekoeld): richtwaarde temperatuur 18°C, max.25°C
- Koelcel: 2 – 4 °C
- Koude keuken: max. 15°C

Probleemstelling:

Vastleggen gemiddelde binnentemperatuur voor de berekening van de energiebehoefte voor verwarming en koeling.

De bestaande rekenprogramma's werken op gebouwniveau. Afhankelijk van de functie van het gebouw wordt een gemiddelde temperatuur vastgelegd voor het totale gebouw.

³ HACCP Hazard Analysis Critical Control Points

Conclusie: wintersituatie

De verschillende lokalen worden ingedeeld in 4 temperatuurzones:

| Bestemming | binnentemperatuur bij aanwezigheid θ_i (°C) | Nacht- en weekend verlaging $\Delta \theta_{i,op}$ (°C) | Gemiddelde binnentemp $\theta_{i,gem,verw}$ (°C) |
|---|--|---|--|
| Schoollokalen: Leslokalen, refter, leraarskamer, sanitair, kantoor, labo's, PC-lokalen, leskeuken, warme keuken bij refter, circulatieruimte, technische ruimte + berging, open leercentrum | 20 | 0.6 | 19.4 |
| Sport- en industriële ruimtes: Ateliers Sporthal Turnzaal Douche + kleedkamers | 16 22 | 0.6 | 15.4 21.4 |
| Speelhal | 18 | 0.6 | 17.4 |
| Koude (les)keuken (bij refter) | 15 | | 15 |

De richtwaarden voor de binnentemperatuur zijn afhankelijk van de bestemming van het lokaal. Op basis van bovenvermelde regelgeving en normering werd voor ieder van de bestemmingen een gemiddelde binnentemperatuur bij gebruik vastgelegd.

Gezien het intermitterend gebruik van een schoolgebouw wordt voor de bepaling van de gemiddelde binnentemperatuur een nacht- en weekendverlaging ingerekend. Naar voorbeeld van een studie uitgevoerd door PHI (voldagse school) wordt de waarde $\Delta \theta_{i,op}$ vastgelegd op 0.6 °C.

Omdat de bestaande rekenpakketten werken met een gemiddelde temperatuur op gebouwniveau dient ook een gebouwgemiddelde temperatuur ingegeven te worden. Deze kan als volgt worden

$$\text{bepaald: } \theta_{i,verw} = \max(\theta_i, \text{verw}, A = \frac{\sum g_i A_i}{\sum A_{tot}}; \theta_i, \text{verw}, V = \frac{\sum g_i V_i}{\sum V_{tot}})$$

Controleberekeningen van een aantal eenvoudige testcases wezen uit dat een weging over het verliesoppervlak buiten beschouwing kan gelaten worden.

| | A_{tot} [m ²] | $A_{lokale 21^\circ C} / A_{tot}$ | $\theta_{i,verw,A}$ [°C] | V_{tot} [m ³] | $V_{lokale 21^\circ C} / V_{tot}$ | $\theta_{i,verw,V}$ [°C] |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| School1 (BO) | 995 | 0.64 | 19.13 | 3384.08 | 0.67 | <u>19.20</u> |
| School2 (KO) | 834.06 | 0.56 | <u>18.50</u> | 3110.1 | 0.48 | 17.98 |
| School3 (BO) | 2444.40 | 0.47 | 19.10 | - | - | - |
| School4 (BO) | 587.4 | 0.73 | 19.4 | 1955.32 | 0.75 | <u>20</u> |

Stookseizoen

EPB: oktober – april

PHPP : wordt door de PHPP-software bepaald, afhankelijk van de ingevoerde gegevens

Voor klimaatdata van Ukkel komt dit voor de berekening aan de hand van de maandmethode op 212 dagen (okt– april)

Conclusie: zomersituatie

| Bestemming | Gemiddelde binnentemp $\theta_{i,gem,koeling}$ (°C) |
|---|--|
| Schoollokalen: Leslokalen, refter, leraarskamer, sanitair, open leercentrum, kantoor, labo's, PC-lokalen, leskeuken, warme keuken bij refter, circulatieruimte, technische ruimte + berging | 24 |
| Sport- en industriële ruimtes: Ateliers Sporthal Turnzaal douche + kleedkamers | 24 |
| Speelhal | 24 |
| Koude (les)keuken (bij refter) | 15 |

Voor de berekening van de energiebehoefte voor koeling zal geen reductie als gevolg van nachtverlaging in rekening worden gebracht.

Koelseizoen

PHPP : het koelseizoen wordt door de PHPP-software bepaald, afhankelijk van de ingevoerde gegevens. Voor klimaatdata van Ukkel komt dit voor de berekening van de koelbehoefte aan de hand van de maandmethode op 214 dagen (april-okt).

2.4 Geconditioneerde vloeroppervlakte

Het energiekentgetal bepaalt verbruik voor verwarming of koeling per m² geconditioneerde oppervlakte. Om onderlinge vergelijking van verschillende gebouwen mogelijk te maken is het belangrijk dat de bepaling van het verbruik enerzijds en de geconditioneerde oppervlakte anderzijds op een zelfde manier gebeurt. Er bestaat echter verschil tussen de verschillende rekenmethodes nationaal en internationaal.

- EPB

EPB definieert de geconditioneerde vloeroppervlakte als de oppervlakte op vloerniveau tussen de dragende wanden (indien niet-dragend: hartlijn).

- trappen en hellende vloeren: projectie op horizontaal vlak
- kleine nis of uitsparingen van minder dan 0,5m² mogen buiten beschouwing gelaten worden (bv. soms bij vensters), vides, trapgaten en liftkokers worden niet meegerekend.

Deze definitie wijkt op bepaalde punten af van NBN B 62-002.

- PHPP

Voor certificatie in België wordt de norm NBN B 62-002 "Oppervlakten en inhouden van gebouwen - Begripsomschrijvingen en wijze van bepaling" aangehouden voor het vaststellen van de geconditioneerde vloeroppervlakte zonder uitzondering.

- Nederland - energieprestatie utiliteitsgebouwen NEN 2916

Gebruiksoppervlakte is de totale oppervlakte van de binnen een gemeenschappelijk of niet-gemeenschappelijk deel van de gebruiksfunctie gelegen vloeren waarboven een minimale hoogte van 1,5 m. Liftschachten, trapgaten, vides groter dan 4 m² en leidingschachten > 0,5 m² worden niet

Studieopdracht: Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard
Rapport werkpakket 1 : Gegevensverzameling

meegerekend. Ook de vloeroppervlakte van kolommen en dragende wanden > 0,5 m² mogen worden afgetrokken.

- Duitsland – PHI

Bij niet-woongebouwen is de geconditioneerde vloeroppervlakte dat aandeel in de netto vloeroppervlakte voor het gebruik waarvan verwarming noodzakelijk is.

De nettovloeroppervlakte wordt conform DIN 277-2 bepaald. Hoofd- en bijruimtes binnen de thermische schil worden voor 100% meegeteld. Functionele en verkeersoppervlaktes binnen de thermische schil steeds voor 60%. Trappen, liften en installatieschachten behoren niet tot de geconditioneerde vloeroppervlakte.

| Bestemming | wegingsfactor |
|-------------------------------|---------------|
| hoofdrumtes (HNF) | 1.0 |
| bijruimtes (NNF) | 1.0 |
| verkeersoppervlaktes (VF) | 0.6 |
| functionele oppervlaktes (FF) | 0.6 |

Opmerking:

Door een verschil in de berekening van de geconditioneerde oppervlakte (weegfactoren) is het onmogelijk om de passiefscholen in Duitsland en Vlaanderen op een eenvoudige wijze te vergelijken. De berekening van de geconditioneerde vloeroppervlakte in EPB en PHPP zijn vrijwel gelijkaardig, op een beperkt aantal uitzonderingen na.

2.5 Bezetting van de lokalen

- EPB (bijlage VI, p.7)

De bezetting voor het berekenen van het ontwerpdebiet kan een reële bezetting zijn, zolang die groter of gelijk is aan de **minimumwaardes** in onderstaande tabel. Het berekend aantal personen moet tot op de eenheid naar boven worden afgerond.

| | |
|---|--------------------------|
| Horeca | |
| restaurants, cafetaria, snelbuffet, kantine, bars, cocktailbars | 1.5 m ² /pers |
| keukens, kitchenettes | 10 m ² /pers |
| Kantoorgebouwen | |
| Kantoor | 15 m ² /pers |
| ontvangstruimten, receptie, vergaderzalen | 3.5 m ² /pers |
| Hoofdingang | 10 m ² /pers |
| Publieke ruimten | |
| Bibliotheek | 10 m ² /pers |
| Sport en ontspanning | |
| sporthal, stadion (speelruimte), turnzaal | 3.5 m ² /pers |
| Kleedkamers | 2 m ² /pers |
| Werkruimten | |
| kopieerruimte / ruimte voor printers | 10 m ² /pers |
| computerruimte (zonder ruimte voor printers) | 25 m ² /pers |
| Onderwijsinstellingen | |
| Leslokalen | 4 m ² /pers |
| polyvalente zaal | 1 m ² /pers |

In EPB wordt geen bezetting verondersteld in de zones voor sanitair, technische ruimte/berging en circulatie (ruimtes voor niet-menselijke bestemming).

- **NBN EN 13779**

| Bestemming | Netto vloeroppervlakte per persoon [m ² /pers] | |
|----------------------|---|-----|
| Restaurant | 1.2 – 5 | 1.5 |
| Kleine kantoorruimte | 8 - 12 | 10 |
| Klaslokaal | 2 – 5 | 2.5 |

- **Nederland - NEN 2916**

De minimale bezettingsgraadklasse zoals in het Bouwbesluit beschreven voor niet tot bewoning bestemde, nieuwe gebouwen is als volgt:

| Gebruiksfunctie | | Minimale bezettingsgraadklasse | | |
|---|---|--------------------------------|--|--------------------|
| Onderwijsfunctie | | B3 | | |
| Bijeenkomstfunctie voor het aanschouwen van sport | | B2 | | |
| andere bijeenkomstfunctie | | B3 | | |
| Kantoorfunctie | | B4 | | |
| Sportfunctie | | B5 | | |
| Overige gebruiksfunctie | | B5 | | |
| klasse | bezettingsgraad | | | |
| | In m ² gebruiksoppervlakte per persoon | rekenbezetting | In m ² vloeroppervlakte aan verblijfsgebied per persoon | rekenbezetting |
| B1 | > 0,8 m ² en ≤ 2 m ² | 1,2 m ² | 0,5 m ² en ≤ 1,3 m ² | 0,8 m ² |
| B2 | > 2 m ² en ≤ 5 m ² | 3 m ² | > 1,3 m ² en ≤ 3,3 m ² | 2 m ² |
| B3 | > 5 m ² en ≤ 12 m ² | 7,5 m ² | > 3,3 m ² en ≤ 8 m ² | 5 m ² |
| B4 | > 12 m ² en ≤ 30 m ² | 18 m ² | > 8 m ² en ≤ 20 m ² | 12 m ² |
| B5 | > 30 m ² | 45 m ² | > 20 m ² | 30 m ² |

Omdat Bouwbesluit 2003 voorschrijft dat een verblijfsruimte dezelfde bezettingsgraadklasse moet hebben als het verblijfsgebied waarin de verblijfsruimte ligt (artikel 4.29 van Bouwbesluit 2003), moet bij een verblijfsruimte uit worden gegaan van het verblijfsgebiedniveau (rechtse tabelgegevens).

- Duitsland – DIN V 18799

| | Laag [m ² /pers] | Medium [m ² /pers] | Hoog [m ² /pers] |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Klaslokalen | 3.5 | 3 | 2.5 |
| Auditoria | 1.2 | 1 | 0.8 |
| Kantoor | | | |
| - éénmanskantoor | 18 | 14 | 10 |
| - landschapskantoor | 12 | 10 | 8 |
| - gemeenschappelijk bureau | 18 | 14 | 10 |
| Kantine | 1.4 | 1.2 | 0.8 |
| Bibliotheek - leesruimte | 5 | 2.5 | 1.5 |
| Sporthal | 30 | 20 | 10 |
| Keuken niet-residentieel | 10 | 10 | 10 |
| Workshop, manufacturing | 25 | 20 | 15 |

Probleemstelling:

De bezetting verschilt van lokaal tot lokaal afhankelijk van de bestemming. Om een correcte inschatting te kunnen maken van nodige ventilatiedebieten en de interne warmtewinsten is het belangrijk te streven naar reële bezettingswaarden, getoetst aan de praktijk.

Conclusie:

Om een correcte inschatting van ventilatiedebiet en de interne warmtewinsten te kunnen maken worden de opgegeven aantallen in EPB getoetst aan de praktijk en aangepast waar nodig.

| Bestemming | Bezetting [m ² /pers] |
|---|---|
| Leslokalen, labo's, PC-lokaal | 2.5 |
| Leskeuken, koude keuken, open leercentrum, speelhal | 5 |
| Refter, leraarskamer | 1.5 |
| Kantoor | 15 |
| Atelier | forfaitaire oppervlakte volgens fysische en financiële norm ifv activiteit/18 |
| Turnzaal | 10 |
| Sporthal | 20 |
| Koude of warme keuken bij refter | 10 |

Analoog aan EPB wordt geen bezetting verondersteld in de zones voor sanitair, technische ruimte/berging en circulatie.

Voor de bepaling van de bezetting in ateliers wordt verwezen naar het Besluit van de Vlaamse regering van 27 februari 1992 houdende vaststelling van de regels die de behoefte aan nieuwbouw of uitbreiding bepalen en van de fysische en financiële normen voor de schoolgebouwen, internaten en psycho-medisch-sociale centra. Uitgaande van een continue bezetting van de praktijklokalen en een gemiddelde bezetting van 18 leerlingen (ASO, TSO, BSO) per klas moeten de vermelde coëfficiënten van forfaitaire oppervlakten voor de verschillende specialiteiten/praktische vakken worden gedeeld door 18 om de bezetting te bepalen.

2.6 Binnenluchtkwaliteit en Ventilatiegebieten

- NBN EN 13779

De binnenluchtkwaliteit wordt volgens NBN EN 13779 uitgedrukt in 4 klassen

Ruimtes bestemd voor menselijke bezetting:

In geval van normale (werk)activiteit in een kantoor of thuis (~1.2met) gelden de volgende ventilatievouden. In geval andere activiteiten (>1.2met) wordt het ventilatievoud vermenigvuldigd met de factor met/1.2 .

| Klasse | Beoordeling | Ventilatie met buitenlucht | Default-waarde |
|----------------------------------|--------------|----------------------------|----------------|
| IDA 1 [m ³ /(pers.h)] | Hoog | > 54 | 72 |
| IDA 2 [m ³ /(pers.h)] | Middelmatig | 36-54 | 45 |
| IDA 3 [m ³ /(pers.h)] | Aanvaardbaar | 22-36 | 29 |
| IDA 4 [m ³ /(pers.h)] | laag | < 22 | 18 |

Ruimtes, niet bestemd voor menselijke bezetting:

| Klasse | Ventilatie met buitenlucht | Default-waarde |
|---|----------------------------|---------------------|
| IDA 1 [m ³ /(m ² .h)] | niet van toepassing | niet van toepassing |
| IDA 2 [m ³ /(m ² .h)] | > 2.5 | 3 |
| IDA 3 [m ³ /(m ² .h)] | 1.3-2.5 | 2 |
| IDA 4 [m ³ /(m ² .h)] | < 1.3 | 1 |

- EPB

Bijlage VI van de EPB-regelgeving schrijft voor dat het ontwerpdebiet niet kleiner mag zijn dan het **minimum** debiet overeenkomend met de m³/(pers.h)-waardes voor binnenluchtklasse **IDA3**. Dit komt overeen met een 'aanvaardbare luchtkwaliteit' of **22 m³/(pers.h)**, defaultwaarde **29 m³/(pers.h)**. Uitzondering zijn toiletten, waarvoor geldt:

| | |
|---|---------------------------------------|
| Aantal toiletten & urinoirs gekend | 25m ³ /(wc.h) |
| Aantal toiletten & urinoirs niet gekend | 15m ³ /(m ² .h) |

- ARAB (art.57 – natuurlijke luchtverversing - art.58 kunstmatige luchtverversing)

De toevoer van verse lucht en de afvoer van bevuilde lucht worden verzekerd à rato van 30 m³ lucht per uur en per in de lokalen aanwezige werknemer. In de gesloten werklokalen wordt de toepassing van de voorgaande normen verzekerd door een natuurlijke luchtverversing of door het gebruik van enige inrichting die zich daarvoor leent.

- Binnenmilieudecreet (BS 19.X.2004)

Voor woningen en publiek toegankelijke gebouwen wordt een richtwaarde aangegeven van minstens 1 vol/h.

- Outputspecificaties DBFM scholenbouw

De outputspecificaties dragen op dat het binnenmilieu moet voldoen aan de eisen gesteld in het Besluit van de Vlaamse regering houdende maatregelen tot bestrijding van de gezondheidsrisico's door verontreiniging van het binnenmilieu d.d. 11 juni 2004.

De outputspecificaties van de DBFM scholenbouw schrijven **minstens IDA 2** voor volgens NBN EN 13779. Bijkomende waarden voor specifieke lokalen worden opgegeven. Lagere waarden dan onderstaande kunnen, indien hiermee IDA 2 wordt gehaald.

Studieopdracht: Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard
Rapport werkpakket 1 : Gegevensverzameling

| Indien 2 berekeningsmethodes: het hoogste van de debieten, berekend volgens de aangegeven formules | |
|---|--|
| Alle verblijfslokalen: Klaslokalen, speciale lokalen, administratieve lokalen, bibliotheken,... | 50 m ³ /(pers.h) 3.6 m ³ /(m ² .h) |
| Labo's | 10 vol/h |
| Werkplaatsen / ateliers | algemeen: 3 à 6 vol/h i.f.v. de activiteiten |
| Turnzaal / sportzaal | 3 vol/h vraaggestuurd |
| Speelzaal / polyvalente zaal | 36 m ³ /(pers.h) 3.6 m ³ /(m ² .h) |
| Refter | 6 vol/h |
| Slaapkamers en -zalen | 36 m ³ /(pers.h) |
| MER | 1 vol/h |
| Gangen | 1 vol/h |
| Sanitaire ruimtes | 50 m ³ /(toestel.h) |

- **PHPP**

Overzicht standaardventilatievouden:

| | Kantoor | School | Andere |
|-------------------------------|---|---|---------------------|
| Natuurlijke ventilatie | 69% van het stookseizoen tijdens gebruik $n = 1.0 \text{ h}^{-1}$ buiten gebruik 0.2 h^{-1} ⇒ 0.75 | 26% van het stookseizoen tijdens gebruik $n = 1.0 \text{ h}^{-1}$ buiten gebruik 0.2 h^{-1} ⇒ 0.41 | Eigen berekening |
| Mechanische ventilatie | 0.35 | 0.60 | Eigen berekening |

Een juistere berekening in PHPP op basis van de bezettingsgraad en gebruikperiode wordt evenwel aanbevolen.

PHP acht een debiet van 30 à 50 m³/h.pers haalbaar (IDA 2 à 3). Daarnaast dient er ook steeds een voorspoeling voorzien te worden omwille van het intermitterend gebruik van een schoolgebouw.

- **EPiCool**

EPiCool neemt voor gebouwen met een onderwijs-, kantoor- of sportfunctie een IDA3-klasse als basisbinnenluchtkwaliteitsklasse (tijdens de gebruiksuren).

- **Nederland - NEN 2916**

De rekenwaarde voor de minimale specifieke lucht volumestroom van rechtstreeks van buiten komende verse lucht is gebaseerd op de in het Bouwbesluit voorgeschreven ventilatiecapaciteit voor dat verblijfsgebied, in functie van zijn bezettingsgraad en ventilatieklasse.

Zowel voor de verwarmings- als de koelingsberekening wordt een factor 0,8 toegepast om de eis voor minimumlucht volumestroom, geformuleerd voor verblijfsgebieden, te kunnen inzetten voor de gehele energiesector (onder aanname dat het verblijfsgebied 80% van de gebruiksooppervlakte van de energiesector beslaat):

| Gebruiksfunctie | $u_{v,min} [m^3/(h.m^2)]$ | $u_{v,min} * 0,8 [m^3/(h.m^2)]$ |
|------------------------|---|---|
| Onderwijsfunctie | 12.60 | 10.08 |
| Bijeenkomstfunctie* | 3.42 | 2.74 |
| Kantoorfunctie | 4.68 | 3.74 |
| Sportfunctie | 1.80 | 1.44 |

* hier wordt er van uitgegaan dat de minimumventilatie gedurende 50% van de gebruikstijd wordt gegarandeerd en dat in de energieberekening de rekenwaarde hiervoor wordt gewogen

- **Nederland - NEN 1089:1986 "Ventilatie van schoolgebouwen"**

Vereiste volumestromen: voor (gedeeltes van) gebouwen voor onderwijsdoeleinden worden in deze norm minimale volumestromen vereist, zoals opgelijst in onderstaande tabel. Deze ventilatie-eisen zijn gebaseerd op een verse luchttoevoer van $5.5 \text{ dm}^3/(\text{pers.s})$ of $19.8 \text{ m}^3/(\text{pers.h})$ en een CO_2 -grenswaarde van 0.12%. De ventilatie van elke ruimte dient te zijn gebaseerd op de ontwerpbezetting van die ruimte.

| Ruimte | Volumestroom | Opmerkingen |
|--|--|---|
| Lesruimte | 19.8 m ³ /(pers.h) | |
| Werkplaatsen Spuiterijen Lasserijen Motorvoertuigen-techniek ... | 36 m ³ /(pers.h) | Voor de afvoer van verontreinigingen in de lucht dient een lokale, mechanische ventilatievoorziening te worden getroffen |
| Zuurkast van scheikundepracticum* | 720 m ³ /m ² werkopening van de zuurkast | Ten minste d.m.v. mechanische afzuiging |
| Sport/gymzaal | 3,6 m ³ /(m ² .h) | |
| Bureau/kantoorruimte | 36 m ³ /(pers.h) | |
| Vergaderruimte/docentenkamer | 54 m ³ /(pers.h) | Ten minste d.m.v. mechanische afzuiging |
| Gemeenschapsruimte vloeropp. ≤ 1,5 m ² /pers. vloeropp. > 1,5 m ² /pers. | 21.6 m ³ /(m ² .h) 10.8 m ³ /(m ² .h) | |
| Keuken (geen lesruimte) met een vloeropp. ≤ 10m ² | 75.6 m ³ /h | Voor keukens met een vloeropp. > 10 m ² dient deskundig advies te worden ingewonnen |
| Wc | 25.2 m ³ /h per closet of urinoir | |
| wasruimte | 50.4 m ³ /h per douche 25.2 m ³ /h per warmwatertappunt | Uitsluitend d.m.v. mechanische afzuiging |
| kleedruimte | 10.8 m ³ /(m ² .h) | |
| garderobe | 1 vol/h | |
| Trappenhuis/gang | 1 vol/h | |
| Gasmeterkast | | Aan de boven- en onderzijde moet een ventilatieopening met een vrije opening van minstens 0,01 m ² worden voorzien op niet meer dan 0,2 m van resp. de boven- en onderkant van de deur |
| Opstelruimte gasapparatuur | | Zie NEN 1078 en NEN 3028 |
| Liftschacht | | Een liftschacht mag niet als ventilatiekanaal worden gebruikt, zie NEN 1081 |
| Liftschacht voor brandweerliften | | |
| Liftkooi** | 3.6 m ³ /(pers.h) | |

* De ventilatie-eis voor de scheikunde practicumruimte is gelijk aan de eis voor de lesruimten. Indien geen zuurkast aanwezig is, dient toch uit de ruimte ten minste 720 m³/h mechanisch naar buiten te worden afgevoerd.

** Alhoewel de liftschacht niet als ventilatiekanaal mag dienen, zal toch aan de ventilatie-eis van de liftkooi worden voldaan aangezien de luchtkubus van de liftschacht vele malen groter is dan die van de liftkooi en er bovendien door de kieren van de schachtdeuren luchtverversing plaatsvindt.

- **Nederland – Senternovem Eisen Frisse scholen**

| | CO ₂ -concentratie | ventilatie-debiet |
|---|-------------------------------|---|
| klasse A - klaslokaal - kantoorruimte | max.800 ppm | 22 m ³ /(m ² .h) 60 m ³ /(h.pers) |
| Klasse B - klaslokaal - kantoorruimte - verkeersruimte | max.1000 ppm | 17.5 m ³ /(m ² .h) 45 m ³ /(pers.h) 30m ³ /(pers.h) (min. n=1.5 ⁻¹) |
| klasse C - klaslokaal - kantoorruimte | max.1200 ppm | 12.5 m ³ /(m ² .h) 30 m ³ /(pers.h) |

- **Duitsland - PHI (arbeitskreis p 112)**

PHPP-certificatie Duitsland

- Leerlingen: 15 à 20 m³/(pers.h) afhankelijk van leeftijd en activiteit
- Leerkracht: 30 m³/(pers.h)
- Sporthallen: 60 m³/(pers.h)

Voor schooltijd worden alle ruimtes geventileerd/voorgespoeld aan 2 lucht volumewisselingen per uur.

- **Duitsland – EnEV – DIN V 18599-10:2007-02**

| Gebruiksfunctie van een (gedeelte van een) gebouw | Min.ventilatie-debiet | | Ventilatievoud n | |
|---|--|---|-----------------------------|---|
| | ifv.bezetting [m ³ /pers.h] | ifv.oppervlakte [m ³ /m ² .h] | Algemeen [h ⁻¹] | Enkel koeling via ventilatie n [h ⁻¹] |
| sportfunctie | 60 | - | - | 6 |
| Kantoorfunctie | | | | |
| éénmansbureau | 40 | 4 | 2-3 | 4-8 |
| landschapsbureau | 60 | 6 | 2-3 | 4-8 |
| gemeenschappelijk bureau | 40 | 4 | 2-3 | 4-8 |
| Onderwijsfunctie: klaslokaal/auditorium | 30 | - | - | - |
| kantine | 30 | 18 | - | - |
| Keukens in niet-residentiële gebouwen | - | 90 | - | - |
| Bibliotheek, open leercentrum | 20 | 6 | - | - |
| Toiletten/sanitair in niet-residentiële gebouwen | - | 15 | - | - |
| Workshop, assembly, manufacturing (ateliers) | - | 20 | - | - |

Specifiek voor industriële en praktijktoepassingen op basis van Schramek, E.-R., Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, 2009 p. 17870 ev.:

| Productie-activiteit | Ventilatiedebiet: toevoerlucht [m ³ /(m ² .h)] |
|--|--|
| mechanische productie/ autofabricage | 20 -75 |
| Montage | 20 -30 |
| industriële keukens | 80 |
| Laboratorium Wetenschappen (+/- 30 leerlingen) | 8 à 12 vol/h |

Probleemstelling:

De ventilatie-eis is afhankelijk van de bestemming van het lokaal. Per lokaal dient in functie van het gebruik een rekenwaarde te worden vastgelegd.

Conclusie:

Naar Duits voorbeeld wordt elke ruimte voor schooltijd voorgespoeld aan 2 vol/h. Voor klaslokalen stemt dit ongeveer overeen met een kwart van het gemiddelde ventilatiedebiet in gebruik (default IDA 3).

In overeenstemming met de EPB-regelgeving wordt **minimum** een comfortklasse IDA3 gerespecteerd. In het geval hogere ventilatiedebieten voorzien worden, kan het ontwerpdebiet per typelokaal worden aangepast in de rekenbladen. In onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van de ventilatiedebieten zoals gebruikt voor energieberekeningen voor de comfortklasse IDA 3, 2 en 1. Belangrijk bij deze lijst is dat deze voorgestelde ventilatiedebieten dienen als randvoorwaarden voor de energieberekeningen. Deze richtwaarden moeten daarom niet als dimensioneringswaarden gebruikt worden.

| Bestemming | Ventilatiedebiet (IDA3/IDA2/IDA1) [m ³ /pers.h] |
|--|--|
| Leslokalen, refter | ≤ 12j: 22/36/54 > 12j: 29/45/72 |
| Leraarskamer, kantoor, open leercentrum, PC-lokaal | 29/45/72 |
| Labo's | 29/45/72 + 720 m ³ /m ² opening zuurkast |
| (Les)keuken (bij refter) (activiteit +/- 1.8 met) | 44/67/108 + extra defaultwaarde |
| Koude keuken (bij refter) (activiteit +/- 1.8 met) | 44/67/108 |
| Ateliers (activiteit +/- 1.8 met) | 44/67/108 + extra defaultwaarde ifv activiteit |
| Speelhal (activiteit +/- 1.8 met) | ≤ 12j: 33/54/81 > 12j: 44/67/108 |
| Sporthal, turnzaal (activiteit +/- 2 met) | ≤ 12j: 37/60/90 > 12j: 48/75/120 |

Gezien de verhouding tussen CO₂-uitstoot en het lichaamsgewicht van een persoon wordt een onderscheid gemaakt tussen ventilatiedebieten voor het basis- en secundair onderwijs.

Voor het ventilatiedebiet wordt **minimaal** gebruik gemaakt van de **defaultwaarde** voor de binnenluchtkwaliteitsklasse IDA3 in navolging van de strengere ventilatie-eis zoals geformuleerd in de DBFM-specificaties. In onderstaand voorbeeld wordt een afweging van beide eisen gemaakt voor klaslokaal van 50 m²:

| Klaslokaal (+/- 50m ²) | Bezetting | Ventilatiedebit |
|--|-----------------------------|-----------------------|
| 3.6 m ³ /(m ² .h) of 50m ³ /(pers.h) (DBFM) | 4m ³ /pers (EPB) | 625 m ³ /h |
| 12.66 m ³ /(m ² .h) (NEN 2916) | - | 630 m ³ /h |
| 22 m ³ /(pers.h) (EPB, min.IDA3) | 4m ² /pers (EPB) | 275 m ³ /h |
| 22 m ³ /(pers.h) (EPB, min.IDA3) | 2.5m ² /pers | 440 m ³ /h |
| 29 m ³ /(pers.h) (EPB, default) | 2.5m ² /pers | 580 m ³ /h |

Door gebruik te maken van een realistische bezettingscijfers en ten minste de defaultwaarde voor IDA 3, sluit de ventilatie-eis erg dicht aan bij DBFM-eis.

