



Foto: Petmal - Getty Images/Stockphoto/Nieman

BENG vervangt EPC

De nieuwe methode om de energieprestatie van alle gebouwen te bepalen is de NTA 8800, deze vervangt NEN 7120. Voor alle nieuwbouw, zowel woningbouw als utiliteitsbouw, geldt dat de vergunningaanvragen vanaf 1 januari 2021 moeten voldoen aan de eisen voor Bijna Energieneutrale Gebouwen (BENG). BENG is de vervanger voor de Energieprestatiecoëfficiënt (EPC).

Dit artikel is tot stand gekomen in samenwerking met de Rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO) in Utrecht.

Bij een EPC-berekening werd alles samengevoegd onder één uitkomst. Bij BENG zijn er meerdere uitkomsten met ieder een minimum-eis. Dit betekent dat iedere eis een voldoende moet scoren en deze niet gecompenseerd kan worden, zoals bij de EPC. De ontwerper kon bij de EPC bijvoorbeeld een grote glaswand in een gebouw

Bijna energieneutraal?

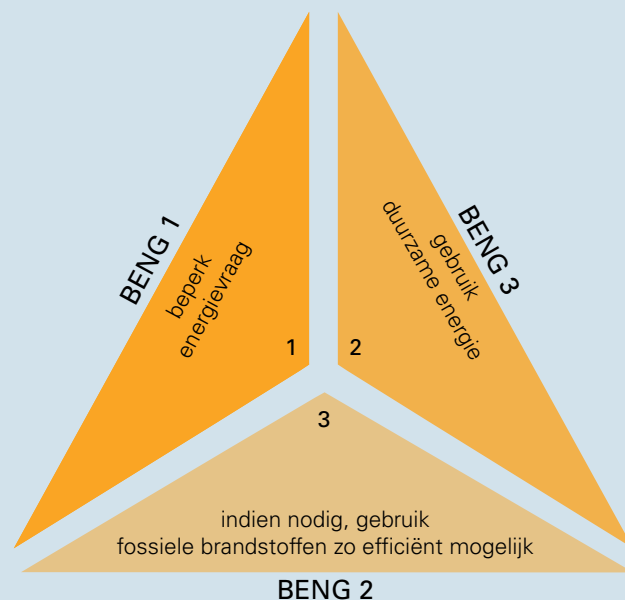
Geïnspireerd door het Kyoto Protocol werd in 2002 door de Europese Unie de eerste versie van de Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) aangenomen. Hiermee zegden lidstaten toe om de eisen aan energieprestatie aan te scherpen en de certificering van de energieprestatie van gebouwen in hun bouwregelgeving op te nemen. Deze EPBD werd in 2010 vervangen door een tweede versie, de 'EPBD recast'. Daarin is het streven naar 'nearly zero energy' of 'Bijna Energieneutrale Gebouwen' (BENG) opgenomen. Deze zijn gedefinieerd als gebouwen met een zeer hoge energieprestatie (ongeveer vergelijkbaar met een EPC van 0,2), waarbij het kleine beetje energie dat nodig is, afkomstig moet zijn van grotendeels hernieuwbare bronnen.

NTA, geen NEN-norm?

De BENG-eisen zijn door de Rijksoverheid in overleg met de volksvertegenwoordiging vastgesteld. Naar aanleiding van de EPBD zijn zestig Europese normen aangepast of nieuw ontwikkeld. De Rijksoverheid heeft hieruit een bepalingsmethode in de Nederlandse taal ontwikkeld. Omdat een NEN-norm met verplichte commentaartermijnen te veel tijd in beslag zou nemen, is besloten om dit te doen met een Nederlandse Technische Afspraak, in casu de NTA 8800. Tegelijk is voor deze bepalingsmethode door enkele leveranciers software ontwikkeld. De einddatum waarop volgens Europese wetgeving de BENG-eisen moesten worden ingevoerd, was 31 december 2020. Ondanks de ontwikkeling van de noodzakelijke, nieuwe bepalingsmethode is dat op het nippertje gehaald.

Trias Energetica

De BENG-eisen zijn gebaseerd op de Trias Energetica, de drie stappen van de energieleer. Stap 1 is 'Beperk de energievraag' en komt overeen met BENG 1. Stap 2 is



'Gebruik duurzame energie' en komt overeen met BENG 3 waarbij een minimaal aandeel hernieuwbare energie wordt geëist. Stap 3 is 'Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk' en komt overeen met BENG 2. Hiermee wordt erop aangestuurd, dat efficiënte installaties worden gekozen zoals warmtekrachtkoppeling bij verwarming en warmterugwinning bij ventilatie.

zetten en de EPC-eis alsnog halen door de energieverliezen bij glas te compenseren met zonnepanelen. De BENG-eisen verschillen per gebruiksfunctie en zijn terug te vinden in het Bouwbesluit. De energieprestatie wordt vastgesteld aan de hand van drie indicatoren.

1. De **energiebehoefte** in kWh per m² gebruiksoppervlak per jaar (= kWh/m²·jr).
2. Het **primair fossiel energiegebruik**, eveneens in kWh per m² gebruiksoppervlak per jaar (= kWh/m²·jr).
3. Het **aandeel hernieuwbare energie** (%).

BENG 1 – Maximale energiebehoefte

De eerste indicator is de hoeveelheid energie die nodig is voor het verwarmen en koelen. Deze kijkt naar een optimale kwaliteit van de gebouwschil waarbij zowel de verhouding glas ten opzichte van dichte gevel, de mate van isolatie, de mate van kierdichting als de aanwezigheid van koudebruggen een rol speelt. Niet alleen isolatie, maar juist het samenspel van bovenstaande factoren, de

vorm (geometrie) en de oriëntatie van een gebouw zijn van belang om de energiebehoefte van een gebouw zo veel mogelijk te beperken.

De hoogte van de maximale energiebehoefte is (bij bijna alle gebouwfuncties) afhankelijk van de gebouwschil (A_s) en het verwarmd vloeroppervlak (A_g). Bij een gebouw dat minder compact is geldt er een hogere grenswaarde bij de maximale energiebehoefte.

Daarnaast geldt er voor woningen en woongebouwen met een lichte bouwconstructie een ruimere grenswaarde op BENG 1. Bij gebouwen met een interne warmtecapaciteit ≤ 180 kJ/m²·K wordt de grenswaarde BENG 1 verhoogd met 5 kWh/m²·jr.

