



**Royal Belgian Academy Council
of Applied Science**

KVAB/Technische Wetenschappen

ENERGIEZUINIGE GEBOUWEN:
van geïsoleerd over lage-energie naar passief,
nulenergie en plusenergie

ENERGY EFFICIENT BUILDINGS:
from insulated over low energy to passive quality,
zero energy and plus energy

December 2009



Koninklijke Vlaamse Academie van België
voor Wetenschappen en Kunsten
Paleis der Academiën
Hertogsstraat 1, 1000 Brussel

BACAS, de “Royal Belgian Academy Council of Applied Sciences”, bestaat uit een Nederlandstalige vleugel (CAWET) en een Franstalige vleugel (CAPAS) die tot begin 2009 comités waren van de Klasse Natuurwetenschappen van respectievelijk de Koninklijke Vlaamse Academie van België (KVAB) en de Académie Royale de Belgique (ARB).

In 2009 werd CAWET omgevormd tot een zelfstandige klasse van de KVAB, namelijk de Klasse van de Technische Wetenschappen (KTW). Net zoals CAWET in het verleden, is de nieuwe KTW paritair samengesteld uit vertegenwoordigers van de academische wereld en van het bedrijfsleven.

Vanuit die dialoog tussen wetenschap en bedrijfsleven wil de KTW een op de toekomst gerichte evaluatie maken van de wisselwerking tussen wetenschap (in het bijzonder techniek), maatschappij en cultuur.

Met dank voor de steun van:

Alcatel-Lucent, Aquafin, ArcelorMittal Belgium, Bekaert, CIM-CIL, Elia, Etex-group, ExxonMobil, GDFSuez, Genzyme, Gevaert, Janssen Pharmaceutica, LMS International, Maes Bouwbedrijf, Manasco, Merisco, Proviron, REM-B, SCK-CEN, Siemens, Umicore, Vanhout, Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening, VITO



KONINKLIJKE VLAAMSE ACADEMIE VAN BELGIE
VOOR WETENSCHAPPEN EN KUNSTEN

Paleis der Academiën
Hertogsstraat 1
1000 Brussel

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photo print, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Inhoud

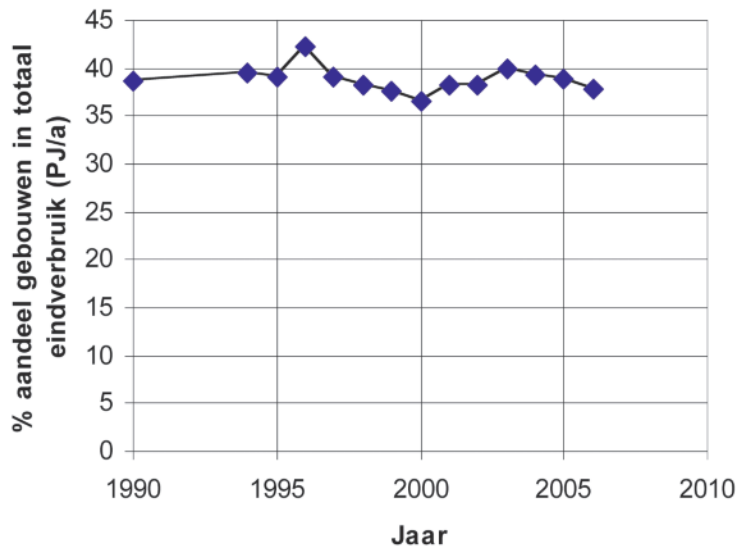
1. Inleiding	4
2. Wetgeving in Vlaanderen	5
2.1. Isolatie en ventilatiedecreet (1992)	5
2.2. EPB-wetgeving (2006)	5
3. Invloedsparameters op het primaire energieverbruik	6
3.1. Verwarming en koeling	6
3.2. Verlichting	6
3.3. Warm tapwater	6
3.4. Functie	9
4. Stappen in energie-efficiëntie bij woongebouwen	9
5. Economisch optimale kosten	10
6. Reboundeffect	12
7. Doelstellingen op lange termijn qua energieverbruik	13
8. Passiefwoongebouwen toch de oplossing?	14
8.1. Definitie	14
8.2. Voordelen en risico's	14
8.3. Garantie voor -20% in 2020?	15
9. Beleidsaanbevelingen	15
10. Besluiten	16
Leden van de werkgroep	17
Termen en definities	18
Literatuur	20
Samenvatting	21
Executive Summary	22

1. Inleiding

Ondanks het gedeeltelijk mislukken van de klimaatconferentie in Kopenhagen (7-18 december 2009), mogen we ervan uitgaan dat de opwarming van de aarde hoog op de politieke agenda zal blijven staan in de komende decennia. Het is duidelijk dat zuinig omspringen met energie, en inzetten van herwinbare energiebronnen belangrijke succesfactoren zullen zijn. Het Energieplan 2020 van de Europese Unie, waardoor tegen 2020 het aandeel van de “duurzame” energie in Europa naar 20% moet opklimmen, zou ook een positieve invloed hebben op de tewerkstelling, en in het komende decennium niet minder dan 2,8 miljoen nieuwe banen creëren.

Klassiek wordt het landelijke eindenergieverbruik opgedeeld in drie sectoren: (1) industrieel, (2) verkeer, (3) residentiële en gelijkgesteld. Waar de industrie diverse grootverbruikers omvat en energie er één van de productiefactoren is, gaat het bij ‘verkeer’ en het gebouwgebonden ‘residentiële en gelijkgestelde’ eindverbruik om een immense groep kleine verbruikers, voor wie energiediensten belangrijk zijn en het bijhorende energieverbruik amper tot bezorgdheid leidt. Alleen als de energieprijzen de hoogte inschieten en de energiediensten daardoor duurder worden, ontstaat er onrust.

Volgens de OESO neemt ‘residentieel en gelijkgesteld’ in de geïndustrialiseerde landen tot 40% van het totale jaarlijkse eindverbruik voor zijn rekening. Dat dit klopt voor Vlaanderen toont figuur 1. In Noordwest-Europa gaat het grootste deel daarvan naar verwarming. Wat overblijft, is verdeeld over koeling, verlichting, gebouwfunctie en de bereiding van warm tapwater. In feite is het gebouwgebonden deel in het jaarlijkse landelijke eindverbruik nog groter. Zo zit de ingebouwde energie er niet in, evenmin als het gebouwgebruik door de industrie, terwijl het stedenbouwkundige patroon mee het verkeersverbruik bepaalt. Voor dit laatste scoort Vlaanderen met zijn lintbebouwing bepaald slecht.



Figuur 1. Vlaanderen, procentueel aandeel van het blok ‘residentieel en gelijkgesteld’ in het jaarlijkse energetische eindverbruik (energiestatistieken van het Vlaamse gewest)

Maatschappelijk zijn de beschikbaarheid, betaalbaarheid en duurzaamheid van energie een permanente zorg. Europa algemeen en België in het bijzonder heeft amper eigen energiebronnen. Bijna alle primaire fossiele dragers dient men in te voeren. Dat heeft niet alleen een directe impact op de betalingsbalans, delicaat ligt ook dat de invoer dikwijls uit politiek onstabiele regio's komt.

Wat het aspect duurzaamheid betreft, is de grootste zorg de globale opwarming van het klimaat, mede als gevolg van de omvangrijke CO₂-emissies waarmee het verstoken van fossiele dragers als steenkool, olie en aardgas gepaard gaat. Die zorg heeft in 1997 geleid tot het Kyoto-protocol, dat in 2004 definitief van kracht werd. In dat kader moet België zijn uitstoot van broeikasgassen aan het eind van de periode 2008-2012 met 7,5% zien te verlagen in vergelijking met 1990, een moeilijke opgave. Het post-Kyototijdperk kondigt zich nog ingrijpender aan, met tegen 2020 een reductie van de uitstoot van broeikasgassen met 20% tegenover 1990. In 2050 zou de vermindering zelfs 50 tot 80% moeten bedragen.

Gelukkig kunnen gebouwen zeer energiezuinig gemaakt worden zonder dat de bruikbaarheid eronder lijdt. Integendeel, energiezuinige gebouwen zijn, mits de ingrepen goed doordacht gebeuren, comfortabeler dan gebouwen met een lage energetische kwaliteit. Dat de bruikbaarheid optimaal gewaarborgd moet blijven is trouwens de premisse bij elke ontwerpingsgreep die de energie-efficiëntie verhoogt. Tot die bruikbaarheid behoren de functionaliteit, het thermische, akoestische en visuele comfort, de binnenluchtkwaliteit, de toegankelijkheid, de veiligheid, de duurzaamheid (in de zin van ‘durability’ en ‘sustainability’) e.a. In recente Amerikaanse documenten spreekt men trouwens over ‘high performance buildings’ eerder dan over ‘energy efficient buildings’. In meerdere landen zijn intussen ‘Green Building Councils’ opgericht, die gebouwen op hun globale duurzaamheid, inbegrepen bruikbaarheid en energiezuinigheid, beoordelen en er een waarderingscijfer aan toekennen.