Voor de laboratoria wordt een extra afzuiging per zuurkast per m² opening voorzien. Deze defaultwaarde is een ogenblikkelijke ventilatiewaarde en wordt dus niet gedurende de hele gebruikstijd voorzien. Aangezien de laboratoria in TSO en BSO intensiever gebruikt worden dan in het ASO wordt een onderscheid gemaakt. Hiervoor wordt verondersteld dat de zuurkasten 5% van de gebruikstijd actief zijn in het ASO en 10% in TSO en BSO.

Voor de ateliers wordt het ventilatiedebit bepaald door het minimum debit voor klaslokalen te vermeerderen met een bijkomende ventilatie in functie van de activiteit. Er wordt geopteerd voor een defaultwaarde ten einde een objectieve beoordeling van het gebouw te kunnen maken los van de werkelijk geplaatste installaties. De defaultwaarde is functie van de vervuilingsgraad van de activiteit die in het atelier plaatsvindt. Deze activiteiten worden opgedeeld in 3 categorieën zoals in onderstaande tabel aangegeven wordt. Categorie 1 staat voor niet vervuilende activiteiten waarvoor geen bijkomende ventilatie noodzakelijk is. Categorie 2 omvat de lichtvervuilende activiteiten waarvoor een defaultwaarde wordt voorzien van 15 m³/m².h. Tenslotte omvat categorie 3 de zeer vervuilende activiteiten waarvoor eveneens een extra bijkomende ventilatie van 15 m³/m².h wordt voorzien waarvan bovendien 20% rechtstreeks naar buiten zal afgevoerd worden.

De indeling van ateliers in categorieën wordt gebaseerd op het Besluit van de Vlaamse regering van 27 februari 1992 houdende vaststelling van de regels die de behoefte aan nieuwbouw of uitbreiding bepalen en van de fysische en financiële normen voor de schoolgebouwen, internaten en psychomedisch-sociale centra en is niet limitatief. Ingeval deze lijst uitgebreid wordt, zullen ook de nieuwe categorieën in deze lijst opgenomen moeten worden.

| Categorie 1 geen extra ventilatie nodig | Categorie 2 extra 15 m³/m².h | Categorie 3 extra 15 m³/m².h (20% extr., 80% WTW) |
|--|---|--|
| Fotografie | Decoratieve technieken | Auto |
| Grafische technieken | Glastechnieken | Hulpautomechanieker |
| Handel | Muziekinstrumentenbouwer | Hout |
| Koeling & verwarming | Plaatslager | Mechanica |
| Land- en tuinbouw | Loodgieter | Werkplaatsschrijnwerker |
| Lichaamsverzorging | Zeef- en hulpdrukker | Aluminium en kunststofschrijnwerker |
| Maritieme technieken | Schoenhersteller | Hoeklasser |
| Elektriciteit | | |
| Optiek | | |
| Orthopedie | | |
| Personenzorg | | |
| Tandtechniek | | |
| Textiel | | |
| Toerisme | | |
| Beeldende kunsten | | |
| Podiumkunsten | | |
| Boekbinder | | |
| Winkelhulp | | |
| Receptie & magazijn medewerker | | |
| Interieurbouwer | | |
| Meubelstoffeerder | | |
| Confectiestikker | | |
| Kappersmedewerker | | |
| Verzorging | | |
| Hulpwever | | |

Ook voor de warme keukens wordt een extra defaultwaarde van 80 m³/m².h voorzien voor de bijkomende afzuiging via dampkappen gebaseerd op DIN V 18599-10:2007-02. In het geval van de leskeukens wordt verondersteld dat de kookactiviteit 30% van de gebruikstijd omvat. In het geval van de keukens bij de refter bedraagt dit 50%.

Tenslotte worden ook de bijkomende ongecontroleerde ventilatieverliezen ten gevolge van het openen van de buitendeuren geëvalueerd. Aan de hand van de resultaten van uitgebreide metingen op de Duitse passiefschool Frankfurt Riedberg⁴ blijkt dat de invloed van in- en uitgang niet te verwaarlozen is. Voorlopig worden deze bijkomende verliezen echter in geen van de bestaande berekeningsmethode in binnen- of buitenland opgenomen. In navolging worden ook in dit rapport de extra ventilatieverliezen buiten beschouwing gelaten.

⁴ **Passivhausschule Frankfurt Riedberg** Messtechnische Untersuchung und Analyse p.151 ev.– W.Feist - 2007

2.7 Gebruiksprofielen

Om de exacte ventilatiedebieten en de reële warmtewinsten (personen, branduren verlichting) te kunnen bepalen worden ook voor scholen typische gebruiksaanwezigheidsprofielen vastgelegd.

- EPB (bijlage II)

In EPB wordt er voor de koel- en warmteberekening door ventilatie gerekend met een conventionele tijdsfractie gerekend zoals hieronder in de tabel aangegeven.

Tabel 4 Fractie van de tijd dat er bij conventie geventileerd wordt

| Bestemming | $f_{\text{vent,heat},j}$ | $f_{\text{vent,cool},j}$ | | |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | | natuur- lijke venti- latie | mechanische ventilatie | |
| | | | met automatische nachtwerking | zonder automatische nachtwerking |
| Kantoorbestemming | 0.3 | 1.0 | 1.0 | 0.3 |
| Schoolbestemming | | | | |

De tijdsfractie is een conventionele projectonafhankelijke waarde die onafhankelijk van de typologie van de installatie bepaald is en overeenkomt met +/- 50 uren/week.

Tabel 5 Interne warmtewinsten ingevolge apparatuur en de reële bezettingsfractie in functie van de bestemming

| Bestemming | Interne warmtelast van apparatuur $Q_{i,app}$ (W/m ²) | Reële bezettings- fractie f_{real} (-) |
|-------------------|--|--|
| Kantoorbestemming | | |
| Schoolbestemming | 3 | 0.30 |

Voor de bepaling van de maandelijkse interne warmteproductie door personen wordt het gerekend met een vaste bezetting van $f_{\text{real,seci}} \times f_{\text{pres,seci}} \times 8760\text{h} = 0.3 \times 0.3 \times 8760 = \mathbf{788.4\ h}$

Voor de gebruiksduur van de verlichting gelden voor gebouwen met een schoolbestemming $t_{\text{day}} = \mathbf{2200\text{h}}$ en $t_{\text{nacht}} = \mathbf{150\text{h}}$, of een totaal aantal werkingsuren van $\mathbf{2350\text{h/jaar}}$.

- PHPP & Duitsland – DIN V 18599-10:2007-02

In geval de interne warmtewinsten worden berekend als het totaal van de warmteproductie door personen, apparatuur en verlichting in de gebruiksfase, dan wordt het gebruiksprofiel aangegeven in het tabblad Gebruik-NiWo conform Duitsland – DIN V 18599–10:2007-02

| Bestemming | Dagelijkse gebruikstijd (personen) | Dagelijkse gebruikstijd (apparatuur) | Jaarlijks aantal gebruiksdagen | Reductiefactor voor verlichting ifv gebruikstijd |
|--|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| | h/d | h/d | d/a | F_t |
| Kantoorfunctie | | | | |
| - éénmans | 6 | 6 | | 0.7 |
| - landschapskantoor (>7 pers) | 6 | 6 | 250 | 1 |
| - groepskantoor (2-7 pers) | 6 | 6 | | 0.7 |
| Sportfunctie | 10 | 0 | 300 | 1 |
| Onderwijsfunctie | | | | |
| - klaslokaal | 5 | 5 | 200 | 0.9 |
| - auditoria | 6 | 6 | 150 | 0.7 |
| Kantine | 3 | 5 | 250 | 1 |
| Toiletten/sanitair in niet-residentiële gebouwen | - | - | 250 | 1 |

Het is mogelijk om eigen vlaamse profielen aan te maken in de rekensoftware PHPP.

- EPIcool

| Referentiegebouw | Bezettingsfilosofie |
|------------------|--|
| School | Tijdens de lesuren is er een constante bezetting, tijdens de middagpauze verlaten leerlingen en leerkrachten de school (geen refter inbegrepen in de definitie van het gebouw). Tijdens de korte pauzes in voor- en namiddag wordt een verminderde bezetting waargenomen in de klassen. Tijdens de lesuren wordt de bezetting van gang en sanitair op nul gezet, tijdens de pauzes worden er wel interne winsten gerekend. Op zaterdag wordt het gebouw in de voormiddag gebruikt aan (bezetting 50% van weekdag). Op zondag staat het gebouw leeg. |

Bezetting per zone – continue bezetting (WEEKDAG)

| | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| klaslokaal | 1 | 1 | 0.75 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.75 | 1 |
| circulatie | 0 | 0 | 0.25 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.25 | 0 |
| tech + san | 0 | 0 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.75 | 0 |

Bezetting per zone – continue bezetting (ZATERDAG)

| | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| klaslokaal | 0.5 | 0.5 | 0.25 | 0.50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| circulatie | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| tech + san | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Bezetting per zone – continue bezetting (ZON-, FEEST- EN VAKANTIEDAGEN)

| | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| klaslokaal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| circulatie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| tech + san | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Voor zones met functies circulatie, technische ruimte en sanitair wordt nooit interne winst door personen meegeteld, dit in analogie met de EPB-aanname. Wel zal er interne winst zijn door verlichting en eventueel apparatuur.

| Dagtype | Aantal dagen/jaar | Aantal bezettingsuren per zone | | |
|-----------------|-------------------|--------------------------------|------------|----------------|
| | | Klaslokaal | Circulatie | Techn+sanitair |
| Weekdag | 178 | 1335 | 178 | 267 |
| Zaterdag | 51 | 89.25 | 25.5 | 25.5 |
| zon/vakantiedag | 136 | 0 | 0 | 0 |

In geval geen aanwezigheidsdetectie, wordt voor de berekening van de interne warmtewinsten ingevolge verlichting het aantal branduren gelijkgesteld aan 100% van het aantal aanwezigheidsuren.

- **Nederland - NEN 2916**

Voor de koel- en warmteberekening door ventilatie wordt in NEN 2916 gerekend met een conventionele tijdsfractie zoals hieronder in de tabel aangegeven. Diezelfde tijdsfractie wordt ook toegepast op de interne warmtewinsten door personen.

| Gebruiksfunctie | Fractie van de tijd fv dat ventilatie in bedrijf is |
|--------------------|---|
| Onderwijsfunctie | 0.30 |
| Bijeenkomstfunctie | |
| Kantoorfunctie | |
| Sportfunctie | |

Voor de berekening van de interne warmteproductie ingevolge apparatuur wordt in NEN 2916 gerekend met een conventionele tijdsfractie zoals hieronder in de tabel aangegeven.

| Gebruiksfunctie | Fractie van de tijd |
|--------------------|---------------------|
| Onderwijsfunctie | 0.15 |
| Bijeenkomstfunctie | 0.20 |
| Kantoorfunctie | 0.20 |
| Sportfunctie | 0.25 |

Voor de gebruiksduur van de verlichting gelden voor utilitaire gebouwen de volgende waarden:

| Gebruiksfunctie | Aantal branduren per jaar | |
|-----------------|---------------------------|-------------|
| | Dag | Avond/nacht |
| Kantoor | 2200 | 300 |
| Onderwijs | 1600 | 300 |
| Sport | 2200 | 300 |

Probleemstelling:

In het project EPIcool werd een gebruiksprofiel ontwikkeld voor week-, zater- en zondagen in scholen. Er werd geen onderscheid gemaakt voor de verschillende types scholen: basis- of secundaire school en geen rekening gehouden met halfdagse schoolactiviteit op woensdag.

Conclusie:

De gebruiksprofielen worden analoog opgesteld aan de profielen die opgemaakt werden in het kader van het EPIcool-project. Naast de zomersituatie wordt de focus echter ook op de wintersituatie gelegd.

Uitgangspunten:

- buitenschoolse activiteiten worden buiten beschouwing gelaten: zaterdag, zondag en woensdagnamiddag wordt de school niet gebruikt.
- Ondanks het veel voorkomende principe van 'Brede scholen' wordt hiermee geen rekening gehouden bij het opstellen van het gebruiksprofiel. Hoewel brede scholen een belangrijk en niet te verwaarlozen aspect van het duurzaam bouwen vormen, wordt het voor certificatie buiten beschouwing gelaten om de objectiviteit van de beoordeling van het gebouw te behouden.
- lessen van 50 min
- onderscheid tussen gebruiksprofielen voor basis- en secundair onderwijs
- gebruik leslokalen aangepast aan het aantal lessen praktijk en lichamelijke opvoeding (tijdsaanwezigheidsprofiel);
- continue bezetting van de praktijklokalen met uitzondering van de speelpauzes en middagpauze
- continue bezetting van de kantoorruimtes met uitzondering van de middagpauze
- verminderde bezetting tijdens de speelpauze, verschuiving van de bezetting naar refter & leraarskamer tijdens middagpauze, 25 % van de studenten en leerkrachten verlaat de school tijdens deze pauze
- verwacht absenteïsme 5% (bezettingsfactoren)

Een deel van de lessen wordt gegeven in praktijklokalen (labo's, sporthal of turnzaal, PC-lokaal, ateliers) waardoor de gewone leslokalen niet altijd bezet zijn. In het geval van basisonderwijs worden enkel de lessen lichamelijke opvoeding in mindering gebracht. Uitgaande van 2u lichamelijke opvoeding per week (= +/- 5%) komt dit op een totaal gebruik van de leslokalen van 95%.

In geval van secundair onderwijs worden een bijkomend onderscheid gemaakt tussen ASO, TSO/KSO en BSO. Aangezien het aantal praktijklessen respectievelijk toeneemt, zorgt dit immers voor lagere gebruikspercentages van de gewone klaslokalen. In het geval van (deeltijds) BSO ligt het aantal praktijken zelfs zo hoog dat de gewone klaslokalen slechts +/- 50% van de tijd gebruikt worden. Daarom wordt het aantal klaslokalen beperkt en de beschikbare ruimte voor algemene vakken dient dan door meerdere klasgroepen gebruikt te worden. Overeenkomstig de fysische en financiële norm

stellen dat voor het beroepssecundair onderwijs de klassen dus opnieuw frequenter gebruikt worden wat leidt tot een verhoging van de bezetting.

Op basis van het typejaar 2001 en na het in rekening brengen van de vakantiedagen (kerst-,krokus-, paas-, herfst- en grote vakantie) komen we tot volgend voorlopig overzicht:

| | Weekend | vakantiedagen | Woensdag | weekdagen (excl.woe) |
|------------------|----------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|
| januari | 8 | 5 | 4 | 14 |
| februari | 8 | 3 | 3 | 14 |
| maart | 9 | 2 | 4 | 16 |
| april | 9 | 12 | 2 | 7 |
| mei | 8 | 3 | 5 | 15 |
| juni | 9 | 1 | 4 | 16 |
| juli | | 31 | 0 | 0 |
| augustus | | 31 | 0 | 0 |
| september | 10 | 0 | 4 | 16 |
| oktober | 8 | 3 | 4 | 16 |
| november | 8 | 2 | 4 | 16 |
| december | 10 | 6 | 3 | 12 |

Gebruiksuren:

- basisonderwijs : 8u20-15u45
- secundair onderwijs: ASO 8u20-15u45
TSO, KSO en BSO 8u20-16u40

De gebruiksprofielen voor basisonderwijs, ASO, TSO en BSO voor alle bestemmingen zijn toegevoegd in bijlage.

Ter illustratie wordt het gebruiksprofiel (reguliere weekdag) opgesteld voor de verschillende lokalen in een basisschool .

De combinatie van beide tabellen levert het gebruiksprofiel op.

| | 7:00-8:00 | 8:00-8:15 | 8:15-9:05 | 9:05-9:55 | 9:55-10:10 | 10:10-11:00 | 11:00-11:50 | 11:50-12:50 | 12:50-13:40 | 13:40-14:30 | 14:30-14:45 | 14:45-15:35 | 15:35-16:25 | 16:25-16:40 | 16:40-17:35 | 17:35-7:00 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| klaslokaal | 0 | 0 | 0.90 | 0.90 | 0.05 | 0.90 | 0.90 | 0 | 0.90 | 0.90 | 0.05 | 0.90 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| refter | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| leraarskamer | 0 | 0.71 | 0 | 0 | 0.95 | 0 | 0 | 0.95 | 0 | 0 | 0.95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| keuken bij refter | 0 | 0 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| turnzaal, sporthal, | 0 | 0 | 0.95 | 0.95 | 0 | 0.95 | 0.95 | 0 | 0.95 | 0.95 | 0 | 0.95 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| circulatie | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sanitair | | | | | | | | | | | | | | | | |
| speelhal | 0 | 0.24 | 0 | 0 | 0.24 | 0 | 0 | 0.24 | 0 | 0 | 0.24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| kantoor | 0 | 0 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0 | 0 |

2.8 Regeling ventilatiesysteem

De regeling van het ventilatiesysteem zal voor de berekening van de ventilatieverliezen als volgt worden in gerekend:

- aan-uit sturing/kloksturing: ventilatie gedurende de volledige gebruiksduur van 's ochtends 8u20 tot 's avonds (na de studie)
- aanwezigheidsdetectie: ventilatie verloopt volgens het aanwezigheidsprofiel
- CO₂-sturing: ventilatie verloopt volgens het gebruiksprofiel (reductie bezetting door verwachte absentie)

2.9 Interne warmtewinsten

De beschouwde interne warmtebronnen zijn personen, verlichting en apparatuur.

2.9.1 Interne warmtewinsten: personen

- EPB

De warmteproductie per persoon in EPB is **100 W/pers.**

Om de totale interne warmtewinst door personen te bepalen wordt de warmteproductie vermenigvuldigd met de ontwerpbezetting zoals aangegeven in paragraaf 2.5 en met het gebruiksprofiel zoals aangegeven 2.6.

- PHPP

| Warmteafgifte personen bij verschillende activiteiten (voelbare warmte) | W/pers |
|---|--------|
| ≤ 10 j., zittend | 60 |
| > 10 j., zittend | 80 |
| >10 j., staand, lichte arbeid | 100 |

PHP stelt voor om de activiteiten ook verder te verfijnen naar sportgebruik op basis van de Energy Manual:

| Warmteafgifte personen bij verschillende activiteiten (voelbare warmte) | W/pers |
|---|--------|
| ≤ 12 j., lichte sport | 70 |
| > 12 j., lichte sport (0.9 met) | 95 |
| ≤ 12 j., medium sport | 120 |
| > 12 j., medium sport (1.6 met) | 165 |
| ≤12 j., intensieve sport | 200 |
| > 12 j., intensieve sport (2.7 met) | 280 |

- Outputspecificaties DBFM scholenbouw

| Personen | |
|------------------------------------|--|
| Klassen en administratieve lokalen | 75 W |
| Labo's | 85 W |
| Werkplaatsen | > 105 W zo nodig aan te passen i.f.v. de activiteit |

- **EPIcool**

Er is een opsplitsing tussen de voelbare en latente interne winst, enkel de voelbare winst wordt ingerekend.

| Functie | clo _{min} | clo _{max} | met |
|------------------|--------------------|--------------------|-----|
| Onderwijsfunctie | 0.5 | 0.8 | 0.8 |

$$\dot{Q}_{voelbaar} = 0,0014 \cdot M \cdot (34 - \theta_a) + 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} ((\theta_{cl} + 273)^4 - (\theta_r + 273)^4) + f_{cl} h_c (\theta_{cl} - \theta_a)$$

$$Q_{latent} = 3,05 \cdot 10^{-3} (5733 - 6,99M - p_v) - 0,42(M - 58,15) + 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_v)$$

Deze berekening is gebaseerd op ISO 7730:2005 vergelijking (1), waar ook de hulpvariabelen zijn gedefinieerd.

| Personen | |
|--|-------------------------------|
| 1 persoon | 1.8 m ² |
| Metabolisme | 0.8 met/pers |
| | 1 met = 58.2 W/m ² |
| aandeel voelbaar (vereenvoudigde aanname) | 65 % |

- **Nederland - NEN 2916**

De warmteproductie van personen is in de berekening 24h per dag, 30 ½ dagen per maand aanwezig. De getalwaarden zijn gebaseerd op de aannamen in onderstaande tabel voor de oppervlakte per persoon en fracties van de tijd dat de desbetreffende persoon aanwezig is. Deze warmtewinsten worden voor de verwarmings- en koelingsberekening vermenigvuldigd met de tijdsfractie f_v , waarbinnen de ventilatie in bedrijf is.

| Bezettingsgraadklasse | m ² per persoon (rekenwaarde voor het jaargemiddelde gebruiksoppervlak) | Gelijktijdigheid | Q _{i,pers} [W/m ²] |
|-----------------------|---|------------------|---|
| B1 | 1.2 | 0.18 | 15 |
| B2 | 3.0 | 0.30 | 10 |
| B3 | 7.5 | 0.38 | 5 |
| B4 | 18 | 0.54 | 3 |
| B5 | 45 | 0.45 | 1 |

- **Duitsland – DIN V 18599**

In tabel 4 van de norm DIN V 18599-2 geeft men voor iedere zonetype een standaardwaarde voor de interne winsten van personen

| | Warmte-productie [W/pers] | Laag [W/m²] | Medium [W/m²] | Hoog [W/m²] |
|---|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Klaslokalen | 60 | 17 | 20 | 24 |
| Auditoria | 70 | 59 | 70 | 88 |
| Kantoor | | | | |
| - éénmanskantoor | 70 | 4 | 5 | 7 |
| - landschapskantoor | 70 | 6 | 7 | 9 |
| - gemeenschappelijk bureau | 70 | 4 | 5 | 7 |
| Kantine | 70 | 50 | 59 | 88 |
| Sporthal | 125 | 4 | 6 | 13 |
| Workshop, manufacturing, assembly (atelier) | 70 | 3 | 4 | 6 |

Conclusie:

Voor de bepaling van de interne winsten als gevolg van de aanwezige personen baseren we ons op de richtwaarden zoals opgegeven in PHPP.

Gemiddelde richtwaarde tijdens de gebruiksuren voor de interne winsten ingevolge personen:

| Bestemming | IWW |
|--|--|
| Leslokalen, refter | ≤ 12j, zittend : 60W/pers > 12j, zittend: 80W/pers |
| PC-lokaal, labo, leraarskamer, kantoor, open leercentrum | 80 W/pers |
| Atelier, leskeuken, keuken bij refter (+/- 1.8 met) | 100 W/pers |
| Speelhal (+/- 1.8 met) | ≤ 12 j., medium sport: 80 W/pers > 12 j., medium sport: 100 W/pers |
| Sporthal, turnzaal (+/- 2 met) | ≤ 12 j., medium sport: 160 W/pers > 12 j., medium sport: 210 W/pers |

2.9.2 Interne warmtewinsten: apparatuur

- **EPB**

De gemiddelde forfaitaire specifieke interne warmteproductie ingevolge apparatuur in EPB is **3 W/m²**. Om de totale maandelijkse interne warmtewinst ingevolge apparatuur te bepalen, wordt de forfaitaire waarde vermenigvuldigd met de gebruiksoppervlakte en het aantal uren in die maand.

- PHPP

| Toestel | Warmteafgifte [W] |
|-----------------|-------------------|
| Computer | 80 |
| Kopieerapparaat | 400 |
| Server | 100 |
| Monitor | 28 |
| Telefoonsysteem | 94 |

- Outputspecificaties DBFM scholenbouw

| Toestel | Warmteafgifte [W] |
|----------|-------------------|
| Computer | 125 |

- EPIcool

| | | | | |
|-------------------|-----------------|-------|------------|------------|
| lobby | geen apparatuur | | | |
| cafeteria | geen apparatuur | | | |
| technische ruimte | geen apparatuur | | | |
| sanitaire zone | geen apparatuur | | | |
| circulatie | geen apparatuur | | | |
| vergaderzaal | Laptop | 45 W | 1/user | 50% actief |
| | Beamer | 210 W | 1/10 users | 50% actief |

De aanwezigheid van elektrische apparatuur wordt in onderwijsgebouwen enkel bekeken voor informaticaleslokalen.

| Toestel | Warmteafgifte [W] |
|--|-------------------|
| PC actief (80% van de bezettingstijd) | 125 |
| PC standby (20% van de bezettingstijd) | 30 |
| Laserprinter (80% standby) | 20 |
| Laserprinter actief (5% van de bezettingstijd) | 225 |

- Nederland - NEN 2916

De interne warmteproductie van apparatuur wordt bepaald op basis van de warmteproductie apparatuur tijdens werktijd en een fractie van de tijd waarbij de warmteproductie [W/m²] van apparatuur in de berekening 24 uur per dag, 30½ dagen per maand aanwezig is.

| Gebruiksfunctie | Warmteproductie tijdens werktijd $q_{i,app,werktijd}$ [W/m ²] | Fractie van de tijd f_{app} | Gemiddeld $q_{i,app}$ [W/m ²] |
|--------------------|---|-------------------------------|---|
| onderwijsfunctie | 5 | 0.15 | 1 |
| bijeenkomstfunctie | 5 | 0.20 | 1 |
| kantoorfunctie | 15 | 0.20 | 3 |
| sportfunctie | 4 | 0.25 | 1 |

- **Duitsland – DIN V 18599 EnEV**

In tabel 4 van de norm DIN V 18599-2 geeft men voor iedere zonetype een gemiddelde standaardwaarde tijdens de gebruiksuren voor de interne winsten ingevolge apparatuur:

| | Laag [W/m ²] | Medium [W/m ²] | Hoog [W/m ²] |
|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Klaslokalen | 2 | 4 | 6 |
| Auditoria | 2 | 4 | 6 |
| Kantoor | | | |
| - éénmanskantoor | 3 | 7 | 15 |
| - landschapskantoor | 4 | 10 | 19 |
| - gemeenschappelijk bureau | 3 | 7 | 15 |
| Cafeteria | 1 | 2 | 3 |
| Sporthal | 0 | 0 | 0 |
| Bibliotheek, open leercentrum | 0 | 0 | 0 |
| Keuken in niet-residentiëel gebouw | 200 | 300 | 400 |
| Workshop, assembly, manufacturing (ateliers) | 25 | 35 | 45 |

Voor de refter hanteert men een **ander gebruiksprofiel** voor de apparatuur als voor de personen. Voor de berekening van de interne warmtewinsten door personen wordt gerekend met 3 uren/dag terwijl voor de apparatuur een waarde van 5 uur/dag gebruikt wordt.

Conclusie:

Voor de bepaling van de interne winsten als gevolg van de aanwezige apparatuur, baseren we ons vooral op de standaardwaarden zoals opgegeven in de DIN V 18599 en de waarden zoals gebruikt in EPIcool. Gemiddelde standaardwaarde tijdens de gebruiksuren voor de interne winsten ingevolge apparatuur:

| Bestemming | IWW [W/m ²] |
|--|--|
| Leslokalen, labo, open leercentrum, refter | 1 |
| PC-lokaal | 30 |
| Leraarskamer | 2.5 |
| Kantoor | 10 |
| Atelier | ifv activiteit verschil tussen energiebehoefte voor koeling of verwarming |
| Sporthal, turnzaal, speelhal | 0 |
| Leskeukens, warme keuken bij refter | 80 |
| Koude leskeuken, koude keuken bij refter | 10 |

Voor het PC-lokaal wordt uitgegaan van 1 computer (60% van de bezettingstijd actief, 40% van de tijd standby) per leerling :

| Computer [W/pers] | Bezetting [m ² /pers] | IWW _{tot} [W/m ²] | |
|-------------------|----------------------------------|--|---------------------------|
| | | IWW _{PC's} | IWW _{klaslokaal} |
| 84 | 3 | 29 | 1 |

Omwillen van de grote diversiteit van de installaties in ateliers en de onduidelijkheid over het exacte gebruik, wordt een onderscheid gemaakt tussen de interne warmtewinsten voor de berekening van de energiebehoefte voor verwarming en voor de berekening van de koelbehoefte.

Bij de berekening van de energiebehoefte voor verwarming worden geen bijkomende winsten verondersteld. De interne warmtewinsten voor ateliers worden hierbij gelijk gesteld aan de winsten van klaslokalen. Voor de zomersituatie daarentegen, wordt voor bepaling van de interne warmtewinsten ingevolge apparatuur, analoog aan de bepaling van de ventilatiedebieten, geopteerd voor een defaultwaarde die functie is van de activiteit. De activiteiten worden opgedeeld in 2 categorieën zoals in onderstaande tabel aangegeven wordt. In categorie 1 staan activiteiten die geen extra apparatuur ten opzichte van een gewoon klaslokaal vereisen. De warmtewinsten worden bijgevolg gelijkgesteld aan die van de klaslokalen. Categorie 2 omvat die activiteiten waarvoor een defaultwaarde voor bijkomende apparatuur voorzien wordt van 25 W/m² gebaseerd op DIN V 18599-10:2007-02. De indeling van ateliers in categorieën wordt gebaseerd op het Besluit van de Vlaamse regering van 27 februari 1992 houdende vaststelling van de regels die de behoefte aan nieuwbouw of uitbreiding bepalen en van de fysische en financiële normen voor de schoolgebouwen, internaten en psycho-medisch-sociale centra en is niet limitatief. Ingeval deze lijst uitgebreid wordt, zullen ook de nieuwe categorieën in deze lijst opgenomen moeten worden.

| Categorie 1: idem klaslokaal | Categorie 2: 25 W/m ² |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Fotografie | Decoratieve technieken |
| Grafische technieken (PC-lokaal) | Glastechnieken |
| Handel | Muziekinstrumentenbouwer |
| Koeling & verwarming | Plaatslager |
| Land- en tuinbouw | Loodgieter |
| Lichaamsverzorging | Zeef- en hulpdrukker |
| Maritieme technieken | Schoenhersteller |
| Elektriciteit | Lichaamsverzorging |
| Optiek | Auto |
| Orthopedie | Hulpautomecaniker |
| Personenzorg | Hout |
| Tandtechniek | Mechanica |
| Textiel | Werkplaatsschrijnwerker |
| Toerisme | Aluminium en kunststofschrjnwerker |
| Beeldende kunsten | Hoeklasser |
| Podiumkunsten | |
| Boekbinder | |
| Winkelhulp | |
| Receptie & magazijn medewerker | |
| Interieurbouwer | |
| Meubelstoffeerder | |
| Confectiestikker | |
| Kappersmedewerker | |
| Verzorging | |
| Hulpwever | |

2.9.3 Interne warmtewinsten: verlichting

- EPB

De forfaitaire waarde van het specifiek vermogen voor verlichting in EPB bedraagt **0.020 kW/m²**. Om de totale jaarlijkse interne warmtewinst ingevolge verlichting te bepalen, wordt de forfaitaire waarde vermenigvuldigd met de gebruiksoppervlakte en het jaarlijks aantal gebruiksuren overdag en 's nachts.