BENG 2 – Maximaal primair fossiel energiegebruik

Het primair fossiel energiegebruik is een optelsom van het primair energiegebruik voor verwarming, koeling, warmtapwaterbereiding

en ventilatie. Voor utiliteitsgebouwen telt ook het primair energiegebruik voor verlichting en bevochtiging mee (indien aanwezig). Voor zowel woningen en utiliteitsgebouwen geldt dat, als er pv-panelen of andere hernieuwbare energiebronnen aanwezig zijn (windturbines nog uitgesloten), de opgewekte energie van het primair energiegebruik wordt afgetrokken. Door de energievraag te verlagen in BENG 1 is er minder fossiele energie benodigd in BENG 2. Door de zelf opgewekte energie in BENG 3 te verhogen, zal BENG 2 ook dalen.

BENG 3 – Minimaal aandeel hernieuwbare energie

Hernieuwbare energie is afkomstig uit zon, biomassa, buitenlucht en bodem en vergroten het aandeel hernieuwbare energie. Dat aandeel wordt bepaald door de hoeveelheid hernieuwbare energie te delen door het totaal van hernieuwbare energie en primair fossiel energiegebruik. •

Risico op oververhitting

Energieprestatie en het beperken van risico op oververhitting, uitgedrukt met het indicatiegetal TO_{juli}, moet bij nieuwbouwwoningen integraal worden bekeken en ontworpen. Zo zullen een aantal maatregelen gunstig werken om het risico op oververhitting te beperken, maar kunnen een negatief effect hebben op de energieprestatie.

Dit artikel is tot stand gekomen in samenwerking met de Rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO) in Utrecht.



Foto: H. Thomas via Pixabay



Foto: Leone Ulrike via Pixabay

We worden geconfronteerd met steeds warmere zomers. Hiermee neemt de noodzaak toe om maatregelen te treffen om het risico op oververhitting bij nieuwbouwwoningen te beperken. Nieuwe woningen worden zo energiezuinig mogelijk gebouwd, en houden daardoor hun warmte beter vast. Directe zonintrede heeft een grote invloed op oververhitting bij nieuwbouwwoningen wat in de zomer problemen kan opleveren. Hogere binnentemperaturen leiden tot gezondheidsrisico's en overlast.

Samen met de invoering van de nieuwe energieprestatie-eisen wordt er daarom bij nieuwbouwwoningen een eis gesteld aan het verminderen van het risico op oververhitting. Dit om te voorkomen dat bewoners achteraf noodmaatregelen moeten treffen, zoals het installeren van mobiele airco's.

TO_{juli}

Het risico op oververhitting wordt uitgedrukt met het indicatiegetal TO_{juli}, wat staat voor Temperatuuroverschrijding in de maand juli. De berekening van TO_{juli} volgt automatisch uit de geattesteerde software van de Energieprestatieberekening volgens NTA

8800. In deze NTA is een vereenvoudigde methode opgenomen voor het berekenen van het risico van te hoge temperaturen. Het risico van te hoge temperaturen wordt per rekenzone en per oriëntatie bepaald aan de hand van de maand juli (TO_{juli}-indicator). Deze berekening hoeft uitsluitend uitgevoerd te worden voor rekenzones waarin geen actief koelsysteem aanwezig is. Een actief koelsysteem moet dan wel voldoende capaciteit hebben om aan de koudebehoefte tegemoet te kunnen komen. In de NTA wordt beschreven welke systemen voor woningbouw vallen onder actief koelsysteem.

De grenswaarde voor de TO_{juli}-indicator per 1 januari 2021, opgenomen in het Bouwbesluit, is 1,20. Deze waarde is een indicatie waarmee per rekenzone en per oriëntatie van de woning inzicht wordt gegeven in het risico op temperatuuroverschrijding. TO_{juli} is een versimpelde benadering, om extra invoer of een dynamische Gewogen Temperatuuroverschrijding-berekening (GTO) te voorkomen. Een dynamische GTO-berekening, een simulatieprogramma, kan specifiekere voorspellen wat het risico op zo'n overschrijding is. Indien de TO_{juli} de grenswaarde van 1,20

overstijgt, mag met de GTO alsnog aangetoond worden dat het risico op oververhitting acceptabel blijft. Deze berekening volgt niet automatisch uit de geattesteerde software van de Energieprestatieberekening, en voor een GTO-berekening is een adviseur nodig. De uitgangspunten voor de GTO-berekening zijn opgenomen in de Regeling Bouwbesluit. De grenswaarde voor de GTO-berekening is vastgesteld op 450 uur.

Beperken risico oververhitting

Een goed ontworpen woning zorgt ervoor dat de binnentemperatuur op een passieve manier niet te hoog oploopt. Het lager warmteaccumulerend vermogen van lichte bouwconstructies, heeft een minder positief effect op TO_{juli}. Dit kan betekenen dat er extra maatregelen benodigd zijn, om te voldoen aan de TO_{juli}-eis. De TO_{juli}-eis kan in de praktijk leiden tot maatregelen op het gebied van zonwering, type beglazing, oriëntatie van de woning, afmeting van de open geveldelen, voorzieningen voor spui-ventilatie, zomernachtventilatie en installatie keuze.

De factsheets koudetechnieken (www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/kennisbank/factsheets-koudetechnieken) geven nadere informatie over de verschillende mogelijkheden van koeling.

Bij de vaststelling van de grenswaarde voor TO_{juli} en de aanvullende informatievoorziening voor lichte bouwmethodes, zijn veel situaties doorgerekend. Deze onderzoeken geven voorbeelden van maatregelen om aan TO_{juli} te voldoen. De te treffen maatregelen zullen per situatie verschillen, en zijn ook mede afhankelijk van de wensen van de opdrachtgever. Energieprestatie en het beperken van het risico op oververhitting moet dus integraal worden bekeken. Zo zullen een aantal maatregelen gunstig werken om het risico op oververhitting te beperken, maar kunnen een negatief effect hebben op de energieprestatie. Op de website van RVO zijn de onderzoeken met betrekking tot TO_{juli} te vinden onder 'Gezond binnenklimaat en TO_{juli}'.

Wikken en wegen met BENG

Sinds 1 januari gelden voor alle nieuwe gebouwen de nieuwe BENG-eisen in de plaats van de EPC-normen. Alleen voor bedrijfshallen met een industriefunctie zijn er geen energieprestatie-eisen. Beschrijving van drie casussen: een kantoor (voor een bedrijfshal), een winkelpand en een hotel.

ir. R.M.M. van der Loos

René van der Loos is senior adviseur bij DGMR Bouw in Arnhem.

Tabel 1. Kenmerken referentiegebouwen.