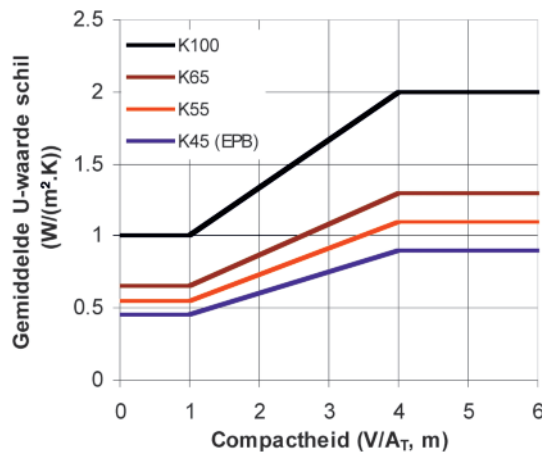
In Europa wordt het bevorderen van rationeel energiegebruik aanzien als een taak van de overheid. Zeker in de bouwsector, met zijn miljoenen beslissers, zijn wettelijke verplichtingen het meest efficiënt.

2. Wetgeving in Vlaanderen

2.1. Isolatie en ventilatiedecreet (1992)

Tot 1992 kende Vlaanderen geen wettelijke verplichtingen. Een betere isolatie van gebouwen werd wel gepromoot maar niet opgelegd. Het isolatiedecreet van 1992 bracht daar verandering in. Voor nieuw te bouwen woongebouwen werd een peil van warmte-isolatie verplicht gemaakt en diende de ontwerper zich te houden aan maximale warmtedoorgangscoefficienten per bouwdeel. Bij renovatieprojecten waren enkel de maximale warmtedoorgangscoefficienten van toepassing voor de bouwdeelen die aangepast werden. Bij nieuw te bouwen sociale woningen verplichtte het decreet ook de inbouw van een ventilatiesysteem. Tot einde 1993 gold voor woongebouwen waarvan de bouwaanvraag gebeurde na einde 1992 een peil van warmte-isolatie K65. Vanaf einde 1993 werd dat voor de nieuwe bouwaanvragen K55 (figuur 2).

Zwak punt bij het isolatie en ventilatiedecreet is de afwezigheid van een handhavingsbeleid. Onderzoek einde jaren negentig leerde dan ook dat het decreet op grote schaal werd genegeerd en nieuwbouw gemiddeld het gevraagde peil van warmte-isolatie niet haalde.



Figuur 2. Het isolatiedecreet van 1992, K65 tot einde 1993, K55 vanaf einde 1993, K45 sinds de EPB-wetgeving van kracht is (bij de compactheid horizontaal is V het beschermde volume in m³ en A_T de verliesoppervlakte in m²)

2.2. EPB-wetgeving (2006)

Ondanks het feit dat het isolatiedecreet met de jaren achterhaald geraakte, bleef het in voege tot 1 januari 2006. Op die dag werd in het kader van de Europese Richtlijn 2002/91/EC on the Energy Performance of Buildings het EPB-decreet voor woongebouwen, scholen en kantoorgebouwen van kracht. De eisen waaraan bouwaanvragen voor nieuwbouw vanaf dan moesten voldoen omvatten: een peil van primair energieverbruik E100 (E80 vanaf 2010), een peil van warmte-isolatie K45 (figuur 2) en een wat gewijzigde lijst van maximale warmtedoorgangscoefficienten per bouwdeel. Bij woongebouwen werd bovendien een ontworpen ventilatiesysteem verplicht en

moest de ontwerper een controle op mogelijke zomerse oververhitting uitvoeren en het ontwerp zo nodig aanpassen. In scholen en kantoorgebouwen werden de Europese ventilatienormen verplicht. Bij renovatieprojecten bleven de eisen beperkt tot maximale warmtedoorgangscoefficienten voor alle bouwdeelen die aangepast worden en inbouw van regelbare luchttoevoerroosters in de ramen die men vernieuwt.

Nu is er wel een strikt handhavingsbeleid. Het ontwerpteam moet een energieverlaggever aanstellen. Die is verantwoordelijk voor een EPB-rapportering 'als gebouwd'. Nadien doet het VEA steekproefsgewijs controles. Voldoet de nieuwbouw niet aan de EPB-eisen dan wordt de eigenaar verantwoordelijk gesteld. Klopt de EPB-aangifte niet dan is de verslaggever verantwoordelijk. Zo na een zekere tijd de inbreuken niet zijn bijgewerkt volgt een administratieve geldboete.

3. Invloedsparameters op het primaire energieverbruik

3.1. Verwarming en koeling

Tussen de ingrepen, die het mogelijk maken gebouwen energiezuiniger te verwarmen, bestaat een hiërarchie:

1. eerst de netto-energiebehoefte zoveel als mogelijk en zinvol verlagen via verantwoorde bouwkundige ingrepen,
2. dan door een goed doordacht ontwerp van de installaties de verhouding tussen netto- en bruto- energiebehoefte – de systeemrendementen - zo dicht mogelijk bij 1 brengen,
3. tenslotte het fossiele verbruik, nodig om aan de brutobehoeft te voldoen, zo laag mogelijk houden door, als het kan en economisch verantwoord is, duurzame energie in te schakelen.

Voor koeling geldt hetzelfde. Tabel 1 vat de parameters samen, die de energiebehoefte, het eindenergieverbruik en het primaire verbruik voor verwarming sturen. Tabel 2 geeft die voor koeling, zij het dat in een gematigd klimaat een juiste combinatie van glasoppervlakte, zonwering, toegankelijke warmtecapaciteit en nachtventilatie actieve koeling bij woongebouwen overbodig kan maken. Komt die er toch, dan is dit een gevolg van een onaangepast ontwerp of van gewenning en verwenning: de auto heeft koeling, dus ook de woning dient die te hebben.

In beide tabellen is het actieve gebruik van zonne-energie voor ruimteverwarming en -koeling niet opgenomen. In het wat sombere Noordwest-Europese klimaat loont actieve zonneverwarming niet. Actieve zonnekoeling zit nog volop in het aftastende stadium. Actieve zonne-energie voor de bereiding van warm tapwater is wel doenbaar, zij het niet noodzakelijk economisch zinvol.

3.2. Verlichting

Verlichting gebeurt elektrisch en weegt daardoor primair zwaarder door dan de fossiele brandstoffen. Zeker in kantoorgebouwen, scholen, ziekenhuizen, e.a. is het een belangrijke verbruiker. Besparen kan door:

- de benodigde verlichtingsterkte juist te verdelen,
- enkel lampen met hoge lichtopbrengst te gebruiken (gemeten in Lumen per Watt),
- bij TL-lampen elektronische voorschakeling te voorzien,
- lampen in te bouwen in armaturen met hoog rendement, die verblinding uitsluiten,
- het schakelen te koppelen aan aanwezigheidsensoren,
- groepsschakelingen te voorzien,
- optimaal gebruik te maken van daglicht, onder andere door de armaturen tegen de ramen van daglichtsensoren te voorzien, die de lampen dimmen in functie van het daglichtaanbod.

3.3. Warm tapwater

De mogelijkheden waarover men beschikt zijn:

- waterverspilling tegengaan (spaarkoppen bij douches, elektronische of zelfsluitende kranen in kantoorgebouwen en openbare gebouwen, enz...),
- de tapleidingen voor warm water kort houden,
- zo zinvol en mogelijk, het tapwater niet centraal maar lokaal verwarmen in geisers met beperkte opslag,
- een zonneboiler en/of warmtepomp inschakelen.

In Noordwest-Europa drukt een zonneboiler het energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater met ongeveer 50%. Zonder subsidie is dit te weinig voor een positieve nettolevenscycluskost.

Tabel 1. Invloedsparameters op de netto-energiebehoefte en het energieverbruik voor **verwarming**

Groep	Parameter	Invloed (alle overige parameters gelijk)
Netto-energiebehoefte		
1. Buitenklimaat	Temperatuur	Stijgt bij een lagere buitentemperatuur tijdens het stookseizoen
	Bezinning	Daalt bij meer zonnewinsten tijdens het stookseizoen
	Wind	Stijgt bij meer wind tijdens het stookseizoen
	Neerslag	Stijgt bij meer regen tijdens het stookseizoen
2. Gebruik	Binnentemperatuur	Stijgt bij een hogere binnentemperatuur tijdens het stookseizoen
	Temperatuurregeling	Daalt naarmate het principe 'enkel verwarmen bij gebruik' beter wordt toegepast
	Ventilatie	Stijgt met meer ventilatie tijdens het stookseizoen
	Interne winsten	Daalt bij meer interne winsten tijdens het stookseizoen
3. Gebouwontwerp	Beschermd volume	Stijgt bij een groter beschermd volume
	Compactheid	Daalt bij een hogere compactheid
	Planschikking	Daalt bij een goed doordachte planschikking mits aangepast gebouwgebruik
	Beglazing	Stijgt naarmate de schil meer glas bevat. Daalt als het glas een hogere zonnetoetreding absoluut (g) kent, een lagere warmtedoorgangscoefficiënt heeft, meer glas W/Z/O kijkt en meer beglazing verticaal staat
	Warmte-isolatie	Daalt naarmate de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van de schil lager ligt
	Warmtecapaciteit en warmtetraagheid	Heeft in een gematigd klimaat amper invloed
	Luchtdichtheid	Daalt naarmate de schil luchtdichter is
Eindenergieverbruik		
4. Verwarmingsinstallatie	Systeem	Daalt als het systeemrendement hoger ligt
	Productie	Daalt als het productierendement van de ketel of de seizoenprestatiefactor van de warmtepomp hoger ligt
5. Ventilatie-installatie	Systeem	Kan dalen bij de optie gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning of, naarmate de installatie geregeld wordt in functie van de vraag
Primair verbruik		
4. Verwarmingsinstallatie	Productie	Het hoogste als, alle overige parameters gelijk, voor verwarming met elektrische weerstanden gekozen wordt. Ketels voor fossiele brandstoffen en warmtepompen doen het beter