- Outputspecificaties DBFM scholenbouw

Er moet gekozen worden voor energiezuinige verlichting: max. 5 à 6 W/m²/100 lux - streefwaarde 2.5 W/m²/100 lux.

De praktijkverlichtingssterkte (luxwaarde na veroudering) moet als volgt zijn:

| | |
|---|--|
| klas- en leslokalen, studiezaal | 300 lux |
| bordzone | 500 lux |
| klas- en leslokalen gebruikt in avonduren | 500 lux |
| tekenlokaal / lokale handvaardigheid | 700 lux |
| administratieve lokalen en kantoren | 300 lux opstelling beeldschermen |
| bibliotheek / mediatheek / open studielandschap | 300 lux + eventueel bijzondere voorzieningen |
| informaticalokaal, talenpracticum | 300 lux opstelling beeldschermen |
| laboratoria | 500 lux |
| speelzaal / polyvalente zaal / turnzaal / sportzaal | 300 lux armaturen schokbestendig |
| refter | 200 lux |
| keuken | 400 lux + specifieke verlichting |
| bergingen en archiefruimtes | 200 lux |
| circulatieruimtes | 100 lux |
| inkomhal | 200 lux |
| werkplaatsen, praktijklokalen, ateliers | 300 lux + specifieke verlichting, opletten voor stroboscopisch effect |
| sanitaire ruimtes | 200 lux |

- Nederland - NEN 2916

In NEN 2916 worden de forfaitaire, specifieke geïnstalleerde vermogens voor verlichting voor de diverse gebruiksfuncties als volgt bepaald (dit zijn 'veilige' waarden):

| Gebruiksfunctie van een (gedeelte van een) gebouw | Vermogen [W/m ²] | Specifiek elektriciteitsverbruik voor verlichting e _{vl} [kWh/m ²] |
|---|------------------------------|---|
| Onderwijsfunctie | 15 | 30 |
| Bijeenkomstfunctie | 17 | 40 |
| Kantoorfunctie | | |
| Sportfunctie | | |

Dit zijn jaarwaarden voor totaal energieverbruik. Ze worden door twaalf gedeeld voor de maandgebaseerde verwarming- en koelberekening.

Net als bij EPB, wordt bij deze forfaitaire methode een reductiefactor 0.3 toegepast. Wanneer tenminste 70% van de verlichtingsarmaturen in de betreffende energiesector, gewogen naar het vermogen, worden afgezogen wordt een reductiefactor 0.5 gebruikt. In de overige gevallen - bijvoorbeeld wanneer de het energieverbruik aan de hand van het werkelijk geïnstalleerd vermogen gebeurt- wordt geen reductiefactor toegepast.

- **PHPP – DIN V 18599**

Voor de bouw van passieve constructies wordt het gebruik van efficiënte verlichtingssystemen met efficiënte lampen met een max. verbruik van 2 W/(m².100 lux) voorgeschreven.

| Gebruiksfunctie | Verlichtingssterkte [lux] |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| Klaslokalen | 300 |
| Auditoria | 500 |
| Kantoor | |
| éénmanskantoor | 500 |
| landschapskantoor | 500 |
| gemeenschappelijk bureau | 500 |
| Kantine | 200 |
| Sporthal | 300 |
| Leskeukens (keuken niet-residentieel) | 500 |
| Sanitair, WC | 200 |
| Atelier | 500 |
| Circulatieruimtes | 100 |

Conclusie:

Voor de bepaling van het energiekennetal voor verwarming en koeling worden volgende verlichtingssterktes voor de verschillende bestemmingen vastgelegd:

| Bestemming | Verlichtingssterkte [lux] |
|--|----------------------------------|
| Klaslokalen, PC-lokaal, open leercentrum | 300 |
| Laboratorium, atelier, leskeuken, koude keuken, warme en koude keuken bij refter | 500 |
| Kantoor, leraarskamer | 500 |
| Refter | 300 |
| Sporthal, turnzaal, speelhal | 300 |
| Sanitair | 200 |
| Circulatieruimte | 100 |

Voor de circulatieruimtes en de sanitaire ruimtes wordt verlichting tijdens pauzes en tijdens de middag voorzien. In de berging wordt geen verlichting voorzien.

De regeling van de verlichting zal voor de berekening van de interne warmtewinsten als volgt worden in gerekend:

- geen sturing: er wordt veronderstelt dat men de lichten vergeet te doven met een waarschijnlijkheid van 5% bij het verlaten van de lokalen
- kloksturing: verlichting brandt gedurende de volledige gebruiksduur
- aanwezigheidsdetectie: ventilatie verloopt volgens het gebruiksprofiel (excl.pauzes)

De mogelijkheid om daglichtsturing van de verlichting te beoordelen, bestaat momenteel nog niet in de rekenbladen. De ontwerpteams zullen de werkelijk geïnstalleerde verlichtingssterkte (lux) moeten ingeven, met een minimum zoals aangegeven in bovenstaande tabel (NBN EN 12464-1).

2.9.4 Interne warmtewinsten: algemeen

- EPB

In geval van de bepaling van het energieverbruik voor **verwarming**, wordt in EPU voor de interne warmteproductie slechts 80% van de totale warmteproductie van de aanwezige personen, apparatuur en verlichting ingerekend.

- PHPP

Voor de berekening van de energievraag voor verwarming en koeling kan in PHPP2007 ook met de forfaitaire waarde 2.8 W/m² gerekend worden, te verrekenen over respectievelijk koel- en stookseizoen.

- NBN EN ISO 13790:2008

Voor gebouwen die 5 dagen per week gedurende +/- 10uur per dag in gebruik zijn, gelden de volgende forfaitaire waarden voor de interne warmtewinsten bij de berekening van het energieverbruik voor **verwarming**.

| | Kantoren (60% van de vloeroppervlakte) | Andere, gangen en hallen (40% van de vloeroppervlakte) |
|------------|--|--|
| Dag | 20 W/m ² | 8 W/m ² |
| Nacht | 2 W/m ² | 1 W/m ² |
| Weekend | 2 W/m ² | 1 W/m ² |
| Gemiddelde | 7.4 W/m ² | 3.1 W/m ² |

- Nederland - NEN 2916

Idem als bij EPB (zie voorgaande)

Probleemstelling:

De interne winsten hebben een enorme invloed op het resultaat van de energieberekeningen voor verwarming en koeling. Het is dan ook noodzakelijk dat deze realistisch en zo correct mogelijk ingeschat worden.

2.10 Omzettingsfactoren van eind naar primair energieverbruik

Deze factoren zijn enkel belangrijk bij de bepaling van het E-peil.

- EPB

Elk van de deeltermen van het eindenergieverbruik wordt vermenigvuldigd met een omrekenfactor naar primaire energie, afhankelijk van de betreffende energiedrager.

Art. 11. Voor de bepaling van het E-peil gelden volgende conversiefactoren naar primaire energie (f_p)

1° fossiele brandstoffen: $f_p = 1$

2° elektriciteit: $f_p = 2.5$

3° d.m.v. warmtekrachtkoppeling zelfopgewekte elektriciteit: $f_p = 1.8$

4° biomassa: $f_p = 1$

- PHPP

Primaire energiefactoren

| Energievorm | | Energiedrager | PE (niet-regeneratief) kWh _{Prim} /kWh _{Final} |
|------------------|----|-----------------------|---|
| | 1 | Geen | |
| Brandstof | 2 | Stookolie | 1.1 |
| | 3 | Aardgas | 1.1 |
| | 4 | LPG | 1.1 |
| | 5 | Steenkool | 1.1 |
| | 6 | Hout | 0.2 |
| Elektriciteit | 7 | Elektriciteit-Mix | 2.7 |
| | 8 | Elektriciteit met PV | 0.7 |
| | | | |
| | 1 | Geen | 0 |
| Afstandswarmte | 2 | Steenkool CGS 70% PHC | 0.8 |
| | 3 | Steenkool CGS 35% PHC | 1.1 |
| | 4 | Steenkool HS 0% PHC | 1.5 |
| | 5 | Gas CGS 70% PHC | 0.7 |
| Gas CGS | 6 | Gas CGS 35% PHC | 1.1 |
| | 7 | Gas HS 0% PHC | 1.5 |
| | 8 | Stookolie CGS 70% PHC | 0.8 |
| Stookolie-EL CGS | 9 | Stookolie CGS 35% PHC | 1.1 |
| | 10 | Stookolie HS 0% PHC | 1.5 |

3 Beoordeling Zomercomfort

3.1 Specifieke problematiek van scholen en thermisch zomercomfort

Het zomercomfort in gebouwen volgens de passiefhuisstandaard dient steeds gecontroleerd te worden. De hoge isolatiegraad en luchtdichtheid, gecombineerd met een oriëntatie om optimaal van de zonnewinsten gebruik te maken, zorgen ervoor dat er in de zomer, maar ook in het tussenseizoen een groot risico op oververhitting bestaat.

Passiefscholen verdienen hierbij extra aandacht, door het specifieke gebruiksprofiel, de typologie en de gebouweigenschappen. Scholen hebben typisch een hoog glaspercentage in de gevels om het daglicht maximaal te kunnen benutten. Daarnaast kennen scholen typisch een hoge bezettingsgraad. Beide kenmerken resulteren in een vrij hoge warmtebelasting met implicaties op het risico op oververhitting en de koelvraag in het tussenseizoen en de zomer.

3.2 Normering en bestaande regelgeving betreffende de evaluatie van het thermische zomercomfort

- **NBN ISO EN 7730:2005 & NBN EN 15251**

De beoordeling van thermisch comfort wordt gebaseerd op NBN ISO EN 7730:2005. 'Ergonomie van de thermische omgeving – Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekening van de PMV- en PPD-waarden en door criteria voor de plaatselijke thermische behaaglijkheid'.

De beoordeling van de comfortklasse is gebaseerd op NBN EN 15251:2007 'Binnenmilieu gerelateerde inputparameters voor ontwerp en beoordeling van energiestaat van gebouwen voor de kwaliteit van binnenlucht, het thermisch comfort, de verlichting en de akoestiek'.

Eén van de methodes die NBN EN 15251 voorstelt om het thermisch comfort op lange termijn te evalueren, is de temperatuuroverschrijdingsmethode. In deze methode behoren gebouwen tot een bepaalde comfortklasse als de operatieve temperatuur over 95% van de gebruiksruidten niet meer dan 3 of 5% van de gebruikstijd de grenswaarden voor die klasse overschrijdt. Deze Europese norm vraagt voor onderwijsgebouwen minstens een comfortklasse II. Voor een klaslokaal betekent dit volgens onderstaande tabel een maximale operatieve temperatuur in de zomer van 26°C.

| Type of building/ space | Category | Operative temperature °C | |
|--|----------|--|--|
| | | Minimum for heating (winter season), ~ 1,0 clo | Maximum for cooling (summer season), ~ 0,5 clo |
| Residential buildings: living spaces (bed rooms, drawing room, kitchen etc) Sedentary ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 18,0 | 27,0 |
| Residential buildings: other spaces: storages, halls, etc) Standing-walking ~ 1,6 met | I | 18,0 | |
| | II | 16,0 | |
| | III | 14,0 | |
| Single office (cellular office) Sedentary ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 19,0 | 27,0 |
| Landscape office (open plan office) Sedentary ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 19,0 | 27,0 |
| Conference room Sedentary ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 19,0 | 27,0 |
| Auditorium Sedentary ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 19,0 | 27,0 |
| Cafeteria/Restaurant Sedentary ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 19,0 | 27,0 |
| Classroom Sedentary ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,0 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 19,0 | 27,0 |
| Kindergarten Standing/walking ~ 1,4 met | I | 19,0 | 24,5 |
| | II | 17,5 | 25,5 |
| | III | 16,5 | 26,0 |
| Department store Standing-walking ~ 1,6 met | I | 17,5 | 24,0 |
| | II | 16,0 | 25,0 |
| | III | 15,0 | 26,0 |

Ontwerpwaarden voor de operatieve temperatuur, tabel A.2 uit EN 15251.

- **EPB**

In de Vlaamse rekenmethode wordt er **enkel** voor woningen een indicatie gegeven van oververhittingsgevaar, d.m.v de oververhittingsindicator.

Deze indicator wordt berekend per energiesector, en geeft dus geen uitsluitel over mogelijke kameroververhitting. In de epb-rekenmethode wordt de indicator per maand berekend en gesommeerd op jaarbasis. Er wordt geen rekening gehouden met piekperiodes.

Er zijn geen specifieke eisen geformuleerd wat betreft beperking van het risico op oververhitting voor utiliteitsgebouwen.

$$I_{\text{overh,sec } i} = Q_{\text{excessnorm,sec } i,a} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\text{excessnorm,sec } i,m} \quad [\text{Kh}]$$

met:

| | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| EPB | laag tot matig risico | matig tot groot risico | Groot risico |
| Indicator $I_{\text{overh,sec } i}$ | 0 - 8000 | 8000 – 17500 | > 17500 Kh |

- **PHPP**

De maatstaf voor de evaluatie van het zomercomfort in PHPP is de temperatuur-overschrijdingsfrequentie of het aandeel van de boven een behaaglijkheidstemperatuurgrens. Deze maximale temperatuur wordt bij PHPP-berekeningen standaard gelijk genomen aan 25°C, de maximale overschrijdingsfrequentie wordt begrensd op 5%.

Het is een quasi stationaire berekening. Er wordt gerekend met maandgemiddelde waarden, waarbij een piekperiode in de zomer in rekening gebracht.

In de standaard-PHPP wordt deze piekperiode doorgevoerd in juli. Er wordt vanuit gegaan dat gedurende 12 dagen de gemiddelde temperatuur overschreden wordt met 1.5°C, gedurende 4 dagen met 3°C en 1 dag met 6°C. Tijdens die periode wordt de zonnestraling ook verhoogd met respectievelijk 10, 20 en 30%.

De zomercomfortberekening is gebaseerd op de **Passivhaus-Sommerverfahren PHIS**. De randvoorwaarden van deze berekening zijn het resultaat van een vergelijkende studie met een simulatie naar testreferentiejaar⁵. De achterliggende formules voor de berekening van het temperatuuroverschrijdingspercentage worden besproken in WP2.

- **Outputspecificaties DBFM**

De zomertemperaturen mogen maximaal 5% van de verblijfstijd 25.5 °C en 1% van de verblijfstijd 28°C overschrijden.

3.3 Vastleggen van te evalueren lokalen

- **EPB**

In de Vlaamse rekenmethode wordt er voor woningen wordt de oververhittingsindicator berekend per energiesector.

- **PHPP**

De temperatuur-overschrijdingsfrequentie wordt bepaald voor het gehele gebouw.

⁵ Blümel et al: **Entwicklung van Testreferenzjahren für klimaregionen der Bundesrepublik Deutschland**, BMFT-FB-T 86-051, Bonn 1986

Studieopdracht: Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard
Rapport werkpakket 1 : Gegevensverzameling

Conclusie:

Er wordt voorgesteld om aan de hand van een quasi-statische methode op basis van maandgemiddelde binnentemperatuur een beoordeling te maken van het zomercomfort voor de meest kritische ruimtes. Er wordt vertrokken van de PHPP-berekening. De aangepaste randvoorwaarden specifiek voor passiefscholen worden meegenomen.

Het zomercomfort dient bepaald te worden voor het volledige gebouw, maar ook voor de meest kritieke lokalen afzonderlijk. De lokalen met de grootste kans op oververhitting dienen gecheckt te worden naar zomercomfort toe. Er wordt in WP2 een methode ontwikkeld om deze lokalen aan te duiden.

4 Analyse van de Duitse passiefscholen (PHPP)

| | | Preungesheim PHPP: pdf plannen: pdf | Riedberg PHPP: xls plannen: pdf & CAD | Frankfurt-Nied PHPP: xls (multizone) plannen: pdf | Gerard-Hauptmann PHPP: xls plannen: pdf |
|---|---|---|--|---|--|
| 1 | Bestemming | Voldagse lagere school kinderdagverblijf jeugdhuis excl. sportzaal | Voldagse lagere school kinderdagverblijf excl. sportzaal | School voor bijzonder onderwijs klassen, bib + ateliers metaal/hout/muziek therapiebad (les)keuken incl. sportzaal | Secundaire school klassen, bib, pc- & muziekklas labo's met zuurkast ateliers leskeuken |
| 2 | Klimaat • binnentemperatuur [°C] • Gt [kKh/a] • verwarmingsperiode [d/a] | • 20 °C • 76,40 kKh/a • 205 d/a | • 19 °C • 78,6 kKh/a • 225 d/a | • gemiddeld: 21,2 °C • sportzaal: 19,3 °C - 72,9 kKh/a • technische kelder: 17,3 °C - 63,1 kKh/a • therapiebad: 34,3 °C - 146,5 kKh/a • klassen, bib, ateliers: 21,3 °C - 82,7 kKh/a • (leer)keuken: 19,3 °C - 72,9 kKh/a • 205 d/a | • 20 °C • 79,00 kKh/a • 212 d/a |
| 3 | A _N [m ²] (EnEV) | 8280 | 9036,8 | 11660,8 | 7465,4 |
| | Gecond. Vloeropp. [m ²] | 5315 | 5942,2 | 5864,2 | 4319,3 |
| | Transmissieverliesopp. [m ²] | 11120,3 | 9874,6 | 10923,7 | 6095,1 |
| | Volume [m ³] | 25875 | 28240 | 36440 | 23329 |
| | Compactheid V/A | 2,33 | 2.86 | 3,33 | 3,83 |
| 4 | Ventilatiedebit [m ³ /h] | 15 m ³ /(h.pers) | klaslokalen: 15 m ³ /(h.pers) kantoor: 30 | Gegroepeerd per temperatuurzone | klaslokalen: 15 m ³ /(h.pers) ateliers: 20 m ³ /(h.pers) diggestorie: 640 m ³ /h - geen wtw |

| | | | | |
|--|-----------------------------------|--|--|--|
| | | m ³ /(h.pers) werkplaats: 1 vol/h toiletten: 3 vol/h (extr.) | | ablufschranke: elk 10 m ³ /h - geen wtw |
| Gebruiksprofiel | | | | |
| Personen | 530 | 596 | 200 | 400 |
| Ventilatievoud n [h ⁻¹] | 0,26 | 0,33 | <ul style="list-style-type: none"> • sportzaal: 0,153 • therapiebad: 2,217 • klassen, bib, ateliers: 0,232 • (leer)keuken: 2,363 | 0,28 |
| Ruimtehoogte [m] | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3 |
| n50 [h ⁻¹] | 0,50 | 0,60 | Gemiddeld: 0.50 | 0,35 |
| Toestelrendement $\eta_{WRG,eff}$ | 72 % | 72,85 % | <ul style="list-style-type: none"> • sportzaal: 79 % • therapiebad: 72 % • klassen, bib, ateliers: 80 % • (leer)keuken: geen wtw | 75,4 % |
| AWW | / | / | / | / |
| 5 Max. binnentemperatuur [°C] | 25,0 | 25 | / | 25 |
| Oververhitting [%] | 0 % | 6 % | / | 2% |
| 6 IWW [W/m ²] | Forfaitair: 2,8 Berekend: 3,97 | Forfaitair : 2,1 | Gemiddelde: 3.4 | Forfaitair: 2,8 Berekend: 3,3 |
| 7 Energiekengetal verwarming [kWh/(m ² .a)] | 15.25 | Jaarmethode : 15 Maandmethode: 14,7 | Maandmethode: 14,57 | Maandmethode: 14,93 |

Studieopdracht

Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard.

Rapport werkpakket 2: uitwerking beoordelingsinstrument

Inhoudsopgave

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Implementatie in de rekensoftware | 4 |
| 1.0 | Overzicht pilootprojecten..... | 4 |
| 1.1 | Methodiek | 5 |
| 1.1.1 | EPB..... | 5 |
| 1.1.2 | PHPP2007 | 5 |
| 1.2 | Impact van de nieuwe randvoorwaarden | 6 |
| 1.2.1 | EPB..... | 6 |
| 1.3 | PHPP..... | 11 |
| 1.4 | Vergelijking EPB-PHPP | 17 |
| 1.4.1 | Verwarming..... | 18 |
| 1.4.2 | Koeling..... | 21 |
| 2 | Analyse pilootprojecten | 24 |
| 2.1 | E-peil | 24 |
| 2.2 | Aandachts- en verbeterpunten ontwerp passiefschool..... | 25 |
| 3 | Handleiding bij beoordelingsinstrument energievraag voor verwarming en koeling | 27 |
| 3.1 | Een aangepaste versie van de PHPP-rekentool - handleiding..... | 27 |
| 3.2 | Werkblad 'Resultaat' | 28 |
| 3.3 | Werkblad 'Lokalen' | 28 |
| 3.4 | Werkblad 'Ventilatie scholen' | 30 |
| 3.5 | Werkblad 'Ventilatieverliezen units' | 35 |
| 3.6 | Werkblad 'ZomVent' | 35 |
| 3.7 | Werkblad 'IWW scholen' | 35 |
| 3.8 | Werkblad 'Energie VW maandmethode' | 37 |
| 3.9 | Werkblad 'Energie koeling' | 38 |
| 4 | Beoordelingsinstrument voor het thermische zomercomfort..... | 39 |
| 4.1 | Rekenmethode voor het thermisch zomercomfort | 39 |
| 4.1.1 | Selectietool: Identificatie lokalen met het grootste risico op oververhitting.... | 39 |
| 4.1.2 | Evaluatie zomercomfort: aangepaste PHPP-methode | 41 |
| 4.1.3 | Een aangepaste versie van de PHPP-zomercomfort evaluatie - handleiding.... | 47 |
| 4.2 | Vergelijking PHPP methode met dynamische simulaties..... | 48 |

In het 'decreet betreffende energieprestaties in scholen' (7 december 2007) werden voor de 'passiefhuisstandaard' volgende criteria opgelegd:

- 1° een netto energiebehoefte voor verwarming ≤ 15 kWh/m².jaar ;
- 2° een netto energiebehoefte voor koeling ≤ 15 kWh/m².jaar ;
- 3° een luchtdichtheid (n50-waarde) $\leq 0,6$ h-1;
- 4° een maximaal E-peil van E55.

In WP 1 zijn de specifieke randvoorwaarden voor de berekening van de netto-energiebehoefte voor verwarming en koeling voor scholen volgens de passiefhuisstandaard gedefinieerd. Deze randvoorwaarden kunnen echter niet rechtstreeks geïmplementeerd worden in de bestaande rekenmethodes. De doelstelling van werkpakket 2 is nieuwe rekenbladen in MS Excel te ontwikkelen om de interne warmtewinsten en de ventilatieverliezen te berekenen rekening houdend met deze nieuwe randvoorwaarden.

Er werd niet vastgelegd welk rekenprogramma (EPB/PHPP) kan/moet gebruikt worden voor de berekening van de energievraag voor koeling/verwarming en toetsing aan bovenstaande criteria. De implementatie van de randvoorwaarden wordt daarom uitgewerkt voor beide pakketten. Vervolgens worden de 6 pilotprojecten met beide pakketten doorgerekend – indien de inputfile ter beschikking werd gesteld door het ontwerpteam. De resultaten worden in detail geanalyseerd. Uit deze resultaten volgt de impact van de nieuwe randvoorwaarden op de energievraag voor verwarming en koeling. Bovendien kunnen belangrijke verschillen worden opgelijst tussen de berekeningen in EPB en PHPP. Op basis van deze vergelijkende studie wordt vastgelegd welke software als definitief uitgangspunt genomen wordt voor de toetsing van de implementatie van de nieuwe randvoorwaarden. In de analyse van de pilotprojecten worden de prestatiecriteria voor de 6 pilotprojecten getoetst. Ook worden aandachtspunten en verbeterscenario's voor het ontwerp van passiefscholen afgeleid.

Daarnaast wordt een methode geïmplementeerd om het zomercomfort te evalueren op gebouw- en lokaalniveau. Alhoewel dit criterium niet is opgenomen in het bovenstaande decreet, wordt de evaluatie van het zomercomfort in scholen volgens de passiefhuisstandaard ten zeerste aanbevolen.

Het gebruik van het beoordelingsinstrument wordt tenslotte toegelicht.

Het is belangrijk op te merken dat, hoewel een rekenmethode wordt uitgewerkt, er geen toetsing is of de middelen die ter beschikking gesteld worden via subsidies ook overeenstemmen met de nodige meerinvesteringen om de opgelegde prestatie-eisen te halen. De haalbaarheid van de vooropgestelde prestatie-eisen wordt in dit voorstel met andere woorden niet nader onderzocht.

1 Implementatie in de rekensoftware

De resultaten van werkpakket 1 worden in de rekenmethodes EPB en PHPP geïmplementeerd. Belangrijk bij deze resultaten is dat bij het onderzoek steeds wordt vertrokken van een berekening in de bestaande EPB en PHPP-software, aangeleverd door de ontwerpteams. Voor de pilootprojecten waarvoor geen berekening in de bestaande programma's bestaat, worden de aangepaste berekening niet uitgevoerd. Deze projectgegevens worden dan ook slechts in beperkte mate in de vergelijkende studie opgenomen.

1.0 Overzicht pilootprojecten

Op basis van de beschikbaarheid van de gegevens werden na overleg 6 pilootprojecten door de stuurgroep geselecteerd.

(school 1)

- secundair onderwijs (TSO)
- speciale lokalen: werkplaatsen, labo's, vaklokalen voor technische vakken, sportzaal
- DBFM-project
- geconditioneerde vloeroppervlakte: 3746.8m²
- compactheid: 2.18
- massieve constructie
- bodem-lucht AWW

(school 2)

- basisonderwijs (kleuterschool)
- speciale lokalen: polyvalente zaal = refter (50%)+ speelzaal (50%)
- geconditioneerde vloeroppervlakte: 932m²
- compactheid: 2.13
- gemengd bouwwijze, wandopbouw houtskelet

(school 3)

- basisonderwijs
- speciale lokalen: turnzaal+douches, warme keuken bij de refter
- geconditioneerde vloeroppervlakte: 2449.6m²
- compactheid: 2.32
- massieve constructie
- 4 luchtgroepen

(school 4)

- basisonderwijs: gebouw voor lager onderwijs, gebouw voor kleuteronderwijs
- speciale lokalen: speelzaal, PC-lokaal,
- geconditioneerde vloeroppervlakte: 1062 m²

- compactheid: 1.65
- massieve constructie

(school 5)

- basisonderwijs: voornamelijk kleuteronderwijs
- speciale lokalen: polyvalente zaal = refter (50%) + speelzaal (50%)
- geconditioneerde vloeroppervlakte: 611.3 m²
- compactheid: 1.89
- massieve constructie
- bodem-lucht AWW

(school 6)

- secundair onderwijs: BuSO
- speciale lokalen: ateliers (hout, schilder, mechanica, bouw), keuken bij refter, PC-lokaal
- geconditioneerde vloeroppervlakte: achterbouw 1801m²; voorbouw 2230m²
- compactheid: achterbouw 2.65 ; voorbouw 2.81
- massieve constructie
- achterbouw: 4 luchtgroepen, voorbouw: 4 luchtgroepen
- AWW

In de rest van het rapport zullen de scholen enkel nog vermeld worden aan de hand van hun bijhorend volgnummer 1 t.e.m. 6.

1.1 Methodiek

1.1.1 EPB

De EPB-rekenmethode wordt herwerkt en uitgebreid naar voorbeeld van de eerder uitgevoerde studie voor rusthuizen¹. De resultaten van de oorspronkelijke EPB-berekening worden gekopieerd en verder verwerkt in MS Excel. Data zoals zonwinsten, transmissieverliezen, verbruik verlichting,... worden rechtstreeks overgenomen uit de EPB-berekening. Daar waar nodig worden deze gegevens aangepast aan de nieuwe randvoorwaarden. Daarnaast worden voor de berekening van de ventilatieverliezen en interne warmtewinsten nieuwe rekenbladen ontwikkeld.

1.1.2 PHPP2007

In tegenstelling tot EPB is PHPP opgemaakt in Excel. Nieuwe rekenbladen worden toegevoegd aan de oorspronkelijke berekening. Enkele aanvullingen (keuze type onderwijsvorm, input lokalen...) zijn aangebracht maar algemeen verloopt de input analoog aan de bestaande PHPP-versie.

Deze herwerkte EPB- en PHPP-methodes zijn in digitale bijlage terug te vinden.

