

TNO-rapport

94-BBI-R0871

6 juli 1994

**AANVULLING OP
BASISDOCUMENT BEPALINGSMETHODE
ENERGIEPRESTATIE WONINGEN**

Projectnummer : 326.3.3863

Auteur : H.A.L. van Dijk

m.m.v. : J. Oldengarm

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Totaal aantal pagina's : 33

Aantal bijlagen : 1

SAMENVATTING

Door TNO-Bouw is in opdracht van VROM en in overleg met de NNI normsubcommissie 351.74.15 'Bepaling energieprestatie woningen en woongebouwen' de energieprestatienorm voor woningen en woongebouwen uitgewerkt (NEN 5128).

Het rapport is samengesteld uit een compilatie van voortgangsrapporten die ten behoeve van de besluitvorming aan de normsubcommissie werden voorgelegd in het kader van de verwerking van de kritieken op het normontwerp tot **definitieve normtekst**. Deze voortgangsrapporten betreffen enkele specifieke onderwerpen, die hoofdstuksgewijs worden gepresenteerd.

INHOUDSOPGAVE**pagina**

1.	INLEIDING	4
2.	AANSLUITINGSKOUDEBRUGGEN EN BEPALING OPPER- VLAKTE VAN SCHEIDINGSCONSTRUCTIES	5
3.	WEEGFACTOR a VOOR WARMTEVERLIES DOOR BEGANE GRONDVLOEREN	10
4.	VERBETERINGEN GERICHT OP MINDER ONGEWENSTE SPREIDING IN EP-WAARDEN	16
5.	REFERENTIE-ENERGIEGEBRUIK, $Q_{\text{pres;tot;ref}}$ EN RELATIE MET EP-WAARDE	19
5.1.	Definitie	19
5.2.	Uitwerking	21
5.3.	Relatie referentie-energiegebruik en EP-formule	22
6.	SPREIDING IN EP-WAARDEN	24
	REFERENTIES	25

BIJLAGE 1	Uitwerking referentie-energiegebruik
-----------	--------------------------------------

1. INLEIDING

Door TNO-Bouw is in opdracht van VROM en in overleg met de NNI normsubcommissie 351.74.15 'Bepaling energieprestatie woningen en woongebouwen' de energieprestatienorm voor woningen en woongebouwen uitgewerkt (NEN 5128).

Achtergrondinformatie met betrekking tot de totstandkoming van het **normontwerp** is neergelegd in het rapport:

TNO Bouw, rapport 93-BBI-R1007

Basisdocument bepalingmethode energieprestatie woningen.

H.A.L. van Dijk, mei 1993

Het *onderhavige* rapport is samengesteld uit een compilatie van voortgangsrapporten die ten behoeve van de besluitvorming aan de normsubcommissie werden voorgelegd in het kader van de verwerking van de kritieken op het normontwerp tot **definitieve normtekst**. Deze voortgangsrapporten betreffen enkele specifieke onderwerpen, die hier hoofdstuksgewijs worden gepresenteerd.

Bij de verwerking van deze voortgangsrapporten tot het onderhavige rapport is de inhoud zoveel mogelijk aangepast aan de uiteindelijke vorm en inhoud van NEN 5128. In de normtekst zelf zijn eveneens her en der uitgebreide toelichtingen te vinden. Deze zijn in het onderhavige rapport niet nog eens herhaald.

In zijn algemeenheid geldt dus, dat dit rapport steeds in combinatie met NEN 5128 gelezen moet worden.

2. AANSLUITINGSKOUDEBRUGGEN EN BEPALING OPPERVLAKTE VAN SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Het effect van aansluitingskoudebruggen wordt in het Ontwerp NEN 5128 verwaarloosd; er is wat dit betreft een samenhang met de keuze van de definitie van de oppervlakte waarover het warmteverlies moet worden berekend. Eén en ander verdient een uitgebreide beschouwing:

Oppervlakte-keuze voor transmissieverliezen en aansluitingskoudebruggen

In de Aanvulling op NEN 1068 (1993) wordt de oppervlakte van scheidingsconstructies éénduidig gedefinieerd. In wezen betreft het hierbij steeds de binnenwerks gemeten oppervlakte, met een uitzondering van een strook van maximaal 0,15 m voor eventuele oplegging van b.g.vloeren. Een bijkomend voordeel is, dat de bepaling van de R_c -waarde van constructies één op één is gekoppeld aan deze oppervlakte.

Andere mogelijkheden variëren van (combinaties van) 'hart-op-hart', 'uitwendig' en 'bovenkant vloer-bovenkant vloer'. Een probleem daarbij is, dat het hierbij veel minder eenvoudig is om een alle situaties dekkende eenduidige definitie te geven.

De vraag is hoeveel warmtetransmissie over het hoofd wordt gezien wanneer inwendige maten worden genomen.

Bijlage 5 uit het studierapport behorend bij SBR-200 (door Adviesburo Nieman) levert een basis voor de inschatting van het effect van aansluitingskoudebruggen op de transmissiewarmteverliezen.

Hoewel in SBR-200 het effect van de aansluitingen wordt vergeleken met de uitkomsten van NEN 1068, worden de waarden voor de lineaire U-waarden (' U_i -waarden') *niet* steeds gebaseerd op de inwendige oppervlakte.

Wanneer we de uitkomsten hiervoor aanpassen komen de U_i -waarden hoger uit.

Voor aansluitingen waarbij b.g.vloeren betrokken zijn, is het van belang te controleren of bij de afleiding van de U_i -waarden uit de met een eindige differentiemethode berekende warmtestroom wel hetzelfde temperatuurverschil en dezelfde weegfactor gebruikt wordt. Ook daar bleken correcties nodig:

- in SBR 200 is als buitentemperatuur 0 °C genomen, als grondtemperatuur 10 °C; voor de energieprestatienorm is 5 respectievelijk 10 °C het uitgangspunt;
- in SBR 200 is de U_i -waarde voor de fundering bij woningscheidende muren gebaseerd op 8 K temperatuurverschil over de vloer plus grond;
- in SBR 200 wordt het transmissiewarmteverlies volgens NEN 1068 (dus: zonder de aansluiting) gebaseerd op een temperatuurverschil van 18 K en de weegfactor voor de b.g.vloer. De warmtestroom door de lineaire aansluiting bij de b.g.vloer wordt echter gebaseerd op het volle 18 K temperatuurverschil.