Tabel 2. Invloedsparameters op de netto-energiebehoefte en het energieverbruik voor **koeling**

Groep	Parameter	Invloed (alle overige parameters gelijk)
Netto-energiebehoefte		
1. Buitenklimaat	Temperatuur	Stijgt bij een hogere buitentemperatuur tijdens de warme jaarhelft
	Bezinning	Stijgt bij meer zonnewinsten tijdens de warme jaarhelft
2. Gebouwgebruik	Binnentemperatuur	Stijgt bij een lagere binnentemperatuur tijdens de warme jaarhelft
	Temperatuurregeling	Daalt naarmate het principe ‘enkel koelen bij gebruik’ beter wordt toegepast
	Ventilatie	Daalt mits verstandig wordt geventileerd (bvb: intense nachtventilatie via inbraakvrije toevoeropeningen met voldoende grote open sectie bij gebouwen met toegankelijke warmtecapaciteit)
	Interne winsten	Stijgt bij meer interne winsten
3. Gebouwwontwerp	Beschermd volume	Stijgt bij een groter beschermd volume
	Beglazing	Stijgt naarmate de schil meer glas bevat. Daalt als het glas een lagere zonnetoetreding absoluut (g) heeft. Daalt als bij een hogere temperatuur buiten dan binnen het glas een lagere warmtedoorgangscoefficiënt heeft, stijgt in het andere geval.
	Warmte-isolatie	Daalt als bij een equivalente temperatuur buiten hoger dan binnen de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van de schil lager ligt, stijgt in het andere geval
	Zonwering	Daalt in de mate de zonwering een lagere zonnetoetreding absoluut (g) heeft
	Warmtecapaciteit en warmtetraagheid	Daalt naarmate de bouwconstructie meer warmtecapaciteit heeft
	Luchtdichtheid	Daalt naarmate de buitentemperatuur lager ligt dan binnen en de verliesoppervlakte luchtopener is, stijgt zo luchtdichter Stijgt in de mate de buitentemperatuur hoger ligt dan binnen en de verliesoppervlakte luchtopener is, daalt zo luchtdichter
Energieverbruik		
4. Koelinstallaties	Systeem	Daalt in de mate het systeemrendement hoger ligt
	Productie	Daalt in de mate de seizoenprestatiefactor (SPF) van het koelsysteem hoger ligt
5. Ventilatie-installatie	Systeem	Zie verwarming
Primair verbruik		
Koelinstallatie	Productie	Elektriciteit bij compressiesystemen, afvalwarmte, zonnewarmte of aardgas bij absorptiesystemen

3.4. Functie

Het begrip 'functie' slaat op alle apparatuur en toestellen in het gebouw die de gebruikers in staat stellen te doen wat gewenst is of moet worden gedaan. Op enkele uitzonderingen na, zoals koken op een gasfornuis, gaat het om elektrisch verbruik. Het met minder doen, betekent dat telkens weer voor de meest zuinige toestellen en apparatuur gekozen moet worden. En, natuurlijk kan die zuinigheid worden kortgesloten door een intenser gebruik.

4. Stappen in energie-efficiëntie bij woongebouwen

Bij een opdeling van woongebouwen naar energie-efficiëntie wordt courant uitgegaan van het verbruik voor verwarming en niet van het totale energieverbruik, zijnde de som van verwarming, (koeling), warm tapwater en huishouden plus verlichting. Echter, naarmate verwarming minder energie vraagt, gaat het primaire verbruik voor de overige posten steeds zwaarder wegen in het totaal.

De indeling zelf ziet er als volgt uit:

Thermisch geïsoleerd	Een koudebrugarme, luchtdicht geplaatste warmte-isolatie doet de geleidingverliezen en daarmee de netto-energiebehoefte voor verwarming gevoelig dalen (zie het Vlaamse isolatiedecreet).
Energiezuinig	De aandacht blijft gaan naar een uitstekende warmte-isolatie, maar aangevuld met wat door ventilatie verloren gaat en met een zo goed mogelijk gebruik van de zonnewinsten en interne winsten. Beoordeling gebeurt via een normberekening van de jaarlijkse netto-energiebehoefte voor verwarming. Als eis wordt een maximum aantal MJ per m ³ beschermd volume of m ² vloeroppervlakte gehanteerd.
Lage energie (LEB)	<p>Bij LEB wordt het primaire verbruik voor verwarming en warm tapwater doel van de regelgeving. Op die manier betreft men niet alleen de bouwkundige factoren zoals volume, compactheid, beglazing, warmte-isolatie en luchtdichtheid, de noodzakelijke ventilatie, de zonnewinsten en de interne warmtewinsten in de regelgeving maar ook de installaties voor verwarming, koeling, ventilatie en warm tapwater. Ook wordt het gebruik van duurzame energie gehonoreerd. De beoordeling gebeurt via een genormaliseerde berekening van het primaire energieverbruik.</p> <p>Bij LEB is de richtwaarde voor verwarming een jaarlijks eindverbruik ≤ 50 kWh per m² vloeroppervlakte. Elektrische weerstandverwarming en actieve koeling zijn niet toegelaten, terwijl het eindverbruik voor warm tapwater zo laag als haalbaar dient gehouden en spaarverlichting plus huishoudtoestellen met AAA-label een aanrader zijn.</p> <p>De Vlaamse EPB-wetgeving maakt het mogelijk LEB-gebouwen op een vrij correcte wijze te evalueren, zij het dat het om berekende primaire verbruiken met heel wat aangenomen inleeswaarden gaat. In die zin definiëren de berekeningen een gebouwkwaliteit, niet het werkelijke primaire verbruik</p>
Passief (VLEB)	Gaat een stap verder dan LEB. De richtwaarde voor verwarming wordt een jaarlijkse netto-energiebehoefte ≤ 15 kWh/(m ² .jaar). Als bij LEB is actieve koeling uitgesloten terwijl het totale primaire verbruik voor de posten verwarming, warm tapwater, verlichting en functie ≤ 120 kWh/(m ² .jaar) moet blijven.
Nulenergie	In de literatuur vindt men drie definities voor nulenergie: (1) de jaarlijkse energiekosten gelijk aan de jaarlijkse inkomsten dank zij de verkoop van elektriciteit, geproduceerd op de bouwsite, (2) het totale jaarlijkse eindverbruik gelijk aan de elektriciteit, jaarlijks geproduceerd op de bouwsite, (3) het jaarlijkse primaire energieverbruik gelijk aan de jaarlijks vermeden primaire energieproductie dankzij de elektriciteit, jaarlijks geproduceerd op de bouwsite.

De derde definitie is meest zinvolle. Die maakt dat men bij nulenergie voor een dubbele uitdaging staat: het totale energieverbruik zeer laag houden en het gebouw zoveel

duurzame energie laten produceren dat, op jaarbasis, de algebraïsche som van primair verbruik en vermeden primaire productie nul wordt. Doorgaans gaat het om de productie van elektriciteit uit zonnecellen, hoewel ook microwindturbines en WKK een bijdrage kunnen leveren.

Zou in de toekomst nulenergie de referentie worden en op grote schaal verspreid geraken, dan dreigt een toenemend verschil tussen de elektriciteitsproductie tijdens de koude en de warme jaarhelft met negatieve gevolgen voor de netstabiliteit. Nulenergie op grote schaal lijkt dan ook pas zinvol eens er slimme elektriciteitsnetten met sturing van het aanbod, het verbruik en mogelijke opslag zijn.

Plusenergie Hier gaat het om gebouwen die meer primaire energie produceren dan ze verbruiken. Dat kan bij verspreiding op grote schaal de genoemde toekomstige problemen met de netstabiliteit alleen maar versterken, zou men er niet in slagen slimme netwerken te ontwikkelen.

Energie-autarkisch Het gebouw wordt losgekoppeld van alle netwerken en is energetisch zelfbedruipend!

5. Economisch optimale kosten

Louter energetisch lijkt het streven naar een zo laag mogelijk verwarmingsverbruik, één van de grondslagen van de gegeven indeling, een eervolle doelstelling. Passiefwoongebouwen, nulenergiewoongebouwen en plusenergiewoongebouwen zijn daar de emanatie van. Maatschappelijk lijkt het echter zinvoller te kijken naar een optimale balans tussen inspanningen en baten. Daaruit volgen drie denklijnen:

- energetisch bestaan de inspanningen uit de ingebouwde energie in isolatie, thermisch verbeterd glas, duurzame energiesystemen, lage temperatuur verwarming, enz... De baten zitten hem in een afname van het jaarlijkse energieverbruik eens het gebouw bewoond. In de richting van steeds verdergaande inspanningen passeert de som van ingebouwde energie en verbruik over de gebruiksduur van het gebouw een minimum, **energetisch optimum** genoemd,
- qua milieu bestaan de inspanningen uit de ingebouwde milieunadelen, die uit de productie van isolatie, thermisch verbeterd glas, duurzame energiesystemen, lage-temperatuursverwarming, enz... volgen. De baten zitten hem in de kleinere jaarlijkse milieu-impact eens het gebouw bewoond. In de richting van steeds verdergaande inspanningen passeert de som van ingebouwde nadelen en baten over de gebruiksduur van het gebouw terug een minimum, **milieu-optimum** genoemd,
- micro-economisch bestaan de inspanningen uit de begininvestering in isolatie, thermisch verbeterd glas, duurzame energiesystemen, lage-temperatuursverwarming, enz..., de latere vervanginvesteringen en de extra jaarlijkse onderhoudskosten als resultaat van deze investeringen. De baten zitten hem in de lagere jaarlijkse energiekosten en, bij bepaalde utilitaire gebouwen, in een betere productiviteit van de tewerkgestelden. In de richting van steeds grotere investeringen passeert de geactualiseerde som van inspanningen en baten over de gebruiksduur van het gebouw terug een minimum, **economisch optimum** genoemd.