¹ ONTWIKKELING VAN SPECIEFIEKE ENERGIEPRESTATIE-INDICATOREN VOOR RUSTHUIZEN in opdracht van de Vlaamse overheid Departement welzijn, volksgezondheid en gezin, uitgevoerd door KULeuven, Ugent, Daidalos Peutz, Ingenium NV, FDA Architecten en Ingenieurs NV

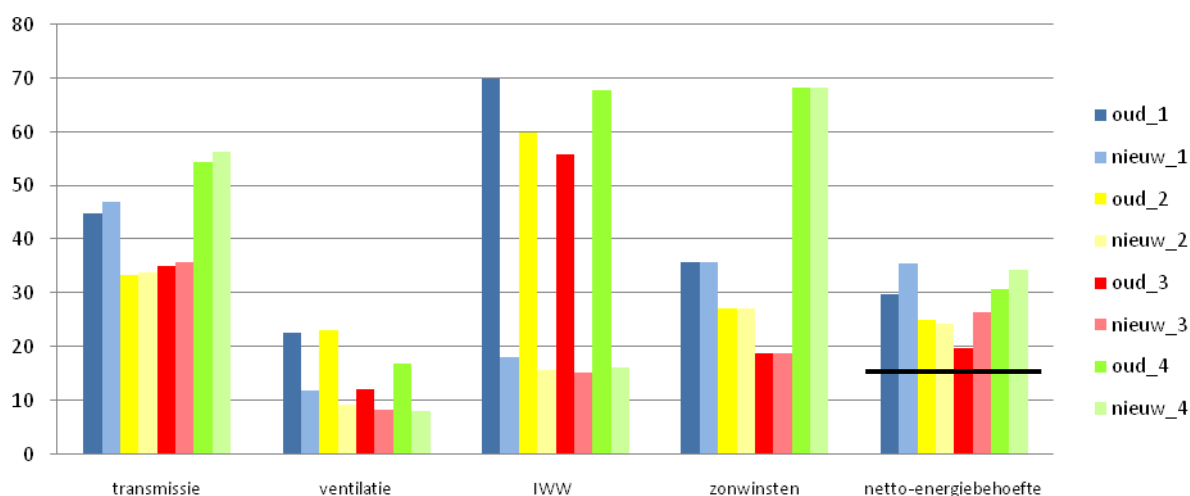
1.2 Impact van de nieuwe randvoorwaarden

De impact van de nieuwe randvoorwaarden op de netto energievraag voor verwarming en koeling wordt bepaald voor beide rekenprogramma's.

1.2.1 EPB

a) Verwarming

Grafiek 1 vergelijkt de netto energievraag voor verwarming in EPB, evenals de warmteverliezen en -winsten in 4 pilootprojecten (school 1 t.e.m.4).



grafiek 1: Vergelijking netto-energiebehoefte voor verwarming [kWh/m².a]

Transmissieverliezen

De wijzigingen van de transmissieverliezen ten opzichte van de oorspronkelijke waarden blijven beperkt. De oorzaak van deze kleine afwijking is de nieuw gedefinieerde gemiddelde binnentemperatuur. Deze ligt in de bestaande EPB-software vast op 19°C. Afhankelijk van de verdeling in en functie van de verschillende lokalen wordt in de nieuwe berekening een nieuwe gemiddelde binnentemperatuur gedefinieerd:

$$\theta_{i, \text{verw}} = \max \left(\theta_{i, \text{verw}, A} = \frac{\sum g_i A_i}{\sum A_{\text{tot}}}; \theta_{i, \text{verw}, V} = \frac{\sum g_i V_i}{\sum V_{\text{tot}}} \right)$$

| | EPB_nieuw [°C] |
|----------|----------------|
| School 1 | 19.46 |
| School 2 | 19.24 |
| School 3 | 19.04 |
| School 4 | 19.27 |
| School 5 | - |
| School 6 | 16.79 |
| | 17.59 |

Tabel 1: nieuwe randvoorwaarden: overzicht gemiddelde binnentemperatuur

Tabel 1 geeft een overzicht van de gemiddelde binnentemperatuur voor de 6 pilootprojecten. Een lichte toename van deze gemiddelde temperatuur t.o.v. 19°C in school 1 t.e.m. 4 resulteert in een lichte stijging van de totale transmissieverliezen, zoals te zien in grafiek 1. In het geval het gebouw veel lokalen als ateliers, turnzaal of speelhal omvat, ligt de gemiddelde temperatuur lager zoals het geval is voor school 6.

Ventilatieverliezen

grafiek 1 toont dat de implementatie van de nieuwe randvoorwaarden een daling veroorzaakt van de ventilatieverliezen. Dit kan als volgt verklaard worden.

De ventilatieverliezen worden in de nieuwe rekenbladen volledig opnieuw berekend per luchtgroep en zijn functie van de ingevoerde binnenluchtklimaatklasse (IDA), van het aantal en type lokalen. Bijkomend wordt ook het extra ventilatie-debiet voor zuurkasten, warme (les)keukens en ateliers bepaald.

In de oorspronkelijke EPB wordt voor de koel- en warmteberekening door ventilatie gerekend met een conventionele tijdsfractie $f_{vent,heat} = 0.3$. Tabel 2 geeft aan dat na implementatie van de nieuwe gebruiksprofielen de maandgemiddelde tijdsfractie sterk daalt met als gevolg een daling van de ventilatieverliezen.

| | Jan | Feb | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Aug | Sep | Okt | Nov | Dec | Totaal |
|-----------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| school 1 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.08 | 0.17 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.17 | 0.18 | 0.13 | 0.13 |
| school 2 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.06 | 0.12 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.09 | 0.09 |
| school 3 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.07 | 0.15 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.12 | 0.12 |
| | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.07 | 0.15 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.12 | 0.12 |
| | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.07 | 0.15 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.12 | 0.12 |
| school 4 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.05 | 0.11 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.09 | 0.08 |

Tabel 2: nieuwe randvoorwaarden: gebruiksprofiel ($f_{vent,heat}$)

Interne warmtewinsten

grafiek 1 toont eveneens dat de implementatie van de nieuwe randvoorwaarden een daling veroorzaakt van de interne warmtewinsten.

In EPB zijn de beschouwde interne warmtebronnen personen, verlichting, ventilatoren en overige apparatuur. De interne warmtewinsten worden als volgt berekend:

$$\Phi_{i,heat,sec i,m} = 0.8 (f_{real,sec i} \cdot f_{pres,sec i} \cdot n_{design,sec i} \cdot 100 + q_{i,app} \cdot A_{f,sec i} + (r_{light,sec i} \cdot W_{light,sec i}) / 8.76 + r_{fans,heat,sec i} \cdot W_{fans,sec i,m} \cdot 3.6 / t_m)^2$$

Voor de interne warmtewinsten in gevolge personen rekent EPB met een gemiddelde bezetting van 30% gedurende 30% van de tijd. Daarnaast rekent men eveneens met een veiligheidsfactor 0.8.

² EPB bijlage II p. 24-25

Na implementatie van de randvoorwaarde waarbij eveneensrekening gehouden wordt met de tijdsaanwezigheid en anderzijds de bezetting (zie WP1) levert echter een hogere gebruiksprofiel op. Tabel 3 stelt de maandgemiddelde gebruiksfactor op voor school 2.

| | Jan | Feb | Maart | April | Mei | Juni | Juli | Aug | Sep | Okt | Nov | Dec | Totaal |
|-----------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| School 2 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.05 | 0.11 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.08 | 0.06 |

Tabel 3: gebruiksprofiel school 2 ($f_{IWW,personen}$)

Anderzijds merken we wel verschillen in de interne warmtelast voor personen en apparatuur zoals aangetoond in tabel 4. De daling van de interne warmtelast voor personen en apparaten en een significante daling van het gebruik van de verlichting levert een sterke daling van de interne warmtewinsten op.

| | IWW_personen | IWW_app | IWW_verlichting |
|-----------|--------------|-----------------------|---------------------|
| EPB_oud | 100 W/pers | 3 W/m ² | 2350 gebruiksuren |
| EPB_nieuw | 60 W/pers | 0.06 W/m ² | 550.10 gebruiksuren |

Tabel 4: interne warmtelast ingeolge personen en apparatuur (school 2)

Zonwinsten

Het energietransport doorheen beglaasde oppervlaktes is niet afhankelijk van het gebruikersgedrag en wijzigt dus niet na implementatie van de randvoorwaarden. De zonwinsten blijven bijgevolg identiek.

Conclusie

| | EPB_oud [kWh/m ² .a] | EPB_nieuw [kWh/m ² .a] |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| School 1 | 29.88 | 35.53 |
| School 2 | 25.15 | 24.26 |
| School 3 | 19.87 | 26.46 |
| School 4 | 30.77 | 34.29 |
| School 5 | - | - |
| School 6 | 37.84 | 37.85 |
| | 23.53 | 22.76 |

Tabel 5: netto energiebehoefte verwarming [kWh/m².a]

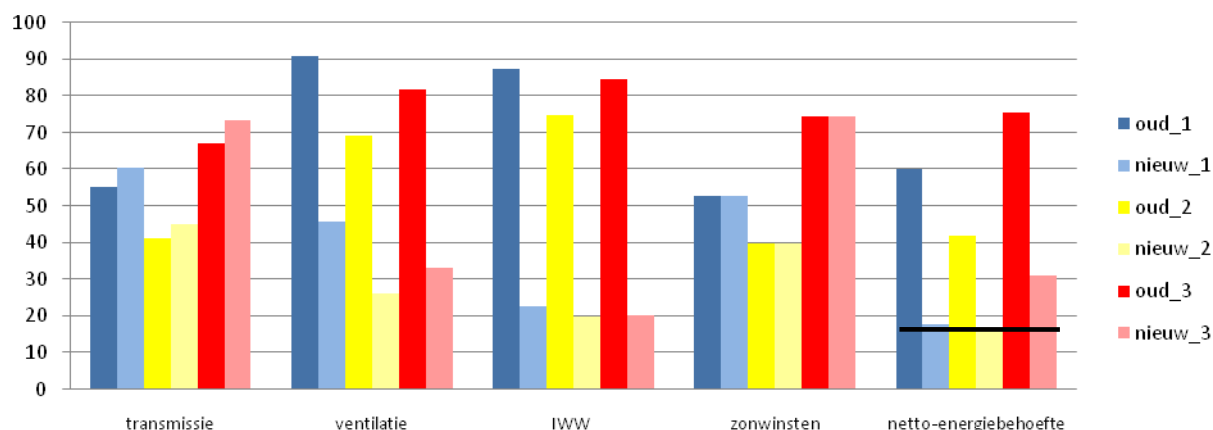
Zoals blijkt uit Tabel 5 heeft de implementatie van de randvoorwaarden geen unanieme impact op de berekening van de netto energiebehoefte voor verwarming. In sommige gevallen merken we een daling, in andere een stijging. Dit resultaat is sterk afhankelijk van de vertreksituatie en de inputdata zoals ingegeven door de studiebureaus. Daar waar nodig worden correcties en mogelijke verbeteringen aan het ontwerp aangebracht dewelke natuurlijk ook invloed hebben op het eindresultaat.

Kijken we in detail naar de warmteverliezen en –winsten, dan zien we duidelijk dat:

- transmissieverliezen licht stijgen/dalen afhankelijk van de stijging/daling van de gemiddelde binnentemperatuur
- de ventilatieverliezen sterk dalen
- de interne warmtewinsten zeer sterk dalen

b) Koeling

grafiek 2 vergelijkt de netto energievraag voor koeling in EPB, evenals de warmteverliezen en -winsten in 3 pilootprojecten (school 1 t.e.m.3)



grafiek 2: netto energiebehoefte voor koeling [kWh/m².a]

Voor de transmissieverliezen merken we een lichte stijging op. De oorzaak van deze stijging is te verklaren door de stijging van gemiddelde binnentemperatuur van 23°C naar 24°C.

Analoog aan de berekening voor de netto energiebehoefte voor verwarming, merken we een daling van de ventilatieverliezen en warmtewinsten op te wijten aan een lagere gebruiksfactor.

De zonwinsten blijven identiek.

Conclusie

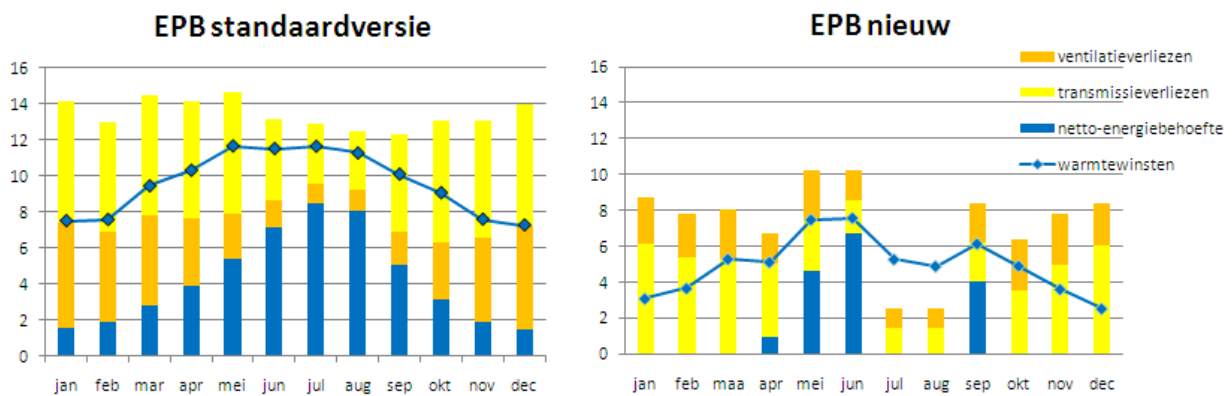
| | EPB_oud [kWh/m².a] | EPB_nieuw [kWh/m².a] |
|-----------------|--------------------|----------------------|
| School 1 | 60.24 | 17.95 |
| School 2 | 41.83 | 16.83 |
| School 3 | 35.25 | 7.56 |
| School 4 | 76.61 | 31.04 |
| School 6 | 56.02 | 5.5 |
| | 59.42 | 12.41 |

Tabel 6: netto energiebehoefte koeling [kWh/m².a]

Algemeen merken we een sterke daling van de netto energiebehoefte voor koeling op omwille van:

- lichte stijging van de transmissieverliezen afhankelijk van de stijging van de gemiddelde binnentemperatuur
- daling van de ventilatieverliezen
- daling van de interne warmtewinsten

Echter, grootste oorzaak van de daling van de specifiek energievraag voor koeling is te wijten aan de uitsluiting van de vakantiemaanden juli en augustus zoals in grafiek 3 wordt aangetoond.



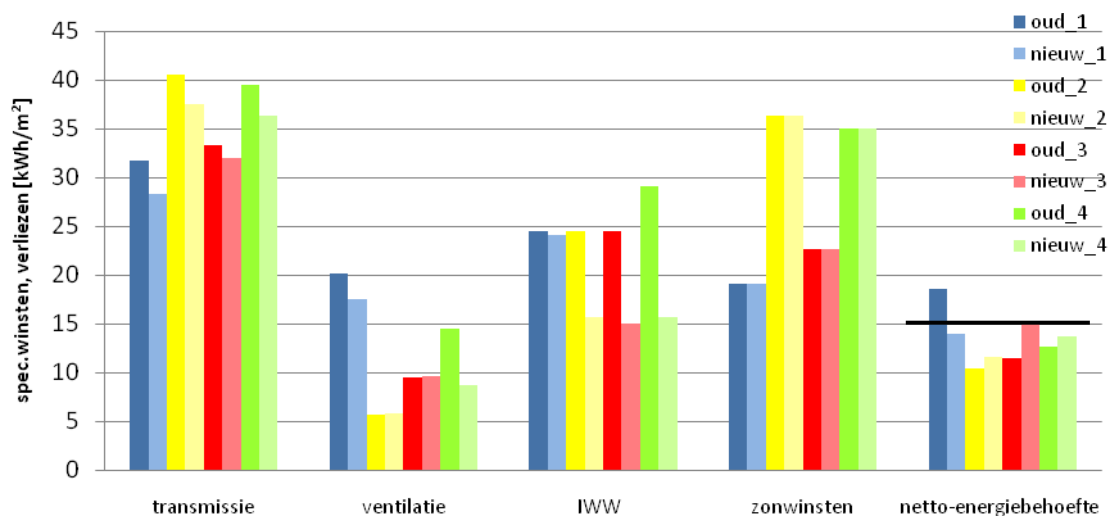
grafiek 3: vergelijking energiebehoefte voor koeling [kWh/m².a] (EPB oud & nieuw)

Grafiek 3 toont enerzijds de ventilatie- en transmissieverliezen en anderzijds de warmtewinsten. Wanneer de nuttige verliezen (geel en oranje strook) van de warmtewinsten worden afgetrokken, bekomen we de resterende koelbehoefte, zoals wordt aangegeven in het blauw. Uit deze resultaten blijkt dat de nieuwe EPB-berekening met een koelseizoen beperkt van april tot en met september een stuk realistischer is dan de oorspronkelijke berekening. Deze geeft een netto energiebehoefte voor koeling aan gedurende het hele jaar met een netto koelvraag van 1.75 kWh/m² in de wintermaanden januari en december.

1.3 PHPP

a) Verwarming

Grafiek 4 vergelijkt de netto energievraag voor verwarming in PHPP, evenals de warmteverliezen en -winsten in 4 pilotprojecten (school 1,2,3 en 5)



grafiek 4 netto energiebehoefte voor verwarming (PHPP) [kWh/m².a]

Transmissieverliezen

Grafiek 4 toont een daling van de transmissieverliezen ten opzichte van de oorspronkelijke waarden. Deze is te wijten aan de nieuw gedefinieerde gemiddelde binnentemperatuur. In tegenstelling tot de EPB-software kan de gemiddelde temperatuur in PHPP door de berekenaar zelf ingegeven worden. Voor vandaagse scholen stelt PHI een vrijblijvende richtwaarde van 19.4°C voor. De meeste pilootprojecten gaan uit van een gebouwgemiddelde binnentemperatuur van 20°C.

| | PHPP_oud | | PHPP_nieuw [°C] | |
|----------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| | Θ_i [°C] | Transmissie [kWh/m ² .a] | Θ_i [°C] | Transmissie [kWh/m ² .a] |
| School 1 | 20 | 31.67 | 18.8 | 28.31 |
| School 2 | 20 | 40.54 | 19.24 | 37.45 |
| School 3 | 19.4 | 33.28 | 19.1 | 31.96 |
| School 5 | 20 | 39.41 | 19.3 | 36.36 |

Tabel 7: nieuwe randvoorwaarden: overzicht gemiddelde binnentemperatuur

Tabel 7 geeft aan dat de temperatuur na implementatie van de nieuwe randvoorwaarden algemeen daalt. Afhankelijk van de variatie in lokaalbestemmingen in de school varieert ook de daling van de berekende gemiddelde binnentemperatuur. Deze daling resulteert in een lichte of iets grotere daling van de totale transmissieverliezen.

Ventilatieverliezen

Analoog als bij EPB worden de ventilatieverliezen in de nieuwe rekenbladen berekend per luchtgroep en zijn ze functie van de binnenluchtkwaliteitsklasse, van het aantal en type lokalen. Bijkomend wordt ook het extra ventilatiedebiet voor zuurkasten, warme (les)keukens en ateliers bepaald.

Wat betreft de bepaling van de ventilatieverliezen is men bij de bestaande PHPP-berekening beperkt in het inrekenen van een gebruiksprofiel. Het was enkel mogelijk een dagschema aan het ventilatiesysteem op te leggen. Het inrekenen van periodes waarin de ventilatie buiten gebruik is (vakantieperiodes, weekends) diende met een omweg te gebeuren. Wanneer meerdere units aanwezig waren, diende men werkbladen te kopiëren en hier en daar formules te wijzigen wat de kans op fouten verhoogde en bovendien minder gebruiksvriendelijk was. Ook het praktisch onmogelijk zijn van de validatie van sturingen in functie van aangepaste bezettingsprofielen leidt tot een overschatting van het effectieve gebruik.

| | $f_{vent,oud}$ | $f_{vent,nieuw}$ |
|----------|----------------|------------------|
| School 1 | 0.61 | 0.13 |
| School 2 | 0.46 | 0.094 |
| School 3 | 0.26 | 0.097 |
| School 5 | 0.17 | 0.115 |

Tabel 8: gebruiksfactor f_{vent} (PHPP)

De in WP1 vastgelegde aanwezigheid- en tijdsfactoren en sturingssystemen worden geïmplementeerd in de nieuwe PHPP met als gevolg een daling van $f_{vent,nieuw}$ ten opzichte van $f_{vent,oud}$ zoals blijkt uit Tabel 8. Bij daling van de gebruiksfactoren wordt voor een (lichte) daling van de ventilatieverliezen verwacht. Dit is inderdaad het geval voor school 1 en 4 zoals aangetoond in

grafiek 3. De geringe stijging voor school 2 en 3 is te verklaren door de te lage inschatting van de ventilatieverliezen bij de berekening door de ontwerpteams.

Tabel 9 geeft een overzicht van de ontwerptoevoerdebiet in de oorspronkelijke en de nieuwe berekening. Hieruit blijkt dat het debiet in het geval van school 2 en 3 aanvankelijk veel lager werd ingeschat. De combinatie van een stijging van het ontwerptoevoerdebiet en een daling van de gebruiksfactor leidt tot +/- gelijke ventilatieverliezen voor beide berekeningen.

| Ontwerptoevoerdebiet | oud [m ³ /h] | nieuw [m ³ /h] |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| School 1 | 13500 | 23655 |
| School 2 | 1398 | 6178 |
| School 3 | 10150 | 17390 |
| School 5 | 5500 | 3083 |

Tabel 9: vergelijking ontwerptoevoerdebiet [m³/h]

Tabel 10 geeft een vergelijking van de ventilatieverliezen bij de oorspronkelijke en de nieuwe berekening.

| | PHPP_oud [kWh/m ² .a] | PHPP_nieuw [kWh/m ² .a] |
|----------|----------------------------------|------------------------------------|
| School 1 | 10.61 | 9.11 |
| School 2 | 3.10 | 3.42 |
| School 3 | 2.75 | 3.02 |
| School 5 | 10.02 | 4.55 |

Tabel 10: vergelijking ventilatieverliezen (PHPP) [kWh/m².a]

De gevolgen voor de infiltratieverliezen blijven beperkt. Afhankelijk van het verschil in binnentemperatuur tussen de oorspronkelijke en nieuwe berekening wijzigt de grootte van de infiltratieverliezen zoals aangegeven wordt in Tabel 11. Analoog aan de transmissieverliezen, dalen de infiltratieverliezen licht ten gevolge van de daling van de gemiddelde binnentemperatuur.

| | PHPP_oud [kWh/m ² .a] | PHPP_nieuw [kWh/m ² .a] | $\Delta\theta_{i \text{ oud-nieuw}} [^{\circ}\text{C}]$ |
|----------|----------------------------------|------------------------------------|---|
| School 1 | 9.47 | 8.35 | 1.2 |
| School 2 | 2.51 | 2.32 | 0.76 |
| School 3 | 6.74 | 6.52 | 0.3 |
| School 5 | 4.47 | 4.12 | 0.7 |

Tabel 11: Vergelijking infiltratieverliezen (PHPP) [kWh/m².a]

Interne warmtewinsten

PHI³ stelt een defaultwaarde van 2.8 W/m² voor. Daarnaast bestaat de mogelijkheid de interne winsten zelf te berekenen in een speciaal daartoe ontwikkeld rekenblad IWW_NiWo, dat rekening kan houden met vooraf gedefinieerde gebruikersprofielen. Vermits deze standaard aanwezige gebruikersprofielen geen specifieke dagindeling integreren is het moeilijk om een nauwkeurige inschatting te doen van onze Vlaamse scholen. De implementatie van de nieuwe randvoorwaarden levert een hogere ogenblikkelijke waarde op. Echter, uitgemiddeld in tijd en dus rekening houdend met de gebruiks- en tijdsfactoren en sturing van de verlichting, levert dit uiteindelijk een lagere interne warmtewinsten zoals blijkt uit grafiek 4 en Tabel 12.

³ Passivhaus Institut (PHI)

| | PHPP_oud [W/m ²] | PHPP_oud [kWh/m ²] | PHPP_nieuw [kWh/m ²] |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| School 1 | 2.8 | 2.04 | 2.01 |
| School 2 | 2.8 | 2.04 | 1.31 |
| School 3 | 2.8 | 2.04 | 1.25 |
| School 5 | 3.2 | 2.42 | 1.30 |

Tabel 12: vergelijking IWW_{gem} (PHPP) [kWh/m²]

Uit Tabel 12 merken we eveneens dat de gemiddelde interne warmtewinsten voor school 1 hoger liggen dan voor de scholen 2,3 en 5. De verklaring hiervoor is dat 23 % van de totale gebruiksoppervlakte wordt ingevuld als laboratorium. De combinatie van verhoogde interne warmtewinsten door personen ingevolge de verhoogde activiteit tijdens praktijklessen en een hogere gewenste verlichtingssterkte voor praktijklokalen, leidt tot hogere gemiddelde interne warmtewinsten ten opzichte van scholen met enkel leslokalen.

Zonwinsten

Het energietransport doorheen beglaasde oppervlaktes is niet afhankelijk van het gebruikersgedrag en wijzigt dus niet na implementatie van de randvoorwaarden.

Conclusie

| | PHPP_oud [kWh/m ² .a] | PHPP_nieuw [kWh/m ² .a] |
|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| School 1 | 16.50 | 14.01 |
| School 2 | 10.40 | 11.53 |
| School 3 | 13.10 | 14.98 |
| School 5 | 12.65 | 13.68 |

Tabel 13: netto energiebehoefte verwarming [kWh/m².a]

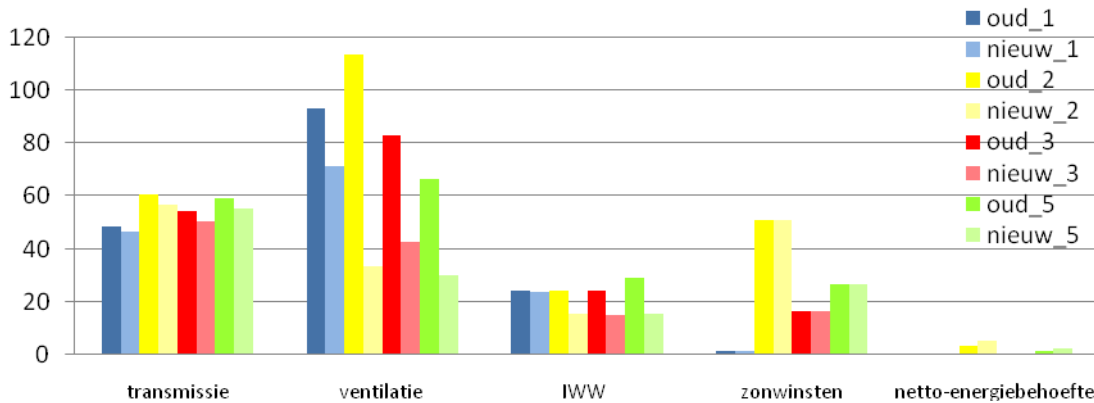
Zoals blijkt uit bovenstaande Tabel 13 heeft de implementatie van de randvoorwaarden geen unanieme impact op de berekening van de energiebehoefte voor verwarming. In sommige gevallen merken we een daling, in andere een stijging. Dit resultaat is sterk afhankelijk van de vertreksituatie en de inputdata zoals ingegeven door de studie bureaus.

Kijken we in detail naar de warmteverliezen en –winsten, dan zien we duidelijk dat:

- lichte daling van de transmissieverliezen afhankelijk van de daling van de gemiddelde binnentemperatuur
- daling van de ventilatieverliezen
- daling van de interne warmtewinsten

b) Koeling

Grafiek 5 vergelijkt de netto energievraag voor verwarming in PHPP, evenals de warmteverliezen en -winsten in 4 pilootprojecten (school 1, 2, 3 en 5)



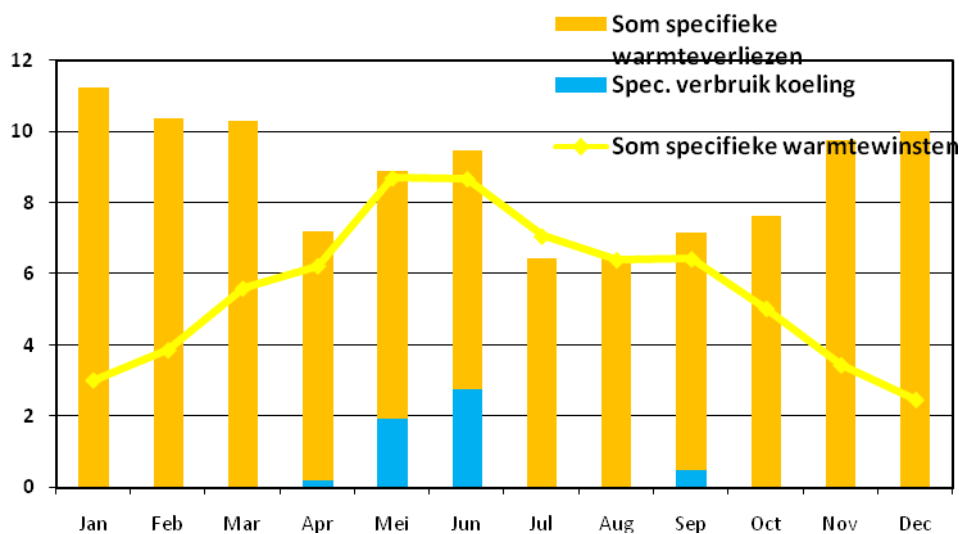
Grafiek 5 netto energiebehoefte voor koeling (PHPP) [kWh/m².a]

Grafiek 5 toont aan dat de transmissieverliezen licht dalen. De oorzaak van deze daling is te verklaren door de daling van gemiddelde binnentemperatuur van 25°C naar 24°C.