Voor alle aansluitingen die in het concept SBR-200 voor de referentietussenwoning zijn opgenomen zijn deze correcties uitgevoerd, voor zover de aansluitingen relevant worden geacht:

omschrijving van de aansluiting	codering	concept SBR-200 U_i $W/(m \cdot K)$	gecorrig. U'_i $W/(m \cdot K)$
fundering, voor- en achtergevel, b.g.vloer	11.01.01	0,501	1,115
fundering, woningsch. muur en b.g.vloer	11.02.01	0,358	0,095
idem	11.03.01	0,541	1,18
tussenvloer, gevel	11.04.01	0,071	0,15
gevel, dak	11.05.01	-0,07	0,12
nok	11.06.01	-0,114	0,001
woningsch. muur, voor- en achtergevel	11.07.01	0,056	0,142
woningscheidende muur, dak	11.09.01	-0,03	0,056
kozijnaansluiting, onderdorpel	11.11.01	-0,108	*)
kozijnaansluiting, bovendorpel	11.12.01	-0,194	*)
kozijnaansluiting, stijl	11.13.01	-0,183	*)
*) zie toelichting hieronder.			

Daarnaast zijn uit concept SBR-200 de lengten overgenomen van de aansluitingen in de referentietussenwoning:

omschrijving van de aansluiting	codering	U'_l (W/(m·K))	lengte (m)
fundering, voor- en achtergevel, b.g.vloer	11.01.01	1,115	10,20
fundering, woningscheidende muur en b.g.vloer	11.02.01	0,095 ^{**})	9,00
tussenvloer, gevel	11.04.01	0,15 ^{**})	10,20
gevel, dak	11.05.01	0,12	10,20
nok	11.06.01	0,001 ^{**})	5,10
woningscheidende muur, voor- en achtergevel	11.07.01	0,142 ^{**})	10,20
woningscheidende muur, dak	11.09.01	0,056 ^{**})	13,50
kozijnaansluiting, onderdorpel	11.11.01	*)	6,30
kozijnaansluiting, bovendorpel	11.12.01	*)	7,20
kozijnaansluiting, stijl	11.13.01	*)	14,75

^{**}): de U'_l -waarde is dubbelzijdig!

^{*}): zie toelichting hieronder.

De kozijnaansluitingen zijn niet relevant, omdat in NEN 5128 de U-waarde van het raam differentieert naar de combinatie van beglazing en kozijn; resteert alleen de aansluiting tussen muur en kozijn; deze wordt in deze context verondersteld verwaarloosbaar te zijn.

De U'_l -waarden voor deze kozijnaansluitingen blijken in concept SBR-200 steeds negatief te zijn; zij blijken daarmee de positieve waarden voor de overige aansluitingen zodanig te compenseren dat het totale specifieke warmteverlies door de aansluitingen beperkt blijft tot circa 4,0 W/K.

De berekeningen betreffen een gietbouw draagconstructie met houten binnenspouw- en gemetselde buitenspouwbladen.

Voor andere bouwmethoden worden effecten gerapporteerd die vergelijkbaar zijn in

grootte of geringer.

In ons geval is het totale effect van de aansluitingen op de warmtetransmissie (in W/K):

specifiek transmissiewarmteverlies door aansluitingen:

(equivalent met H_{tr} in NEN 5128)

$$\begin{array}{rcl} \text{vloer, met weegfactor: } 0,728 \times 12,228 & = & 8,90 \text{ W/K} \\ \text{overig:} & = & 4,96 \text{ W/K} \\ & & \text{-----} + \\ & & 13,86 \text{ W/K} \end{array}$$

Vergeleken met de specifieke warmtetransmissie zonder aansluitingskoudebruggen:

$$\text{b.g.vloer:} \quad H_{tr} \approx 0,728 \times 0,362 \times 41 = 11 \text{ W/K}$$

$$\text{totaal:} \quad H_{tr} \approx 95 \text{ W/K}$$

De aansluitingen bij de b.g.vloer blijken dus bij deze referentietussenwoning een zeer grote invloed te hebben op de warmtetransmissie.

Een complicatie hierbij is echter, dat in de waarde voor de weegfactor a voor b.g.vloeren reeds rekening is gehouden met het warmteverlies door de oplegging van de vloer, althans voor zover dit warmteverlies via het oppervlak van de vloer en niet via het oppervlak van de gevel plaatsvindt. Dit betekent gemiddeld genomen (doch met een grote spreiding afhankelijk van vele details, [1]) dat tenminste de helft van de U_1 -waarde reeds door de weegfactor a is gedekt. Er bestaat een sterke wisselwerking tussen de warmtetransmissie door de vloer zelf en door de rand. Immers: minder warmteverlies door de rand betekent daling van de temperatuur onder de vloer, dus een zekere toename van het warmteverlies door de vloer zelf, en vice versa.

Conclusie: het verdient geen aanbeveling om voor de b.g.vloer aansluitingen een aparte lineaire U -waarde in te voeren.

De overige aansluitingen hebben ieder apart beschouwd een effect dat varieert tussen circa 0 en 10 procent vergeleken met de specifieke transmissie door de betreffende vlakken zelf. Ten overvloede: hierbij is al het transmissiewarmteverlies inbegrepen dat niet gedekt wordt door de $U \cdot A$ volgens NEN 1068 (met A is de binnenwerks gemeten oppervlakte).

Conclusie: er is geen reden om een toeslag te geven op het transmissiewarmteverlies voor werkelijke verliesoppervlakte vergeleken met binnenwerks gemeten oppervlakte.

3. WEEGFACTOR a VOOR WARMTEVERLIES DOOR BEGANE GRONDVLOEREN

In de binnengekomen kritiek op het normontwerp NEN 5128 (Energieprestatie woningen) wordt de formule voor de weegfactor a voor de bepaling van de warmteverliezen via b.g.vloeren (opnieuw) ter discussie gesteld. Deze formule is overgenomen uit NEN 1068.

Het warmteverlies door de begane grond vloer is in het verleden onderwerp geweest van vrij uitgebreide wetenschappelijk studies. We zullen ons beperken tot de studies waarbij gebruik is gemaakt van computersimulaties waarbij de warmtestromen worden berekend aan de hand een "eindige elementen" of een "eindige differentie" methode.

We zullen hier de berekende weegfactoren vergelijken uit de bronnen TPD-1 [2], TPD-2 [3]: en Ont.NEN-EN 1190 [4].

In figuur 1 zijn enkele berekende waarden uit deze bronnen weergegeven tezamen met de volgens NEN 1068 berekende waarde.