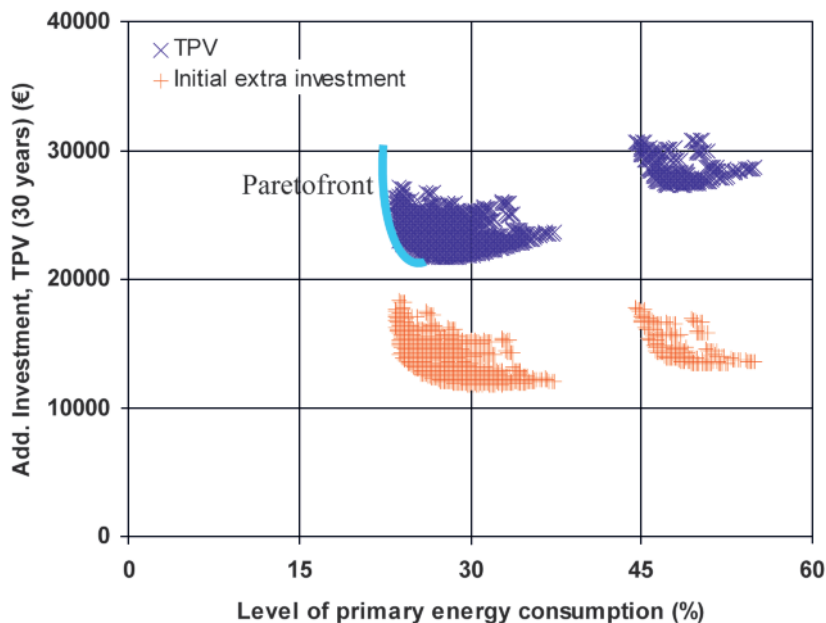
Vraag is welk van deze drie optima het belangrijkste is? Voor sommigen is dat het energetische, wat hen toelaat voor passief, nulenergie en plusenergie te gaan. Onderzoek heeft getoond dat het energetische en het milieu-optimum samenvallen. Voorliggende tekst beschouwt het economische optimum als maatschappelijk meest relevant. Om te beginnen maakt de economie integraal deel uit van wat duurzame ontwikkeling wordt genoemd. Verder zit achter de term ‘investeringen’ een vollediger plaatje dan energie of milieu-impact alleen. Alle elementen nodig om een bepaald resultaat te bereiken (kennis, creativiteit, informatie, materialen, transport, tijd, energie, arbeid, e.a.) worden erdoor gehonoreerd.

Al herhaalde malen is nagerekend hoe - qua kosten - de optimale beslissingen bij energiezuinig bouwen eruit zien. Dat leidt tot grafieken als in figuur 3. Tot nu zijn de besluiten van dergelijke studies gelijklopend: het optimum ligt niet bij de meer extreme oplossingen als passief, nulenergie of plusenergie, maar bij een combinatie van relatief eenvoudige keuzen die aanleunen bij lage energie:

- voorkeur voor compact,
- peil van warmte-isolatie K25-K30,
- peil van primair energieverbruik E55-E65,

- warmte-isolatie zo verdeeld over gevels, onderste vloer, scheiding met niet verwarmde ruimten en dak dat hun warmtedoorgangscoefficiënt ± dezelfde wordt: 0,2-0,25 W/(m².K),
- koudebrugarme detaillering,
- ramen met lage-e, argongevuld dubbel glas, raamprofielen uit hout, kunststof (3 kamers) of aluminium met thermische snede,
- qua luchtdichtheid een ventilatievoud gelijk aan drie maal het luchtvolume in het gebouw per uur bij een drukverschil met buiten van 50 Pa (gemeten met een geijkte blowerdoor),
- bij woningen een centrale verwarming op aardgas met radiatoren, pomp, hoog-rendementketel en kamerthermostaat; bij flatgebouwen een centrale verwarming per flat met radiatoren, pomp, combiwandketel en kamerthermostaat,
- bij woningen een ontworpen systeem van natuurlijke ventilatie, aangevuld met afzuiging in de toiletten en badkamers bij gebruik. Bij flatgebouwen afzuigventilatie,
- geen actieve koeling,

Hoe het warme tapwater wordt bereid is amper van invloed op het economische optimum. Wel is zonder subsidie de stap naar een zonneboiler niet economisch.



Figuur 3. Investerings en totale kosten

Figuur 3 toont dat het economische optimum niet zeer uitgesproken is. Links ervan ligt wat wordt genoemd het Paretofront. Elk punt op dat front staat voor de laagste levenscycluskosten bij een gegeven primair energieverbruik voor verwarming of het laagste primaire energieverbruik voor verwarming bij gegeven levenscycluskosten. Direct tegen het optimum verschillen de levenscycluskosten amper. Dat maakt dat andere keuzen wat betreft verwarming en ventilatie (condensatieketel met buitenvoeler, radiatoren, thermostaatkranen / een lucht-water warmtepomp met lage-temperatuurradiatoren en thermostaatkranen / een luchtdichtheid $n_{50} \leq 1 \text{ h}^{-1}$ en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning) bijna optimaal zijn.

Passieve, nulenergie- en plusenergiewoongebouwen kunnen, mits de juiste bouwkundige keuzen, op het Paretofront liggen maar zijn qua levenscycluskosten minder (passief) tot veel minder gunstig (nul en plusenergie) dan het optimum. Subsidie kan voor soelaas zorgen maar macro-economisch zouden, zo dergelijke concepten de wettelijke norm werden, teveel middelen naar 'energie' gaan ten koste van andere maatschappelijke noden.

Een argument dat voorstanders van passief, nulenergie en plusenergie graag gebruiken is dit van de stijgende energieprijzen. Tussen 1973 en nu bedroeg de procentuele stijging in reële termen gemiddeld 3,2-3,5% per jaar. Wel was het prijsverloop zeer grillig, met voor olie pieken in 1979-1983, 1990, 2003 en 2008 en dalen tussentussen. Wat als de procentuele stijging in de toekomst zou toenemen? Onderzoek leerde dat het effect daarvan op de ligging van het economische optimum beperkt blijft.

Natuurlijk kan men zich afvragen of met het oog op een wereldwijde klimaatopwarming een optimum qua levenscycluskosten nog relevant is. De verwachting is dat het afremmen van de opwarming bekostigd zal worden met een CO₂-taks. Daardoor zullen de fossiele energiedragers discontinu duurder worden, een effect dat over de beschouwde gebruiksduur te vergelijken valt met een grotere prijsstijging. Als gezegd heeft dit maar een beperkte invloed op de ligging van het optimum. En naast de globale opwarming blijven er de andere maatschappelijke noden.

6. Reboundeffect

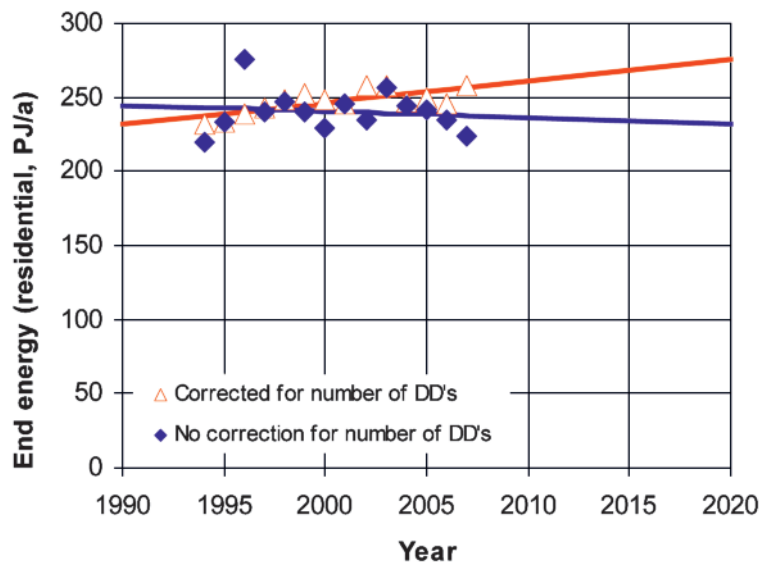
De beoordeling van het primaire energieverbruik gebeurt courant via berekening. Zo hoort bij het EPB-decreet een genormeerd rekenpakket voor woongebouwen. Erin wordt de wijze van bewonen sterk geschematiseerd. Het door de isolatie omsloten, beschermde volume wordt uniform op 18°C ondersteld, de ventilatie, de interne winsten en de netto-energiebehoefte voor warm tapwater zijn voorgeschreven als functies van het beschermde volume, voor het buitenklimaat wordt gerekend met een typejaar, de systeemrendementen zijn gegeven, enz. Het resultaat is een primair verbruik dat het beste kan omschreven als kenmerk van het woongebouw en zijn installaties.