Daarnaast merken we een daling van de ventilatieverliezen en warmtewinsten op te wijten aan de gecorrigeerde gebruik- en tijdsfactor. De zonwinsten blijven identiek.

Conclusie

Grafiek 6 toont enerzijds de som van de specifieke warmteverliezen en anderzijds de warmtewinsten. Wanneer de nuttige verliezen (oranje strook) van de warmtewinsten worden afgetrokken, bekomen we de resterende koelbehoefte, zoals wordt aangegeven in het blauw. Het koelseizoen loopt van april tot en met september.



grafiek 6: vergelijking energiebehoefte voor koeling [kWh/m².a] (PHPP nieuw)

| | PHPP_oud [kWh/m ² .a] | PHPP_nieuw [kWh/m ² .a] |
|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| School 1 | 0.10 | 0.03 |
| School 2 | 3.20 | 5.40 |
| School 3 | 0.04 | 0.60 |
| School 5 | 1.24 | 2.34 |

Tabel 14: netto energiebehoefte koeling [kWh/m².a]

Aangezien de netto-energiebehoefte voor koeling gelijk is aan het verschil van de warmtewinsten en de nuttige verliezen, leidt de grotere daling van de warmteverliezen ten opzichte van de warmtewinsten, tot een lichte stijging van de koelbehoefte (zie Tabel 14 school 2,3 en 5).

1.4 Vergelijking EPB-PHPP

In beide rekenprogramma's worden maandgemiddelde energiebalansen opgesteld, gebaseerd op de berekeningsmethode uit de Europese norm EN ISO 13790. Grosso modo verloopt de rekenwijze van beide softwarepakketten analoog.

Uit voorgaande analyse blijkt echter dat de resultaten voor beide rekenprogramma's sterk uiteenlopen. Daarom worden op basis van een vergelijkende studie de belangrijkste verschillen tussen de beide rekenprogramma's EPB en PHPP opgelijst.

Daarnaast blijken heel wat onvolledigheden en tegenstrijdigheden in de resultaten van de verschillende pilotprojecten. Aangezien de kwaliteit van de vergelijking van de resultaten sterk afhangt van de precisie en correctheid waarmee de originele files werden ingevuld, kunnen niet altijd sluitende verklaringen en conclusies getrokken worden. Mogelijke afwijkingen in geconditioneerde vloeroppervlaktes, verliesoppervlakte, rendementen van warmteterugwinapparaten,... hebben een niet te verwaarlozen impact op de definitieve resultaten.

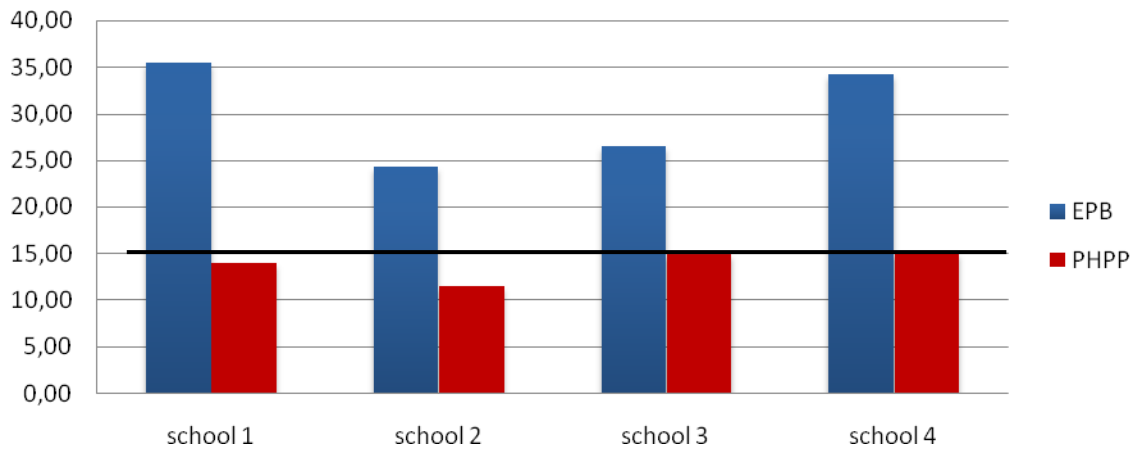
Omdat de originele EPB- en PHPP berekeningen vaak op verschillende wijze werden ingevuld, wordt het quasi onmogelijk om de pilotprojecten onderling te vergelijken. Voor een correcte vergelijking moet immers vertrokken worden van eenzelfde uitgangspositie. De inputdata (geometrie, U-waarden, g-waarde beglazing, geconditioneerde vloeroppervlakte, oriëntatie,...) in beide rekenprogramma's moet identiek zijn.

Enkele belangrijke opmerkingen bij de aangeleverde files van de ontwerpteam zijn:

- Voor school 1 wordt in de oorspronkelijke EPB-file de sporthal niet ingerekend. In de PHPP-berekening wordt deze echter wel ingecalculleerd.
- School 4 bestaat uit 2 aparte gebouwtjes. In tegenstelling tot de berekening in PHPP wordt de school in de EPB-berekening als één geheel beschouwd.
- Voor school 5 en 6 ontbreken respectievelijk de EPB- berekening en de PHPP-berekening waardoor deze scholen niet in de vergelijkende studie kunnen opgenomen worden.

Rekening houdend met de bovenstaande opmerking kunnen toch enkele algemene conclusies worden getrokken betreft de vergelijking van EPB met PHPP.

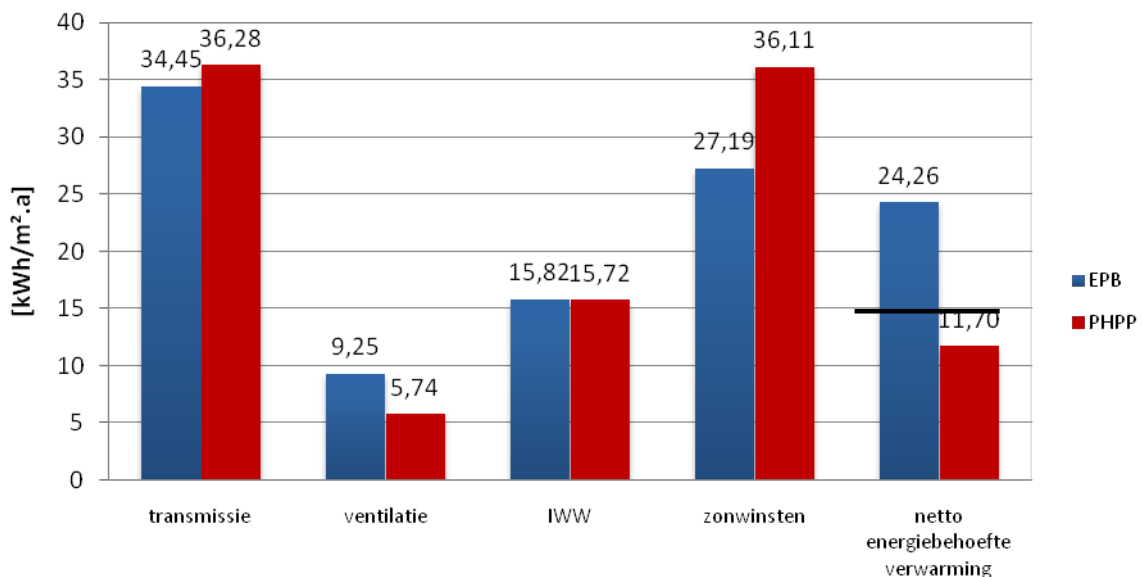
1.4.1 Verwarming



Grafiek 7: netto energiebehoefte voor verwarming [kWh/m².a] EPB-PHPP

De berekende energievraag voor verwarming voor alle pilotprojecten gevoelig lager met PHPP dan met EPB (zie Grafiek 7). Om dit verschil te verklaren, kijken we in detail naar de warmtewinsten en – verliezen.

Grafiek 8 toont de resultaten van resultaten in PHPP en EPB voor school 2 mits een aantal aanpassingen aan de oorspronkelijke berekening.



grafiek 8: netto energiebehoefte voor verwarming EPB-PHPP (school 2)

Transmissieverliezen

Uit bovenstaande grafiek 8 blijkt een klein verschil in transmissieverliezen. Dit is te verklaren doordat beide rekenprogramma's verschillende maandgemiddelde buitentemperaturen en irradiantie gebruiken voor de berekening van de netto energiebehoefte voor verwarming en koeling. Tabel 15 geeft het verschil in de gemiddelde temperaturen tussen de beide rekenprogramma's weer. Voor PHPP ligt deze temperatuur iets lager dan voor EPB.

| | jan | feb | mrt | apr | mei | jun | jul | aug | sep | okt | nov | Dec |
|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| EPB | 3.1 | 3.5 | 6.3 | 8.9 | 13.2 | 15.6 | 17.7 | 17.7 | 14.5 | 10.6 | 6.2 | 4.1 |
| PHPP | 2.5 | 2.7 | 5.7 | 8.3 | 12.8 | 14.9 | 17.4 | 17.1 | 13.7 | 10.4 | 5.7 | 3.6 |

Tabel 15: overzicht maandgemiddelde buitentemperatuur voor Ukkel [°C]

Ventilatieverliezen

De ventilatieverliezen zoals berekend in PHPP zijn lager dan EPB. De verklaring hiervoor is de hogere inschatting van het effectieve rendement van het warmteterugwinapparaat (η_{WTW}) in EPB. Hoewel PHPP de mogelijkheid biedt om de kanaalverliezen in te rekenen, blijft het effectieve rendement in PHPP steeds hoger dan in EPB waar gerekend wordt met een reductiefactor r_p ⁴. Ter illustratie geeft Tabel 16 het effectief rendement voor school 2.

| | $\eta_{WTW,eff}$ |
|------|------------------|
| EPB | 78 % |
| PHPP | 83.76 % |

Tabel 16: effectief rendement van het warmteterugwinapparaat voor school 2 (PHPP-EPB)

Daarnaast is het in PHPP ook mogelijk ventilatiesturing op lokaalniveau te voorzien. In EPB wordt enkel sturing voorzien per ventilatie-unit waardoor de ventilatieverliezen nauwkeuriger bepaald kunnen worden.

Interne warmtewinsten

De uitgangspunten voor de berekening van de interne warmtewinsten (gebruiksprofiel, warmtelast ingevolge ventilatie,...) zijn identiek. Bijgevolg bekomen we quasi identieke resultaten voor beide berekeningen.

Zonwinsten

Het verschil in zonwinsten kan slechts minimaal verklaard worden door het verschil in de gebruikte klimatologische data. Het effect hiervan op het resultaat blijkt uit nazicht minimaal. Meer nog wordt het verschil verklaard door een de gebruiksfactor van de zonstraling, dewelke in PHPP hoger wordt ingeschat. Hoewel EPB dichter aansluit bij het seizoensgemiddelde, gebeurt de berekening in PHPP volledig volgens de Europese norm.

⁴ EPB, Bijlage II, p 22 indien de buitenlucht toevoerstrom p wel voorverwarmd wordt m.b.v. een warmteterugwinapparaat, geldt $e_{heat,hr,p} = r_p \cdot \eta_{test,p}$

Benuttingsfactor η

| | EPB [kWh/m ² .a] | PHPP [kWh/m ² .a] |
|--------------|-----------------------------|------------------------------|
| IWW | 15.82 | 15.72 |
| zonnewinsten | 27.19 | 36.11 |
| Transmissie | 34.45 | 36.28 |
| Ventilatie | 9.25 | 5.74 |
| Γ | 0.984 | 1.233 |

Tabel 17: specifieke warmteverliezen en -winsten voor school 2 [kWh/m².a]

Ook blijkt uit Tabel 17 blijkt dat de verliezen in PHPP lager liggen en de winsten significant hoger zijn. Als gevolg van een verschil in verliezen en winsten, verschilt ook de warmteverlies en -winst verhouding γ voor beide programma's.

Bijkomend verschilt ook de berekening van de benuttingsfactor η .

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \text{ met } a = a_0 + \tau/\tau_0$$

$$\tau = \frac{C_m}{H_c + H_v}$$

| | EPB | PHPP (conform NBN EN ISO 13790:2008) |
|----------|-----|--------------------------------------|
| a_0 | 0.8 | 1 |
| τ_0 | 70 | 15 |

Tabel 18: numerieke parameters bij de bepaling van de benuttingsfactor

De (effectieve) thermische capaciteit van het gebouw wordt in PHPP ingebracht volgens de voorgeschreven keuzes uit NBN EN ISO 13790:2008. De laagste thermische capaciteit uit deze Belgische norm blijkt hoger te liggen dan de waarde bij ontstentenis uit EPB (55 kJ/m².K).

Tabel 19 en Tabel 20 geven respectievelijke de warmtecapaciteit per gebruiksoppervlakte weer zoals gebruikt in EPB en PHPP. Hieruit blijkt dat de warmtecapaciteit in PHPP algemeen hoger is dan in EPB.

Tabel 6 Specifieke effectieve thermische capaciteit D_j per eenheid gebruiksoppervlakte van de energiesector

| Minimum van de massa van de plafond- en vloerconstructie per eenheid gebruiksoppervlakte (kg/m ²) | D_j kJ/ (m ² .K) | | |
|---|---|---|--|
| | Gesloten verlaagd plafond <u>en</u> verhoogde vloer | Gesloten verlaagd plafond <u>of</u> verhoogde vloer | Geen gesloten verlaagd plafond en geen verhoogde vloer |
| Minder dan 100 | 55 | 55 | 55 |
| 100 tot 400 | 55 | 110 | 180 |
| Meer dan 400 | 55 | 180 | 360 |

Tabel 19: Specifieke effectieve thermische capaciteit per gebruiksoppervlakte (EPB)

| | Interne warmtecapaciteit C_m [kJ/m ² .K] |
|-------------------------|---|
| Zeer lichte constructie | 80 |
| Licht constructie | 110 |
| Halfzware constructie | 165 |
| Zware constructie | 260 |
| Zeer zware constructie | 370 |

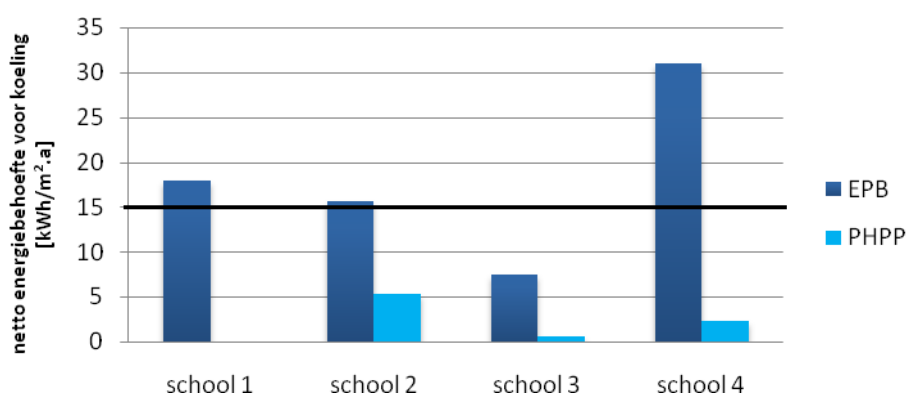
Tabel 20: effectieve thermische capaciteit per gebruiksooppervlakte (PHPP)

Een lagere τ_0 in combinatie met een hogere inschatting van de maandelijkse tijdsconstante voor verwarming τ en een hogere warmtewinst en –verlies verhouding resulteren in een hogere benuttingsfactor en dus lager netto energiebehoefte voor verwarming in PHPP.

Wanneer de EPB- en PHPP-resultaten worden vergeleken met resultaten van dynamische simulaties dan blijken de PHPP-resultaten dichterbij te liggen bij de dynamische simulaties.

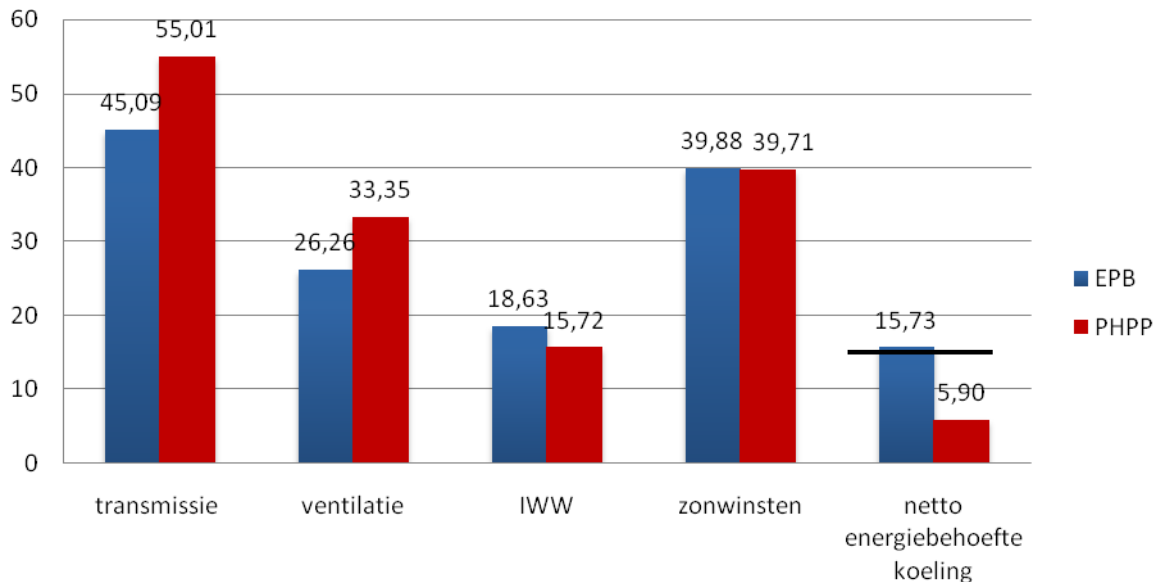
1.4.2 Koeling

Ook de berekende energievraag voor koeling ligt voor alle pilootprojecten gevoelig lager met PHPP dan met EPB (zie grafiek 9). Om dit verschil te verklaren, kijken we in detail naar de warmtewinsten en –verliezen.



grafiek 9: netto energiebehoefte voor koeling [kWh/m².a] EPB-PHPP

Grafiek 10 toont de resultaten van resultaten in PHPP en EPB voor school 2 mits een aantal aanpassingen aan de oorspronkelijke berekening.



grafiek 10: netto energiebehoefte voor koeling [kWh/m².a] EPB-PHPP (school 2)

Transmissieverliezen

Uit bovenstaande grafiek 10 blijkt een groot verschil in transmissieverliezen. Dit is enerzijds te verklaren de verschillende maandgemiddelde buitentemperaturen zoals aangegeven in Tabel 15.

| | jan | feb | mrt | apr | mei | jun | jul | aug | sep | okt | nov | Dec |
|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| EPB | 3.1 | 3.5 | 6.3 | 8.9 | 13.2 | 15.6 | 17.7 | 17.7 | 14.5 | 10.6 | 6.2 | 4.1 |
| PHPP | 2.5 | 2.7 | 5.7 | 8.3 | 12.8 | 14.9 | 17.4 | 17.1 | 13.7 | 10.4 | 5.7 | 3.6 |

Tabel 21: overzicht maandgemiddelde buitentemperatuur voor Ukkel [°C]

Anderzijds worden de transmissieverliezen bij de berekening van de koelbehoefte in EPB anders berekend dan in het geval van de berekening van de verwarmingsbehoefte.

$$Q_{T,cool,seci,m} = H_{T,seci,m} \cdot (\theta_{i,cool} - (\theta_{e,m} + \Delta\theta_{e,m})) \cdot t_m \text{ met } \Delta\theta_{e,m} = 2^\circ\text{C}^5$$

De maandgemiddelde buitentemperatuur wordt dus met 2°C verhoogd wat tot lagere transmissieverliezen leidt zoals duidelijk blijkt uit grafiek 10.

Ventilatieverliezen

Ook voor de ventilatieverliezen wordt de maandgemiddelde buitentemperatuur verminderd zoals blijkt uit de formule:

$$Q_{V,cool,seci,m} = H_{V,cool,seci} \cdot (\theta_{i,cool} - \theta_{e,v,cool,m}) \cdot t_m$$

⁵ EPB bijlage II, p.16

met $\theta_{e,v,cool,m}$ de conventionele rekenwaarde voor de toevoertemperatuur van de ventilatielucht (zie Tabel 22)

| | jan | feb | ma | apr | Mei | Juni | Juli | Aug | Sept | Okt | Nov | dec |
|----------------------------|-----|-----|----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| $\theta_{e,v,cool,m}$ [°C] | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 18.2 | 19.6 | 19.6 | 17.2 | 16 | 16 | 16 |

Tabel 22: maandgemiddelde $\theta_{e,v,cool,m}$ (EPB)

Deze aangepaste formule voor de berekening van de ventilatieverliezen voor koelberekeningen in EPB en de hogere maandgemiddelde buitentemperatuur (Tabel 15) leiden tot lagere ventilatieverliezen in EPB dan in PHPP.

Interne warmtewinsten

Uitgaande van identieke uitgangspunten voor de berekening van de interne warmtewinsten (gebruiksprofiel, warmtelast ingevolge ventilatie,...) worden quasi identieke interne warmtewinsten verwacht. Uit grafiek 10 blijken echter hogere interne warmtewinsten voor de berekening in EPB.

Dit is te verklaren door het wegvallen van de extra veiligheidsfactor 0.8 in de formule voor de berekening van de interne winsten voor koelberekeningen t.o.v. de interne warmtewinsten voor de berekening voor warmtevraag in EPB. (zie 1.2.1 EPB – interne warmtewinsten)

$$\Phi_{i,cool,sec i,m} = f_{real,sec i} \cdot f_{pres,sec i} \cdot n_{design,sec i} \cdot 100 + q_{i,app} \cdot A_{f,sec i} + (r_{light,sec i} \cdot W_{light,sec i}) / 8.76 + r_{fans,cool,sec i} \cdot W_{fans,sec i,m} \cdot 3.6 / t_m$$

Zonwinsten

De zonwinsten zijn quasi identiek.

Conclusie

Bovenstaande Grafiek 7 en grafiek 9 tonen aan dat de pilootprojecten met uitzondering van een enkel geval (school 3, koeling) enkel voldoen aan het vooropgestelde criterium voor verwarming en koeling op basis van de PHPP-berekening. Het uitgangspunt waarbij passieve gebouwen worden naverwarmd via de minimaal noodzakelijke ventilatielucht ligt aan de basis van de 15 kWh/m².a-eis. Uit ervaring met passieve woningen kan men verwachten dat gebouwen die volgens de PHPP-berekening voldoen aan deze eis, in realiteit een gelijkaardige lage energievraag voor verwarming en koeling kennen. Dat aan de eis voldaan wordt aan de hand van de PHPP berekeningen ligt dus in de lijn van verwachting. Dynamische simulaties uitgevoerd voor 1 pilootproject wijzen ook in deze richting. Echter, hierover kan pas volledig uitsluitsel gegeven worden na monitoring van het energieverbruik van verwarming van de pilootprojecten.

Daarnaast kunnen volgende algemene verschillen tussen beide rekenprogramma's opgesomd worden:

- PHPP biedt de mogelijkheid om enkele innoverende technieken in te rekenen (AWW, nachtventilatie). De volgende versie van de EPB-software, zal deze technieken ook implementeren. Daarnaast biedt PHPP ook nog de mogelijkheid om per lokaal een ander type ventilatiesturing te voorzien.
- PHPP beoordeelt het zomercomfort en de risico op oververhitting
- EPB is een vrij verkrijgbare software, terwijl PHPP betalend is

- Het E-peil kan momenteel enkel in de EPB software berekend worden en zal onmiddellijk in de PHPP geïmplementeerd worden van zodra het VEA dit accepteert.

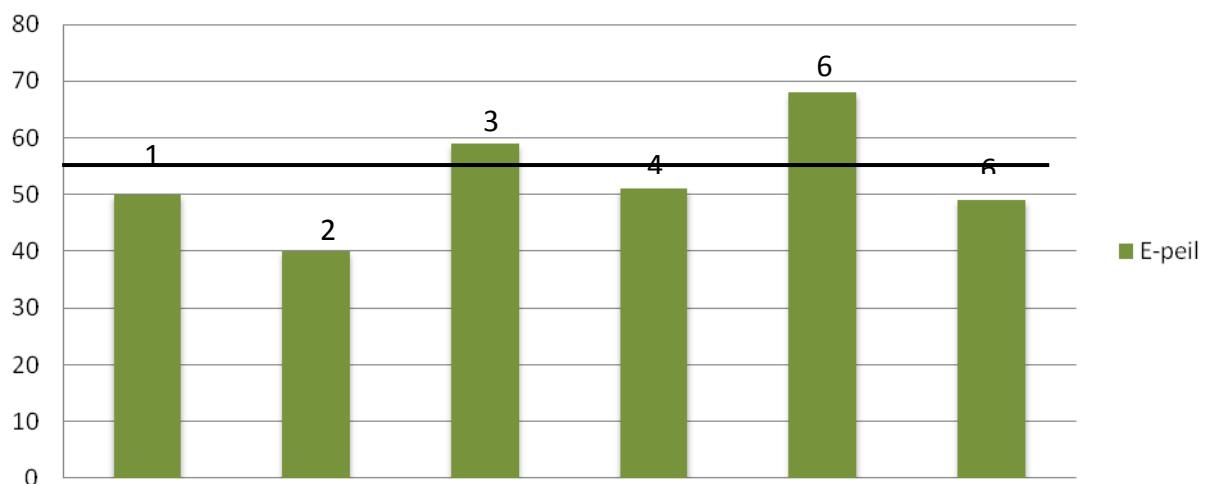
Op basis van bovenstaande analyse van de pilootprojecten wordt voorgesteld de aangepaste PHPP-tool te gebruiken om de netto energiebehoefte voor koeling en verwarming te berekenen.

Aangezien een aangepaste E-peilberekening op korte termijn niet erkend kan worden, wordt het E-peil bepaald aan de hand van de originele EPB-software. De nieuwe randvoorwaarden worden niet geïmplementeerd.

2 Analyse pilootprojecten

In deze deeltaak worden de implementatie van de rekenmethode en de vooropgestelde gebruikskarakteristieken getoetst aan de hand van de zes pilootprojecten. Elk van de 6 pilootprojecten wordt doorgerekend m.b.v. beide rekenmethodes. Hierbij is het studieteam vertrokken van de beschikbare data in de oorspronkelijke EPB en PHPP-files.

2.1 E-peil



grafiek 11: E-peil berekening voor school 1, 2, 3, 4 en 6

Aangezien een aangepaste E-peil berekening op korte termijn niet erkend wordt, wordt het E-peil bepaald aan de hand van de originele EPB-software. De nieuwe randvoorwaarden worden niet geïmplementeerd. Dit heeft als gevolg dat de eis voor het primair energieverbruik in bepaalde gevallen slechts voor een deel van het gebouw (excl.sporthal, ateliers) zal bepaald worden.

Bij analyse van het E-peil van de pilootprojecten (zie grafiek 11) blijkt dat slechts 2 scholen niet voldoen aan de eis. Echter, voor deze betreffende berekeningen werd voor de verlichting uitgegaan van de hoge forfaitaire waarde. Na implementatie van een gedetailleerde berekening van de verlichting mogen we verwachten dat ook voor de deze scholen het E55-criteria moet kunnen gehaald worden.

2.2 Aandachts- en verbeterpunten ontwerp passiefschool

Op basis van de analyse van de resultaten van de pilootprojecten kunnen enkele belangrijke conclusies getrokken. Hieruit volgen aandachts- en verbeterpunten die belangrijk zijn bij het uitwerken van een goed ontwerp van een passiefschool wat betreft:

- Compactheid
- Vensteroppervlakte en –oriëntatie
- Berekening geconditioneerd vloeroppervlakte
- Overige aandachtspunten

Onderstaande Tabel 23 geeft de impact van de compactheid op de netto-energiebehoefte voor verwarming weer. Hieruit blijkt dat scholen 4 en 5 een lage compactheid moeten compenseren met zeer lage U-waardes voor wand en dak om de eis voor netto-energiebehoefte voor verwarming te behalen. Daarnaast geeft school 2 aan dat een hoge compactheid de ruimte geeft om in een deel van het gebouw met dubbele i.p.v. drievoudige beglazing te werken. Hieruit kunnen we concluderen dat een grote compactheid een noodzakelijke voorwaarde is om het vereiste criterium op een kostenefficiënte wijze te behalen.

| | school 1 | school 2 | school 3 | school 4 | school 5 |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| • compactheid V/A | 2.13 | 2.18 | 2.32 | 1.65 | 1.89 |
| • <u>U-waarde</u> | | | | | |
| - vloer | 0.15 | 0.15 | 0.17 | 0.20 | 0.11 |
| - wand | 0.11 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.09 |
| - dak | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.07 | 0.10 |
| • <u>η_{WTW}</u> | 0.80 | 0.85 | 0.88 | 0.85 | 0.75 |
| <u>netto-energiebehoefte</u> | 14.01 | 11.53 | 14.98 | 15.16 | 13.68 |

Tabel 23: Belang optimalisatie compactheid (PHPP)

Tabel 24 toont het belang van de optimalisatie van de oriëntatie van de vensters. Deze tabel toont de spreiding van de vensteroppervlakte over de verschillende oriëntaties en de verhouding tussen de zonwinsten en de vensteroppervlakte. Om te voldoen aan het criterium van de netto energievraag voor verwarming is het belangrijk een evenwichtige balans tussen transmissieverliezen enerzijds en zonwinsten door de vensters anderzijds te bewaren.

| | school 1 | school 2 | school 3 | school 4 | school 5 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| raampercentage N [%] | 22 | 15 | 47 | 34 | 13 |
| raampercentage O [%] | 40 | 29 | 13 | 19 | 0 |
| raampercentage Z [%] | 13 | 24 | 31 | 28 | 79 |
| raampercentage W [%] | 12 | 30 | 10 | 18 | 9 |
| Totaal [m ²] | 509.55 | 233.02 | 365.05 | 598.07 | 166.55 |
| verhouding zonwinsten/vensteroppervlakte | 0.06 | 0.12 | 0.05 | 0.11 | 0.21 |

Tabel 24: belang optimalisatie oriëntatie

Tenslotte blijkt uit onderstaande Tabel 25 ook het belang van een correcte bepaling van het geconditioneerde vloeroppervlak en verliesoppervlakken. Afwijkingen hebben een niet te verwaarlozen invloed op de resultaten van de berekening.

