

BESLISONDERSTEUNING DICHTERBIJ MET BENG2020

Zeer energiezuinige gebouwen zijn aantrekkelijk en worden de norm per 2020. De meeste ontwerpgereddschappen zijn nog onvoldoende voorbereid op die transitie. BENG2020 biedt op dit gebied uitkomst. Het is een beslissingsondersteunend rekenmodel voor de ontwerper van energiezuinige (woon)gebouwen. Het ondersteunt de gebouwonwerper in het traject vanaf de eerste schetsen tot en met het definitieve ontwerp waarin een 3D BIM-model gereed komt.

Tekst en fotografie: Ir. René de Brouwer, adviesbureau Evanston Consulting

Het begrip 'Nul-op-de-Meter' werd donderdag 20 juni 2013 om 16:30 uur geïntroduceerd door Leen van Dijke van de vereniging 'De Stroomversnelling' in Nieuwspoor in Den Haag. Van Dijke gaf aan dat er een 'stroomversnelling' zou moeten plaatsvinden in het verduurzamingstempo van bestaande huurwoningen. Die woningen moesten na renovatie 'Nul-op-de-Meter' (NOM) zijn, in plaats van het gangbare Energielabel B. In de stroomversnellingsdeal kwamen zes woningcorporaties en vier grote Nederlandse bouwbedrijven met elkaar overeen (onder strikte voorwaarden) dat 111.000 te renoveren woningen per 2020 aan die nieuwe NOM-eisen zouden moeten gaan voldoen. De businesscase zou 'rond zijn' door toekomstige energiejaarnota's netto contant te maken. Daarmee zou de bouw de klus kunnen klaren. De huurder zou vervolgens een energieprestatievergoeding (EPV) betalen aan de woning-

corporatie in plaats van een energienota aan de energieleverancier. Wetgeving die dit mogelijk maakt is in 2016 nog onder handen van Eerste en Tweede kamer. Volgens officiële cijfers is ultimo 2015 slechts 4 procent van de 2015-doelstelling bereikt. Officiële cijfers ontbreken.

Overheidsbeleid

De basis voor dit alles werd zes jaar eerder (september 2007) gelegd door Jacqueline Cramer, minister van Vrom in de regering Balkenende IV. Ze heeft in krap zeven maanden (!) een ambitieus milieuplan ontwikkeld: 'Nieuwe energie voor het klimaat' [1]. Hierin stond onder andere 'Voor woningbouw gaat de EPC van 0,8 naar 0,6 in 2011 en naar 0,4 in 2015 met als doel de energieneutrale woning in 2020'. Er zijn weinig overheidsdoelstellingen die zo ver vooruitkijken en ook nog stand houden.

BENG2020

BENG2020 is een Nederlandstalig beslissingsondersteunend rekenmodel voor ontwerpers van energiezuinige gebouwen. Het stelt architecten en installatieontwerpers in staat investeringsscenario's af te wegen van duurzame maatregelen in de gebouwschil en technische installaties bij een gegeven gebouwgebruik. Dat zijn scenario's die zowel het comfort in het gebouw verhogen als de netto woonlasten verlagen. Dit schept toegevoegde waarde bij de bouwopdrachtgever en de investeerder.

Het BENG2020-model (versie 4.8s) bevat momenteel 24 onderling verbonden rekenmodellen van gebouwgebruik, lokale klimaatcondities en netbeheer, energieprijzen en jaarlijkse aansluitingskosten, als ook de thermische gebouwschil (conform PHPP-definities) en vele gangbare duurzame energiesystemen.

Het systeem rekent met een stationair 1-zonemodel op jaarbasis, plus de netto contante waarde van toekomstige kasstromen. Het rekent één configuratie van gebouw en installatie door in energiestromen en geldstromen.

Het systeem werkt in een Excel-omgeving onder Windows 7 en 10. De responstijden zijn in de orde grootte van 0,3 – 1,2 s, afhankelijk van de rekenkracht van de pc. Het rekenmodel bevat geen macro's en is transporteerbaar tussen alle Excel-versies vanaf 2002. Het werkt ergonomisch op een beeldscherm van 24 of 27".