Heeft dergelijke berekening realiteitswaarde? Of nog, hoe groot is de impact van de bewoners op het primaire verbruik? Die blijkt zeer groot te zijn, ook als men het buitenklimaat als variabele elimineert door het verbruik, gemeten tijdens een willekeurig jaar, om te rekenen naar het typejaar. De redenen zitten hem in de parameters ‘gebouwgebruik’ uit tabel 1. Zo wordt in de meeste woongebouwen de nachtzone amper verwarmd. Ook opteren nogal wat bewoners voor een dag/nacht regime. Verder speelt een fysische realiteit. In de mate een gebouw beter wordt geïsoleerd, luchtdichter is en meer zonnewinsten kent, ligt, ook als men kamers niet verwarmt, de gemiddelde binnentemperatuur hoger. En uiteindelijk is die bepalend voor het verwarmingsverbruik. Gevolg is dat de gebruikersinvloed, ook reboundeffect genoemd, afneemt naarmate een gebouw energiezuiniger is. Daarin speelt natuurlijk ook mee dat gebruikers in een energiezuiniger woning de neiging hebben lossen om te springen met verwarmen. Het kost immers toch minder...

Een meer gedetailleerde analyse, uitgaande van een duizendtal opgemeten en genormeerde verbruikscijfers, heeft het mogelijk gemaakt een statistisch gemiddelde reboundfactor te definiëren:

$$a_{rebound} = 1,355 \left(\frac{U_m A_T}{V} \right)^{0,16} - 1 \qquad E_{heating,a,real} = (1 - a_{rebound}) E_{heating,a,EPB}$$

Hierin is U_m de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van de gebouwschil in W/(m².K), A de schiloppervlakte in m², V het beschermde volume in m³ en E_{heating,a,EPB} het eindverbruik voor verwarming in MJ/jaar als berekend met het EPB-pakket. Figuur 4 toont de factor in functie van de verhouding U_mA_T/V, de specifieke geleidingsverliezen. Op de figuur vindt men ook een reeks gemeten reboundfactoren.



Figuur 4. De reboundfactor in functie van de specifieke geleidingsverliezen per éénheid van beschermd volume (U_mA_T/V)

De gevolgen van rebound zijn niet onbelangrijk. Zo zal de werkelijke besparing bij energetische renovatie van een woongebouw bijna altijd een stuk lager liggen dan voorspeld met het EPB-rekenpakket. Ook sluit statistisch het verbruik in een ongeïsoleerd woongebouw dichterbij dat in een geïsoleerd woongebouw dan berekening doet uitschijnen. Verder leert de figuur dat bij passiefgebouwen met hun zeer lage geleidingverliezen per éénheid van beschermd volume de kans reëel is dat meer verbruikt wordt dan berekend.

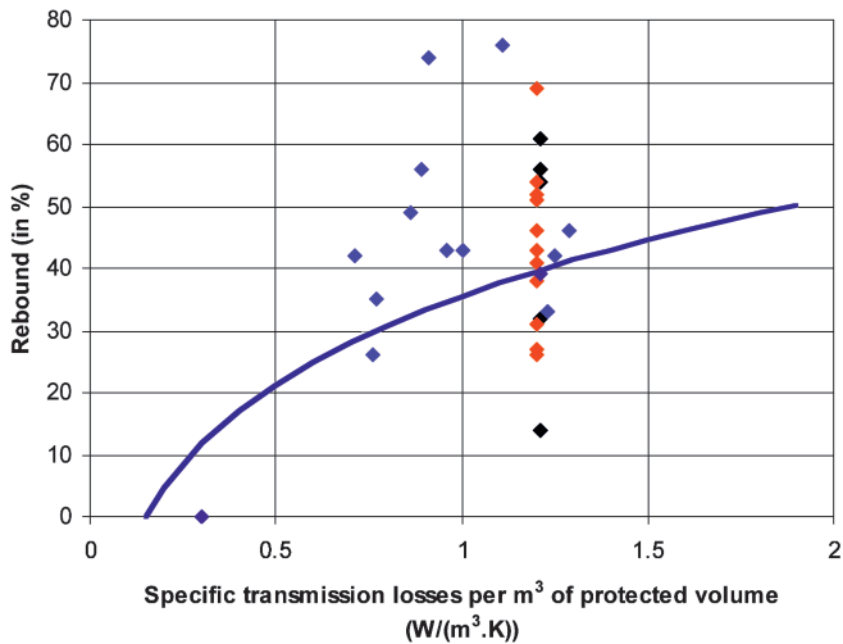
Ook het reboundeffect heeft maar een beperkte invloed op de ligging van het levenscycluskosten optimum.

7. Doelstellingen op lange termijn qua energieverbruik

Het laatste decennium wordt het energiedebat gedomineerd door de globale opwarming. Vandaar dat binnen de EU overeengekomen is om tegen 2020 het energieverbruik met 20% te verminderen in vergelijking met een *business as usual* scenario, de GWG-emissies met 20% te drukken in vergelijking met 1990 en 20% van de benodigde energie via duurzame weg te produceren. Een vraag is of zulke vermindering in verbruik gehaald kan worden zo vanaf 2010 de vervangings- en uitbreidingsbouw in Vlaanderen aan zeer strenge efficiëntie-eisen zou moeten voldoen.

Studies toonden aan dat in het residentiële eindverbruik drie factoren een gelijkwaardige rol spelen: (1) de groei van het aantal huishoudens, (2) de stedenbouwkundige politiek, (3) de energiepolitiek. Als vierde factor is er de capaciteit van de bouwsector. Overschat men die, dan zal de vraag groter worden dan het aanbod en mag men zich aan prijsstijgingen verwachten.

Jaarlijks wordt door VITO een energiebalans voor Vlaanderen opgesteld. Het huishoudelijke verbruik wordt daarbij niet gecorrigeerd voor het aantal graaddagen. Dat kan, als figuur 5 toont, de indruk wekken dat het jaarlijkse verbruik lichtjes afneemt en bij lineaire extrapolatie in 2020 232 PJ zal bedragen. Rekenen we daarentegen het aandeel verwarming om naar het typejaar uit de EPB, dan voorspelt extrapolatie naar 2020 een verbruik van 275 PJ/a, meer dan plus 18%. Daaruit mag besloten worden dat *business as usual* moeilijk te voorspellen valt. Hoe dan ook, minus 20% betekent een bezuiniging in 2020 van 46,4 PJ tegenover 232 PJ en 55 PJ tegenover 275 PJ of, gemiddeld: voor beide scenario's -51 PJ!



Figuur 5. Het jaarlijkse residentiële verbruik in Vlaanderen (DD: graaddagen)

Einde jaren negentig is ooit gekeken naar de periode 2000 tot 2015. Bij een meest gelukkige samenloop van omstandigheden –een kleinere jaarlijkse toename van het aantal huishoudens na 2000, een bewuste stedenbouwkundige politiek van meer renovatie en vervangingsbouw dan uitbreidingsbouw, zeer strenge eisen aan de energetische kwaliteit van alle nieuwbouw en bij renovatie systematisch een verbetering van de warmte-isolatie – was het resultaat tegenover *business as usual* (BaU) een besparing van 11,2% in 2015. Daarvan namen de zeer strenge eisen bij nieuwbouw (K21 tot K26) en de verplichte goede isolatie bij vernieuwbouw 5% voor hun rekening!

Tussen 2010 en 2020 ligt echter amper 10 jaar. Bij aannahme van een lineaire samenhang tussen besparing en tijdsduur, geeft dat, bij eenzelfde gelukkige samenloop van omstandigheden, -7,5%, met iets minder dan de helft het gevolg van de zeer strenge eisen qua energie-efficiëntie. Dat maakt duidelijk dat -20% tegen 2020 veel ingrijpender maatregelen vraagt. Op de evolutie van het aantal huishoudens heeft het beleid geen vat. Stedenbouwkundig kan vervangingsbouw bij het kwalitatief slechte deel van het bestaande woningbestand gestimuleerd worden. Zou de toename van het aantal huishoudens afnemen, dan kan gelijktijdig een rem gezet op de uitbreidingsbouw. Daarnaast is echter een doorgedreven energetische renovatie van het kwaliteitsvolle deel van het bestaande woningbestand nodig. Fouten, die de efficiëntie van isolatie-ingrepen aantasten en nadien vervelende problemen geven, moet men daarbij vermijden, o.a.:

- goed isolerend glas plaatsen zonder te zorgen voor een aangepast ventilatiesysteem,
- een gebrekkige luchtdichtheid van het isolatiepakket waardoor de isolatie-efficiëntie een duik neemt en vochtproblemen te verwachten zijn,
- het over het hoofd zien van manifeste koudebruggen.

Als gesteld zouden tegen 2050, wil men de verdere globale opwarming beperkt houden, de GWG-emissies 50% tot 80% lager moeten liggen dan in 1990. Dat dit een andere economie, een andere energiesector, een ander bouwbeleid en een ander verkeersbeleid zal vragen, moet duidelijk zijn. Zo zal men naast de genoemde stedenbouwkundige politiek en de extreem strenge efficiëntie-eisen op gebouwniveau, de energieproductie en verdeling moeten herdenken.