Overige aandachtspunten zijn:

- De reductiefactor naar een aangrenzend onverwarmde ruimte moeten volgens NBN 62-002
- De vliesgevelramen moeten ingegeven worden als aparte ramen i.p.v. als 1 raam
- Het effectief aantal ventilatie-units moet ingegeven worden i.p.v. 1 fictief geheel
- Let op met foutieve lambdawaardes, optimistische WTW-rendementen en zonweringsystemen en foutieve overgangsheerstanden,...
- Er bestaat verwarring tussen v_{50} en n_{50} -waardes voor luchtdichtheid van het gebouw
- Er mogen geen veranderingen aangebracht worden in datasets als bodemeigenschappen, die nog niet bewezen zijn

| | school 1 | school 2 | school 3 | school 4 |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| geconditioneerde oppervlakte_PHPP | 3746.80 | 932.00 | 2449.60 | 1062.00 |
| geconditioneerde oppervlakte_EPB | 2737.00 | 932.00 | 2422.00 | 1013.00 |
| netto-energiebehoefte_1 | 14.01 | 11.53 | 14.98 | 15.16 |
| netto-energiebehoefte_2 | 19.18 | 11.53 | 15.15 | 15.89 |

Tabel 25: invloed geconditioneerde vloeroppervlakte op de netto energieberekening voor verwarming

3 Handleiding bij beoordelingsinstrument voor energievraag voor verwarming en koeling

Uit de implementatie van de randvoorwaarden werd besloten de netto energievraag voor verwarming en koeling in passiefscholen te berekenen met de aangepaste PHPP-tool. Enkele nieuwe rekenbladen werden hiervoor ontwikkeld en toegevoegd aan de oorspronkelijke PHPP-berekening. :

- lokalen
- ventilatie scholen
- ventilatieverliezen units
- IWW scholen

Daarnaast worden aan enkele bestaande rekenbladen aanpassingen aangebracht om de verwerking van de randvoorwaarden te vergemakkelijken. De rekenbladen zijn zodanig ontwikkeld dat de extra input tot een minimum wordt beperkt. Over algemeen verloopt de input analoog aan de bestaande versie van PHPP. De rekenmethode werd niet gewijzigd.

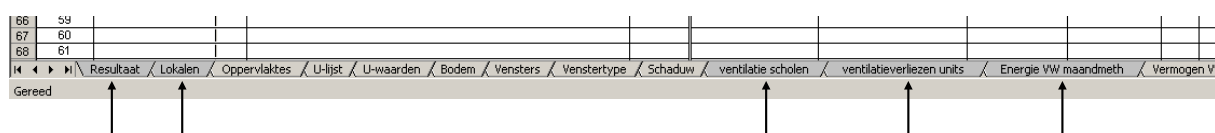
Hieronder is een korte handleiding gegeven om de gebruiker te begeleiden bij het invullen van deze nieuwe PHPP-tool. Er werd vanuit gegaan dat de gebruiker reeds ervaring had met de oorspronkelijke PHPP-berekening.

3.1 Een aangepaste versie van de PHPP-rekentool - handleiding

In de nieuwe PHPP voor scholen hebben een aantal tabbladen een donkergrijze kleur gekregen. Het gaat om bladen die ten opzichte van de standaard PHPP ofwel nieuw, ofwel gewijzigd zijn. Het doel van deze ingrepen is drieledig:

- Het aanpassen van de benodigde ingaveparameters i.f.v. de lokaaltypes, vastgelegd in WP1
- Het verwerken van de opgegeven lokaaldata in de energiebalans
- Het uitbreiden van de ingavemogelijkheden: meerdere ventilatie-units, aardwarmte-wisselaars, sturing per lokaal, ...

De nieuwe werkbladen zijn 'Lokalen', 'Ventilatie scholen', 'Ventilatieverliezen units' en 'IWW scholen'. De tabbladen 'Resultaat', 'Energie VW maandmethode', 'Energie koeling' en 'ZomVent' werden gewijzigd.



3.2 Werkblad 'Resultaat'

Nieuw op het werkblad 'Resultaat' is de weergave van de compactheidsgraad; een belangrijke ontwerpparameter voor de kostenefficiëntie van de scholen.

Verder worden ook het fictieve aantal personen en de gemiddelde comfort- en binnentemperaturen weergegeven waarmee de software voor de zomer- en wintersituatie rekent. Deze zijn afhankelijk van de gekozen lokaaltypes en het aandeel dat hen wordt toegekend in het schoolgebouw.

Tenslotte worden de energiekegetallen voor verwarming en koeling weergegeven, voor de scholen steeds bepaald volgens de maandmethode, alsook het resultaat van de pressurisatieproef.

✂

| | | | |
|----------------------|-----|---|---------|
| Bouwjaar: | | gemiddelde comforttemperatuur winter | 19,9 °C |
| Aantal wooneenheden: | | gemiddelde binnentemperatuur winter (24h) | 19,3 °C |
| Aantal personen: | 260 | gemiddelde comforttemperatuur zomer | 24,0 °C |
| | | gemiddelde binnentemperatuur zomer (24h) | 24,0 °C |

| Specifiek verbruik gerefereerd naar de geconditioneerde vloeroppervlakte | |
|--|-----------------------|
| Geconditioneerd volume: | 3075,3 m ³ |
| Brutovolume: | 4036,0 m ³ |
| Geconditioneerde vloeroppervlakte: | 908,2 m ² |
| Compactheidsgraad: | 2,1 m |

| | | | | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------|----------|----|
| Energiekegetal ruimteverwarming: | Gebruikt: maandmethode | 13,47 kWh/(m ² a) | PH Certificaat: | 15 kWh/(m ² a) | Voldaan? | ja |
| | Energiekegetal ruimtekoeling: | 5,83 kWh/(m ² a) | | 15 kWh/(m ² a) | | ja |
| Resultaat luchtdichtheidstest gebouwschil: | | 0,54 h ⁻¹ | | 0,6 h ⁻¹ | | ja |
| Primaire energie kegetal (SWW, VW, koeling, hulp- en huishoudelekt.): | | kWh/(m ² a) | | 120 kWh/(m ² a) | | |
| Primaire energie kegetal (SWW, verwarming en hulpstroom): | | kWh/(m ² a) | | | | |
| Primaire energie kegetal Energiebesparing door zonnestroom: | | kWh/(m ² a) | | | | |
| Verwarmingsvermogen: | | 7 W/m ² | | | | |
| Temperatuuroverschrijdingsfrequentie: | | % | boven | 24 °C | | |
| Koellast: | | W/m ² | | | | |

3.3 Werkblad 'Lokalen'

In dit nieuwe tabblad worden bovenaan een aantal gebouwgegevens opgevraagd. Voor de ingave van het schooltype zijn twee opties: basisonderwijs of secundair onderwijs. De interne warmtecapaciteit van het gebouw, in de standaard PHPP te vinden op het werkblad 'Zomer', wordt nu op dit werkblad opgegeven conform NBN EN 13790:2008.

| | |
|---------------------------------|--|
| definieer het type schoolgebouw | definieer de interne warmtecapaciteit van het schoolgebouw |
| kleuter/lager | halfzware constructie |

In de tweede tabel van het werkblad wordt voor elk lokaal een beschrijving opgegeven, bij voorkeur in overeenkomst met de gebruikte lokaalbenamingen op plan. Deze lokaalbeschrijving dient ook als hulp voor de berekenaar op de volgende werkbladen, waar ze automatisch wordt hernomen.

Voor de ingave van de lokaaltypologie wordt gebruik gemaakt van een keuzemenu, waarin al de uitgewerkte profielen zijn opgelijst. Het nummer naast dat menu kan in excel gemakkelijk worden doorgevoerd wanneer er meerdere lokalen zijn met dezelfde typologie - dit geldt meteen ook voor alle keuzemenu's in de nieuwe werkbladen.

| definieer de typologie en ruimtegeometrie van de lokalen | | | |
|--|--------------|------------------------------------|----|
| lokaal nr | beschrijving | type | |
| 1 | klas 1A | leslokaal kleuter en lagere school | 1 |
| 2 | klas 1B | leslokaal kleuter en lagere school | 1 |
| 3 | klas 2A | leslokaal kleuter en lagere school | 1 |
| 4 | klas 2B | leslokaal kleuter en lagere school | 1 |
| 5 | | | 0 |
| 6 | refter | refter kleuter en lagere school | 5 |
| 7 | sanitair | sanitair kleuter en lagere school | 52 |
| 8 | | | 0 |
| 9 | | | 0 |
| 10 | | | 0 |

Voor elk van de lokalen wordt de netto vloeroppervlakte ingegeven. Belangrijk is dat de som van de lokaaloppervlaktes overeenstemt met de totale netto vloeroppervlakte van het beschermd volume conform B06-002. Voor elk lokaal moet ook de interne ruimtehoogte worden ingevoerd. De som van de resulterende volumes moet dan overeenstemmen met het totale geconditioneerde volume van het gebouw. De correctheid van dit volume is bijvoorbeeld belangrijk voor de berekening van de ventilatieverliezen.

| oppervlakte [m²] | interne hoogte [m] | V [m³] | bezettingsdichtheid [m²/persoon] | bezettingsdichtheid praktische vakken ingave conform fysische norm [m²/persoon] |
|------------------|--------------------|---------|----------------------------------|---|
| 49,00 | 3,00 | 147,00 | 2,5 | |
| 50,00 | 3,00 | 150,00 | 2,5 | |
| 50,00 | 3,20 | 160,00 | 2,5 | |
| 51,00 | 3,20 | 163,20 | 2,5 | |
| | | | | |
| 300,00 | 6,50 | 1950,00 | 1,5 | ∞ |
| 20,00 | 2,90 | 58,00 | > | ∞ |
| | | | | ∞ |
| | | | | |
| | | | | |

Overeenkomstig het gekozen lokaaltype wordt de bezettingsdichtheid weergegeven.

✂

| | aantal | x (| a [m] | x | b [m] | + | eigen berekening [m ²] | - | afrok [m ²] |) = | oppervlakte [m ²] | interne hoogte [m] | V [m ³] |
|---|--------|-----|----------|---|-------|---|------------------------------------|---|-------------------------|-----|-------------------------------|--------------------|---------------------|
| ▼ | 1 | 1 | x (7,00 | x | 7,00 | + | | - | |) = | 49,00 | 3,00 | 147,00 |
| ▼ | 1 | 1 | x (| x | | + | 50,00 | - | |) = | 50,00 | 3,00 | 150,00 |
| ▼ | 1 | 1 | x (| x | | + | 50,00 | - | |) = | 50,00 | 3,20 | 160,00 |
| ▼ | 1 | 1 | x (8,00 | x | 8,00 | + | | - | 13,00 |) = | 51,00 | 3,20 | 163,20 |
| ▼ | 0 | | x (| x | | + | | - | |) = | | | |
| ▼ | 5 | 1 | x (| x | | + | 300,00 | - | |) = | 300,00 | 6,50 | 1950,00 |
| ▼ | 52 | 1 | x (| x | | + | 20,00 | - | |) = | 20,00 | 2,90 | 58,00 |
| ▼ | 0 | | x (| x | | + | | - | |) = | | | |
| ▼ | 0 | | x (| x | | + | | - | |) = | | | |
| ▼ | 0 | | x (| x | | + | | - | |) = | | | |

Uitzondering zijn de lokalen voor praktische vakken: de verandering van celkleur geeft aan dat voor deze lokalen een aparte ingave vereist is. Deze wordt berekend a.d.h.v. de fysische en financiële norm, te vinden op de website van AGION.

3.4 Werkblad 'Ventilatie scholen'

Dit nieuwe werkblad bestaat uit vijf tabellen die elk een verschillende schaal behandelen:

- de resultaten van de luchtdichtheidstest op het gebouw
- een tabel met type en dimensies van aardwarmtewisselaars
- de eigenschappen van de ventilatietoestellen
- de gecontroleerde ventilatiedebieten per lokaal
- de bijkomende ventilatiedebieten per lokaal i.f.v. vervuilende activiteiten

De eerste tabel met de gegevens van de pressurisatieproef is geheel analoog aan de standaard PHPP en gekoppeld aan de berekening van de infiltratieverliezen. Opgelet: $n_{50} \neq v_{50}$!

definieer de gebouwparameters

| test nr | n50 [h ⁻¹] | intern volume V [m ³] | infiltratieventilatievoud volgens EN 13790 | | windbeschuttings coëfficiënt, e | windbeschuttings coëfficiënt, f | |
|---------|------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----|
| 1 | 0,54 | 3075,34 | hoge beschutting | ▼ 3 meerdere zijden blootgesteld ▼ | 2 | 0,04 | 15 |

De rekenmethodiek om de effectiviteit van de aardwarmtewisselaars te bepalen, werd ontwikkeld door de Universiteit Gent (Vakgroep architectuur en stedenbouw: Arnold Janssens, Michel De Paepe, Marijke Steeman). Vereist hiervoor zijn een ingave van het type warmtewisselaar, bodem-lucht of bodem-vloeistof, en de toegepaste dimensies. Voor bodem-vloeistof geeft een verandering van celkleur aan dat twee bijkomende ingaves worden gevraagd: het debiet doorheen de grondlus en de effectiviteit van de water-lucht warmtewisselaar - deze zet de energie uit de grondlus over op de ventilatielucht (standaardwaarde: 0,7). De plaatsingsdiepte van de aardwarmtewisselaar is nog niet geïntegreerd in deze rekenmethodiek: basisregel is dat de bovenkant van de grondbuis minstens 1,5 m onder het oppervlak moet liggen.

definieer de aardwarmtewisselaar(s)

| AWW nr | beschrijving | type AWW | diepte [m] | aantal buizen | Ø [mm] | lengte [m] | wanddikte [mm] | indien bodem-vloeistof | | |
|--------|--------------|-----------------|------------|---------------|--------|------------|----------------|------------------------|---------------------------|-----|
| | | | | | | | | Q (l/h) | effectiviteit water/lucht | |
| 1 | AWW 1 | bodem-vloeistof | 2 | 3 | 1 | 80 | 200 | 5 | 500 | 0,7 |
| 2 | AWW 2 | bodem-lucht | 1 | 3 | 4 | 300 | 40 | 5 | | |
| 3 | | | 0 | | | | | | | |
| 4 | | | 0 | | | | | | | |
| 5 | | | 0 | | | | | | | |

In de PHPP voor de scholen kunnen momenteel tot 15 ventilatie-units worden ingegeven. Bovendien kunnen nu aan eenzelfde aardwarmtewisselaar meerdere units worden toegekend; wanneer u het AWW-nummer invult, wordt ter bevestiging de beschrijving van de aardwarmtewisselaar weergegeven.

In tegenstelling tot de standaard PHPP wordt de specific fan power voor de scholen nu per ventilator ingegeven. Ook de impact van het lekpercentage over de bypass in de winter en de WTW in de zomer kunnen nu berekend worden.

Voor de locatie van het toestel zijn er 4 keuzemogelijkheden: binnen, kelder, buiten of aangrenzend onverwarmde ruimte. In het laatste geval geeft de verandering van celkleur terug aan dat een bijkomende ingaveparameter vereist is: de temperatuurfactor X. Deze wordt op dezelfde manier bepaald als de temperatuurfactor X in het tabblad 'Oppervlaktes': 0% wanneer adiabatisch, 100% wanneer temperatuur AOR = temperatuur buiten.

definieer de ventilatie-unit(s) met warmteregwinning

| ventilatie-unit nr | beschrijving | AWW nr | toegekend aan AWW | SFP per ventilator [W/m ²] | η _{WTW} [%] | ventilatie-unit | | locatie toestel | indien AOR: temperatuurfactor X |
|--------------------|--------------|--------|-------------------|--|----------------------|--|---|--------------------------------|---------------------------------|
| | | | | | | automatisch WTW-percentages winter [%] | automatisch bypasspercentages zomer [%] | | |
| 1 | unit 1 | 1 | AWW 1 | 0,225 | 78,00% | 100,00% | 100,00% | binnen het beschermd volume | 1 |
| 2 | unit 2 | 1 | AWW 1 | 0,225 | 78,00% | 100,00% | 100,00% | binnen het beschermd volume | 1 |
| 3 | unit 3 | 2 | AWW 2 | 0,175 | 78,00% | 100,00% | 100,00% | aangrenzend onverwarmde ruimte | 4 |
| 4 | unit 4 | 2 | AWW 2 | 0,225 | 78,00% | 100,00% | 100,00% | aangrenzend onverwarmde ruimte | 4 |
| 5 | | | | | | | | | 0 |
| 6 | | | | | | | | | 0 |
| 7 | | | | | | | | | 0 |
| 8 | | | | | | | | | 0 |
| 9 | | | | | | | | | 0 |
| 10 | | | | | | | | | 0 |
| 11 | | | | | | | | | 0 |
| 12 | | | | | | | | | 0 |
| 13 | | | | | | | | | 0 |
| 14 | | | | | | | | | 0 |
| 15 | | | | | | | | | 0 |

De ingaves voor de psiwaardeberekening van de kanalen blijven dezelfde als in de standaard PHPP.

| X | Ψ-waarde pulsie- resp. buitenluchtkanaal | | | | | Ψ-waarde extractie- resp. afvoerluchtkanaal | | | | | | |
|---|--|-----------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|---|-----------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|---|-------|
| | lengte [m] | nominale breedte [mm] | isolatiedikte [mm] | reflectorisolatie | thermische geleidbaarheid [W/(mK)] | lengte [m] | nominale breedte [mm] | isolatiedikte [mm] | reflectorisolatie | thermische geleidbaarheid [W/(mK)] | | |
| | 4,00 | 400 | 50 | ja | 1 | 0,041 | 5,00 | 400 | 50 | ja | 1 | 0,041 |
| | 4,00 | 400 | 50 | ja | 1 | 0,041 | 5,00 | 400 | 50 | ja | 1 | 0,004 |
| | 3,50 | 400 | 50 | nee | 2 | 0,041 | 6,00 | 400 | 50 | nee | 2 | 0,041 |
| | 3,50 | 400 | 50 | nee | 2 | 0,041 | 6,00 | 400 | 50 | nee | 2 | 0,041 |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |
| | | | | | 0 | | | | | | 0 | |

In de volgende tabel worden de lokaalbeschrijvingen, zoals ingegeven in het werkblad 'Lokalen', hernomen samen met andere parameters zoals lokaaltype, oppervlakte en hoogte, die belangrijk zijn voor de berekening van de gecontroleerde ventilatieverliezen.

De berekenaar kent toe aan welke unit elk lokaal is toegekend: de beschrijving van de unit verschijnt dan ter bevestiging.

definieer de hygiënische ventilatiebehoefte

| lokaal nr | beschrijving | ventilatie-unit nr | toegekend aan ventilatie-unit | lokaaltype nr | A _{lokaal} [m ²] | V _{lokaal} [m ³] |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | klas 1A | 1 | unit 1 | 1 | 49,00 | 147,00 |
| 2 | klas 1B | 1 | unit 1 | 1 | 50,00 | 150,00 |
| 3 | klas 2A | 2 | unit 2 | 1 | 50,00 | 160,00 |
| 4 | klas glastechniek | 4 | unit 4 | 93 | 51,00 | 163,20 |
| 5 | | | | | | |
| 6 | sanitair | 4 | unit 4 | 52 | 300,00 | 1950,00 |
| 7 | klas hoekclassers | 3 | unit 3 | 105 | 20,00 | 58,00 |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |

Vervolgens wordt, een keer voor de zomer en een keer voor de winter, het werkelijk voorziene pulsiedebiet ingegeven per persoon. Dit debiet moet het hele jaar minstens voldoen aan de IDA-3 waarde die vastgelegd werd voor het betreffende lokaaltype. Naast de IDA-3 waarde worden ook de IDA-2 en -1 waardes vermeld als referentie. Lokalen die als doorstroom- of extractieruimte worden beschouwd, hebben voor de berekening van de ventilatieverliezen een nuldebiet. Het sturingstype heeft voor deze lokalen geen invloed.

| V _{lokaal} [m ³] | werkelijk voorziene pulsielucht per persoon winter [m ³ /(P*h)] | werkelijk voorziene pulsielucht per persoon zomer [m ³ /(P*h)] | MET-gerelateerde referentiewaardes | | |
|---------------------------------------|--|---|--|--|---|
| | | | IDA 1 ≤ 400 ppm CO ₂ boven buitenniveau | IDA 2 400 - 600 ppm CO ₂ boven buitenniveau | IDA 3 600 - 1000 ppm CO ₂ boven buitenniveau |
| 147,00 | | | 54 | 36 | 22 |
| 150,00 | | | 54 | 36 | 22 |
| 160,00 | | | 54 | 36 | 22 |
| 163,20 | | | 108 | 67 | 44 |
| 1950,00 | | | 0 | 0 | 0 |
| 58,00 | | | 108 | 67 | 44 |
| | | | | | |
| | | | | | |

Voldoet de ingave aan de IDA-3 eis, dan verdwijnt de rode celarcering.

| V _{lokaal} [m ³] | werkelijk voorziene pulsieelucht per persoon winter [m ³ /(P*h)] | werkelijk voorziene pulsieelucht per persoon zomer [m ³ /(P*h)] | MET-gerelateerde referentiewaarden | | |
|--|---|--|--|--|---|
| | | | IDA 1 ≤ 400 ppm CO ₂ boven buitenniveau | IDA 2 400 - 600 ppm CO ₂ boven buitenniveau | IDA 3 600 - 1000 ppm CO ₂ boven buitenniveau |
| 147,00 | 22 | 30 | 54 | 36 | 22 |
| 150,00 | 22 | 30 | 54 | 36 | 22 |
| 160,00 | 22 | 30 | 54 | 36 | 22 |
| 163,20 | 44 | 44 | 108 | 67 | 44 |
| 1950,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 58,00 | 44 | 44 | 108 | 67 | 44 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Voor elk lokaal wordt tenslotte ook de sturing ingegeven voor de winter- en zomersituatie. Mogelijkheden zijn aan/uit- of kloksturing, aanwezigheidssturing en CO2-sturing.

| | MET-gerelateerde referentiewaarden | | | sturing winter | sturing zomer |
|--|--|--|---|------------------------------------|------------------------------------|
| | IDA 1 ≤ 400 ppm CO ₂ boven buitenniveau | IDA 2 400 - 600 ppm CO ₂ boven buitenniveau | IDA 3 600 - 1000 ppm CO ₂ boven buitenniveau | | |
| | 54 | 36 | 22 | aan/uit-sturing of kloksturing ▼ 1 | aan/uit-sturing of kloksturing ▼ 1 |
| | 54 | 36 | 22 | aan/uit-sturing of kloksturing ▼ 1 | aan/uit-sturing of kloksturing ▼ 1 |
| | 54 | 36 | 22 | aan/uit-sturing of kloksturing ▼ 1 | aan/uit-sturing of kloksturing ▼ 1 |
| | 108 | 67 | 44 | vraagsturing ▼ 3 | vraagsturing ▼ 3 |
| | | | | ▼ 0 | ▼ 0 |
| | 0 | 0 | 0 | aanwezigheidssturing ▼ 2 | aanwezigheidssturing ▼ 2 |
| | 108 | 67 | 44 | vraagsturing ▼ 3 | vraagsturing ▼ 3 |
| | | | | ▼ 0 | ▼ 0 |
| | | | | ▼ 0 | ▼ 0 |
| | | | | ▼ 0 | ▼ 0 |

In de vijfde en laatste tabel op dit werkblad worden per lokaal ook de bijkomende ventilatiedebieten i.f.v. vervuilende activiteiten ingegeven. Op de lijnen met een lokaalttype “praktijklokaal (labo)” verandert de cel voor de ingave van de zuurkasten van kleur: hier wordt de totale oppervlakte van de werkopening(en) opgegeven.

definieer de hygiënische ventilatiebehoefte

| lokaal nr | beschrijving |
|-----------|-------------------|
| 1 | labo |
| 2 | klas 1B |
| 3 | klas 2A |
| 4 | klas glastechniek |
| 5 | |
| 6 | keuken |
| 7 | klas hoekclassers |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

definieer de extra ventilatiebehoefte ifv vervuilende activiteiten

| zuurkasten labo's | extra ventilatiedebieten voor praktische vakken | | |
|---|---|--|---|
| totale oppervlakte van de werkopeningen [m ²] | categorie activiteiten | extra debiet met warmterecuperatie [m ³ /m ² .h] | extra debiet zonder warmterecuperatie [m ³ /m ² .h] |
| 3,50 | | | |
| | | | |
| | 2 | 15,00 | 0,00 |
| | | | |
| | | | |
| | 3 | 12,00 | 3,00 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

De lokalen voor praktische vakken worden opgedeeld in 3 categorieën afhankelijk van het type van activiteit en de graad van vervuiling die daarmee gepaard gaat: de eerste categorie heeft geen bijkomend ventilatiedebiet (weinig vervuiling), de tweede heeft een extra debiet met WTW, de derde categorie heeft een extra debiet dat deels met WTW en deels zonder WTW wordt gerekend. De software toont voor elk van deze lokalen de gebruikte waardes - deze zijn onveranderlijk.

definieer de hygiënische ventilatiebehoefte

| lokaal nr | beschrijving |
|-----------|-------------------|
| 1 | labo |
| 2 | klas 1B |
| 3 | klas 2A |
| 4 | klas glastechniek |
| 5 | |
| 6 | keuken |
| 7 | klas hoeklassers |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

definieer de extra ventilatiebehoefte ifv vervuulende activiteiten

| zuurkasten labo's | extra ventilatiedebieten voor praktische vakken | | |
|---|---|--|---|
| totale oppervlakte van de werkopeningen [m ²] | categorie activiteiten | extra debiet met warmterecuperatie [m ³ /m ² .h] | extra debiet zonder warmterecuperatie [m ³ /m ² .h] |
| 3,50 | | | |
| | | | |
| | 2 | 15,00 | 0,00 |
| | | | |
| | 3 | 12,00 | 3,00 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Bij keukens wordt automatisch een extra debiet berekend voor de dampkap(en): de berekenaar geeft aan of er warmterugwinning is voorzien of niet. Is dat het geval dan worden de karakteristieken van deze unit apart beschreven bij de ventilatie-units (tabel op hetzelfde werkblad) en wordt het nummer van deze ventilatie-unit ingevuld onder 'extra ventilatiedebieten voor keukens'.

definieer de hygiënische ventilatiebehoefte

| lokaal nr | beschrijving |
|-----------|-------------------|
| 1 | labo |
| 2 | klas 1B |
| 3 | klas 2A |
| 4 | klas glastechniek |
| 5 | |
| 6 | keuken |
| 7 | klas hoeklassers |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

extra ventilatiedebieten voor keukens

| locatie | extra debiet [m ³ /m ² .h] | dampkap met warmterecuperatie? (0/1) | indien warmterecuperatie | |
|---------|--|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | | ventilatie-unit nr | toegekend aan ventilatie-unit |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | 80,00 | 0 | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

definieer de hygiënische ventilatiebehoefte

| lokaal nr | beschrijving |
|-----------|-------------------|
| 1 | labo |
| 2 | klas 1B |
| 3 | klas 2A |
| 4 | klas glastechniek |
| 5 | |
| 6 | keuken |
| 7 | klas hoeklassers |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

extra ventilatiedebieten voor keukens

| locatie | extra debiet [m ³ /m ² .h] | dampkap met warmterecuperatie? (0/1) | indien warmterecuperatie | |
|---------|--|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | | ventilatie-unit nr | toegekend aan ventilatie-unit |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | 80,00 | 1 | 4 | unit 4 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

3.5 Werkblad 'Ventilatieverliezen units'

Op dit werkblad worden de gecontroleerde verliezen berekend van elke ventilatie-unit. Er moeten geen gegevens worden ingevoerd.