Voor meer informatie: www.sbcurnet.nl (zoekterm 'BENG2020').



Het eerste PlusEnergiehuis in de EU aan de Fasenenstrasse in Berlijn, ontworpen door dr.-ing. Werner Sobek.

In 2010 gaf de Europese Commissie het beslissende zetje met een bijgestelde EU-richtlijn. 'Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings'[2], met in



VOLGENS OFFICIEUZE CIJFERS IS ULTIMO 2015 SLECHTS 4 PROCENT VAN DE 2015-DOELSTELLING BEREIKT

artikel 2 'Definitions': 'Nearly zero-energy building means a building that has a very high energy performance [.....]. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby'.

In geheel Europa (in 2015 zo'n 508 miljoen inwoners) moeten we eind 2020 alleen 'near zero energy buildings' realiseren in de nieuwbouw.

Beslissingsondersteunend systeem

De vraag wordt dus niet of, maar hoe we zulke gebouwen gaan ontwerpen. Hoe zorgen we voor heldere afwegingen van duurzame maatregelen en toegenomen woonkwaliteit versus investeringen? Hoe voorkomen we gebouwoververhitting in de steeds frequentere en heviger hittegolven? En: blijft het allemaal wel betaalbaar?

Terug naar de hamvraag: Hoe gaat een gebouwontwerper zo'n gebouw ontwerpen vanaf de eerste potloodschets op het spreekwoordelijke servetje? Naast 3D-ontwerpsystemen met goede (parametrische) componentbibliotheken is daarbij ook een beslissingsondersteunend systeem nodig: een intelligente digitale assistent op de desktop van de ontwerper die voldoet aan negen eisen:

1. vanaf de eerste gebouwschetsen in te zetten;
2. rekent met het werkelijke gebouwgebruik;
3. begrijpelijk voor architect, opdrachtgever en adviseur;
4. werkt met energie- en geldstromen;
5. wijst op de hoofdlijnen en houdt bijzaken op de achtergrond;
6. helpt afwegen 'waar steken we geld in en waar niet' bij gebouwschil- en installatieskeuzes;
7. geeft de opdrachtgever houvast over de toekomstige energiejaarnota;



Door Ballast-Nedam gerenoveerde NOM-woningen van corporatie Tiwos in Tilburg.

8. laat de opdrachtgever zien welke duurzame investeringen zijn te overwegen en wat daarvan de netto contante waarde (NCW) is;
9. laat zien dat een identiek bewoonde woning in Vlissingen een andere energienota heeft als die in Twente.

PHPP

Nadat ik in april 2011 in Duitsland het examen tot 'Passivhausberater' met goed gevolg afgerond, ging ik aan de slag met het Duitstalige Passiv Haus Projektierung Paket (PHPP), versie 6.1. Dat is het rekengereedschap van deskundigen die de passiefhuistechnologie toepassen. Dat rekengereedschap bestond destijds uit 39 rekenbladen, waarvan er twaalf niet op een 30"-beeldscherm passen. Hoewel ik graag effectief overzicht wilde houden tijdens het ontwerpproces, lukte dat met PHPP – ondanks de vele pluspunten van het pakket – maar mondjesmaat. Ik zocht vooral naar een combinatie van overzicht en bruikbaarheid voor gebouwonwerper en adviseurs.

Krap een jaar – toen ik op weg was naar een symposium in Berlijn over 'Die neue Plus-Energie Welt' – bedacht ik me dat je een energiezuinige 'all-electric' NOM-woning kunt ontwerpen met tien slimme keuzes in een goedgekozen volgorde. Albert Einstein heeft eens gezegd: 'Te midden van

de moeilijkheid ligt de mogelijkheid.' Met de hand schetste ik een processchema met tien zwarte knoppen waarmee het gebouw(gebruik) tot NOM kan worden 'getuned'. Een dag later heb ik in Berlijn het eerste PlusEnergiehuis in de EU bezocht.