Ter toelichting nog het volgende:

De berekeningen volgens TPD-1 zijn gebaseerd op een veronderstelde binnentemperatuur van 18 °C. De berekeningen volgens TPD-2 daarentegen zijn gebaseerd op een binnentemperatuur van 20 °C. Dit is indertijd gedaan om een vergelijking met NEN 1068 te kunnen maken (NEN 1068 veronderstelt impliciet een binnentemperatuur van 20 °C)

De getallen volgens NEN-EN 1190 (PrEN 1190) zijn overgenomen voor de overeenkomstige situatie als in de TPD berekeningen (d.w.z een tussenwoning). De NEN-EN 1190 is eveneens gebaseerd op berekeningen met een gedetailleerd rekenmodel. Twee gevallen zijn weergegeven in de figuur:

PrEN1 : geen kruipruimteventilatie

PrEN2 : met kruipruimteventilatie

Uit de figuur blijkt dat in alle gevallen de trend overeenkomt met die van de volgens NEN 1068 berekende waarde. De waarde berekend volgens NEN 1068 blijkt echter

steeds tot circa 30 % te hoog te zijn.

In figuur 1 is tevens berekende waarde weergegeven volgens een voorstel in een der kritieken ($a = 0.9 - 0.2 \cdot U$). Duidelijk is dat hieruit waarden volgen die veel te hoog zijn.

Opgemerkt zij dat de in figuur 1 weergegeven waarden betrekking hebben op stationaire berekeningen. Dat willen zeggen dat de thermische traagheid van de bodem niet is verdisconteerd. In de referentie genoemd onder TPD-1 zijn echter ook resultaten van dynamische berekeningen gepresenteerd. Een vergelijking van stationaire en dynamische berekeningen laat zien dat de dynamisch berekende waarden voor de warmteverliezen tussen 5 tot 9 % lager zijn. Dit betekent dus dat een met een stationaire methode berekende a-waarde in feite nog te hoog is en met het genoemde percentage naar beneden toe zou moeten worden gecorrigeerd.

In de kritiek wordt ook gewezen op het dynamische effect. Gesteld wordt dat de temperatuur onder de vloer voor een deel van het jaar beneden die van de buitenlucht ligt. Dit is op zich juist, maar het is slechts een deel van de waarheid. Daar staat immers tegenover dat, als gevolg van de thermische traagheid, de temperatuur onder de vloer hoger is dan uit een stationaire berekening volgt. Het stookseizoen zal daardoor wel iets langer worden, maar het totaal effect is dat het warmteverlies kleiner wordt met het reeds eerder genoemde percentage. Ter toelichting is figuur 2 bijgevoegd dat afkomstig is uit het zojuist genoemde rapport. Deze figuur laat het maandelijks temperatuurverloop zien in de kruipruimte zowel voor een stationaire berekening als voor een dynamische berekening.

CONCLUSIES

Uit het bovenstaande lijkt te volgen dat er inderdaad een aanleiding is om de formule voor de weegfactor bij de stellen. De bijstelling dient echter de andere richting te gaan dan door kritiekgevers wordt voorgesteld. Uit onderzoek blijkt dat de huidige NEN 1068 de trend juist weergeeft, maar dat de uitkomst circa een factor 1,25 te hoog is.

Anderzijds moet worden opgemerkt dat in de beschouwde gevallen steeds -impliciet dan wel expliciet- sprake is van een tussenwoning.

Voor een vloer met U-waarde $0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ hebben wij de weegfactor volgens NEN-EN 1190 berekend voor een tussenwoning en een hoekwoning:

tussenwoning:	$a = 0,60$
hoekwoning:	$a = 0,82$
gemiddeld (6 woningen in een rij):	$a = 0,67$

Hieruit kan worden afgeleid dat voor een gemiddelde situatie de uitkomst van NEN 1068 circa een factor 1,1 te hoog is.

De conclusie zou kunnen zijn dat de formule voor de weegfactor voor warmteverliezen via b.g. vloeren uit NEN 1068 aan de veilige (hoge) kant is.

Derhalve stellen wij voor om de formule in de huidige NEN 1068 en de gelijkkluidende formule in het Ontwerp NEN 5128 zonder meer te handhaven.

Het rechtstreeks overnemen van de Ontwerp NEN-EN 1190 rekenmethode is niet aan te bevelen omdat deze methode vrij bewerkelijk is. Bovendien ligt het Ontwerp NEN-EN 1190 nog ter kritiek en kunnen er dus nog wijzigingen worden verwacht.

Daarnaast verdient het aanbeveling om na te gaan of en zo ja op welke wijze in de toekomst de NEN-EN 1190 is in te passen in de Nederlandse regelgeving.

Indien de volgende optie strookt met de (privaatrechtelijke en/of publiekrechtelijke) afspraken die in Europees verband gelden, dan zouden we de inhoud van de bepalingsmethode voor de energieprestatie niet hoeven aanpassen:

verwijs vanuit de energieprestatienorm voor de herkomst van de getalwaarden (formule) voor de weegfactor warmteverliezen via b.g.vloer naar een (informatieve) bijlage. In deze bijlage wordt de afleiding gegeven die geheel conform NEN-EN 1190 is uitgevoerd, zij het dat voor een aantal variabelen de werkelijke waarden zijn vervangen door forfaitaire waarden;

bijvoorbeeld:

de verhouding omtrek/oppervlakte (!);

ventilatie kruipruimte;