3.6 Werkblad 'ZomVent'

Begin- en eindtijdstip van de natuurlijke zomerventilatie zijn in de PHPP voor de scholen keuzemenu's geworden, aangepast aan de tijdsintervallen van de verschillende lokaaltypes.

| Beschrijving | | dagventilatie | nachtventilatie |
|-------------------------------------|------|---|-----------------------------|
| Beschrijving | Type | natuurlijke dagventilatie / mechanische afv | natuurlijke nachtventilatie |
| Begintijdstip opening [h, decimaal] | | 8,00 | 17,67 |
| Eindtijdstip opening [h, decimaal] | | 16,67 | 6,00 |
| Aandeel openingsduur | | 72% | 100% |
| Klimaat randvoorwaarden | | | |
| Temperatuurverschil Binnen - Buiten | | 4 | 1 |
| Windsnelheid | | 1 | 0 |

3.7 Werkblad 'IWW scholen'

Het nieuwe werkblad 'IWW scholen' berekent voor elk lokaal de maandelijkse interne warmtewinsten voor personen, apparaten en verlichting. Voor de eerste twee hoeft de berekenaar geen ingave te maken: hier worden automatisch de ogenblikkelijke warmteafgifte en het intervalprofiel opgehaald, die overeenkomen met het gekozen lokaaltipe.

| definieer de IWW-parameters voor pe | | IWWpers [kWh] | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|--------|--------|--------|--------|
| lokaal nr | beschrijving | jan | feb | maa | apr | mei | jun | jul | aug | sep | okt | nov | dec |
| 1 | labo | 158,89 | 153,93 | 178,75 | 79,45 | 173,79 | 178,75 | 0,00 | 0,00 | 178,75 | 178,75 | 178,75 | 134,06 |
| 2 | klas 1B | 102,74 | 99,14 | 115,36 | 51,37 | 112,65 | 115,36 | 0,00 | 0,00 | 115,36 | 115,36 | 115,36 | 86,52 |
| 3 | klas 2A | 102,74 | 99,14 | 115,36 | 51,37 | 112,65 | 115,36 | 0,00 | 0,00 | 115,36 | 115,36 | 115,36 | 86,52 |
| 4 | klas glastechniek | 86,13 | 83,44 | 96,90 | 43,07 | 94,21 | 96,90 | 0,00 | 0,00 | 96,90 | 96,90 | 96,90 | 72,68 |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | keuken | 608,00 | 589,00 | 684,00 | 304,00 | 665,00 | 684,00 | 0,00 | 0,00 | 684,00 | 684,00 | 684,00 | 513,00 |
| 7 | klas hoekklassers | 40,53 | 39,27 | 45,60 | 20,27 | 44,33 | 45,60 | 0,00 | 0,00 | 45,60 | 45,60 | 45,60 | 34,20 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |

ogenblikkelijke warmte-afgifte & gebruiksaanwezigheidsprofiel

| definieer de IWW-parameters voor pe | | IWWapp [kWh] | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|------|---------|---------|---------|---------|
| lokaal nr | beschrijving | jan | feb | maa | apr | mei | jun | jul | aug | sep | okt | nov | dec |
| 1 | labo | 5,23 | 5,06 | 5,88 | 2,61 | 5,72 | 5,88 | 0,00 | 0,00 | 5,88 | 5,88 | 5,88 | 4,41 |
| 2 | klas 1B | 4,51 | 4,35 | 5,06 | 2,25 | 4,94 | 5,06 | 0,00 | 0,00 | 5,06 | 5,06 | 5,06 | 3,79 |
| 3 | klas 2A | 4,51 | 4,35 | 5,06 | 2,25 | 4,94 | 5,06 | 0,00 | 0,00 | 5,06 | 5,06 | 5,06 | 3,79 |
| 4 | klas glastechniek | 136,00 | 131,75 | 153,00 | 68,00 | 148,75 | 153,00 | 0,00 | 0,00 | 153,00 | 153,00 | 153,00 | 114,75 |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | keuken | 2560,00 | 2480,00 | 2880,00 | 1280,00 | 2800,00 | 2880,00 | 0,00 | 0,00 | 2880,00 | 2880,00 | 2880,00 | 2160,00 |
| 7 | klas hoekklassers | 53,33 | 51,67 | 60,00 | 26,67 | 58,33 | 60,00 | 0,00 | 0,00 | 60,00 | 60,00 | 60,00 | 45,00 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |

De interne warmtewinsten voor verlichting vereisen wel input: daar moet de werkelijk geïnstalleerde verlichtingssterkte voor elk lokaal worden opgegeven. Deze moet minstens even groot zijn als de weergegeven referentiewaarde, die werd vastgelegd voor elk lokaaltype. Wordt voldaan aan deze minimumeis, dan verdwijnt de rode celkleur.

| werkelijk geïnstalleerde verlichtingssterkte [lux] | referentiewaarde minimale verlichtingssterkte [lux] | forfaitair geïnstalleerd vermogen [W/(m ² ·100 lux)] | sturing |
|--|---|---|---------|
| | 500 | 2 | |
| | 300 | 2 | |
| | 300 | 2 | |
| | 500 | 2 | |
| | | | |
| | 500 | 2 | |
| | 500 | 2 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Enkel de verlichtingssturing moet dan nog worden ingegeven. Opties zijn: geen sturing / veegsturing bij circulatie, sanitair, douches en kleedkamers; kloksturing / afvaltimer bij circulatie, sanitair, douches en kleedkamers en tenslotte ook aanwezigheidssturing.

| werkelijk geïnstalleerde verlichtingssterkte [lux] | referentiewaarde minimale verlichtingssterkte [lux] | forfaitair geïnstalleerd vermogen [W/(m ² ·100 lux)] | sturing |
|--|---|---|---|
| 500 | 500 | 2 | kloksturing / afvaltimer (circulatie, sanitair, douches en kleedkamers) |
| 500 | 300 | 2 | kloksturing / afvaltimer (circulatie, sanitair, douches en kleedkamers) |
| 500 | 300 | 2 | kloksturing / afvaltimer (circulatie, sanitair, douches en kleedkamers) |
| 500 | 500 | 2 | kloksturing / afvaltimer (circulatie, sanitair, douches en kleedkamers) |
| | | | |
| 500 | 500 | 2 | aanwezigheidssturing |
| 500 | 500 | 2 | aanwezigheidssturing |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Voorlopig is daglichtsturing nog niet in de rekenmethodiek geïntegreerd. De warmtewinsten voor verlichting worden berekend uit de verlichtingssterkte, het vermogen en het gekozen sturingsprofiel.

| | IWWverl [kWh] | | | | | | | | | | | |
|--------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|--------|--------|--------|--------|
| | jan | feb | maa | apr | mei | jun | jul | aug | sep | okt | nov | dec |
| amers) | 4 | 3 | 4 | 2 | 5 | 4 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| amers) | 14 | 14 | 16 | 7 | 15 | 16 | 0 | 0 | 16 | 16 | 16 | 12 |
| amers) | 52,81 | 51,17 | 59,41 | 26,40 | 57,75 | 59,41 | 0,00 | 0,00 | 59,41 | 59,41 | 59,41 | 44,56 |
| amers) | 47,66 | 46,00 | 53,53 | 23,83 | 52,25 | 53,53 | 0,00 | 0,00 | 53,53 | 53,53 | 53,53 | 40,14 |
| amers) | 47,66 | 46,00 | 53,53 | 23,83 | 52,25 | 53,53 | 0,00 | 0,00 | 53,53 | 53,53 | 53,53 | 40,14 |
| | 54,96 | 53,25 | 61,84 | 27,48 | 60,11 | 61,84 | 0,00 | 0,00 | 61,84 | 61,84 | 61,84 | 46,38 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | 320,00 | 310,00 | 360,00 | 160,00 | 350,00 | 360,00 | 0,00 | 0,00 | 360,00 | 360,00 | 360,00 | 270,00 |
| | 21,33 | 20,67 | 24,00 | 10,67 | 23,33 | 24,00 | 0,00 | 0,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 18,00 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

verlichtingssterkte & vermogen
sturingsprofiel

Rechts op het werkblad worden alle interne warmtewinsten gesommeerd per lokaal en maand. Tenslotte worden ze samengeteld voor het hele gebouw.

| IWWlokaal, maand [kWh] | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|------|---------|---------|---------|---------|
| jan | feb | maa | apr | mei | jun | jul | aug | sep | okt | nov | dec |
| 216,92 | 210,15 | 244,04 | 108,46 | 237,25 | 244,04 | 0,00 | 0,00 | 244,04 | 244,04 | 244,04 | 183,03 |
| 154,91 | 149,49 | 173,94 | 77,45 | 169,85 | 173,94 | 0,00 | 0,00 | 173,94 | 173,94 | 173,94 | 130,46 |
| 154,91 | 149,49 | 173,94 | 77,45 | 169,85 | 173,94 | 0,00 | 0,00 | 173,94 | 173,94 | 173,94 | 130,46 |
| 277,09 | 268,45 | 311,74 | 138,55 | 303,06 | 311,74 | 0,00 | 0,00 | 311,74 | 311,74 | 311,74 | 233,80 |
| | | | | | | | | | | | |
| 3488,00 | 3379,00 | 3924,00 | 1744,00 | 3815,00 | 3924,00 | 0,00 | 0,00 | 3924,00 | 3924,00 | 3924,00 | 2943,00 |
| 115,20 | 111,60 | 129,60 | 57,60 | 126,00 | 129,60 | 0,00 | 0,00 | 129,60 | 129,60 | 129,60 | 97,20 |
| | | | | | | | | | | | |



| IWWtotaal, maand [kWh] | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|------|---------|---------|---------|---------|
| jan | feb | maa | apr | mei | jun | jul | aug | sep | okt | nov | dec |
| 4407,04 | 4268,18 | 4957,27 | 2203,52 | 4821,01 | 4957,27 | 0,00 | 0,00 | 4957,27 | 4957,27 | 4957,27 | 3717,95 |

3.8 Werkblad 'Energie VW maandmethode'

De berekening van de energiebalans op dit werkblad is waar nodig aangepast om de data uit de lokaalprofielen te kunnen verwerken. Verder worden de resultaten anders uitgelezen: in tegenstelling tot de standaard PHPP, waar de verliezen naar buiten en de verliezen naar de bodem worden weergegeven, werd er voor de scholen gekozen de verliezen op te splitsen in transmissie, gecontroleerde ventilatie, extractie en infiltratie. Dit geeft de berekenaar een betere feedback over de verhoudingen tussen de vier verliesparameters.

| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Jaar | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------------------|
| transmissieverliezen | 5151,8 | 4652,8 | 4336,3 | 3494,8 | 2321,4 | 1612,5 | 899,6 | 926,3 | 1782,2 | 2772,2 | 3995,9 | 4783,7 | 36729 | kWh |
| gecontroleerde ventilatieverliezen units | 462,7 | 440,2 | 425,1 | 156,3 | 215,9 | 158,9 | 0,0 | 0,0 | 193,0 | 289,1 | 426,2 | 365,8 | 3133 | kWh |
| gecontroleerde extractieverliezen | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | kWh |
| infiltratieverliezen | 273,5 | 244,1 | 221,0 | 173,4 | 106,3 | 69,5 | 31,0 | 35,8 | 88,0 | 144,8 | 214,5 | 256,1 | 1858 | kWh |
| Som specifieke warmteverliezen | 6,5 | 5,9 | 5,5 | 4,2 | 2,9 | 2,0 | 1,0 | 1,1 | 2,3 | 3,5 | 5,1 | 6,0 | 45,9 | kWh/m ² |
| Zonnewinsten - noord | 89 | 169 | 276 | 414 | 558 | 584 | 586 | 582 | 951 | 231 | 168 | 73 | 3847 | kWh |
| Zonnewinsten - Oost | 235 | 430 | 730 | 1127 | 1513 | 1518 | 1596 | 1373 | 926 | 617 | 289 | 199 | 10553 | kWh |
| Zonnewinsten - Zuid | 331 | 469 | 688 | 837 | 972 | 914 | 957 | 943 | 781 | 617 | 364 | 257 | 8130 | kWh |
| Zonnewinsten - West | 271 | 434 | 751 | 1082 | 1386 | 1368 | 1333 | 1243 | 907 | 620 | 313 | 203 | 9912 | kWh |
| Zonnewinsten - Horiz. | 27 | 50 | 89 | 135 | 181 | 181 | 182 | 161 | 112 | 72 | 33 | 21 | 1243 | kWh |
| Zonnewinsten - opaak | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | kWh |
| Interne warmtewinsten | 1450 | 1401 | 1629 | 725 | 1589 | 1629 | 0 | 0 | 1629 | 1629 | 1629 | 1222 | 14536 | kWh |
| Som specifieke warmtewinsten | 2,6 | 3,2 | 4,6 | 4,8 | 6,8 | 6,8 | 5,1 | 4,6 | 5,2 | 4,2 | 3,0 | 2,2 | 53,2 | kWh/m ² |
| Benuttingsfactor warmtewinsten | 100% | 100% | 98% | 86% | 43% | 30% | 20% | 23% | 44% | 83% | 100% | 100% | 61% | |
| Verwarmingsverbruik | 3484 | 2391 | 883 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 1901 | 3430 | 12237 | kWh |
| Netto energiebehoefte voor verwarming | 3,8 | 2,6 | 1,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 2,1 | 3,8 | 13,5 | kWh/m ² |

3.9 Werkblad 'Energie koeling'

Net als in de winterbalans is hier de opdeling gemaakt in vier verliesparameters. Daarnaast zijn enkele aanpassingen gemaakt aan de rekenmethodiek. Voor de koelbehoefte rekent de standaard PHPP met een piekmaand in juli, de warmste maand met de hoogste zonne-instraling. Voor de certificatie van de scholen worden de zomermaanden echter niet in rekening genomen: de nieuwe software laat dan ook toe de zomermaanden als nulmaand te rekenen en de piekmaand in te stellen op juni, de warmste maand met de hoogste zonne-instraling na de zomermaanden.

Koelingsverbruik kWh/a kWh/(m²a) geconditioneerde vloeroppervlakte

Temperatuuramplitude zomer K

| | jan | feb | mrt | apr | mei | jun | jul | aug | sep | okt | nov | dec | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| maand | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Jaartotaal |
| Dagen | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 |
| Buitentemp. | 2,50 | 2,70 | 5,72 | 8,28 | 12,75 | 14,87 | 17,37 | 17,07 | 13,69 | 10,39 | 5,68 | 3,56 | 9,6 |
| Straling noord | 10,6 | 19,5 | 32,9 | 49,4 | 66,7 | 69,7 | 71,2 | 59,9 | 41,9 | 27,5 | 12,9 | 8,7 | 471 |
| Straling oost | 14,6 | 26,6 | 45,2 | 69,8 | 93,7 | 94,0 | 98,8 | 85,1 | 57,4 | 38,2 | 17,9 | 12,3 | 654 |
| Straling zuid | 31,1 | 44,0 | 64,5 | 78,6 | 91,2 | 85,8 | 89,8 | 88,5 | 73,3 | 57,9 | 34,1 | 24,1 | 763 |
| Straling west | 15,5 | 26,1 | 47,1 | 70,7 | 92,6 | 92,6 | 89,6 | 81,9 | 58,0 | 38,2 | 18,3 | 11,6 | 642 |
| Straling horizontaal | 20,0 | 36,9 | 66,2 | 102,1 | 139,8 | 141,0 | 141,8 | 123,4 | 84,2 | 53,5 | 24,3 | 15,6 | 949 |
| T _{Hemel} | -7,50 | -7,30 | -4,28 | -1,72 | 2,75 | 4,87 | 7,37 | 7,07 | 3,69 | 0,39 | -4,32 | -6,44 | -0,4 |
| Bodemtemp | 10,07 | 9,02 | 8,54 | 8,76 | 9,62 | 10,89 | 12,23 | 13,28 | 13,76 | 13,54 | 12,68 | 11,41 | 11,2 |
| piekmaand | | | | | | x | | | | | | | |
| nulmaanden | | | | | | | x | x | | | | | |

4 Beoordelingsinstrument voor het thermische zomercomfort

In WP 1 werd besloten het thermisch zomercomfort in passiefscholen te beoordelen a.d.h.v. de PHPP-methode. Deze methode wordt in dit werkpakket uitgebreid naar lokaalniveau en aangepast aan de nieuwe randvoorwaarden voor passiefschool uit WP1. De resultaten van deze tool worden vergeleken met dynamische simulaties van het thermisch comfort in school 2. Daarnaast wordt een selectietool ontwikkeld om de lokalen met de grootste kans op oververhitting te identificeren.

4.1 Rekenmethode voor het thermisch zomercomfort

Het zomercomfort dient bepaald te worden voor het volledige gebouw, maar ook voor de meest kritieke lokalen afzonderlijk. Het lokaal met de grootste warmtewinsten, hetzij interne winsten, hetzij zonnewinsten, dient gecheckt te worden naar zomercomfort toe.

De rekenmethode is dan ook tweeledig:

Eerst worden de meest kritieke lokalen bepaald via een selectietool. Deze lokalen, en het volledige gebouw moeten vervolgens doorgerekend worden in de evaluatietool.

4.1.1 Selectietool: Identificatie van lokalen met het grootste risico op oververhitting

Idealiter wordt een analyse gedaan voor elk lokaal waar men oververhitting vreest. Om de werklust te verminderen worden de PHPP indicatoren doorgerekend voor het volledige gebouw en voor twee lokalen waarvoor de kans het grootst is dat er oververhitting zal optreden. De methode om deze lokalen te identificeren wordt hierna beschreven.

Er wordt van uitgegaan dat de zonnewinsten, de interne winsten en de ventilatie de kans op oververhitting in een lokaal bepalen.

Voor de maanden mei tot en met oktober wordt een berekening gemaakt van de zonnewinsten, de interne winsten en de ventilatie voor een typische zonnige en warme dag van die maand. De analyse bekijkt de maximale en de gecumuleerde winsten op dagbasis. De lokalen die bij deze analyse de hoogste maximale en de gecumuleerde winsten halen, worden doorgerekend met de PHPP software. Indien het hetzelfde lokaal betreft, hoeft slechts 1 berekening gedaan te worden.

Het Excel-bestand "comfort_per_lokaal" kan gebruikt worden om deze berekening te faciliteren. Deze methode die geïmplementeerd werd in het Excel rekenblad is een sterk vereenvoudigde berekening. Niet alle finesses kunnen met andere woorden ingegeven worden. Het rekenblad moet gezien worden als een indicatie. De eigenlijke comfortindicatorberekening wordt uitgevoerd met behulp van de PHPP software.

Het verdient aanbeveling om enkel de representatieve lokalen in deze analyse op te nemen: klaslokalen, ateliers, kantoren, leraarlokaal en niet de lokalen waar oververhitting minder problematisch is zoals bergruimtes en circulatieruimtes. Ook dient men erover te waken dat een bepaald lokaal niet te veel aandacht krijgt. Wanneer bijvoorbeeld een PC klas zuid georiënteerd is, is de kans dat dit het zwaarst belast lokaal is groot. Het verdient dan echter aanbeveling ook de meer representatieve lokalen te evalueren. Met andere woorden enige interpretatie is aan de orde.

1. Maak per lokaal een tabblad op basis van "lokaal1" (kopieer hiertoe het tabblad "lokaal1"). Hernoem het tabblad tot "lokaalx" waarbij x het lokaalnummer voorstelt.
2. Vul per tabblad de nodige inputgegevens in. Deze worden aangegeven door een gekleurde cel. Per lokaal worden volgende gegevens ingevoerd:
 - De vloeroppervlakte (m²)
 - De bestemming (via dropdown menu's)
 - De referentietemperatuur voor zomercomfort (°C)
 - Het rendement van een eventuele warmtewisselaar op de ventilatielucht naar het betreffende lokaal (%). Indien er geen warmtewisselaar aanwezig is wordt 0% ingevuld.
 - De aanwezigheid van een bypass op de warmtewisselaar (ja/nee). Door de bypass wordt als de buitenlucht kouder is dan de retourlucht deze niet opgewarmd door de warmtewisselaar.
 - De aanwezigheid van een grondwarmtewisselaar op de ventilatielucht (ja/nee). Bij de grondwarmtewisselaar wordt verondersteld dat de toevoertemperatuur gelijk is aan 15 °C.
 - Per lokaal zijn er 3 beglazingsoppervlakken mogelijk. Op te geven zijn:
 - het glasoppervlak (m²),
 - de g-waarde (gecorrigeerd voor beschaduwing en vervuiling) (-)
 - de oriëntatie (via dropdown menu).
3. De gegevens voor de specifieke interne winsten worden automatisch geselecteerd uit tabblad "winsten" op basis van de bestemming van het lokaal. De gegevens voor de specifieke ventilatiedebieten worden automatisch geselecteerd uit tabblad "ventilatie" op basis van de bestemming van het lokaal.
4. Hieruit berekent tabblad "lokaalx": uurlijkse zonneprijzen, interne warmtegewinsten, ventilatieverliezen of –winsten en de som hiervan per lokaal voor de referentiedagen van de zes maanden. Deze maxima worden zowel inclusief als exclusief de zomermaanden berekend.
5. Tabblad "main" bepaalt het lokaal met de hoogste kans op oververhitting op basis van maximale winst en de hoogste gecumuleerde warmtegewinst op dagbasis. De resultaten worden zowel inclusief als exclusief de zomermaanden weergegeven. De lokalen met de hoogste uur- en gecumuleerde dagwinsten licht op in de resultatentabel.

6. Voer de PHPP-comfortanalyse uit op deze lokalen en op de volledige school.

4.1.2 Evaluatie zomercomfort: aangepaste PHPP-methode

De kans op oververhitting wordt berekend op basis van de resultaten uit de aangepaste PHPP versie.

Het zomercomfort wordt bepaald aan de hand van de berekening van de frequentie van temperatuuroverschrijdingen van een boventemperatuurgrens van 25°C. De berekening gebeurt op maandgemiddelde basis. Er wordt bovendien één piekperiode doorgevoerd. Er wordt vanuit gegaan dat gedurende 12 dagen de gemiddelde temperatuur overschreden wordt met 1.5°C, gedurende 4 dagen met 3°C en 1 dag met 6°C. Tijdens die periode wordt de zonnestraling ook verhoogd met respectievelijk 10, 20 en 30%.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de formules voor het berekenen van:

- Percentage temperatuuroverschrijdingen
- Gemiddelde eindtemperatuur per maand
- Netto warmteverliezen door ventilatie

zoals gebruikt in de bestaande rekenmethode PHPP. De bestaande excelfile wordt zodanig aangepast dat de nieuwe randvoorwaarden zoals beschreven in WP1 kunnen worden geïmplementeerd. Indien nodig blijkt, worden de formules zelf ook aangepast.

4.1.2.1 Berekening van het temperatuuroverschrijdingspercentage

Het temperatuuroverschrijdingspercentage wordt gegeven door volgende formule:

$$X = \frac{(T_{\max gr} - b_{gewogen})}{m_{gewogen} \cdot 8760}$$

Waarbij:

| | | |
|------------------------|---|------|
| X= | het temperatuuroverschrijdingspercentage | [-] |
| T _{maxgr} = | de bovengrenstemperatuur, in dit geval 25°C | [°C] |
| b _{gewogen} = | gewogen temperatuursfactor | [°C] |

$$b_{gewogen} = T_{mean}^r - \Delta t_{mean}^r \cdot m_{gewogen}$$

| | |
|------------------------|--------|
| m _{gewogen} = | [°C/h] |
|------------------------|--------|

$$m_{gewogen} = \frac{\left(\sum_{i=1}^r (g_i \cdot \Delta t_i^r \cdot T_i^r) - \sum_{i=1}^r g_i \cdot \Delta t_{mean}^r \cdot T_{mean}^r \right)}{\left(\sum_{i=1}^r (g_i \cdot (\Delta t_i^r)^2) - \sum_{i=1}^r g_i \cdot (\Delta t_{mean}^r)^2 \right)}$$

met [-]

Δt_i^r = het tijdsinterval horende bij T_i [h]

T_i = De gemiddelde temperatuur in rang i [°C]

Dit zijn de gemiddelde eindtemperaturen per maand/interval, gerangschikt naar grootte.

Δt_{mean}^r = het gemiddelde gewogen tijdsinterval [h]

$$\Delta t_{\text{mean}}^r = \frac{\sum_{i=1}^r (g_i \cdot \Delta t_i^r)}{\sum_{i=1}^r g_i}$$

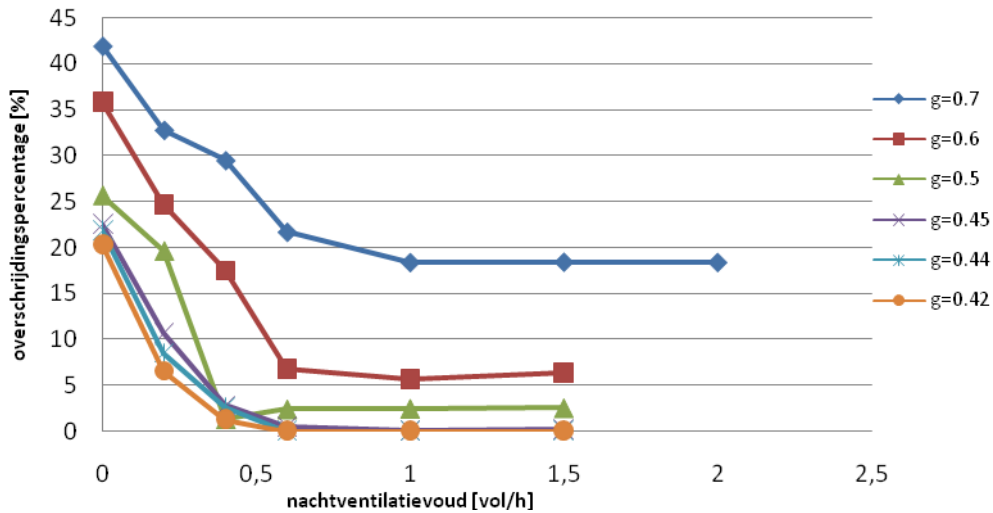
T_{mean}^r = de gewogen gemiddelde maximale temperatuur [°C]

$$T_{\text{mean}}^r = \frac{\sum_{i=1}^r (g_i T_i^r)}{\sum_{i=1}^r g_i}$$

g_i = gewichtsfactor van de maand in rang $i = 1$

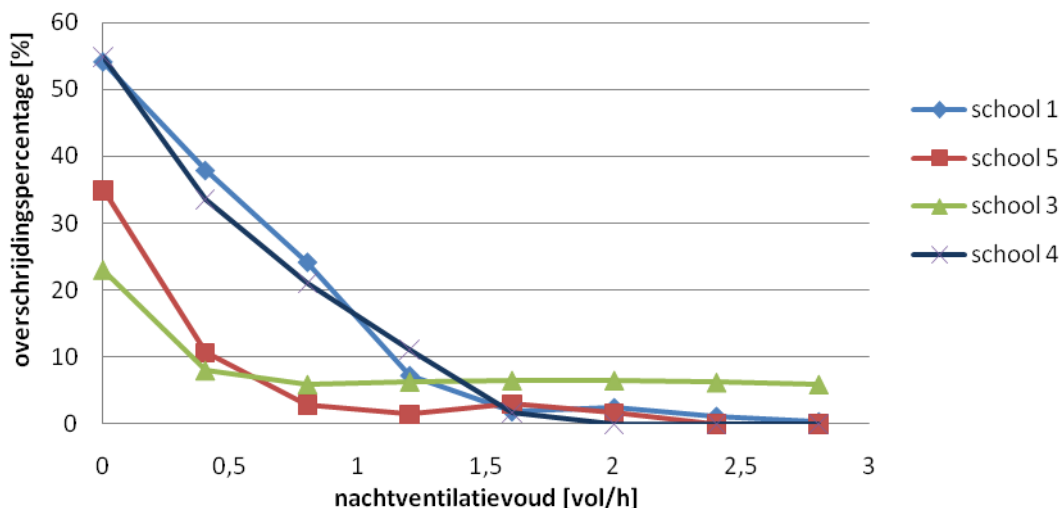
In tegenstelling tot de bestaande PHPP wordt de gewichtsfactor g_i in de aangepaste PHPP-methode voor scholen gelijkgesteld aan 1 in plaats van $g_i = e^{-|T_{\text{max,gr}} - T_i^r|}$. De impact van temperatuuroverschrijding en – onderschrijding was in de originele file functie van de grootte van het temperatuursverschil $T_{\text{max,gr}} - T_{i,r}$. Hierdoor wogen zeer hoge maandgemiddelde binnentemperaturen bijgevolg minder door. In wat volgt, wordt de deze wijziging gestoffeerd met berekeningen.

Zo geeft Grafiek 12 het overschrijdingspercentage i.f.v. nachtventilatievoud weer bij variërende g-waarde van de beglazing. Verwacht wordt dat het overschrijdingspercentage daalt in functie van een stijgend nachtventilatievoud. Daarnaast neemt de invloed van het ventilatievoud af naar mate het ventilatievoud groter wordt. Een dergelijk trend nemen we waar voor g-waarde gelijk aan 0.42, 0.44 en 0.45. Voor de grotere g-waarden bekomen we echter onlogische resultaten. Zoals aangetoond in Grafiek 12 stijgt het overschrijdingspercentage plots bij toenemend nachtventilatievoud.