Van idee naar rekenmodel

Het idee was eenvoudig. Helaas zou de bouw van een bruikbaar beslissingsondersteunend model – dat voldoet aan de genoemde negen eisen – nog veel monnikenwerk vereisen. De kunst is namelijk om uit alle gangbare rekenmethoden de essentie te herleiden, die te vereenvoudigen, met elkaar te verbinden en te laten voeden met robuuste cijfers uit veldmetingen. Ook moeten energetische en economische berekeningen naast elkaar plaatsvinden. Het rekenmodel kreeg vanaf zomer 2012 vorm, mede dankzij een innovatieprestatiecontract (IPC) met Agentschap NL. Eind 2013 is de naam 'BENG2020' officieel geregistreerd. Die naam verwijst naar de EU-richtlijn dat per 2020 alle nieuwbouw 'BENG' moet zijn: Bijna Energie Neutrale Gebouwen (naar 'nearly zero-energy building', NZEB). Dat 'bijna' klinkt misschien wat halfslachtig, maar is het gevolg van een politiek compromis in Brussel. Het rekenmodel is vanaf de eerste ontwikkeling beproeft en toegepast op ontwerpgegevens, zoals:

- een bestaande vrijstaande woning op Energielabel F;
- het veelvormige pv-dak van de 'Energy Academy Europe' in Groningen;
- een milieu-educatiecentrum in Amersfoort;
- de renovatie van een galerijflat in Arnhem, ambitieuzer dan Energielabel A;
- seriematig geproduceerde grondgebonden rij/hoekwoningen;
- 39 energienota-nul nieuwbouwwoningen voor starters in Ermelo;
- de renovatie van twee jarendertigwoningen (rij en hoek) in Amersfoort;
- een groot landhuis dat zeer dicht op de Nederlandse BENG2020-eisen is ontworpen;
- gestapelde woningen in Aachen;
- een vrijstaand privé-zwembad in Hapert;
- het energieprestatiecontract voor Alklima Mitsubishi Electric-warmtepompen bij NOM-woningen.

Het beslissingsondersteunend model kreeg zo 'alle hoeken en gaten' van de ontwerppraktijk te zien en bleef – wonder boven wonder – de besluitvorming effectief ondersteunen.

Werkvolgorde met BENG2020

De werkvolgorde die BENG2020 suggereert is wat onorthodox. Het systeem nodigt de gebouwwontwerper uit om de volgende informatie vast te leggen of te accorderen:

- economische 'drivers', zoals indexcijfers gas en stroom, inflatiepercentage en disconteringsvoet;
- actuele tarieven voor stroom, gas en houtpellets, inclusief alle heffingen;
- het zogeheten stroometiket van de elektriciteitsleverancier met CO₂-emissie per kWh elektriciteit;
- hoeveel personen het gebouw (gemiddeld) simultaan gebruiken;
- het gemiddelde warm waterverbruik (60 °C) per persoon in liters per dag;
- het huishoudelijk stroomverbruik volgens Nibud-gemiddelden (2012) per huishoudenomvang.

Voor gebouwwontwerpers zijn dit meestal de lastigste begrippen. Een econoom die veel aan businesscases van energiezuinige gebouwen werkte zei daarover in 2012 het volgende: 'Als ik aan die energieprijzen- en indexknoppen draai kan ik voor elk NOM-gebouw een winstgevende businesscase laten zien – maar dan alleen op papier – de realiteit is weerbarstiger.'

De ontwerper moet de bouwopdrachtgever ontlokken wat voor hem of haar energetisch en qua comfort het belangrijkste is als optimalisatiecriterium. Essentieel in de zin dat hij hiervoor wil betalen in het ontwerpstadium, maar ook

tijdens de bouw en de voorgenomen monitoring van het gebouwgebruik. Het is een combinatie van:

- CO₂-emissie in kg/a;
- de verwachte energiejaarnota nadat het gebouw en installatie zijn ingeregeld;
- het maximum toegelaten investeringsbedrag van duurzame maatregelen (gebouwschil en installaties);
- de netto contante waarden (ncw) en terugverdientijden van duurzame investeringen.