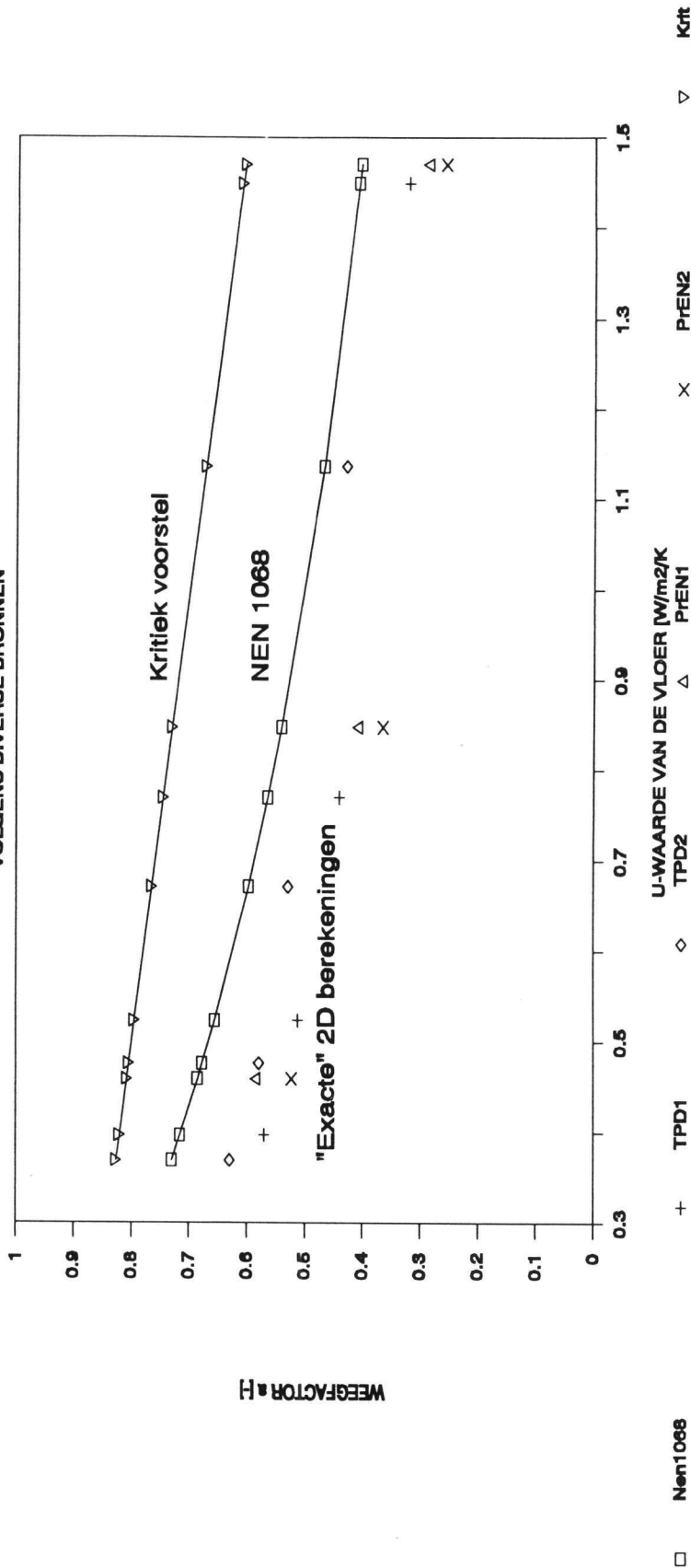
warmtegeleidingscoëfficiënt grond;

e.d.

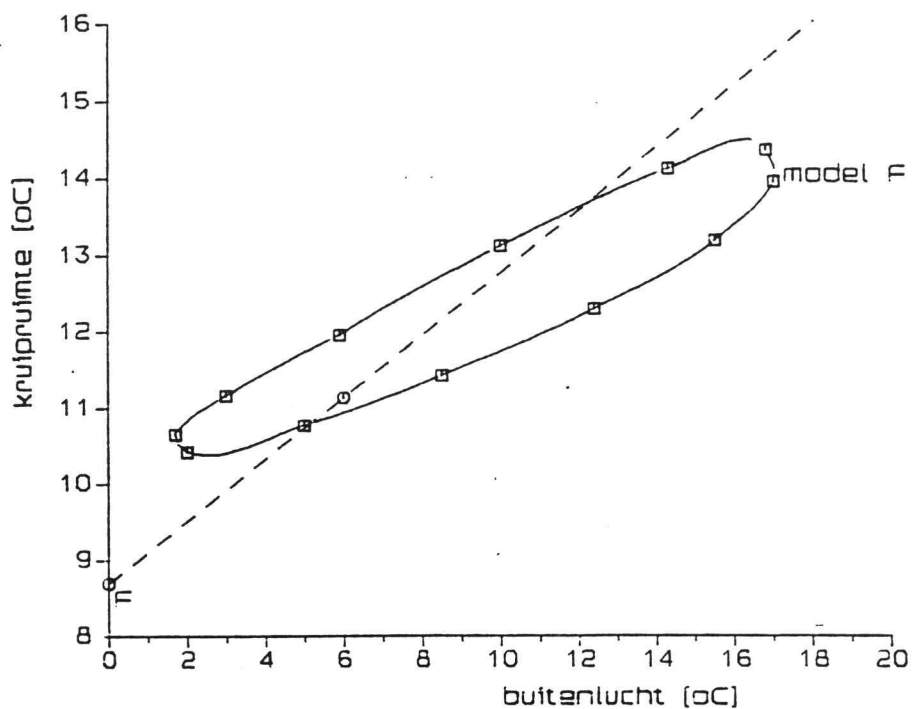
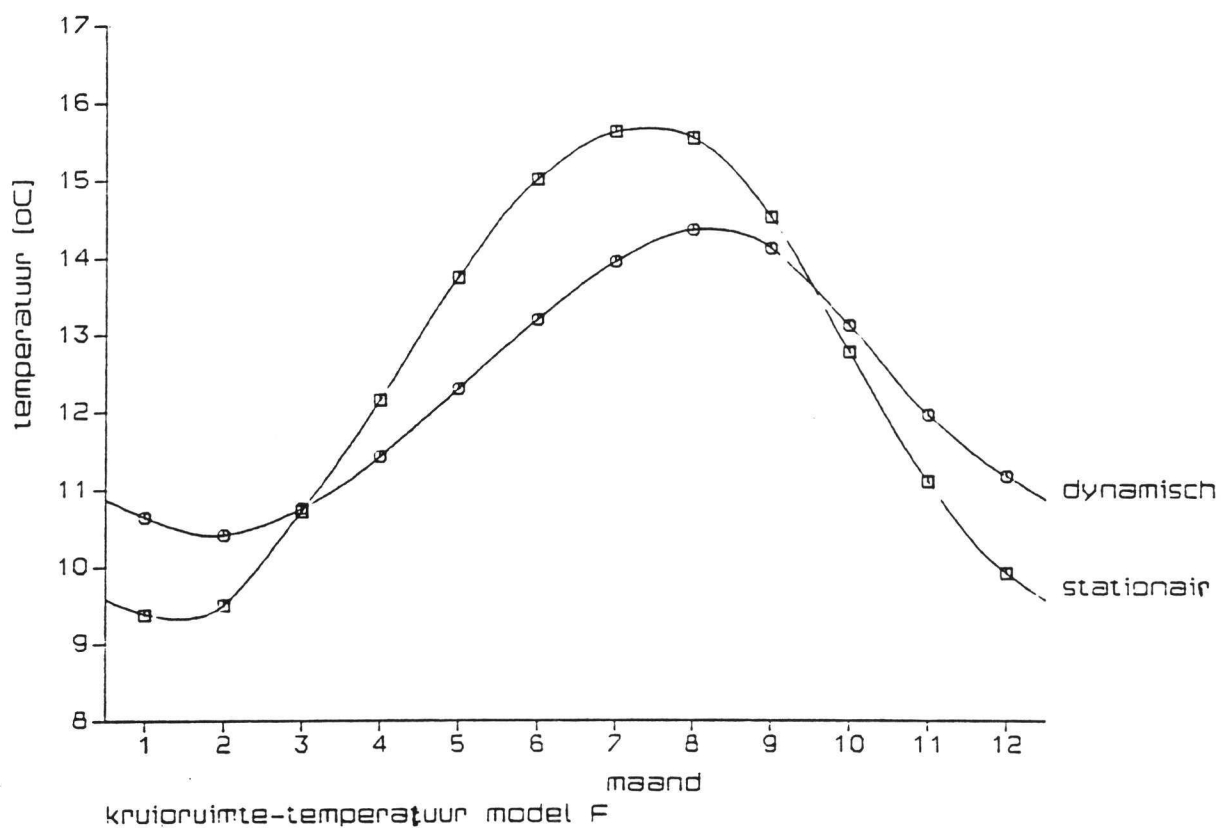
De originele berekening volgens NEN-EN 1190 blijft dan over voor complexe situaties waarin de energieprestatienorm niet voorziet; bijvoorbeeld: kelders, verwarmde zones geheel of half ondergronds, kruipruimten die bovengronds uitsteken, etc.