8. Passiefwoongebouwen toch de oplossing?

8.1. Definitie

Als hoger gesteld geldt bij passiefwoongebouwen als richtwaarde voor de netto-energiebehoefte voor verwarming 15 kWh/(m².jaar). Actieve koeling is uitgesloten terwijl het totale primaire verbruik voor verwarming, warm tapwater, verlichting en functie ≤ 120 kWh/(m².jaar) moet blijven. Deze eisen worden als volgt bouwkundig vertaald:

- een warmte-isolatiepeil $\leq K15$,
- warmtedoorgangscoefficienten per scheidingsconstructie $\leq 0,15$ W/(m².K),
- ramen met U-waarde $\leq 0,8$ W/(m².K),
- een absoluut minimum aan koudebrugwerking,
- een luchtdichtheid $n_{50} \leq 0,6$ h⁻¹ ten opzichte van het binnenvolume van het gebouw.

De installaties omvatten een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning (temperatuurrendement 75%) en in serie daarmee een verwarmers die samen met de zonnepanelen en de interne winsten de resterende ventilatieverliezen en de geleidingverliezen compenseert. Courant wordt vóór de warmtewisselaar een grondbuis geschakeld, die 's winters voor voorverwarming van de ventilatielucht zorgt en 's zomers enig koelvermogen levert. Als alternatief voor de grondbuis is er de bodemwarmtewisselaar met glycol als warmtedrager.

De naam 'passief' wordt pas toegekend als doorrekening met het softwarepakket PHPP het bewijs levert dat het woongebouw aan de boven beschreven netto-energiebehoefte voor verwarming ≤ 15 kWh/(m².jaar) voldoet. Door de media is de foutieve connotatie verspreid dat passiefwoongebouwen het zonder verwarmingsinstallatie doen. Die is er, als zonet uitgelegd, wel.

8.2. Voordelen en risico's

De sterkte van passiefwoongebouwen ligt hem in de energetische kwaliteit met een berekende netto-energiebehoefte voor verwarming ≤ 15 kWh/(m².jaar) (is gelijk aan 18 MJ/(m³.jaar) of nog, 1,5 m³ aardgas per m² en per jaar). Bij een doorsnee woning ligt dat 5 tot 7 keer hoger. Voor dit resultaat zorgen de extreme luchtdichtheid en de gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Waren die er niet, dan lag de netto-energiebehoefte voor

verwarming gemakkelijk 2,5 keer hoger dan 15 kWh/(m².jaar) en was van passiefkwaliteit geen sprake. Of dit zeer lage cijfer zich in de werkelijke verbruiken weerspiegelt, hangt natuurlijk af van het bewonersgedrag. Als gesteld is bij passiefwoongebouwen een reboundfactor kleiner dan 0 niet onwaarschijnlijk, al is de kans daarop voorlopig klein gezien de meeste door overtuigde energiespaarders gebouwd en bewoond worden.

Neemt men het toegelaten totale primaire verbruik van 120 kWh/(m².jaar) als referentie, dan is het plaatje minder sensationeel. In een wijk met ongeïsoleerde woningen gebouwd in de jaren 50 en nadien gerenoveerd zonder veel aandacht voor energie, bedroeg het gemeten totale genormaliseerde primaire verbruik per m² vloeroppervlakte in 2007-2008 309 kWh/jaar, d.i. 2,5 keer wat bij passiefwoongebouwen is toegelaten. Berekening gaf 5 keer meer, terwijl de brochures over passiefwoongebouwen 7 keer meer naar voor schuiven. Bij lage energie zal de werkelijke verhouding nog gunstiger zijn. Ook is er geen garantie dat de toekomstige bewoners van passiefwoningen zo zuinig met warm tapwater, verlichting en huishouden zullen omspringen dat die 120 kWh/(m².jaar) gerespecteerd wordt. Kan 15 kWh/(m².jaar) nog gelezen worden als een maat voor de energetische kwaliteit van het gebouw, 120 kWh/(m².jaar) primair lijkt veeleer een wens die men graag vervuld zou zien.

Passiefwoongebouwen houden bovendien bijkomende risico's in. Zo wordt de kans op zomerse oververhitting zeer groot. Dat vermijden, vraagt een niet te enthousiast zongericht glasgebruik wat botst met de droom van veel zonnewinsten 's winters, een uitstekende buitenzonwering en de mogelijkheid 's nachts extra te ventileren, wat enkel zin heeft bij massieve gebouwen, terwijl tot nu passiefwoningen vooral in lichte houtskeletbouw worden uitgevoerd. Een gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning is energetisch zinvol tijdens de koude jaarhelft. Tijdens de warme jaarhelft daartegen is in een gematigd klimaat natuurlijke ventilatie te verkiezen. Ieder heeft trouwens de neiging 's zomers ramen en tuindeur open te zetten. Dat moet kunnen. Zomerse natuurlijke ventilatie is daarenboven energetisch zuiniger, gezien de ventilatoren uitgeschakeld kunnen blijven. Maar ook 's winters hebben nogal wat bewoners de gewoonte te luchten met de ramen op een kier. Zo dat gebeurt bij een gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning, rolt de energiewinst snel de berg af.

Er is echter meer. Het koppelen van verwarming en ventilatie is geen goed idee. Veel beter is dat beide in elke ruimte los van elkaar geregeld kunnen worden. Dat zou het probleem van de te warme nachtzone in passiefwoongebouwen helpen oplossen en het mogelijk maken in een frisse kamer met het raam in ventilatiestand te slapen. Een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning (WTW) en grondbuis vraagt verder extra onderhoud. Niet alleen moeten de luchtleidingen proper blijven, ook dient men de filters regelmatig te vervangen en mag in de grondbuis geen water insijpelen noch schimmel tot ontwikkeling komen. Evenmin mag ze een kweekplek van insecten worden. Of dat lukt, is niet voor de hand liggend.

Ontwerp en uitvoering van passiefgebouwen zijn kritisch. Net zoals het gebouw moet het volledige ventilatiesysteem extreem luchtdicht zijn. De WTW-eenheid en alle luchtleidingen die door niet verwarmde ruimten lopen, dient men thermisch te isoleren. En, in geval zonder grondbuis of grondwarmtewisselaar wordt gewerkt, moeten luchttoevoer en -afvoer buiten voldoende ver uit elkaar gehouden worden.

8.3. Garantie voor -20% in 2020?

Als aangetoond zal, ook al zou men vandaag de passiefstandaard verplicht maken voor vervangings- en uitbreidingsbouw, dit niet volstaan om de EU-eis van -20% energiebesparing tegen 2020 in vergelijking met BaU te halen. Tegenover de huidige E100 mag men zich aan een extra daling van het jaarlijkse residentiële eindverbruik met 4% verwachten. Tegenover lage energie zou de extra daling niet meer dan 1,3% bedragen.

9. Beleidsaanbevelingen

Met de 20/20/20 doelstelling¹ van Europa voor de deur en -50 tot -80% tegen 2050², lijken volgende beleidsaanbevelingen gepast:

Vraagzijde

- Aan nieuwbouw, inbegrepen vervangingsbouw, worden op korte termijn wettelijke eisen gesteld die tegen het levenscycluskostenoptimum aanleunen: E60, K30, een aangepaste lijst van maximale warmtedoorgangs-

¹ Tegen 2020 wil Europa 20% minder uitstoot van broeikasgassen, 20% hogere energie-efficiëntie en minstens 20% van het energieverbruik moet uit hernieuwbare bronnen komen.

² Tegen 2050 wil Europa een daling van de uitstoot van broeikasgassen met 50 tot 80%.

coëfficiënten (zie tabel 3), verplichte passieve maatregelen tegen oververhitting en handhaving van het nodige ventilatiedebiet via inbouw van een ontworpen ventilatiesysteem. Argumenten als 'te rap kan niet, de bouwsector moet zich kunnen aanpassen' mogen daarbij geen rol spelen. De kennis en technologie is er. Ook dient beseft dat wat vandaag gebouwd wordt er binnen 50 jaar nog staat.

- Investeringssteun van overheidswege bij nieuwbouw wordt afhankelijk gemaakt van hoeveel beter gedaan wordt dan wettelijk geëist, te beginnen bij een E-Peil dat 5 punten lager ligt dan opgelegd (E55). Die steun bestaat uit een vast en een variabel deel, dit laatste evenredig met het kwadraat van 'hoeveel beter dan E55'. Nieuwbouw die meer dan 5 punten beter doet dan wettelijk verplicht krijgt bovendien een procentuele korting op de roerende voorheffing, evenredig met hoeveel beter dan E55.

Tabel 3. Aangepaste lijst van maximale warmtedoorgangscoefficiënten bij nieuwbouw en renovatie

Bouwdeel	U _{max} -waarde W/(m ² .K)	Minimale warmteweer- stand R _{min} m ² .K/W
Gevels	0,35	
Daken	0,25	
Vloeren op volle grond	0,25	0,6
Vloeren boven een (kruip)kelder	0,25	0,6
Muren in contact met de grond	0,25	0,6
Vloeren tussen binnen en buiten	0,35	
Gemene muren	0,6	
Glas	1,2	
Ramen als geheel, gordijngevels	1,8	

- Energetische renovatie wordt actief aangemoedigd en via subsidie gesteund. Om voor subsidies in aanmerking te komen dienen zowel het E- als het K-peil op zijn minst met een factor 1,8 lager te liggen dan ervoor. Voor de delen die gerenoveerd worden gelden dezelfde maximale warmtedoorgangscoefficiënten als bij nieuwbouw (tabel 3). Inbouw van een ontworpen ventilatiesysteem wordt verplicht. Ook hier bestaat de steun uit een vast en een variabel deel, dit laatste evenredig met het kwadraat van het verschil tussen een reductie van 1/1,8 en de betere reductie die werd gerealiseerd.
- De kosten van een kwaliteitsvolle energieaudit worden aftrekbaar van het belastbare inkomen.
- De BTW op energiezuinige verlichting en energiezuinige apparatuur (Europees gelabeld) wordt blijvend verlaagd.
- De overheid gaat de volgende decennia systematisch door met gerichte campagnes die energiezuinigheid en de voordelen ervan aanprijst bij de bevolking.