Tot deze fase in het proces zijn gebouwworm en installaties nog niet in beeld.

'Proof-of-concept'

Toen eind 2012 veertien doorgewinterde gebouwwontwerpers binnen het IPC-innovatietraject met een BENG2020-prototype aan de slag gingen bleek al snel dat ze niet waren gewend aan deze economische en gebruiksgerichte invalshoek. De doelformuleringen van de opdrachtgever vonden ze ook erg lastig (CO₂-emissie, energiejaarnota, investeringsbedragen en ncw-berekeningen). In de jaren die volgden hebben deze principes zich echter altijd bewezen. De gebouwinformatie die in de stappen daarna aan de orde komt is voor gebouwwontwerpers bekend terrein. Bijvoorbeeld: oppervlaktes van de thermische gebouwschil, warmteverstanden, oriëntatie van beglazing, ZTA-waarden, luchtdichtheid enzovoort. De architect sluit daarna vaak zijn bijdrage af en geeft het ontwerp over aan de installatieontwerper. De architect geeft nog wel de wensen van de opdrachtgever door, zoals 'ontwerp 'all electric'-installaties naar NOM'. Het wordt al snel complexer als de bouwopdrachtgever expliciet vraagt:

- graag een betrouwbare voorspelling van de energiejaarnota over vijf jaar vanaf nu bij gebruiksgedrag X;
- welke configuratie van duurzame energie-installaties resulteert in een energienota van nul over drie jaar?
- voldoet deze woning aan de scherpste eisen voor de verwachte energieprestatievergoeding?
- als we de woning niet in Zeeland, maar in Twente zouden realiseren, welke impact heeft dat op gemaakte voorspellingen van stroomverbruik, stroomopwekking en de energiejaarnota?

Snelheid

Met BENG2020 zijn deze vragen snel beantwoord.

Metingen hebben uitgewezen dat een gebouwwontwerper een nieuwbouwwoning zonder installaties in ruim een uur kan 'vangen', op voorwaarde dat hij alle invoergegevens