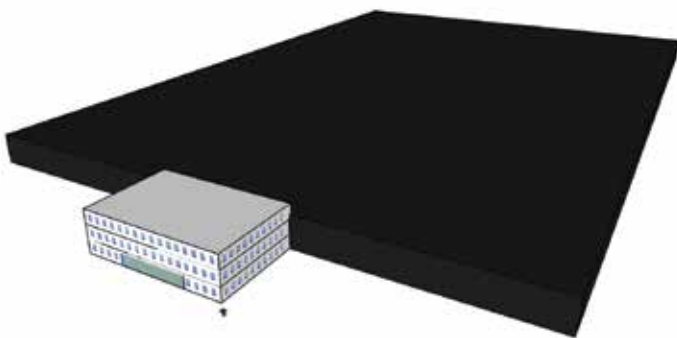
| | | kantoor | winkel | hotel |
|-------------------------------------|-----------------------|---------|--------|-------|
| bouwlagen | (-) | 3 | 2 | 10 |
| verliesoppervlakte (A_{is}) | (m ²) | 1614 | 3424 | 4009 |
| verbruiksooppervlakte (A_g) | (m ²) | 1681 | 1460 | 3678 |
| compactheid gebouw (A_{is}/A_g) | (-) | 0,96 | 2,35 | 1,09 |
| eis BENG 1 | (kWh/m ²) | ≤ 90 | ≤ 86 | ≤ 100 |
| eis BENG 2 | (kWh/m ²) | ≤ 40 | ≤ 60 | ≤ 130 |
| eis BENG 3 | (-) | ≥ 30% | ≥ 30% | ≥ 40% |



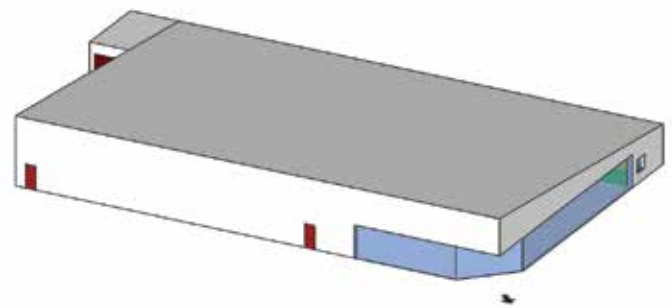
Melis logistics, Dúven.

Voorbeeld kantoor

- Zonder aanvullende bouwkundige maatregelen wordt voldaan aan de BENG-eisen.
- Voldoet aan BENG 1, maar let op de hoeveelheid glas, het type glas en eventueel zonwering.
- Pv is nodig om te voldoen aan BENG 2.
- Concept met warmtepompen en pv voldoet ruimschoots aan BENG 3.



1. Casus 1. Kantoor bij bedrijfshal.



2. Casus 2. Winkelpand (supermarkt).

BENG staat voor Bijna Energieneutrale Gebouwen. Bij de BENG-eisen wordt er onderscheid gemaakt in drie indicatoren.

- Energiebehoefte voor verwarming en koeling (BENG 1).
- Primair fossiel energiegebruik (BENG 2).
- Aandeel hernieuwbare energie (BENG 3).

De energiebehoefte en het primaire energiegebruik worden uitgedrukt in kWh/m² gebruiksoppervlak per jaar. Bij utiliteitsgebouwen worden er geen eisen gesteld aan de zogenoemde temperatuuroverschrijding in de zomer (TO_{juli}), zoals bij woonfuncties (zie p. 55).

De eisen verschillen per gebruiksfunctie. Voor gebouwen met meerdere gebruiksfuncties wordt de eis voor het gebouw als geheel bepaald op basis van de oppervlaktegewogen eisen. Pas wanneer de indeling van het gebouw in gebruiksfuncties bekend is, kan de gebouwsspecifieke eis bepaald worden. Bij een wijziging in de indeling van het gebouw, wijzigen dus ook de gebouwsspecifieke eisen. Bij de bepaling van de BENG-prestaties moet via de interne warmtecapaciteit (zie p. 60-63) worden rekening gehouden met de bouwwijze. De vraag is nu, vanuit BENG-oogpunt, wat verstandige keuzes zijn voor het bouwkundig en/of installatietechnisch

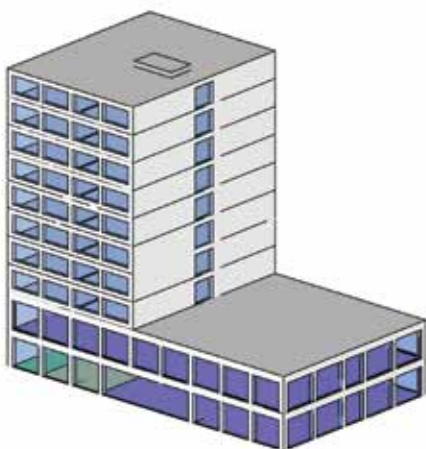
concept voor (gemengd) lichte gebouwen met staalskeletbouw, staalframebouw of houtskeletbouw. We gaan hierop in via drie casussen voor lichte utiliteitsgebouwen, met drie BENG-referentiegebouwen van de Rijksdienst voor ondernemend Nederland: een kantoor voor een bedrijfshal (afb. 1), een winkel zoals een supermarkt (afb. 2) en een hotel (afb. 3).

Casussen

In tabel 1 zijn de verschillende kenmerken per gebouw weergegeven plus de BENG-eisen. Het kantoor en hotel zijn relatief compact, de winkel minder. Bij een compactheid

Tabel 2. Opwekconcepten installaties.

| onderdeel | eenheid | kantoor | winkel | hotel |
|------------------------|------------------|------------------------|-----------------|--|
| verwarming | | | | |
| bron warmtepomp | | bodem | buitenlucht | aquifer |
| koeling preferent | | vrije bodemkoeling | compressie | koude opslag |
| 2e toestel | | compressie | - | compressie |
| tapwater | | | | |
| toestel | | elektroboiler | elektroboiler | combi-warmtepomp met circulatieleiding |
| voorraadvat | | 6x10 liter | 2x10 liter | 2x1000 liter |
| verlichting | | | | |
| ledverlichting | W/m ² | 6 | 8 | 5 |
| type regeling | | auto aan/uit, daglicht | handmatig, veeg | handmatig aan/auto uit, daglicht |
| pv | | | | |
| vermogen (in Wattpiek) | Wp | 3.000 | 120.000 | 38.000 |



3. Casus 3. Hotel (logies).

(A_s/A_g) van 1,8 of hoger geldt er een minder strenge BENG 1-eis, waarbij de hoogte van de eis afhangt van de waarde voor de compactheid. Dit is terug te zien in de hogere waarde voor de BENG 1-eis bij de winkel. Tot een vormfactor van 1,8 geldt er voor winkelfuncties een eis van maximaal 70 kWh/m². Voor het bouwkundig concept is uitgegaan van de volgende maatregelen:

- R_c -eisen conform Bouwbesluit;
- U -waarde van 1,4 W/m²·K;
- infiltratie van 0,4 l/s·m²;
- forfaitaire berekening van de lineaire warmteverliezen.