VERGELIJKING WEEGFACITOR

VOLGENS DIVERSE BRONNEN



Figuur 1 Vergelijking weegfactor volgens diverse bronnen



Figuur 2 Kruipruimtetemperaturen stationair en dynamisch berekend (uit TPD-1: model F, fig. C.F.1)

4. VERBETERINGEN GERICHT OP MINDER ONGEWENSTE SPREIDING IN EP-WAARDEN

Tijdens de behandeling van de kritieken in de normsubcommissie werden op een aantal punten mogelijkheden tot verbetering van de bepalingsmethode gesignaleerd die zullen leiden tot een verkleining van de gebleken ongewenste spreiding in EP-waarden.

Met name de volgende mogelijke verbeteringen kunnen een grote invloed hebben op de spreiding van de EP-waarden:

- 1- vervanging van oppervlakte aan verblijfsgebieden door gebruiksoppervlakte;
- 2- wijziging van de formule voor infiltratie bij een systeem met mechanische afzuiging;
- 3- bepaling EP-waarde voor woongebouw i.p.v. per woning in een woongebouw.

Vervanging van oppervlakte aan verblijfsgebieden door gebruiksoppervlakte:

De oppervlakte aan verblijfsgebieden zal worden vervangen door de gebruiksoppervlakte. Voor de omrekening zal de coëfficiënt 0,67 worden genomen, aangezien overal elders in het kader van het Bouwbesluit de verhouding $A_{vg} = 2/3 \cdot A_g$ is gehanteerd.

Aangezien verblijfsgebieden uitsluitend voorkomen in verwarmde zones, is de omrekening niet van toepassing op onverwarmde zones. Waar sprake was van de oppervlakte aan verblijfsgebieden voor de totale woning of het totale woongebouw zal dan ook nu gelden: (som van) gebruiksoppervlakte(-n) van de verwarmde zones.

Wijziging van de formule voor infiltratie bij een systeem met mechanische afzuiging:

In het normontwerp NEN 5128 is voor mechanische afzuiging een formule opgenomen, waarbij de luchtvolumestroom door infiltratie en natuurlijke ventilatie kwadratisch

toeneemt met de luchtdoorlatendheid, de $q_{v,10}$ -waarde:

$$q_{vn} = 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot q_{v,10}^2$$

Ontwerp NEN 5128: (23)

De mechanische afzuiging veroorzaakt een onderdruk in het gebouw. Een groot deel van de door infiltratie en natuurlijke ventilatie binnenkomende luchtvolumestroom verlaat daardoor het gebouw via de mechanische afzuiging en behoeft dus niet apart daarbij te worden opgeteld. Dit gunstige effect verdwijnt naarmate het gebouw minder luchtdicht is.

De kwadratische factor voor $q_{v,10}$ in de vergelijking zorgt dat dit in de waarde voor q_{vn} tot uitdrukking komt.

In een grote woning met dezelfde mate van luchtdichtheid is de mate van onderdruk niet wezenlijk anders dan in een woning met 'normale' afmetingen: de mechanische afzuiging neemt evenredig toe met de gebruiksoppervlakte.

Echter, zoals de vergelijking (23) in het normontwerp is geformuleerd is de $q_{v,10}$ waarde groter (bij zeer grote woningen: veel groter), waardoor een zeer grote luchtvolumestroom door infiltratie en natuurlijke ventilatie ontstaat.

Dit onbedoelde effect is eenvoudig te verhelpen door vergelijking (23) aan te passen: niet de $q_{v,10}$ -waarde, maar de $q_{v,10}$ -waarde per m^2 gebruiksoppervlakte dient de maat te zijn.

Aangezien de coëfficiënten in (23) zijn afgeleid voor een woning met een gebruiksoppervlakte in de orde van $A_g=100 m^2$, kan vergelijking (23) als volgt worden omgerekend:

$$q_{vn} = 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot (q_{v,10}/A_g)^2 \cdot A_g \cdot 100 \quad (2)$$

$$q_{vn} = 0,07 \cdot (q_{v,10}/A_g)^2 \cdot A_g$$

NEN 5128 (23-nieuw)

ofwel:

$$q_{vn} = 0,07 \cdot q_{v,10}^2 / A_g$$

NEN 5128 (23-nieuw)

Bepaling EP-waarde voor woongebouw als totaal:

Bij bepaling van de EP-waarde over het hele woongebouw in plaats van afzonderlijke EP-waarden per woning in het woongebouw zal dankzij uitmiddelingseffecten een eventueel aanwezige spreiding in EP-waarden afnemen.

5. REFERENTIE-ENERGIEGEBRUIK, $Q_{\text{pres;tot;ref}}$ EN RELATIE MET EP-WAARDE

5.1. Definitie

Een referentie-energiegebruik is gedefinieerd om aan te geven wat het energiegebruik zou zijn wanneer een bepaald *referentie-pakket aan energiebesparende voorzieningen* wordt toegepast. Voor de getalwaarden van het referentiegebruik hebben wij het minimum Bouwbesluit-pakket uit oogpunt van energiezuinigheid gekozen.

Daarnaast zijn bij de bepaling van het referentiegebruik *aanvullende referentie-condities* gehanteerd ten aanzien van mogelijke variaties in het ontwerp of de omgevingscondities.