HET BENG2020-REKENMODEL IS GEBASEERD OP
SLIMME VERSIMPELINGEN IN DE FYSICA VAN DE
DUITSE PASSIEFHUISREKENMETHODIEK

groep	functionaliteit	EPG ¹	PHPP ²	nZEB ³	BENG ⁴
inzetbaarheid in ontwerptraject	spreekt de taal van energie en geld die architecten, installatiedeskundigen en opdrachtgevers verstaan	-	--	-	++
	is na training van twee dagen te gebruiken door hbo-geschoolde gebouw- en installatieontwerpers	+	-	0	+
	kan vanaf schetsfase van een gebouw al ingezet worden	0	0	0	++
aanpasbaarheid op gebouwgebruik	het gebouwgebruik is instelbaar: ventilatie, warmwaterverbruik, interne warmtebronnen	--	++	++	++
	bevat informatie over zeven klimaatregio's in Nederland	--	++	++	++
	kan rekenen met een willekeurige bewonersdichtheid van een gebouw	--	++	++	++
	beschikt over een database met alle energietarieven van alle Nederlandse aanbieders	--	--	--	--
	kent de opbouw van de Nederlandse energiejaarnota met deels degressieve tarieven	--	--	--	++
	bevat een Vewin-model om warmtapwaterverbruik te ramen uit huishoudensamenstelling	--	--	--	++
	kan rekenen met een instelbaar warm tapwaterverbruik per gebouwgebruiker	--	++	++	++
	bevat informatie over huishoudelijke stroomverbruiken: (vaat)wassen, infotainment, verlichting enzovoort	-	++	++	0
onderdelen van rekenmodel	kan nauwkeurig rekenen met zoninstraling in de winter	0	++	++	+
	kan nauwkeurig rekenen met zoninstraling in de zomer	0	++	++	--
	kan nauwkeurig rekenen met interne warmtebronnen van bekende grootte	--	++	++	+
	kan rekenen met stroometiket van stroomleverancier (CO ₂ -emissie per kWh)	--	0	0	++
	bevat een model voor wtw uit ventilatielucht	++	++	++	++
	bevat een model voor wtw uit douchewater	++	--	++	++
	is geschikt voor multi-zone modellen (= ruimten op verschillend temperaturen en ventilatiegebieden)	++	--	--	--
	is geschikt voor doorrekenen van 'eenvoudige' zwembaden	--	-	-	0
	bepaalt maandsommen van warmte- en elektriciteitsstromen	++	++	++	--
	laat maandsommen zien van warmte- en elektriciteitsstromen	--	++	++	--
	kan mate van koeling berekening van een gebouw dat met zomer-nacht ventilatie wordt gekoeld	--	++	++	--
	berekent de mate van oververhitting van het gebouw	--	++	++	--
rekenmogelijkheid aan duurzame energiesystemen	kan snel schakelen tussen drie alternatieve bouw fysische gebouwschillen	-	-	-	++
	bevat rekenmodel van duurzame installaties: pv, warmtepomp en zonneboiler	++	++	++	++
	bevat rekenmodel voor duurzame houtpelletkachel	--	++	++	++
	kan een 'stukje windmolen' in energienota verdisconteren (Winddelen)	--	--	--	++
	kan snel schakelen tussen combinaties van duurzame energiesystemen	0	-	-	++
	is geschikt voor EPC-berekeningen volgens NEN 7120 norm	++	--	--	0
	kan primair energiegebruik vergelijken bij normgedrag in de Bilt volgens kwaliteitsverklaringen	++	-	-	+
aanpasbaarheid toekomst	is geschikt voor BENG-berekeningen volgens nieuwe RVO-normen	--	0	++	0
	is geschikt voor berekening van Energieprestatievergoeding (EPV)	--	0	++	0
nauwkeurigheid energiegebruik voorspelling	geeft energiegebruikvoorspellingen in DO-fase van een utiliteitsgebouw	-	++	++	0
	geeft energiegebruikvoorspellingen in DO-fase van een woongebouw	-	++	++	+
energienota vertaling	voorspelt energiejaarnota van woon- en utiliteitsgebouw	--	-	0	++
	kan energienota berekenen met en zonder saldering voor duurzame stroom	--	--	--	++
	projecteert energienota's in de toekomst op basis van indexen en inflatiecorrectie	--	--	--	++
	geschikt voor rentabiliteitsberekeningen op thermische gebouwschil	--	--	--	+
	geschikt voor rentabiliteitsberekeningen op duurzame energiesystemen	--	--	--	++
NOM-gerelateerde optimalisaties	kan snel NOM-optimalisaties ondersteunen	--	-	+	++
	kan snel energienota-nul-optimalisaties ondersteunen	--	--	0	++
materiaalkosten	beschikt over een tabel met kosten van gangbare isolatiematerialen per R = 1 en m ²	--	--	--	+
	beschikt over een database met kosten van allerlei gangbare gebouwschil delen	--	--	--	--
	functionaliteit	28 %	47 %	58 %	81 %

1 volgens NEN 7120, 2 versie 8.6, 3 versie 9.4, 4 versie 4.8s

legenda: - - afwezig, - minder dan minimale functionaliteit, 0 minimale functionaliteit, + bijna volledige functionaliteit, ++ volledige functionaliteit

Tabel 1. Een overzicht van de functionaliteit van BENG2020 in vergelijking met de EPG- en PHPP-berekening.

paraat heeft en goed is getraind. Vervolgens kan de ontwerper in ongeveer een half uur bepalen hoe de ruimteverwarmingsbehoefte fors omlaag kan.