Voor winkel en kantoor is uitgegaan van automatische buitenzonwering en voor het hotel van zonwerende beglazing. Voor het installatietechnisch concept is aangesloten bij veelvoorkomende opwekconcepten uit de praktijk. Het concept is voor de drie gebouwen grotendeels hetzelfde. Er is gebruik gemaakt van balansventilatie met warmteterugwinning via een warmtewiel en met terugregeling van het ventilatie-debiet. Voor de verwarming is gebruik gemaakt van lage temperatuur vloerverwarming met een warmtepomp.

In het opwekconcept zitten echter wel verschillen in het bronstelsel van de warmtepomp en in de verlichting. Bovendien zijn, om te kunnen voldoen aan de BENG 2- en BENG 3-eisen, voor alle drie de voorbeeldgebouwen aanvullend pv-panelen nodig. De verschillen in de opwekconcepten voor de drie gebouwen staan in tabel 2.

De resultaten voor de verschillende BENG-indicatoren staan in tabel 3. In de berekeningen van de indicatoren is rekening gehouden met staalframebouw of staal-/houtskeletbouw met niet-massieve betonnen vloeren en een gesloten of verlaagd plafond. Bij de berekening van de energieprestatie-indicatoren kan dan rekening worden gehouden met een forfaitaire interne thermische warmtecapaciteit van 110 kJ/m²·K.

Tabel 3. BENG-indicatoren.

| | eenheid | kantoor | winkel | hotel |
|--------|-----------------------|---------|--------|-------|
| BENG 1 | (kWh/m ²) | 49 | 52 | 79 |
| BENG 2 | (kWh/m ²) | 40 | 60 | 108 |
| BENG 3 | (-) | 43% | 37% | 40% |



Foto: archief Lidi

Voorbeeld winkel

- Zonder aanvullende bouwkundige maatregelen wordt voldaan aan de BENG-eisen.
- Weinig compact gebouw, maar voldoet ruimschoots aan BENG 1.
- Pv is nodig om te voldoen aan BENG 2.
- Concept met warmtepompen en pv voldoet ruimschoots aan BENG 3.



Foto: inhow RAI, Amsterdam.

Voorbeeld hotel

- Zonder aanvullende bouwkundige maatregelen wordt voldaan aan de BENG-eisen.
- Voldoet aan BENG 1, maar let op de hoeveelheid glas, het type glas en eventueel zonwering.
- Pv is (in combinatie met een warmtepomp) nodig om te voldoen aan BENG 3.
- Door de toepassing van extra pv wordt ruimschoots aan BENG 2 voldaan.

Energiebehoefte – BENG 1

Wanneer we kijken naar de resultaten voor BENG 1, dan komt hieruit naar voren dat alle drie de gebouwen ruimschoots voldoen aan de BENG 1-eis, zonder dat hiervoor extra maatregelen zijn genomen. De energiebehoefte van BENG 1 is een optelsom van de warmte- en koudebehoefte. Bij een lagere interne warmtecapaciteit neemt de BENG 1-indicator over het algemeen toe.

Bij de voorbeelden is het effect van de interne warmtecapaciteit bij de winkel het grootst. Wanneer de specifieke interne warmtecapaciteit van $110 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$ wordt verlaagd naar $55 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$ (lichte bouwwijze) neemt de BENG 1-indicator maximaal 5 kWh/m^2 toe en bij een verhoging van de interne warmtecapaciteit naar $450 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$ (zware bouwwijze) neemt hij maximaal 8 kWh/m^2 af. Bij de doorgerekende casussen blijft de BENG 1-indicator bij verschillende interne warmtecapaciteiten echter ruim onder de eis waardoor dit eigenlijk geen rol speelt.

Het kantoor en het hotel zijn relatief compact, alleen de winkel is minder compact, zoals al gezegd. Naast de compactheid zijn met name het raampercentage in de gevel, het type glas en de toegepaste zonwering en/of zonwerende beglazing van invloed op de BENG 1-indicator.

De raampercentages in de gehanteerde casussen zijn relatief laag. Bij een weinig compact gebouw met veel glas in de gevel kan zonwering en/of drievoudig glas nodig zijn om te voldoen aan de BENG 1-eis.

Meer informatie over de samenhang tussen raampercentage, type glas, zonwering en compactheid: <https://dgm.nl/kennis/whitepaper/beng-voor-utiliteitsgebouwen/>.

Primair energiegebruik – BENG 2

Bij de casussen voor de winkel en het kantoor is BENG 2 bepalend. Met de bij de concepten opgegeven hoeveelheid pv wordt precies aan de BENG 2-eis voldaan. Bij een lichtere bouwwijze (lagere interne warmtecapaciteit dan $110 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$) komt de BENG 2-indicator voor deze gebouwen boven de eis uit en zijn extra energiebesparende maatregelen nodig om aan de eis te voldoen. Bij het hotel was in het maatregelpakket reeds extra pv nodig om te voldoen aan de BENG 3-eis. Bij deze casus

was BENG 3 dus bepalend om te voldoen aan de BENG-voorwaarden. De BENG 2-prestatie lag daardoor ruim onder de BENG 2-eis. Ook bij een lichtere bouwwijze wordt bij dit gebouw daardoor nog steeds ruimschoots aan de BENG 2-eis voldaan.

Wanneer er bij utiliteitsbouw geen koeling is, wordt de BENG 2-prestatie lager (beter). Er is dan minder pv nodig om te voldoen – maar er is ook geen koeling beschikbaar. In de bepalingsmethode wordt geen rekening meer gehouden met een fictief energiegebruik voor koeling, zoals in de EPC wel het geval was. Wanneer de warmteopwekking plaatsvindt met gas of met warmtelevering, moet het fossiele energiegebruik in de meeste gevallen gecompenseerd worden met pv-panelen om aan de BENG 2-eis te kunnen voldoen. Door toepassing van opwekconcepten met warmtepompen is het energiegebruik in veel gevallen al relatief laag waardoor een beperktere hoeveelheid pv-panelen nodig is.

Aandeel hernieuwbaar – BENG 3

Wanneer bij het opwekconcept voor verwarming, koeling en/of warm tapwater rekening wordt gehouden met maatregelen die gebruik maken van hernieuwbare energie, dan worden er twee vliegen in één klap geslagen. De inzet van hernieuwbare energie draagt niet alleen bij aan een lager primair energiegebruik, maar ook aan het realiseren van het benodigde aandeel hernieuwbare energie. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de opwekconcepten met warmtepompen. Alleen bij warmtepompen op ventilatieretourlucht is de ingezette hoeveelheid hernieuwbare energie beperkt; de warmte uit ventilatieretourlucht wordt namelijk niet als hernieuwbare bron beschouwd.