Bij de bepaling van het referentiegebruik $Q_{\text{pres;tot;ref}}$ is aldus uitgegaan van:

het minimum Bouwbesluit pakket vanuit oogpunt van energiezuinigheid:

- $R = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W} \implies$

U-waarde dichte delen:

$$U_{\text{dicht}} = 0,37 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

- ramen $R=0,11 \text{ m}^2\text{K/W}$ met opp. ten hoogste 25 % van vloeropp. $\implies$

U-waarde ramen (dubbelglas):

$$U_{\text{raam}} = 3,0^1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

ZTA-waarde ramen (dubbelglas):

$$\text{ZTA} = 0,70$$

raamoppervlakte is 25 % van gebruiksoppervlakte:

$$A_{\text{raam}} = 0,25 \cdot A_g$$

¹Op grond van feitelijke uitvoeringsnormen in de praktijk is de U-waarde voor ramen dus iets lager gekozen dan de maximum-waarde op grond van de minimum R_c -eis.

- luchtdoorlatendheid is op 'haalbaar niveau':

$$Q_{v10} = 1,43 \cdot A_g$$

aanvullende referentiecondities:

- de werkelijke weegfactor a voor warmtetransmissie door een scheidingsconstructie naar aangrenzende gebouwen is gelijk aan de reductiefactor d waarmee de betreffende constructie wordt verdisconteerd bij de bepaling van de verliesoppervlakte

==> in de verliesoppervlakte is het effect van aangrenzende ruimten met geringer temperatuurverschil reeds verdisconteerd:

verdisconteerd: $d \cdot A \cdot U$;

berekend: $a \cdot A \cdot U$;

- geen onverwarmde zones in de woning
==> voor het warmteverlies en de warmtewinst kan voor de hele woning met de weegfactor **$b = 1$** worden gerekend;
- geen gebalanceerd ventilatiesysteem
==> voor het referentie-energiegebruik worden alleen de meest voorkomende systemen: natuurlijke ventilatie en mechanische afzuiging onder de loupe genomen;
- geen overmatige hoeveelheid binnenkomende zonnewarmte en warmte van interne bronnen, vergeleken met de warmteverliezen door transmissie en ventilatie
==> benuttingsfactor voor warmtewinst: $\eta_b = 1$;
- gemiddelde oriëntatie van de ramen (N, O, Z, W); ramen verticaal; belemmeringen: 20 °:
==> oriëntatiegetal x beschaduwingsreductiefactor: **$z \cdot r = 0,60$** ;

- hulpenergiegebruik verwarming
behorende bij gekozen installatie
- verwarmingsinstallatie met VR ketel
 $\Rightarrow$ rendement verwarmingsinstallatie $\eta_{\text{verw}} = 0,95 \cdot 0,80 = \mathbf{0,76}$;
 (met η_{verw} : verkorte aanduiding van systeem- en opwekkingsrendement)
- warmtapwaterinstallatie met VR ketel, met forfaitaire invloed leidinglengten
 $\Rightarrow$ rendement warmtapwaterinstallatie: $\eta_{\text{tap}} = 0,74 \cdot 0,60 = \mathbf{0,44}$
 (met η_{tap} : verkorte aanduiding van systeem- en opwekkingsrendement)
- geen zonneënergiesysteem
- geen circulatieleiding voor warmtapwater
- ventilatoren: waar van toepassing: forfaitaire waarde behorende bij betreffend soort ventilatiesysteem
- geen installatie voor koeling en/of bevochtiging
 $\Rightarrow Q_{\text{prim};\text{koel}} = Q_{\text{prim};\text{bev}} = 0$

5.2. Uitwerking

De algemene formule voor de energieprestatie volgens NEN 5128 luidt:

$$Q_{\text{pres};\text{tot}} = Q_{\text{prim};\text{verw}} + Q_{\text{hulp};\text{verw}} + Q_{\text{prim};\text{tap}} + Q_{\text{prim};\text{vent}} + Q_{\text{prim};\text{vl}} \quad (3a)$$

$$Q_{\text{pres};\text{tot}} = \{Q_{\text{tr}} + Q_{\text{vent}} - \eta_b \cdot (Q_{\text{zon}} + Q_{\text{int}})\} / \eta_{\text{verw}} + Q_{\text{hulp};\text{verw}} + Q_{\text{prim};\text{tap}} + Q_{\text{prim};\text{vent}} + Q_{\text{prim};\text{vl}} \quad (3b)$$

In **bijlage 1** is voor elk van deze elementen in de berekening de formule uitgeschreven volgens NEN 5128 (met eerder genoemde verbeteringen).

Energiegebruik bij Minimum Bouwbesluit pakket:

Vervolgens zijn (zie bijlage 1) de getalwaarden ingevuld, behorend bij het minimum Bouwbesluit-pakket, zodat een formule voor $Q_{\text{pres;tot;BB}}$ tevoorschijn komt:

$$Q_{\text{pres;tot;BB}} = \{624 \cdot A_{\text{raam}} + 88 \cdot A_{\text{verl}} + 199 \cdot A_g - \eta_b \cdot [z \cdot \tau \cdot A_{\text{raam}} \cdot 595 + 110 \cdot A_g]\} / \eta_{\text{verw}} \\ + 47 \cdot A_g + 68 \cdot A_g / \eta_{\text{tap}} + 27 \cdot A_g + 65 \cdot A_g$$

$$Q_{\text{pres;tot;BB}} = [624 - \eta_b \cdot z \cdot \tau \cdot 595] \cdot A_{\text{raam}} / \eta_{\text{verw}} + 88 \cdot A_{\text{verl}} / \eta_{\text{verw}} + \\ + \{[199 - \eta_b \cdot 110] / \eta_{\text{verw}} + 68 / \eta_{\text{tap}} + 139\} \cdot A_g \quad (4)$$

Referentie-energiegebruik:

Tenslotte zijn (zie bijlage 1) ook de getalwaarden ingevuld, behorend bij de aanvullende referentiecondities, uitmondend in een formule voor $Q_{\text{pres;tot;ref}}$:

$$Q_{\text{pres;tot;ref}} = 497 \cdot A_g + 116 \cdot A_{\text{verl}} \quad (5)$$

Het referentie-energiegebruik is dus te herleiden tot een eenvoudige relatie met A_g en A_{verl} als variabelen.