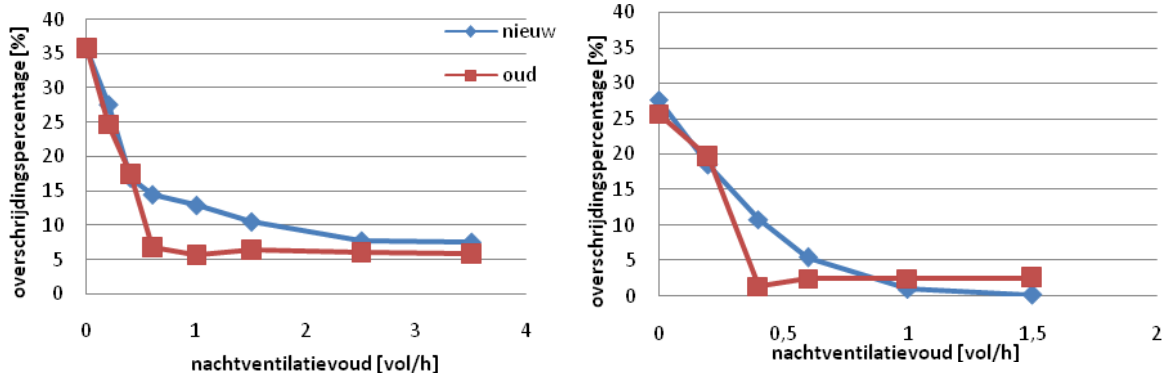
grafiek 12: Overschrijdingspercentages [%] in functie van g-waarde en nachtventilatievoud (PHPP_nieuw)

Een gelijkaardig afwijkend verloop van overschrijdingspercentage i.f.v. nachtventilatievoud wordt bekomen in de oorspronkelijke PHPP-file - zonder implementatie van de nieuwe randvoorwaarden, zie grafiek 13.



grafiek 13: overschrijdingspercentage in functie van nachtventilatievoud (PHPP_oud)

Vandaar dat als oplossing wordt voorgesteld de wegingsfactoren g_i gelijk te stellen aan 1. Hierdoor wegen alle temperatuuroverschrijdingen en –temperatuuronderschrijdingen evenveel door. Onderstaande grafiek 14 geeft de resultaten van de wijziging van de wegingsfactor g_i weer. Hieruit blijkt dat de onlogisch sprong in het overschrijdingspercentage i.f.v. het nachtventilatievoud op deze manier vermeden wordt.



grafiek 14: overschrijdingspercentage ifv nachtventilatievloed (g=0.6; g=0.5): impact g;

4.1.2.2 Berekening van de gemiddelde eindtemperaturen T_i :

Om het temperatuuroverschrijdingspercentage te berekenen, moeten we de gemiddelde eindtemperatuur berekenen. Deze is de temperatuur in het beschouwde volume, rekening houdende met de gemiddelde maandelijkse buitentemperaturen, met een piekperiode in- waarbij de gemiddelde buitentemperatuur overschreden wordt, en rekening houdend met de verliezen die optreden ten gevolge van mechanische ventilatie, nachtventilatie of het openen van vensters.

$$T_i = T_{\infty,i} - \left[(T_{\infty,i} - T_{startbinnen}) \cdot \frac{\Delta t \cdot (1 - e^{-\frac{t_i}{\Delta t}})}{t_i} \right]$$

waarbij =

$T_{\infty,i}$ = de stationaire eindtemperatuur voor periode i.
[°C]

$$T_{\infty,i} = \frac{\left[(H_e + H_{clw})T_{buiten,i} + H_g \cdot T_{g,i} + H_{rlw} \cdot T_{lucht,i} + \frac{(Q_{totaal,i} - Q_{nettovenst,i} - Q_{nettovent,i})}{t_i \cdot 1000} \right]}{H_e + H_g}$$

met H_e = het warmtetransmissiecoëfficiënt bovengronds
[W/K]

voor ventilatie en transmissie

$$H_e = H_{v,e} + H_{t,e}$$

H_g = het warmtetransmissiecoëfficiënt bodem

[W/K]

voor ventilatie en transmissie

$$H_g = H_{v,g} + H_{t,g}$$

H_{clw} = de LW correctie voor convectie (uit PHPP, anders =0)

[W/K]

H_{rlw} = de LW correctie voor straling (uit PHPP, anders =0)

[W/K]

$T_{buiten,i}$ = de gemiddelde buitentemperatuur tijdens een periode i [°C]

$T_{g,i}$ = de gemiddelde bodemtemperatuur tijdens een periode i [°C]

$T_{lucht,i}$ = de gemiddelde luchttemperatuur tijdens een periode i
[°C]

$Q_{totaal,i}$ = de totale winsten (interne winsten en zonnewinsten) tijdens een periode i [kWh]

$$Q_{totaal,i} = Q_{intern,i} - Q_{solar,sum,i}$$

$T_{startbinnen}$ = het maximum van de binnentemperatuur T_{binnen} , zoals berekend na implementatie van de randvoorwaarden; en de eindtemperatuur na ontlading $T_{\infty,ont,i}$ [°C]

$T_{\infty,ont,i}$ = eindtemperatuur na ontlading voor periode i [°C]

$$T_{\infty,ont,i} = T_{\infty,i} - \Delta T_{ont,i}$$

$\Delta T_{ont,i}$ = de ontladingscapaciteit over een periode i [°C]

$$\Delta T_{ont,i} = (T_{\infty,i} - T_{startbinnen}) e^{-\frac{t_i}{\Delta t}}$$

Δt = een tijdsconstante zonder extra ventilatie [h]

$$\Delta t = \frac{C}{H_g + H_e}$$

met C = de capaciteit van het volume [Wh/K]

$$C = c \cdot A_{EB}$$

Waarbij A_{EB} het geconditioneerde vloeroppervlak en c de specifieke capaciteit is. Deze is conform EN 13790 afhankelijk van het type constructie (zie Tabel 20)

t_i = de duur van een periode i [h]

4.1.2.3 Berekening van de netto verliezen door ventilatie

Zoals we zien in bovenstaande formules, is de temperatuur in de ruimte tijdens een periode i onder andere ook afhankelijk van de netto verliezen die optreden door ventilatie. Deze zijn op hun beurt ook afhankelijk van deze temperatuur. Het gaat hier dus om een iteratief proces.

Ventilatie door de vensters

$$Q_{nettovenst,i} = Q_{cte,venst,i} - Q_{zvenst,i}$$

[kWh]

Waarbij =

$Q_{cte,venst,i}$ = het minimum is van de maximale verliezen in een periode i $Q_{maxcte,i}$ ende maximale verliezen in het geval van ventilatie door open vensters $Q_{max,venst,i}$ [kWh]

$$Q_{cte,venst,i} = \text{MIN}(Q_{maxcte,i}, Q_{max,venst,i})$$

$$\text{Met } Q_{maxcte,i} = \frac{(T_{max,i} - T_{binnenmin})C}{1000} \cdot \text{dagen}_i$$

$Q_{max,venst,i}$ functie van
[kWh]

Dagen tijdens periode i

C = capaciteit

ΔT_{zomer} = de temperatuuramplitude in de zomer, deze bedraagt voor Ukkel 8,2°C

$T_{max,i}$ = dit is de maximale reële binnentemperatuur, dus het maximum van de maximale grenstemperatuur T_{maxgr} en $T_{startbinnen,i}$ [°C]

$T_{buiten,i}$

$\Delta T_{venster,i}$ = de temperatuursverschil over het vensteroppervlak tijdens periode i

τ_{venst} een tijdsconstante voor vensters [h]

$$\tau_{venst} = \frac{C}{H_g + H_e + \frac{1}{\frac{1}{0,34 \cdot n_{L,vrij} \cdot \sqrt{\Delta T_{venster,i}}} + \frac{1}{1,5 \cdot 4,5 \cdot A_{EB,i}}}} \quad \text{als } n_{L,vrij} > 0$$

$$= \frac{C}{H_g + H_{el}} \quad \text{als } n_{L,vrij} = 0$$

$Q_{zvenst,i}$ = het minimum is van de maximale verliezen in een periode i $Q_{maxcte,i}$ en de maximale verliezen zonder vensters $Q_{max,zvenst,i}$.

$$Q_{zvenst,i} = \text{MIN}(Q_{maxcte,i}, Q_{max,zvenst,i})$$

Met $Q_{max,zvenst,i}$ functie van
 Aantal in periode i
 De capaciteit C
 $T_{max,i}$
 $T_{buiten,i}$
 ΔT_{zomer}
 Δt

$$Q_{max,zvenst,i} = \text{dagen}_i \cdot C \cdot \frac{\left(T_{max,i} - \left(T_{buiten,i} - \frac{\Delta T_{zomer}}{\frac{1}{\Delta t \left(\frac{\pi}{12} \right)} + \Delta t \left(\frac{\pi}{12} \right)} \right) + \left(T_{max,i} - T_{buiten,i} - \frac{\Delta T_{zomer}}{\frac{1}{\Delta t \left(\frac{\pi}{12} \right)} + \Delta t \left(\frac{\pi}{12} \right)} \right) \cdot e^{\left(\frac{-12}{\Delta t} \right)} \right)}{1000}$$

Verliezen door extra ventilatie

$$Q_{nettovent,i} = Q_{ctevent,i} - Q_{zvent,i}$$

Waarbij $Q_{ctevent,i}$ = het minimum is van de maximale verliezen in een periode i $Q_{maxcte,i}$ en de maximale verliezen in het geval van ventilatie $Q_{max,vent,i}$.

$$Q_{ctevent,i} = \text{MIN}(Q_{maxcte,i}, Q_{max,vent,i})$$

Met $Q_{max,vent,i}$ in functie van [kWh]

De capaciteit C

Aantal dagen in periode i

$$\begin{aligned} & \Delta T_{\text{zomer}} \\ & T_{\text{max},i} \quad \quad \quad [\text{°C}] \\ & T_{\text{buiten},i} \\ & T_{\text{end},i} = \quad \quad \quad [\text{°C}] \\ & \text{als } T_{\text{max}} > (T_{\text{buiten}} + \Delta T_{\text{zomer}}) \quad \rightarrow 6^{\circ}\text{C} \\ & \quad \quad \quad T_{\text{max}} < T_{\text{buiten}} - \Delta T_{\text{zomer}} \quad \rightarrow -6^{\circ}\text{C} \\ & \text{anders } \rightarrow 12/\pi * Bg \text{SIN}((T_{\text{max}} - T_{\text{buiten}})/\Delta T_{\text{zomer}}) \\ \Delta t_{\text{vent}} & \text{ een tijdsconstante met ventilatie} \quad \quad \quad [\text{h}] \\ & \Delta t_{\text{vent}} = \frac{C}{H_g + H_e + H_l} \end{aligned}$$

$Q_{\text{zvent},i}$ = het minimum is van de maximale verliezen in een periode i $Q_{\text{maxcte},i}$ en de maximale verliezen zonder ventilatie $Q_{\text{max,zvent},i}$.

$$Q_{\text{zvent},i} = \text{MIN}(Q_{\text{maxcte},i}, Q_{\text{max,zvent},i})$$

Met $Q_{\text{max,zvent},i}$ in functie van
[kWh]

de capaciteit C

Aantal dagen in periode i

ΔT_{zomer}

$T_{\text{max},i}$

[°C]

$T_{\text{buiten},i}$

[°C]

$T_{\text{end},i}$

[°C]

Δt

[h]

4.1.3 Een aangepaste versie van de PHPP-zomercomfort evaluatie - handleiding

Enkele nieuwe rekenbladen werden ontwikkeld en toegevoegd aan de rekenbladen om koel- en warmtebehoefte te bepalen in functie van de nieuwe randvoorwaarden. De rekenmethode werd licht gewijzigd.

Opgelet:

Deze bepaling is slecht een eerste indicatie. Het is een manier om op eenvoudige wijze mogelijke kritische punten op te sporen, maar vervangt geenszins een dynamische simulatie. Het is een indicatie van mogelijke knelpunten.

Volgende nieuwe rekenbladen worden extra geïmplementeerd:

- Zomercomfortberekening
- Bouwgegevens
- KlimaatZomer
- Temp
- Verliezen
- Overschrijding

De input voor de zomercomfortberekening beperkt zich tot het werkblad 'Zomercomfortberekening'. Alle andere nodige rekenbladen zijn zodanig ontwikkeld dat de extra input tot een minimum wordt beperkt.

Om het zomercomfort te evalueren van een lokaal moet de PHPP-file opnieuw ingevuld worden met enkel de gegevens (oppervlaktes, ventilatie-unit, enz.) specifiek horende bij dit lokaal. Hierbij moet enkel iedere wand of vloer die grenst aan een buitenruimte gedefinieerd worden. Daarnaast moet de klasse van interne warmtecapaciteit van het lokaal in werkblad 'lokalen' geverifieerd worden zoals aangegeven in norm NBN EN 13790:2008 (zie ook Tabel 26). Om een idee te hebben welke vloer- en plafondopbouw met deze klassen overeenstemmen is het aangeraden de EPU-regelgeving te raadplegen, meer bepaald tabel 6 uit Bijlage II: Bepalingsmethode van het peil van primair energieverbruik voor kantoor- en schoolgebouwen (zie ook Tabel 27).

Voor de berekening van het overschrijdingspercentage hoeven er echter geen bijkomende gegevens in de extra rekenbladen worden ingevuld.

| Class ^a | Monthly and seasonal method |
|--------------------|-----------------------------|
| | C_m J/K ^b |
| Very light | $80\,000 \times A_f$ |
| Light | $110\,000 \times A_f$ |
| Medium | $165\,000 \times A_f$ |
| Heavy | $260\,000 \times A_f$ |
| Very heavy | $370\,000 \times A_f$ |

Tabel 26 Default waarden voor de specifieke warmtecapaciteit C_m (J/K) (NBN EN 13790:2008)

Tabel 6 Specifieke effectieve thermische capaciteit D_j per eenheid gebruiksoppervlakte van de energiesector

| Minimum van de massa van de plafond- en vloerconstructie per eenheid gebruiksoppervlakte (kg/m ²) | D_j kJ/(m ² .K) | | |
|---|---|---|--|
| | Gesloten verlaagd plafond <u>en</u> verhoogde vloer | Gesloten verlaagd plafond <u>of</u> verhoogde vloer | Geen gesloten verlaagd plafond en geen verhoogde vloer |
| Minder dan 100 | 55 | 55 | 55 |
| 100 tot 400 | 55 | 110 | 180 |
| Meer dan 400 | 55 | 180 | 360 |

Tabel 27 Specifieke effectieve thermische capaciteit D_j (kJ/m².K) uit Bijlage II (EPU-regelgeving)

4.2 Vergelijking PHPP methode met dynamische simulaties

De zomercomfortberekening in de standaard-PHPP is gebaseerd op de “Passivhaus-Sommervverfahren PHIS” (zie ook WP1). Bij de toepassing van deze methode ter evaluatie van zomercomfort in passiefscholen kunnen een aantal kanttekeningen gemaakt worden. Deze methode is gebaseerd op allerlei aannames die niet noodzakelijk gelden voor passiefscholen. Ten eerste werd deze methode ontwikkeld voor woningen volgens de passiefhuisstandaard. Ten tweede dient de methode voor evaluatie van het zomercomfort op gebouwniveau. Ten derde is de evaluatie gebaseerd op gebruik van het gebouw tijdens het hele jaar tijdens de volledig dag. Bovendien werd de PHPP-methode in dit WP echter aangepast aan de nieuwe randvoorwaarden voor passiefscholen.

Vergelijking tussen de zomercomfortevaluatie in de aangepaste PHPP-methode met resultaten van dynamische simulaties kunnen de resultaten van de PHPP-tool beter duiden. Hiervoor worden de resultaten van PHPP-tool van school 2 getoetst aan resultaten van de dynamische simulaties in TRNSYS. School 2 wordt hierbij opgedeeld in 2 zones: klaszone en polyvalente zaal (incl. circulatieruimte). Verschillende scenario's worden bestudeerd, waarbij het nachtventilatievoud en de opstarttijd ervan wijzigt. Deze resultaten worden vergeleken met de resultaten van de PHPP-tool. Hieruit wordt een indicatie afgeleid voor een grenswaarde van overschrijdingsuren en gemiddelde temperatuur in juni in de PHPP-tool waarboven problemen met het zomercomfort kunnen verwacht worden en verdere dynamische simulaties wenselijk zijn. Hierbij moet opgemerkt worden dat de conclusie uit deze vergelijkende studie met de nodige omzichtigheid moet worden gebruikt. De resultaten betreffen immers slechts 1 passief schoolgebouw.

De beoordeling van thermisch comfort wordt gebaseerd op NBN ISO EN 7730:2005. De beoordeling van de comfortklasse is gebaseerd op NBN EN 15251. Uitgaande van een categorie II voor de een school betekent dit dat de operationele temperatuur tussen 20°C en 26°C moet gelegen zijn gedurende minstens 90% van de werkelijke gebruikstijd (=80u). De temperatuur mag de grenzen van het thermische interval dus maximaal gedurende 5% van de gebruikstijd overschrijden en maximaal 5% van de tijd onderschrijden.

Voor de evaluatie van het zomercomfort van school 2 werden 4 verschillende situaties geëvalueerd. Er werd vertrokken van een referentiemodel waaraan telkens een bijkomende aanpassing werd aangebracht ter verbetering van de zomersituatie.

Scenario 1: referentiemodel met implementatie van verwarming- en ventilatiesysteem maar geen koelmogelijkheden. De vaste overstekken aan de Zuid en Zuid-West kant zijn voorzien. De beschaduwing als gevolg van de omringende bomen wordt gezien de onzekerheid over de correcte inschatting van het beschaduwingseffect buiten beschouwing gelaten. Er is een bypass voorzien op de hygiënische ventilatie. Er is geen nachtventilatie.

Scenario 2 + 3: het referentiemodel wordt uitgebreid met de mogelijkheid tot mechanische nachtventilatie. Er wordt uitgegaan van een nachtelijk ventilatievoud gelijk aan 2

respectievelijk 3 volumewisselingen per uur. Ter vergelijking, het hygiënisch ventilatievoud in de klaszone bedraagt 2.3 vol/h tijdens de lesuren. In de polyvalente zaal varieert het hygiënisch ventilatievoud van 1 vol/h tijdens de middagpauze tot 0.3 vol/h tijdens de lesuren

Scenario 4: uit evaluatie van scenario 2 en 3 blijkt dat hoge overschrijdingstemperaturen worden geregistreerd bij aanvang van het nieuwe schooljaar (september). Dit is te wijten aan het feit dat het ventilatiesysteem (en dus ook de nachtventilatie) volledig worden uitgeschakeld tijdens de vakantieperiode. Omwille van de hoge zomerse zonwinsten warmt de gebouwmassa de hele zomer op met als gevolg hoge temperaturen in het begin van september. Een oplossing hiervoor zou een vroegtijdige start van de nachtventilatiwerking kunnen zijn. In geval we deze opstarten tijdens de laatste week van augustus kan de gebouwmassa een beetje afgekoeld worden waardoor de overschrijdingsuren bij de start van het nieuwe schooljaar beperkter blijven.

De resultaten van de dynamische simulaties van het model van de school 2 wat betreft de klaslokalen zijn weergegeven in Tabel 28 en 29. Hieruit blijkt dat in scenario 1 t.e.m. 3 de eis van 5% overschrijdingsuren boven 26°C tijdens gebruikstijd, d.i. 80u, overschreden wordt. De gebruikstijd tijdens een schooljaar bedraagt immers ongeveer 1600h. Scenario 4 leunt heel dicht aan tegen de gestelde eis voor goed zomercomfort.

| scenario | >26°C | >28°C |
|----------|-------|-------|
| 1 | 300 | 189 |
| 2 | 153 | 56 |
| 3 | 115 | 41 |
| 4 | 103 | 16 |

Tabel 28: absolute overschrijdingsuren tijdens bezetting dynamische simulaties [h]

| scenario | >26°C | >28°C |
|----------|--------|--------|
| 1 | 18.62% | 11.73% |
| 2 | 9.50% | 3.48% |
| 3 | 7.14% | 2.55% |
| 4 | 6.39% | 0.99% |

Tabel 29: overschrijdingspercentage tijdens bezetting dynamische simulaties [%]

De resultaten van de PHPP-tool voor zomercomfort en van de dynamische simulatie voor de klaslokalen in school 2 worden vergeleken in Tabel 30 voor scenario 2, 3 en 4. Daarnaast werden ook voor een atypisch lokaal, nl. een polyvalente zaal met circulatieruimtes (zie grafiek 12), de resultaten uit de PHPP-methode vergeleken met dynamische simulaties (zie Tabel 31). Hierbij moet opgemerkt worden dat - in tegenstelling tot de dynamische simulatie - de overschrijdingspercentages van de PHPP-methode berekend worden over het hele jaar. Deze percentages kunnen dus niet met elkaar vergeleken worden. De bedoeling is uit de vergelijking een trend te kunnen afleiden.

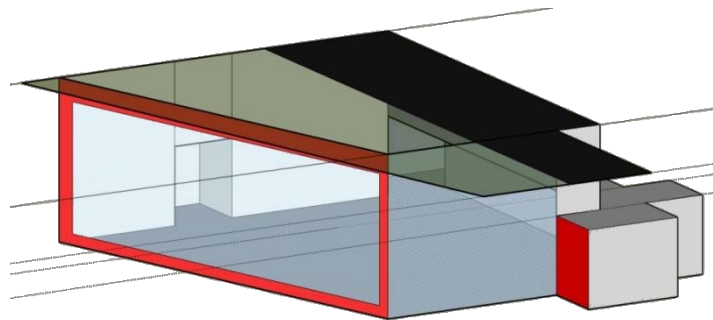
| | RESULTATEN PHPP ZOMERCOMFORT | RESULTATEN dynamische simulaties |
|--|------------------------------|----------------------------------|
|--|------------------------------|----------------------------------|

| scenario | Gemiddelde binnenlucht temperatuur juni (°C) | Overschrijding percentage % | Gemiddelde binnenlucht temperatuur juni (°C) | Overschrijding percentage > 26°C (%) (tijdens gebruik) |
|----------|--|-----------------------------|--|--|
| 1 | 28.4 | 38.1% | 28.9 | 18.6% |
| 2 | 25.4 | 18.5% | 25.3 | 9.5% |
| 3 | 24.9 | 13.2% | 24.8 | 7.1% |

Tabel 30: resultaten zomercomfort PHPP-tool vs. Dynamische simulaties klaszone

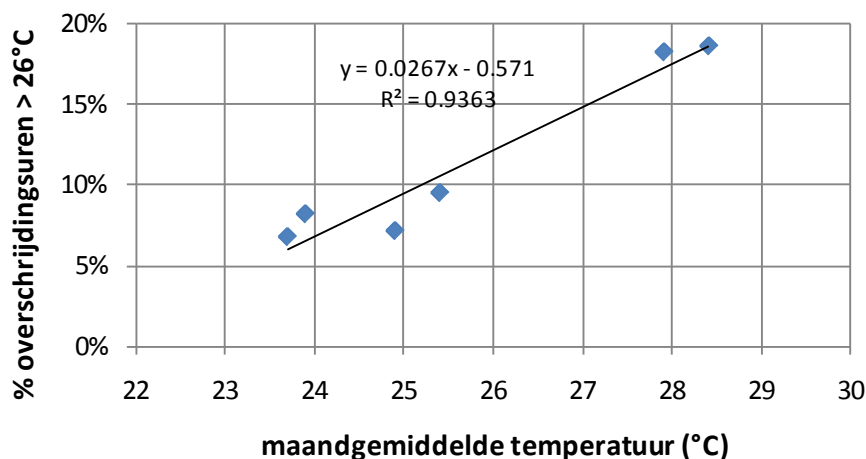
| scenario | RESULTATEN PHPP ZOMERCOMFORT | | RESULTATEN dynamische simulaties | |
|----------|--|-----------------------------|--|--|
| | Gemiddelde binnenlucht temperatuur juni (°C) | Overschrijding percentage % | Gemiddelde binnenlucht temperatuur juni (°C) | Overschrijding percentage > 26°C (%) (tijdens gebruik) |
| 1 | 27.9 | 37.2% | 28.8 | 18.3% |
| 2 | 23.9 | 19.5% | 25.1 | 8.2% |
| 3 | 23.7 | 16.6% | 24.7 | 6.8% |

Tabel 31: resultaten zomercomfort PHPP-tool vs. Dynamische simulaties polyvalente zaal

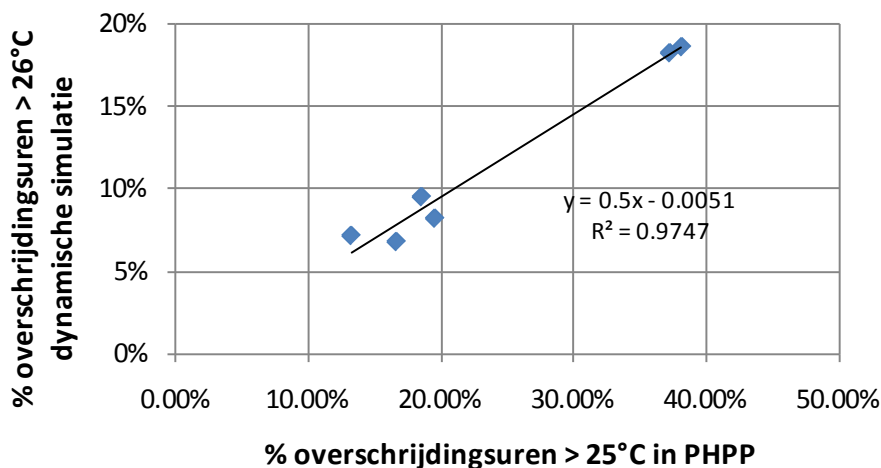


grafiek 15 3D-voorstelling polyvalente ruimte met circulatiezones.(rood: wand contact buiten, transparant: glas; groen : groendak, zwart: gewone dakopbouw; grijs: binnenwand/vloer: vloerplaat contactbodem)

Wanneer het overschrijdingspercentage tijdens het hele jaar uit de PHPP-tool en het overschrijdingspercentage bij de dynamische simulaties tijdens gebruikstijd in warme maanden in de klaszone met elkaar vergeleken wordt, is een duidelijke link tussen beide te zien. Dit is vast te stellen op grafiek 16 en grafiek 17 die respectievelijk de maandgemiddelde binnenluchttemperatuur in juni en het overschrijdingspercentage van de PHPP-tool uitzetten t.o.v. het percentage overschrijdingsuren in gebruik bij de dynamische simulaties in de klaszone en polyvalente zaal.



grafiek 16 vergelijking maandgemiddelde binnenluchttemperatuur juni in PHPP met % overschrijdingsuren boven 26°C in dynamische simulatie



grafiek 17 vergelijking % overschrijdingsuren boven 25°C in PHPP met % overschrijdingsuren boven 26°C in dynamische simulatie

Het is quasi onmogelijk een algemene conclusie te trekken uit de vergelijking van enkele dynamische simulaties en quasi-statische berekeningen van 1 passiefschool. Echter, als indicatie stellen we voor dat indien in de PHPP-tool de maandgemiddelde binnenluchttemperatuur in juni groter is dan 23.5°C of het overschrijdingspercentage 10% overschrijdt, dynamische simulaties uit te voeren om het zomercomfort in deze lokalen te evalueren.

4.3 Evaluatie zomercomfort in pilootprojecten

De ontwikkelde PHPP methode voor de evaluatie van het zomercomfort wordt toegepast in de pilootprojecten waarvan een PHPP-bestand voor handen is, d.i. in school 1,2,3, 4 en 5. Tabel 30 geeft een overzicht van het overschrijdingspercentage en de gemiddelde temperatuur in juni in het gebouw als geheel en in een lokaal met hoge koellast. Het zomercomfort wordt hieronder school per school geëvalueerd.

| | | Gemiddelde temperatuur juni (°C) | Overschrijdingsuren berekend met PHPP (%) |
|-----------------|-----------------|----------------------------------|---|
| school 1 | Volledig gebouw | 19.9 | 0.0% |

| | | | |
|-----------------|------------------|------|-------|
| | sporthal | 22.2 | 0.0% |
| | Lokaal 14 | 20.2 | 0.0% |
| school 2 | Klaszone | 24.9 | 13.2% |
| | Polyvalente zaal | 23.7 | 16.8% |
| school 3 | Volledig gebouw | 21.8 | 0.0% |
| | Klas 2 | 22.2 | 2.6% |
| school 4 | Lagere school | 23.1 | 10.2% |
| | Klaslokaal ZO | 21.2 | 2.9% |
| | PC-lokaal | 24.8 | 17.6% |
| | Kleuterschool | 25.5 | 22.6% |
| school 5 | kleuterschool | 25.3 | 23.6% |
| | Klaslokaal ZO | 24.0 | 19.3% |
| | refter | 23.0 | 17.3% |

Tabel 32: resultaten zomercomfort PHPP-tool in de pilootprojecten

School 1

De overschrijdingsuren in school 1 bedragen zowel voor het volledige gebouw als in de aparte lokalen steeds 0.0%. Ook de gemiddelde temperatuur in juni is duidelijk kleiner dan 23.5°C. Er worden geen problemen verwacht met het zomercomfort. Hierbij moet opgemerkt worden dat dit resultaat bekomen werd met een zonwering die ingegeven werd met een zeer lage doorlaatfactor, slechts 6%. Dit werd reeds aan het studieteam gemeld.

School 2

Het zomercomfort in school 2 werd uitgebreid geëvalueerd in de vorige paragraaf aangezien het als basis diende voor het verfijnen van de PHPP-tool. Hieruit blijkt dat extra maatregelen nodig zijn om een max. van 5% overschrijdingsuren tijdens gebruik in de zomer te garanderen.

School 3

Indien het gehele gebouw wordt ingegeven wordt een overschrijdingsfrequentie van 0.0% gevonden en voor het loka(a)l(en) met de hoogste gecumuleerde belasting wordt 2.6%. De gemiddelde temperatuur in juni in het hele gebouw bedraagt 21.8°C, in het lokaal met de hoogste gecumuleerde belasting, d.i. klas 2, 22.2°C. Alle waarden zijn lager dan de vooropgestelde maxima. Dit betekent dat oververhitting in school 3 geen probleem vormt, wat bevestigt wat eerder vastgesteld was bij analyse van het ontwerp, zijnde dat er veilig gewerkt is met zonnwinsten door relatief kleine raamoppervlakten, grote overhangen en een zeer goede interne organisatie naar oriëntatie toe.

School 4

Uit analyse van de resultaten blijkt dat er in school 4 problemen worden verwacht met het zomercomfort. Enkel in de klas op het ZO is de gemiddelde temperatuur in juni kleiner dan 23.5°C en het overschrijdingspercentage kleiner dan 10%. In de kleuterschool en het PC-lokaal worden deze maxima duidelijk overschreden. In de lagere school is de evaluatie van het zomercomfort niet duidelijk. Er wordt echter aangeraden dynamische simulaties uit te voeren om een goed zomercomfort te garanderen in school 4. Mogelijke oplossing is het

verhogen van de toegankelijke thermische massa, met daaraan gekoppeld de toepassing van nachtventilatie. Dit is echter niet zo gemakkelijk aan te passen in een bestaand ontwerp.

School 5

De PHPP-tool toont aan dat er maatregelen moeten getroffen worden om een goed zomercomfort in school 5 te garanderen. Het percentage overschrijdingsuren is zowel in het volledige gebouw als in de 2 afzonderlijke lokalen immers steeds groter dan de maximale 10%. Ook de gemiddelde temperatuur in juni van 23.5°C wordt overschreden in het volledige gebouw alsook in het klaslokaal op het ZO. Mogelijke oplossing is idem als bij school 4 het verhogen van de toegankelijke thermische massa, met daaraan gekoppeld de toepassing van nachtventilatie. Dezelfde kanttekening kan hierbij gemaakt worden.