De elektriciteit die wordt opgewekt met pv-panelen telt volledig mee als hernieuwbare energie. Daarnaast leidt de opgewekte elektriciteit tot een lager primair energiegebruik (BENG 2). Bij de casussen voor de winkel en het kantoor was de inzet van pv nodig om te voldoen aan BENG 2. Er werd ruim voldaan aan de eisen voor BENG 3. Bij het hotel was extra inzet van pv nodig om te voldoen aan het benodigde aandeel hernieuwbare energie. Vice versa werd hierdoor ruimschoots aan de eis voor BENG 2 voldaan.



BENG geldt onder andere nog niet voor een industriefunctie, denk aan hallen, bedrijfsgebouwen en distributiecentra als Schenker in Venlo (boven).

Welke gebouwen wel en welke niet?

BENG geldt voor alle gebruiksfuncties behalve voor de industriefunctie (zoals hallen, bedrijfsgebouwen en distributiecentra), overige gebruiksfunctie (zoals parkeer garages) en het bouwwerk geen gebouw zijnde (bruggen, masten enz). BENG geldt wel voor de volgende gebruiksfuncties, met tussen haakjes veel voorkomende bouwtypen met een stalen draagconstructie.

- Woonfunctie (woningen en woongebouwen).
- Bijeenkomstfunctie (theaters en kerken).
- Celfunctie (gevangenissen en politiecellen).
- Gezondheidszorgfunctie (ruimten voor behandeling of verpleging in ziekenhuizen en verzorgingshuizen).
- Kantoorfunctie (kantoorgebouwen of kantoren bij een winkel of bedrijfshal).
- Logiesfunctie (hotels en vakantiehuizen).
- Onderwijsfunctie (schoolgebouwen).
- Sportfunctie (sporthallen en zwembaden).
- Winkelfunctie (supermarkten en bouwmarkten).

BENG 2 of 3

Of BENG 2 of BENG 3 bepalend is voor de eisen, is mede afhankelijk van de gebruiksfunctie van het gebouw, de warmte- en koudebalans in het gebouw en van het type opwekconcept. Bij lichte utiliteitsgebouwen zijn vanuit BENG over het algemeen geen extra aanpassingen nodig. •



TIJDELIJKE BRUGGEN



LEADING THE FUTURE OF BRIDGING

tel +31 (0)736408770

sales@retrobridge.com

www.retrobridge.nl

RDS-615



Toolchanger



Laser measurement



Sub-axis



RGY-2



High-end machines for construction steel fabrication

NIEUW! APS RAM-3

Bundelzaag 500x500 of enkelstuks



automatic production systems

Storage Systems | Sorting Systems | Process Optimization | Software Solutions

Oude Middenweg 213
Den Haag
info@aps-europe.nl



RS-800/1300



RDR-1036



RPS-520

www.aps-europe.nl

| specificatie van de bouwwijze | massa van de constructie per m ² gebruiksovervlakte van de rekenzone ^a (kg/m ²) | D _{min,eff,z} (kJ/m ² K) | |
|---|---|--|-----------------------------------|
| | | gesloten of verlaagd plafond ^b | geen op open plafond ^c |
| houtskeletbouw (hsb) met hsb of sfb vloeren | minder dan 250 kg/m ² | 55 | 80 |
| staalframebouw (sfb) met hsb of sfb vloeren | | | |
| staalskeletbouw met hsb of sfb vloeren | 250 kg/m ² tot 500 kg/m ² | 110 | 180 |
| houtskeletbouw, staalframebouw of staalskeletbouw met staal-beton of niet-massieve betonnen vloeren | | | |
| dragend metselwerk met houten vloeren ^d | 500 kg/m ² tot 750 kg/m ² | 180 | 360 |
| betonnen kolom-ligger skeletbouw met niet-massieve betonnen vloeren | | | |
| dragend metselwerk met niet-massieve betonnen vloeren ^e | meer dan 750 kg/m ² | 250 | 450 |
| betonnen wand-vloer skeletbouw met massieve en niet-massieve betonnen vloeren | | | |
| dragend metselwerk met massieve betonnen vloeren ^f | | | |

a Dit betreft de massa van de totale rekenzone (vloeren, wanden, plafonds, meubilair enz.) teruggerekend naar m² gebruiksovervlakte.

b Bij utiliteitsbouw moet worden uitgegaan van de kolom 'gesloten of verlaagd plafond' tenzij van een vrijdragend plafond in het verblijfsgebied ten minste netto 15% van de plafondopervlakte, gelijkelijk verdeeld over het plafond, open is uitgevoerd.

c Bij woningbouw moet worden uitgegaan van de kolom 'geen of open plafond', tenzij een verlaagd plafond is toegepast.

d Voor woningbouw betreft dit met name de vooroorlogse woningbouw.

e Voor woningbouw betreft dit met name woningbouw uit de wederopbouwperiode.

f Voor woningbouw betreft dit met name woningbouw uit de Vinexperiode.

OPMERKING Het bouwtype en hiermee de specifieke interne warmtecapaciteit kan per verdieping of deel van het gebouw verschillen. Indien de verschillen in specifieke interne warmtecapaciteit tussen verdiepingen of delen van het gebouw groot zijn (zie 6.5.2) moet het gebouw in meerdere rekenzones worden verdeeld. Indien geen opdeling in rekenzones noodzakelijk is, moet een inschatting worden gemaakt van de gemiddelde specifieke interne warmtecapaciteit van de totale rekenzone.

Met massief wordt bedoeld: een massa van de constructie van meer dan 100 kg/m². Hieronder vallen steenachtige materialen zonder afscherming door binnenisolatie.

Met licht wordt bedoeld: een massa van de constructie van 100 kg/m² of minder dan 100 kg/m². Hieronder vallen houtskeletbouw en staalskeletbouw en steenachtige materialen met een niet-massieve afscherming aan de binnenzijde, zoals binnenisolatie.

Tabel 7.10 (uit NTA 8800). Forfaitaire waarden voor de specifieke interne warmtecapaciteit.

Effectieve interne warmtecapaciteit

Staalskeletbouw, staalframebouw en houtskeletbouw worden aangeduid als lichte bouwsystemen. Constructies van staal en hout zijn – bij dezelfde functies en randvoorwaarden – ook daadwerkelijk lichter dan steenachtige constructies, uiteenlopend van minder dan 100 tot meer dan 1000 kg/m². Lichtgewicht is in bepaalde opzichten voordelig (fundering, materieel, milieuoetadruk) of soms noodzakelijk (optoppen, grote overspanningen, uitkragingen). Maar er kunnen nadelen aan lichtheid kleven: trillingsgevoeligheid, geluidsoverdracht en snelle opwarming. Met als keerzijde: de eveneens snelle afkoeling.