5.3. Relatie referentie-energiegebruik en EP-formule

De verhouding tussen werkelijk berekend energiegebruik volgens NEN 5128, $Q_{\text{pres;tot}}$ en het referentie-energiegebruik, $Q_{\text{pres;tot;ref}}$ is tot op grote hoogte vergelijkbaar met de formule voor de EP-waarde in het Ontwerp NEN 5128:

$$Q_{\text{pres;tot}} / Q_{\text{pres;tot;ref}} = Q_{\text{pres;tot}} / (497 \cdot A_g + 116 \cdot A_{\text{verl}}) \quad (6)$$

In de EP-formule in Ontwerp NEN 5128 is het rechterlid nog vermenigvuldigd met 3/2 om bij het 'minimum Bouwbesluit-niveau' EP-waarden rond 1,5 te krijgen.

$$EP = 3/2 \cdot Q_{\text{pres;tot}} / (497 \cdot A_g + 116 \cdot A_{\text{verl}}) \quad (7a)$$

ofwel:

$$EP = Q_{\text{pres;tot}} / (331 \cdot A_g + 77 \cdot A_{\text{verl}}) \quad (7b)$$

Dit is inderdaad de formule voor de EP-waarde zoals die te vinden is in NEN 5128, zij het dat de waarde van de coëfficiënten aldaar 330 en 65 bedragen.

De waarde 330 is een afronding van 331; de waarde 65 in plaats van van 77 is bedoeld om een gering voordeel te geven voor compacte woningen en woongebouwen.

6. SPREIDING IN EP-WAARDEN

In door Inbo Adviseurs uitgevoerde studies, waaronder het doorrekenen van 75 woningen in het kader van een praktijktoets van het normontwerp NEN 5128 ([5], [6], [7]) wordt een grote spreiding in EP-waarden gesignaleerd, ook wanneer voor elke woning hetzelfde pakket aan energiebesparende voorzieningen wordt aangenomen (het zogenaamde minimum Bouwbesluitpakket).

Om de oorzaken van deze spreiding te analyseren zijn allereerst door Inbo op aanwijzing van TNO-Bouw de **verbeteringen** aangebracht zoals genoemd in hoofdstuk 4: vervanging oppervlakte aan verblijfsgebieden door gebruiksoppervlakte en verbetering van de formule voor infiltratie bij mechanische afzuiging.

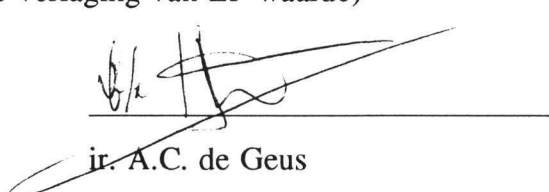
Door TNO-Bouw en Inbo Adviseurs zijn de 75 woningen uit de praktijktoets punt voor punt geanalyseerd aan de hand van vergelijking met het hierboven geïntroduceerde referentie-energiegebruik ([8]). Tijdens deze analyse kwamen nog enkele onvolkomenheden in de berekeningen van [5] naar voren. De betreffende berekeningen zijn hiervoor gecorrigeerd.

Dankzij de ingevoerde verbeteringen in de bepalingsmethode en de correcties op de berekeningen blijken er geen ongewenste of onverwachte afwijkingen ten opzichte van het referentie-gebruik meer op te treden.

In aansluiting hierop is nagegaan wat de effecten zijn op de verhouding tussen berekend en referentie-energiegebruik (dus op de EP-waarden) wanneer extra energiebesparende maatregelen (het '**Plus-pakket**' [5]) worden genomen. Hieruit blijkt dat toepassing van het Plus-pakket in alle gevallen leidt tot een significante reductie van het energiegebruik (lees: significante verlaging van EP-waarde)



ir. H.A.L. van Dijk
projectleider



ir. A.C. de Geus
sectiehoofd

Bouwfysica en Zonne-energie

Delft, 6 juli 1994

DKH0871.BAS (snk)

REFERENTIES

- [1] Castenmiller, C.J.J.,
Enige oriënterende berekeningen van het warmteverlies ter plaatse van de oplegging van een begane grondvloer.
rapport TNO Bouw, 93-BBI-R0828, juli 1993
- [2] TPD-1 Westgeest, W.F.; "Resultaten van een rekenmodel voor kruipruimten",
TPD-rapport 526.026-4, dec. 1987
- [3] TPD-2 Oldengarm, J; "Berekeningsmethode voor warmteverliezen door begane grond vloeren", TPD-rapport 626.006, mrt. 1988
- [4] Ontwerp NEN-EN 1190
Thermische eigenschappen van gebouwen. Warmteuitwisseling met de grond. Berekeningsmethode.
November 1993
(PrEN 1190. Thermal Performance of Buildings. Heat exchange with the ground. Calculation Method.
- [5] Inbo berekeningen 4 november 1993
Woningen Inbo praktijkproef.
Woongebouwen en logiesgebouwen.
- [6] Inbo notitie 6 januari 1994
analyse spreiding in EP-waarden
- [7] Inbo notitie 11 januari 1994
spreadsheet analyse spreiding in EP-waarden na aanpassing van A_{ws}
- [8] H.A.L. van Dijk, Analyse van de spreiding in EP-waarden;
rapport t.b.v. NNI 351.74.15, doc.nr. 94/06, maart 1994

BIJLAGE 1

UITWERKING REFERENTIE-ENERGIEGEBRUIK

De algemene formule voor de energieprestatie volgens NEN 5128 luidt:

$$Q_{\text{pres;tot}} = Q_{\text{prim;verw}} + Q_{\text{hulp;verw}} + Q_{\text{prim;tap}} + Q_{\text{prim;vent}} + Q_{\text{prim;vl}} + Q_{\text{prim;koel}} + Q_{\text{prim;bev}}$$

Zonder installatie voor koeling en bevochtiging:

$$Q_{\text{pres;tot}} = \{Q_{\text{tr}} + Q_{\text{vent}} - \eta_b \cdot (Q_{\text{zon}} + Q_{\text{int}})\} / \eta_{\text{verw}} + Q_{\text{hulp;verw}} + Q_{\text{prim;tap}} + Q_{\text{prim;vent}} + Q_{\text{prim;vl}}$$

met η_{verw} : verkorte aanduiding van systeem- en opwekkingsrendement.

Zonder onverwarmde zones in de woning (dus: $A_{g,\text{verw}} = A_g$) en zonder effect van aangrenzende gebouwen op de warmtetransmissie, anders dan reeds in de reductiefactor d voor de bepaling van de verliesoppervlakte is verdisconteerd:

Transmissie:

$$Q_{\text{tr}} = \Sigma(U \cdot A) \cdot 238$$

De term $\Sigma(U \cdot A)$ kan gesplitst worden in:

de extra transmissie door ramen t.o.v. dichte delen:

$$(U_{\text{raam}} - U_{\text{dicht}}) \cdot A_{\text{raam}}$$

en een term voor de transmissie gebaseerd op de U-waarde van de dichte delen:

$$U_{\text{dicht}} \cdot A_{\text{verl}}$$

Het idee hierachter is, dat het raamoppervlakte veeleer gerelateerd is aan de oppervlakte van de vloer (A_g), dan aan A_{verl} . Met deze splitsing wordt bereikt dat A_{verl} toch de dichte delen en de ramen kan blijven omvatten.