Aanbodzijde

- Investeringssubsidie voor fotovoltaïsche zonnepanelen (PV) wordt enkel nog toegekend als het dak vooraf werd geïsoleerd (voor de te realiseren U-waarde: zie tabel 3). De groene- stroomcertificaten blijven, zij het dat het bedrag per MWh wordt afgebouwd in functie van de evolutie van de marktprijzen voor PV. De correctheid gebiedt dat, zo voor PV groene-stroom- certificaten gegeven worden, dit ook voor zonneboilers en warmtepompen moet gebeuren. Ook die vervangen fossiele brandstoffen of elektriciteit door duurzame energie of energie met lage exergiewaarde.

Varia

- In de opleiding van architecten en bouwkundigen moet verplicht de nodige aandacht gaan naar energie en energiezuinig bouwen.
- Van energiedeskundigen dient geëist dat ze over een diploma beschikken dat garant staat voor een degelijke opleiding in de energieproblematiek en het energiezuinig bouwen. Zoiets kan niet vervangen worden door een snelopleiding van enkele dagen of avonden.

10. Besluiten

- Energiezuinigheid is een belangrijk facet van wat 'duurzaam bouwen' wordt genoemd. Het is echter niet het enige, al wordt te dikwijls de schijn gewekt van wel. De andere prestaties zijn voor de bruikbaarheid van een gebouw net zo belangrijk.

- Langsheen de route naar extreem energiezuinige gebouwen bevinden zich verschillende tussenstations, gaande van geïsoleerd bouwen over energiezuinig, lage-energie tot passief, nulenergie en plusenergie bouwen. Vanaf lage-energie zijn een uitstekende warmte-isolatie en zeer efficiënte installaties een noodzakelijke voorwaarde om tot het gewenste resultaat te komen. Bij nul- en plusenergie komt de lokale energieproductie erbij.
- De aanduiding ‘energiezuinig ontwerpen en bouwen’ slaat typisch op een zo laag mogelijk eindverbruik voor verwarming. Met de afbouw daarvan winnen het primaire verbruik voor warm tapwater, verlichting en huishouden procentueel echter steeds meer aan belang. Vandaar dat, in tegenstelling tot wat gebruikelijk is, het volledige energieplaatje voorwerp van bezuiniging moet worden.
- ‘Energiezuinig ontwerpen en bouwen’ resulteert in een gebouweigenschap, niet in een maatstaf voor het werkelijke totale primaire energieverbruik. Dat wordt in hoge mate bepaald door de woongewoonten. De relatie tussen beide wordt statistisch weergegeven door een reboundfactor. Die is bij ongeïsoleerde gebouwen 0,5 en meer bedragen, maar schuift, naarmate het ontwerp en de bouw energiezuiniger worden, op naar 0.
- Neemt men de economische optima als uitgangspunt, dan blijken de combinaties niet te bestaan uit de extreme keuzen als passief, nulenergie en plusenergie, maar wel in de buurt van ‘lage-energie’ te liggen.
- Vandaag de verplichting invoeren dat alle vervangings- en uitbreidingsbouw de ‘passief’- kwaliteit moet halen, zal er niet toe leiden dat in 2020 wordt voldaan aan de EU eis van 20% besparing op het verbruik tegenover het *business as usual* scenario. Enkel een beleid dat, naast strenge eisen op het vlak van energie-efficiëntie voor nieuwbouw, ook een grootschalige energetische renovatie van het bestaande gebouwenbestand stimuleert en uitbreidingsbouw tempert, heeft enige kans die doelstelling waar te maken.
- Passiefwoongebouwen doen het in principe uitstekend wat de lage jaarlijkse netto-energiebehoefte voor verwarming betreft. Het te verwachten totale jaarlijkse primaire energieverbruik per m² vloeroppervlakte sluit echter dichterbij wat gemiddeld in het gebouwenpark wordt gemeten dan berekening aangeeft. Wat betreft kans op zomerse oververhitting, een te warme nachtzone en problemen met het binnenmilieu en de luchtkwaliteit zijn ze niet risicovrij.

Leden van de werkgroep

Louis Cooreman, Architecten- en ingenieursbureau, Algemeen Voorzitter KVIV

Filip Descamps, Ingenieursbureau Peutz-Daidalos, deeltijds docent VUB

Hugo Hens (voorzitter), Emeritus Hoogleraar KULeuven, Departement Burgerlijke Bouwkunde

Arnold Janssens, Hoofddocent UGent, Bouwfysica en bouwconstructieve toepassingen

Jan Kretzschmar, JGK Consulting

Griet Verbeeck, Docente Provinciale Hogeschool Limburg

Peter Wouters, WTCB

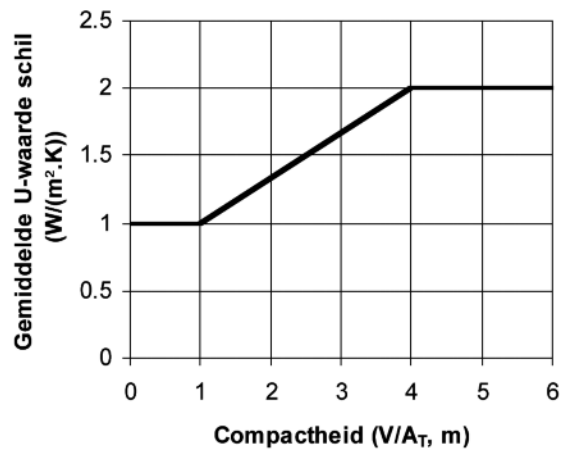
Termen en definities

Rendement	Staat voor de verhouding tussen de energie, die nuttig is voor de betreffende dienst, en de energie die verbruikt wordt om die dienst te krijgen. Rendementen zijn altijd kleiner dan 1. Soms worden kunstgrepen toegepast om die groter dan 1 te laten lijken. Bij verwarming, warm tapwater en koeling wordt klassiek een onderscheid gemaakt tussen het systeemrendement en het productierendement. Dit laatste betreft de ketel, het eerste de volledige installatie zonder de ketel
COP	De verhouding tussen de nuttige energie voor koeling of verwarming die een warmtepomp levert en de energie die de compressor (bij een compressiewarmtepomp) of de thermische transformator (bij een absorptiewarmtepomp) daarvoor verbruikt
SPF	De gemiddelde COP van een warmtepomp, inbegrepen alle bijbehoren, over een bepaalde periode (week, maand, stookseizoen, koelseizoen)
Netto-energiebehoefte voor verwarming/koeling	Het energieverbruik voor verwarming of koeling indien het rendement van de installatie 1 zou zijn en het beschikbare vermogen oneindig groot.
Bruto-energiebehoefte voor verwarming/koeling	Is gelijk aan de netto-energiebehoefte gedeeld door het systeemrendement
Eindenergieverbruik voor verwarming/koeling	Is gelijk aan de bruto-energiebehoefte gedeeld door het productierendement (ketel) of de SPF-factor (warmtepomp)
Primair energieverbruik	Is gelijk aan het eindverbruik, erbij opgeteld de energie nodig om de energiedrager die het eindverbruik levert (kolen, aardgas, stookolie, elektriciteit, enz) te produceren en tot bij de verbruiker te brengen
Actieve zonneverwarming	Van een actieve zonneverwarming is sprake wanneer een installatie speciaal voor het opvangen en gebruiken van de zonnewarmte wordt voorzien. Dergelijke installatie bestaat uit een voldoende grote oppervlakte aan thermische zonnepanelen, een opslagvat en een bijstook.
Warmtedoorgangscoefficiënt of U-waarde	Eigenschap die aangeeft hoe goed de warmte-isolerende kwaliteit van een wand is. Hoe kleiner de warmtedoorgangscoefficiënt, des te beter isoleert een wand. De warmtedoorgangscoefficiënt van een vlakke wand wordt gegeven door:

$$U = \frac{1}{1/h_1 + \sum(d_i/\lambda_i) + 1/h_2}$$

met h_1 en h_2 de warmteovergangscoefficiënten aan beide zijden tussen wandoppervlak en omgeving, d_i de dikte van elke laag in de wand en λ_i hun warmtegeleidingscoefficiënt (een materiaaleigenschap die aangeeft hoe gemakkelijk of moeilijk een laag de warmte geleidt of doorlaat).

Zonnetoetreding absoluut (g-waarde)	De verhouding tussen de warmte die dank zij de zonne-inval aan de ene zijde van een wand wordt afgegeven en de zonnewarmte die aan de andere zijde erop invalt. Hoe kleiner de zonnetoetreding absoluut, des te minder zonnewarmte komt via een niet doorzichtige of doorzichtige wand naar binnen. Een doorzichtig materiaal als glas heeft een hoge g-waarde, een goed geïsoleerde wand een zeer lage g-waarde.
Lichttoetreding absoluut (LTA)	De verhouding tussen de hoeveelheid licht die dankzij de zon aan de ene zijde van een wand wordt afgegeven en de hoeveelheid zonlicht die aan de andere zijde erop invalt. Glas heeft een lichttoetreding die vrij hoog ligt, bij een niet doorzichtige wand is die nul.
Compactheid in m	De verhouding tussen het buitenwerks gemeten beschermde volume en de omhullende oppervlakte, verliesoppervlakte genoemd
Verliesoppervlakte of schil van een gebouw in m ²	Is de oppervlakte waarlangs een gebouw warmte verliest naar of wint uit de omgeving. Die omgeving kan de buitenlucht zijn, de bodem, het water rond een gebouw of de binnenruimte van aangrenzende gebouwen
Peil van warmte-isolatie (K)	Een begrip ingevoerd door de Belgische norm B62-301. Legt een verband tussen de compactheid van een gebouw en de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van de verliesoppervlakte. Een gebouw heeft een peil van warmte-isolatie K100 wanneer het punt met coördinaten (V/A_T , U_m) in bijgevoegde grafiek op de zwarte curve ligt.