M.A. Barendsz

Mic Barendsz is projectleider energieprestatie, bouwfysica en bouwkundig detailleren bij Bouwen met Staal. Hij heeft namens Bouwen met Staal onder andere zitting in de NEN-normsubcommissie 'EPB en verwarming' en de NVTB-werkgroep 'Energie en binnenklimaat'.



Foto: Ronald Tillemans

Groter belang gebouworientatie en open/dicht-verhouding. The Edge, Amsterdam.



Foto: ASK Romein

Metalen gevelsystemen voldoen met kleine aanpassing aan iets hogere R_e -eisen. Hoogvliet, Zoetermeer.



Foto: www.droomparken.nl

De BENG-eisen zijn wat opgerekt, zodat ook tiny houses nog mogelijk zijn. Droompark De Zanding, Otterlo.

Factoren

Open/dicht-verhouding en oriëntatie

In de EPC was een (energetisch ongunstige) grote glaswand nog te compenseren door zonnepanelen. Bij BENG is dat niet meer mogelijk, omdat je ook goed moet scoren op BENG 1, die specifiek kijkt naar de optimale gebouwschil. Uit vingeroefeningen van bijvoorbeeld architectenbureau Rijnbouw blijkt dat een open/dicht-verhouding van 60/40 en zelfs 70/30 (70% glas, 30% dicht) nog wel haalbaar is. Daarbij resulteren het gebruik van grote glasvlakken op het zuiden en minder grote glasoppervlakken op het noorden in een positief effect op de energiebehoefte.

Gebouwschil

Sinds de invoering van de energieprestatie-eisen is er veel aandacht geweest voor de optimalisering van de gebouwschil (begane-grondvloer, gevels, dak). Van een eis aan de warmteweerstand van de constructie (R_e) van 0,43 voor de gevel in 1963 is deze geleidelijk aan opgeschroefd naar 4,5 (2020). Daarom is hier nog

weinig energiewinst te behalen. Vanaf 2021 zijn de R_e -eisen enkele tienden hoger:

- dak: minimaal 6,3 m²K/W (was 6,0);
- gevel: minimaal 4,7 m²K/W (was 4,5);
- vloer: minimaal 3,7 m²K/W (was 3,5).

Deze wijziging is voor alle beschikbare metalen gevelsystemen (sandwichpanelen, opbouwstelsel van binnendozen met buitenbeplating enz.) geen probleem. Met een kleine aanpassing, bijvoorbeeld een dikker isolatiepakket of minder verbindingsmiddelen (die ongewild als koudebrug dienen), voldoen gangbare gevelsystemen relatief eenvoudig aan de nieuwe eisen.

Vorm

De vorm van het gebouw (groot/klein, hoog/laag, veel gevel/weinig gevel) speelt een grote rol bij de warmte- en koudebehoefte. In de EPC zat vorm ingebakken. Bij de BENG-eisen is vorm losgehaald. Deze wordt

uitgedrukt in de A_v/A_g -verhouding. A_v is het verliesoppervlak. A staat voor 'Area' (oppervlak), 'l' staat voor 'loss' (verlies). A_g is de 'gebruiksoppervlakte' gedefinieerd in NEN 2580. Dit is tevens het verwarmde oppervlak.

In een eerdere versie van de BENG-eisen gold voor alle woningen dezelfde eis. Een zeer scherpe van 25 kWh/m²-jaar. Daardoor werd het erg moeilijk om hoekwoningen en vrijstaande woningen te realiseren. En was een 'tiny house' (met een zeer hoge A_v/A_g -verhouding) zo goed als onmogelijk. In de huidige versie zijn de eisen binnen de gebruiksfuncties gedifferentieerd, zodat ook minder compacte woningvormen nog mogelijk zijn.

De gevoeligheid voor temperatuurschommelingen kent een groot aantal termen: warmte-accumulatie, warmte-opslag, thermische massa en thermische capaciteit. De NTA 8800 hanteert 'warmtecapaciteit' (C). Dat is de hoeveelheid warmte (of energie) die nodig is voor een temperatuurstijging van 1 °C bij constante druk en volume (J/K). In de NTA 8800 wordt gebruik gemaakt van de 'effectieve interne warmtecapaciteit' van een rekenzone $C_{m,int;eff;zi}$ volgens de formule:

$$C_{m,int;eff;zi} = D_{m,int;eff;zi} \cdot 1000 \cdot A_{g;zi}$$

Daarin is:

$C_{m,int;eff;zi}$ effectieve interne warmtecapaciteit van de rekenzone (J/K);

$D_{m,int;eff;zi}$ specifieke interne warmtecapaciteit van de rekenzone, bepaald volgens tabel 7.10 in NTA 8800 (kJ/m²K);

$A_{g;zi}$ gebruiksoppervlak van rekenzone zi (m²).

Forfaitaire waarden

De 'simpele' bepaling van de effectieve interne warmtecapaciteit maakt gebruik van de specifieke interne warmtecapaciteit $D_{m,int;eff;zi}$ (kJ/m²K). Deze is af te lezen in tabel 7.10 in de NTA 8800 (p. 60). Let op: de 'gebruiksoppervlakte' (p. 60, kolom 2) wordt gedefinieerd in NEN 2580 als: 'de oppervlakte van een groep van ruimten (...) tussen de opgaande scheidingsconstructies'. Dus oppervlak binnenkant gevel inclusief binnenwanden.

Opwarming en afkoeling

De warmtecapaciteit van de constructie bepaalt mede de hoeveelheid warmte (of energie) die nodig is voor een temperatuurstijging. Hoe zwaarder de constructie, hoe hoger de warmtecapaciteit. Zware constructies warmen langzaam op en koelen langzaam af. Lichte constructies warmen snel op en koelen ook snel weer af. Dit maakt dat lichte constructies comfortvoordeel bieden bij gebruiksfuncties die 's nachts niet of minder verwarmd worden, zoals de meeste kantoren. Die warmen na nachtverlaging elke ochtend immers makkelijk snel weer op. Zware constructies bieden juist voordeel bij gebruiksfuncties die een meer gelijkmatige temperatuur hebben zoals woningen. Ook

Literatuur

1. C.F.M. de Haan, F.J.M. Wiedenhoff en J.L.M. Hensen, 'Massa is genuanceerde ballast', *Bouwen met Staal* 211 (oktober 2011), p. 42-64.
2. M. Cornelisse, T.G. Haytink en H.J.J. Valk, *Consequenties definitieve BENG-eisen en TO_{juil}*, Lente-akkoord, Voorburg 2019.
3. *Rapport Grenswaarden zomercomfort nieuwe woningen in Bouwbesluit*, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Utrecht 2019.
4. *NTA 8800* (Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode), 2020 + A1, 2020.
5. *NEN 7120* (Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode), 2012 + C2, 2012 + C3, 2013 (ingetrokken).
6. *Kamerbrief bij Voorhang van het ontwerpbesluit houdende wijziging van het Bouwbesluit 2012 inzake bijna energieneutrale nieuwbouw*, BZK, Den Haag 2019.
7. *NEN-ISO 10456* (Bouwmaterialen en bouwproducten - Hygrothermische eigenschappen - Overzicht van ontwerpwaarden en procedures voor de bepaling van gedeclareerde en ontwerpwaarden), 2008 + C1, 2009.