Dus:

$$Q_{tr} = (U_{raam} - U_{dicht}) \cdot A_{raam} \cdot 238 + U_{dicht} \cdot A_{verl} \cdot 238$$

Ventilatie:

Indien natuurlijk ventilatiesysteem:

infiltratie en natuurlijke ventilatie:

$$q_{v;n} = 0,35 \cdot 1,43 \cdot A_g = 0,50 \cdot A_g$$

(voldoet juist aan minimum: $0,50 \cdot A_g$)

gebruik natuurlijke ventilatie- en spuivoorzieningen:

$$q_{v;b} = 0,23 \cdot A_g$$

Totaal:

$$Q_{vent} = 1,20,73 \cdot A_g \cdot 238 = 208 \cdot A_g$$

Indien systeem met mechanische afzuiging:

infiltratie:

$$q_{v;n} = 0,07 \cdot (1,43 \cdot A_g)^2 / A_g = 0,137 \cdot A_g$$

mechanische afzuiging:

$$q_{v;m} = 0,33 \cdot A_g$$

gebruik natuurlijke ventilatievoorzieningen:

$$q_{v;b} = 0,23 \cdot A_g$$

Totaal:

$$Q_{vent} = 1,20,697 \cdot A_g \cdot 238 = 199 \cdot A_g$$

Bij gegeven $q_{v,10}$ waarde en afgezien van hulpenergie blijkt de bijdrage aan de warmte-behoefte dus nagenoeg onafhankelijk te zijn van de keuze tussen natuurlijke ventilatie of mechanische afzuiging. We gaan voor het referentie-energiegebruik nu verder uit van mechanische afzuiging.

Zonnewarmte:

$$Q_{zon} = z \cdot r \cdot ZTA \cdot A_{raam} \cdot 850$$

Interne warmte:

$$Q_{int} = 110 \cdot A_g$$

Hulpenergie:

$$\text{waakvlam:} \quad 2500 \text{ MJ} \Rightarrow \text{circa:} \quad 25 \cdot A_g$$

$$\text{cv-pomp met schakeling:} \quad 12 \cdot A_g$$

$$\text{elektronica:} \quad 9,5 \cdot A_g$$

$$\Rightarrow Q_{hulp,verw} = 47 \cdot A_g$$

Warmtapwater:

$$Q_{prim,tap} = 68 \cdot A_g / \eta_{tap}$$

met η_{tap} : verkorte aanduiding van systeem- en opwekkingsrendement.

Invulling van het minimum Bouwbesluit-pakket:

$$Q_{tr,BB} = (3 - 0,37) \cdot A_{raam} \cdot 238 + 0,37 \cdot A_{verl} \cdot 238$$

$$= 624 \cdot A_{raam} + 88 \cdot A_{verl}$$

$$Q_{vent,BB} = 199 \cdot A_g$$

$$Q_{zon,BB} = z \cdot r \cdot 0,70 \cdot A_{raam} \cdot 850$$

$$= z \cdot r \cdot A_{raam} \cdot 595$$

$$Q_{int,BB} = 110 \cdot A_g$$

$$Q_{hulp,verw} = 47 \cdot A_g$$

$$Q_{prim,tap} = 68 \cdot A_g / \eta_{tap}$$

$$Q_{prim,vent} = 27 \cdot A_g$$

$$Q_{prim,vl} = 65 \cdot A_g$$

Dus:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pres;tot;BB}} &= \\
 &= \{Q_{\text{tr}} + Q_{\text{vent}} - \eta_b \cdot (Q_{\text{zon}} + Q_{\text{int}})\} / \eta_{\text{verw}} + Q_{\text{hulp;verw}} + Q_{\text{prim;tap}} \\
 &= \{624 \cdot A_{\text{raam}} + 88 \cdot A_{\text{verl}} + 199 \cdot A_g - \eta_b \cdot [z \cdot r \cdot A_{\text{raam}} \cdot 595 + 110 \cdot A_g]\} / \eta_{\text{verw}} + \\
 &\quad + 47 \cdot A_g + 68 \cdot A_g / \eta_{\text{tap}} + 27 \cdot A_g + 65 \cdot A_g \\
 &= [624 - \eta_b \cdot z \cdot r \cdot 595] \cdot A_{\text{raam}} / \eta_{\text{verw}} + 88 \cdot A_{\text{verl}} / \eta_{\text{verw}} + \\
 &\quad + \{[199 - \eta_b \cdot 110] / \eta_{\text{verw}} + 68 / \eta_{\text{tap}} + 139\} \cdot A_g
 \end{aligned}$$

Invulling van de overige referentiegetalwaarden:

$$Q_{tr;ref} = 6240,25 \cdot A_g + 88 \cdot A_{verl}$$

$$= 156 \cdot A_g + 88 \cdot A_{verl}$$

$$Q_{vent;ref} = 199 \cdot A_g$$

$$Q_{zon;ref} = 0.60 \cdot A_r \cdot 595$$

$$= 357 \cdot A_r = 3570,25 \cdot A_g$$

$$= 89 \cdot A_g$$

$$Q_{int;ref} = 110 \cdot A_g$$

$$Q_{hulp;verw;ref} = 47 \cdot A_g$$

$$Q_{prim;tap;ref} = 68 \cdot A_g / 0,444$$

$$= 153 \cdot A_g$$

$$Q_{prim;vent;ref} = 27 \cdot A_g$$

$$Q_{prim;vl;ref} = 65 \cdot A_g$$

Dus:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pres;tot;ref}} &= \{Q_{\text{tr}} + Q_{\text{vent}} - \eta_b \cdot (Q_{\text{zon}} + Q_{\text{int}})\} / \eta_{\text{verw}} + Q_{\text{hulp;verw}} + Q_{\text{prim;tap}} \\
 &\quad + Q_{\text{prim;vent}} + Q_{\text{prim;vl}} \\
 &= \{156 \cdot A_g + 88 \cdot A_{\text{verl}} + 199 \cdot A_g - 89 \cdot A_g - 110 \cdot A_g\} / (0,95 \cdot 0,80) + \\
 &\quad + 47 \cdot A_g + 153 \cdot A_g + 27 \cdot A_g + 65 \cdot A_g \\
 &= 497 \cdot A_g + 116 \cdot A_{\text{verl}}
 \end{aligned}$$