Peil van primair energie-
verbruik

Begrip ingevoerd samen met de energieprestatie regelgeving. Is gelijk aan de verhouding tussen het berekende primaire energieverbruik voor verwarming, koeling, warm tapwater en verlichting (warm tapwater niet meegerekend bij kantoorgebouwen en scholen, verlichting niet meegerekend bij woongebouwen) en het primaire energieverbruik dat voor het betreffende gebouw als referentie geldt, uitgedrukt in procenten

Interne winsten

De warmte afgegeven door de verlichting, door toestellen, apparatuur, mensen en dieren

GWG

Global Warming Gases (vaak ook afgekort als "GHG": greenhouse gases): gassen die bijdragen tot de opwarming van de aarde door het zogeheten broeikaseffect (bv. CO₂, methaan, ...)

Literatuur

1. Hens H., De Lathouwer R., 1992, Het Vlaamse isolatie- en ventilatiedecreet, Vademecum voor Architecten I190, Kluwer, 28 pp.
2. Loeckx A., Neuckermans H., Dillemans R., 1993, Wegwijs wonen, hoofdstukken 64, 76 en 81, Davidsfonds Leuven, 869 pp.
3. GRE, 1996, Heizenergieeinsparung im Gebäudebestand, Impressum, 99 pp.
4. Vlaamse Milieumaatschappij, Milieurapport Vlaanderen, MIRA-T, 2002-2008
5. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings
6. D' haeseleer W. (red.), 2005, Energie vandaag en morgen, beschouwingen over energievoorziening en -gebruik, ACCO. Leuven, 292 pp
7. Vlaamse Regering, 2005, Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van eisen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen
8. Vlaamse overheid, 2007, Decreet houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat en tot wijziging van artikel 22 van het REG-decreet, Belgisch staatsblad, 27-3-2007
9. VBO, 2007, Klimaat & energie, de troeven van de bouwsector, 22 pp (www.vbo.be)
10. Verbeeck G., 2007, Optimisation of extremely low energy residential buildings, Doctoraat K.U.Leuven, 271 pp.
11. American Physical Society, 2008, Energy Future: Think Efficiency, 101 pp. (www.aps.org/energyefficiencyreport/objectives/buildings.cfm)
12. National Institute of Building Sciences, 2008, High Performance Buildings, Assessment to the US Congress and US Department of Energy, 28 pp (www.nibs.org)
13. USGBC, 2009, Leed 2009 for new construction and major renovations, 88 pp. (www.usgbc.org)
14. World Business Council for Sustainable Development, 2009, Energy efficiency in buildings, Transforming the market, 66 pp. (www.wbcsd.org)
15. Hens H., 2010, Applied Building Physics: Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties, Ernst & Sohn (a John Wiley company), Berlin, 259 pp.

Samenvatting

In de geïndustrialiseerde landen neemt 'residentieel wonen en gelijkgesteld' tot 40% van het totale jaarlijkse eind-energieverbruik voor zijn rekening. In koude en koele klimaten gaat het grootste deel daarvan naar verwarming, al neemt procentueel het belang van warm tapwater, verlichting, functie en koeling toe naarmate door energetisch beter bouwen het aandeel verwarming daalt. Bij gebouwen zijn door een gericht ontwerp – compactheid, verstandig gebruik van glas, uitstekende isolatie, goede luchtdichtheid – belangrijke besparingen op verwarming mogelijk zonder de gebruikswaarde aan te tasten. Sinds 1973 is het energetisch beter bouwen geëvolueerd van "geïsoleerd" over "energiezuinig" naar "lage-energiegebouwen" en recenter "passief-", "nulenergie-" en "plus-energiegebouwen". In beide laatste gevallen produceert een gebouw jaargemiddeld evenveel of meer energie – doorgaans via fotovoltaïsche cellen - dan het verbruikt. Toepassing op grote schaal van beide concepten zal wel een grondige omvorming vragen van het elektriciteitsnet (bouwen van "slimme" ("smart grids") verdeelnetten). Bovendien zijn, in tegenstelling tot lage-energiewoningen, zowel passiefgebouwen als nulenergie- en plusenergiegebouwen economisch niet optimaal.

Europa wil tegen 2020 20% minder energieverbruik dan bij *business as usual*, 20% minder broeikasgasuitstoot dan in 1990 en 20% duurzame energieproductie. Zelfs al zou men vanaf 2009 aan alle nieuwbouw eisen van het niveau "passiefbouw" stellen, dan nog is 20% minder verbruik in de gebouwde omgeving tegen 2020 niet haalbaar. Trouwens, de extreem strenge eisen voor verwarming bij passiefbouw hebben als neveneffect dat warm tapwater, verlichting en functie de grootste verbruikers worden, meestal onder de vorm van elektriciteit, wat zwaar doorweegt op het primaire energieverbruik ($\times 2,5$). En bij die drie laatste verbruiken ligt besparen een stuk moeilijker. De enige uitweg, naast eisen aan nieuwbouw en vervangingsbouw in de buurt van het economische optimum (E60, K30), bestaat erin, de volgende 11 jaar, met alle middelen energie-efficiënte vernieuwbouw, verlichting en toestellen te stimuleren.

Executive Summary

In the industrialized world, residential housing and equivalents consume up to 40% of the annual total end energy use. The major part in cool and cold climates goes to heating, though in terms of percentage the share of domestic hot water, lighting, function and cooling increases when the heating needs diminish as a result of higher energy efficiency. By goal-oriented design – compact, smart glass use, very well insulated, airtight - buildings now allow important savings in heating without jeopardizing usability. Since 1973 energetically better construction has evolved from “insulated” over “energy efficient” to “low energy” and, recently, “passive quality”, “zero energy” and “plus energy”. In both last cases, a building produces as much or more energy through photovoltaic cells than it consumes on an annual basis. Anyhow, if applied on a large scale, both concepts will demand a complete transformation of the electricity grid, from passive to smart. Also, contrary to low energy buildings, passive, zero energy and plus energy buildings are beyond the economic optimum

The EU decided to decrease energy consumption in 2020 by 20% compared to a business as usual scenario, to reduce greenhouse gas emissions by 20% in 2020 compared to 1990 and to increase the share of renewable sources in the energy production to 20% by 2020. Even if from 2009 on all new construction would be of passive quality, 20% less consumption in the built environment will not be achievable by 2020. Moreover, the extremely stringent conditions in terms of energy use for heating in passive buildings have as a consequence that domestic hot water, lighting, function and cooling become the largest consumers, typically in the form of electricity, which weighs heavily in terms of primary energy ($\times 2,5$). And, energy conservation when these three are at stake is not easy. The only way out in the years to come is, aside of imposing performance requirements at the level of the economic optimum for new construction (E60, K30), promoting with all means energy efficient renovation, energy efficient lighting and energy efficient appliances.

KLASSE VAN DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

LEDEN

Bestuur

Ludo Gelders, Bestuurder
Achiel Van Cauwenberghe, Aftredend Bestuurder
Jan Kretzschmar, Onderbestuurder
Paul Verstraeten, Vertegenwoordiger

Gewone leden

Guido Beazar	Johan Schoukens
Ronnie Belmans	Erik Tambuyzer
Jean Berlamont	Hendrik Van Brussel
Luc Bossyns	Achiel Van Cauwenberghe
Hugo De Man	Erick Vandamme
Bart De Moor	Jozef Vanderleyden
William D'Haeseleer	Joos Vandewalle
Dirk Frimout	Hendrik Van Landeghem
Ludo Gelders	Willy Van Overschéé
Derrick Gosselin	Joost Van Roost
Hilde Heynen	Ivo Van Vaerenbergh
Monica Höfte	Pierre Verbaeten
Jan Kretzschmar	Pascal Verdonck
Paul Lagasse	Ronny Verhoeven
Jan Leuridan	Ignaa's Verpoest
Egbert Lox	Willy Verstraete
Christiane Malcorps	Paul Verstraeten
Leo Michiels	Dirk Wauters
Paula Moldenaers	Jacques Willems
André Oosterlinck	

Ereleden

Etienne Aernoudt	Urbain Meers
Jean Beeckman	Michel Naze
Stanislas Beernaert	Marcel Soens
Jozef Deman	Stanislas Ulens
Jean-Pierre Depaemelaere	Norbert Van Belle
Herman Deroo	Jean Van Bladel
Gilbert Froment	Valentin Van den Balck
Robert Gobin	Georges Van der Perre
Guy Haemers	Jan Van Keymeulen
Jan Jongbloet	Jacques Van Remortel
Rob Lenaers	Daniël Vandepitte
Roland Maes	Roland Wissaert

Buitenlands lid

Robert Byron Bird