Foto: Pauwert Architectuur

Zonnepanelen: een belangrijk instrument om aan BENG 2 en 3 te voldoen. Voor de industrie functie is wetgeving in voorbereiding. Gold Forum, Eindhoven.



Foto: Space Encounters

Overstekken eveneens van belang. Distributiecentrum AR-IPKW, Arnhem.



Foto: W.H. van Iterson

Buitenjaloezieën en shutters: bondgenoten van staal/glas-architectuur. Watervilla, Vinkeveen.

Maatregelen

Zonnepanelen

Via BENG 3 wordt voor alle BENG-verplichte gebruiksfuncties (alle woningbouw en utiliteitsbouw, behalve industrie functie) geëist dat een deel van de benodigde energie bestaat uit hernieuwbare energie. Bovendien is door pv-panelen of andere hernieuwbare energiebronnen opgewekte energie van BENG 2 af te trekken. Pv-panelen zijn daarmee een belangrijk instrument om aan BENG 2 en BENG 3 te voldoen. Daarnaast is er wetgeving in voorbereiding die het gemeenten toestaat om opdrachtgevers van gebouwen met een industrie functie te verplichten om zonnepanelen toe te passen. Redenen voor constructief ontwerpers om bij daken alvast rekening te houden met een hogere belasting of opdrachtgevers hierop te attenderen.

Warmtepompen

Warmtepompen zetten 'gratis' energie uit aarde, water of lucht om in bruikbare energie voor warmtapwater, verwarming of koeling. Vanwege de koppeling van efficiënte verwarming en koeling zijn ze bijzonder

geschikt om goed te scoren op BENG 2. De elektriciteit die de warmtepomp hierbij gebruikt is ook op te wekken met pv-panelen. Dat is weer interessant voor BENG 3 waarin een bepaald aandeel hernieuwbare energie wordt geëist. Er is een scala aan verschillende systemen die elk meer of minder geschikt zijn voor bepaalde bouwtypen. Warmtepompen hebben één nadeel: ze produceren betrekkelijk veel geluid. Daarom verschijnen geluidwerende omkastingen in alle soorten en maten op de markt.

Warmte buitenhouden

Bij BENG en TO_{juil} is het van belang om warmte buiten te houden om de koelbehoefte te beperken. Beproefd recept is de toepassing van overstekken, zonwerend glas en zonwering. Deze maatregelen zijn in te voeren bij de BENG- en/of TO_{juil}-GTO-berekening. Opgenomen zijn binnen toe te passen gemetalliseerde weefsels en buitentoepassing van screens en jaloezieën. Hierbij heeft de kleur een betrekkelijk grote invloed op de zontoetreding, waarbij zwart, antraciet en donkerbruin

aanzienlijk beter scoren dan overige kleuren. De best reflecterende kleur wit sluit uiteraard de rij.

Warmte weggrijpen

Is de warmte in hoogzomer eenmaal binnen? Dan is het zaak deze effectief weg te krijgen. Dat kan met een actief koelsysteem, zoals bepaalde warmtepompen. Als deze actieve koeling voldoende capaciteit bezit voor de koelbehoefte, wordt vanzelf aan de eis voor temperatuuroverschrijding voldaan. Wel heeft de elektriciteit die hiervoor nodig is een negatief effect op BENG 2-score. Passief koelen kan ook. Zomernachtventilatie is zo'n systeem dat zijn intrede deed via passiehuizen. Speciaal daarvoor te openen inbraak-, insect- en regenwerende luiken zorgen tijdens (niet zo warme) zomernachten voor een verkoelende luchtstroom. Met één luik kan, maar twee luiken tegenover elkaar openzetten werkt nog beter. Actief of passief, hybride bestaat ook, feit is dat deze installatietechnische en bouwkundige maatregelen steeds vaker verkoeling zullen bieden in de steeds warmere zomers.

seizoen en klimaatzone zijn van invloed. In koude perioden en klimaten heeft thermische massa overwegend een negatief effect. In warme perioden en klimaten overwegend positief. Dat is één van de redenen waarom in het mediterrane klimaat wat zwaarder wordt gebouwd, en in Scandinavië vaak lichter (zie p. 50 en [1]).

Effect op BENG woningbouw

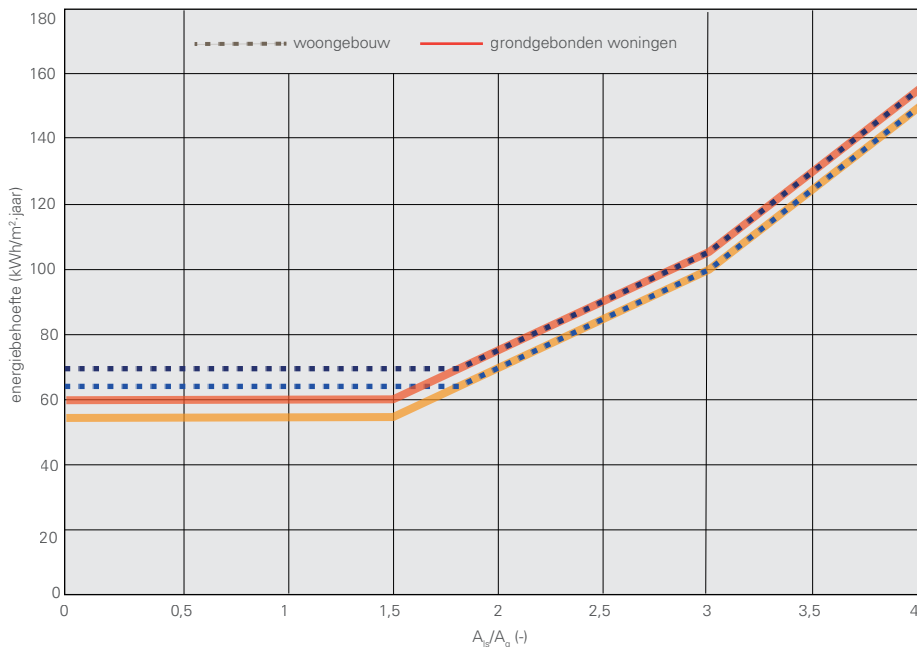
Warmtecapaciteit heeft bij woningbouw met name effect op BENG 1, de energiebehoefte. Daarin scoren gebouwen met een zware constructiewijze (beton- of stapelbouw) meestal beter dan de lichte varianten (staalframe-

bouw, staalskeletbouw en houtskeletbouw). Dit was al zo in NEN 7120 en de EPC, maar wordt in NTA 8800 en BENG versterkt. Dit komt doordat er bij woningbouw (realistisch en verklaarbaar) een categorie lichte bouw met zware vloeren is toegevoegd die in NEN 7120 nog niet bestond. Tabel 12.1 in NEN 7120 had namelijk slechts drie categorieën: 'volledig houtskeletbouw' (80 kJ/m²K), 'gemengd licht' (350 kJ/m²K) en 'traditioneel, gemengd zwaar' (450 kJ/m²K). Door de meestal aanwezige 'zware', betonnen begane-grondvloer en de cementdekvloer van de verdiepingvloer(en) te verdisconteren werd van de lichtste categorie (80 kJ/m²K) meteen

een 'sprong' gemaakt naar 'gemengd licht' (350 kJ/m²K). In NTA 8800 valt de gangbare ietwat verzwaarde, lichte woningbouw in de nieuw toegevoegde, op één na lichtste categorie 'gemengd licht' (180 kJ/m²K).

Correctiefactor BENG 1 voor lichte en gemengd lichte bouw

Energieprestatie is één aspect. Lichte bouw heeft bepaalde kwaliteiten, zoals het thermische comfort door snelle opwarming en afkoeling. Ander belangrijk aspect: de Milieuprestatie Gebouwen die aangeeft wat de milieubelasting is van de materialen in een gebouw. Daarom kreeg BENG 1 een



Eisen BENG 1, de bovenste lijnen geven de eisen weer inclusief correctiefactor voor lichte bouw.

correctiefactor voor lichte en gemengd lichte bouw (afbeelding boven). Met redenen omkleed door de minister van BZK^[6]: 'Ook is maatwerk mogelijk voor hout- en staalskeletbouw woningen. Er is aangegeven dat lichte bouwwijzen onnodig worden benadeeld, terwijl op bouwmaterialenniveau de hierin toegepaste producten goed her te gebruiken zijn. Hieraan is ook tegemoetgekomen doordat de BENG 1-eis voor lichte bouwwijzen worden gecorrigeerd met 5 kWh/m²·jr.'

Voor woningen en woongebouwen met een specifieke interne warmtecapaciteit van 180 kJ/m²K of minder (art. 5.2, Bijna energie-neutraal, lid 5) is een correctiefactor ingesteld voor BENG 1. Hierin vallen overwegend staalskeletbouw, staalframebouw en hout-skeletbouw, maar ook stenen of betonnen constructies met isolatie aan de binnenzijde.

Effect op TO_{juli}

BENG is nog betrekkelijk eenvoudig te halen. De eis aan de Temperatuuroverschrijding (TO_{juli} of GTO) in de steeds heter wordende zomermaanden heeft veel meer effect op oriëntatie, vorm, uiterlijk en installatietechniek. Ook zware bouw moet extra maatregelen treffen. Maar van lichte bouw wordt

nog een stapje extra verlangd. De makkelijkste manier om woningen te ontwerpen zoals we gewend zijn, is om actieve koeling toe te passen. Maar die heeft een keerzijde. Extra kosten, maar ook de gevolgen die de vaak op elektriciteit draaiende installatie heeft op BENG 2. Een slimme oplossing is om deze koeltechniek te koppelen aan pv-panelen. Zo blijft het primair fossiel energiegebruik (BENG 2) beperkt. En blijven alle vormen en uiterlijkheden in de architectuur mogelijk.

Grof of precies (1):

TO_{juli} of GTO?

De eenvoudige methode TO_{juli} maakt gebruik van maandgegevens, beperkte inputmogelijkheden en een grove output. De dynamische effecten die bij de temperatuurschommelingen in een dag-/nachtritme optreden worden beperkt meegenomen. Soms biedt de nauwkeurige methode GTO (Gewogen Temperatuuroverschrijding) soelaas. Bij een GTO-berekening is het mogelijk om meer randvoorwaarden mee te nemen, waaronder dynamische effecten zoals uurlijkse opwarming en afkoeling en bewonersgedrag. Hierbij is het raadzaam om een specialist in de arm te nemen. Vanwege de kosten die dit

met zich meebrengt is het verstandig om dit pas te doen als de eis voor TO_{juli} van 1,2 op enkele tienden niet gehaald wordt.

Grof of precies (2): tabel 7.10 of bijlage B?

De bepaling van de 'effectieve interne warmtecapaciteit' met tabel 7.10 is eenvoudig maar nogal grof. Bovendien is in Nederland het combineren van bouwwijzen gangbaar. Staalconstructies worden gecombineerd met betonnen vloeren en gemetselde wanden die behoorlijke warmtecapaciteit bezitten. Anderzijds worden betonskeletten vaak gevuld met metal stud binnenwanden, en houten binnenspouwbladen en kapconstructies. Lichte bouw valt niet per definitie in de lichtste of gemengd lichte categorie. Zware bouw valt niet per definitie in de zwaarste categorie. Bij twijfelgevallen is het raadzaam om in plaats van de forfaitaire waarden voor de specifieke interne warmtecapaciteit van tabel 7.10 de nauwkeurige waarde volgens bijlage B te berekenen. Dat gebeurt met de volgende formule:

$$C_{mi} = \rho_1 \cdot c_1 \cdot d_1 \cdot A_1 + \rho_2 \cdot c_2 \cdot d_2 \cdot A_2 + \dots \quad (B.1)$$

Daarin is:

- C_{mi} de effectieve interne warmtecapaciteit van de rekenzone (J/K);
- ρ_{1,2,...} de volumieke massa van de materialen van constructieonderdeel 1, 2,... (kg/m³);
- c_{1,2,...} de soortelijk warmte van de materialen van constructieonderdeel 1, 2,... bepaald volgens NEN-ISO 10456 (J/kg·K);
- d_{1,2,...} de werkzame dikte van de materialen van constructieonderdeel 1, 2,... bepaald volgens E.2 (m);
- A_{1,2,...} de oppervlakte van de materialen van constructieonderdeel 1, 2,... (m²), dat in de rekenzone is gelegen of de rekenzone omhult, met dien verstande dat constructieonderdelen in een rekenzone die geen bouwconstructie zijn, zoals een niet-dragende binnenwand, buiten beschouwing moeten blijven.

Bijlage B is, net als de hele NTA 8800^[4] gratis te downloaden bij NEN. •