Daarna gaat de installatieontwerper aan de slag met conceptkeuzes van bijvoorbeeld wtw op ventilatie, een warmtepomp, inzet van zonnepanelen, maar ook een douche-wtw. De installatieontwerper kan in een à twee uur een woning globaal optimaliseren naar de doelformulering (CO₂, energiejaarnota of NCW). Als deze over enkele betrouwbare kostenkerncijfers van installaties beschikt is ook de omvang van het investeringsbedrag snel en betrouwbaar door te rekenen. Zo gaat voor een woning bijvoorbeeld de energiejaarnota desgewenst naar minus 10 euro per maand terwijl de benodigde investering in gebouwschil en installatie doorgaans oploopt. Dit was het goede nieuws, nu het minder goede nieuws: er is vaak een veelvoud van de genoemde uren en doorlooptijd nodig om alle gegevens te verzamelen en de analyses te delen met betrokkenen. Daarbij komt ook nog de 'integratietijd', nodig om alle betrokkenen gemeenschappelijk te laten besluiten welke gevolgen de BENG2020-analyses moeten hebben voor het gebouwontwerp.

Nauwkeurigheid

Vaak wordt gevraagd naar de nauwkeurigheid van BENG2020. Het antwoord: net zo nauwkeurig als de gebruiker de bouwkwaliteit, de installatierendementen, het toekomstige lokale microklimaat en het toekomstige gebruiksgedrag kan bepalen. Ook als de gebruiker dat in het beginnende ontwerpstadium nog niet zou weten, is dat geen echt probleem. Het is wel belangrijk dat deze dergelijke aannames doet en die afsprekt met de bouwopdrachtgever en binnen het ontwerpteam communiceert. Het BENG2020-rekenmodel is gebaseerd op slimme versimpelingen in de fysica van de Duitse passiefhuisrekenmethodiek. Deze versimpelingen versnellen de analyses enorm. Het model maakt geen gebruik van de beschermde rekenkern van PHPP, waardoor we als softwareontwikkelaars snel in kunnen spelen op ontwikkelingen in Nederland, zowel technisch als economisch.

PHPP is al vanaf 2002 de maatstaf voor nauwkeurige energetische berekeningen aan gebouwen. Het Passivhaus Instituut doet sinds 1999 veldtests op reeksen Passiefhuiswoningen in opdracht van de EU en Duitse overheden. Daarmee wordt het model steeds getoetst en aansluitend verbeterd. Uit die veldtests blijkt keer op keer dat de berekende waarden zeer dicht bij de rekenkundige gemiddelden uit de veldtests liggen. Analyses hebben vervolgens steeds laten zien dat de berekeningsresultaten van BENG2020 op hun beurt zeer dicht bij de PHPP-resultaten liggen. Naar gangbare maatstaven is de nauwkeurigheid van BENG2020 meer dan op orde. Een rekenvoorbeeld. Het Duitse Passiefhuis Instituut gebruikt de eerste Passiefhuis-woning in Kranichstein als voorbeeld in haar berekeningen. Dat is een woning van 156 m² GO. In hun voorspelling van het aardgasverbruik voor ruimteverwarming verschillen BENG2020 (versie 4.8s) en PHPP

(versie 8.6) slecht 22 m³/a. Een verschil op de maandnota van 1 euro per maand. BENG2020 voorspelt zelfs 'veilig' het wat hogere verbruik. De forse spreiding in de Duitse veldmetingen ontstaat overigens meestal door spreiding in gebruiksgedrag tussen huishoudens. Juist daarom laat BENG2020 de ontwerper het verwachte gebruiksgedrag instellen.

EPG-berekening

De EPG-berekening is niet bedoeld om nauwkeurig de energierekening te voorspellen, maar juist om gebouwen te vergelijken. Ik citeer uit de NEN-publicatie 'Bouwbesluit Energieprestatie' [3]: 'De EPG-berekening geeft een karakterisering van de energieprestatie van de bouwkundige onderdelen van het gebouw en de installatie bij standaardgebruikersgedrag en -condities, afhankelijk van de gebruiksfuncties en onder standaard omgevingscondities, er is daarom geen rechtstreekse relatie tussen het berekende energiegebruik en het werkelijke energiegebruik.'

Herleest u dit rustig (een zin van 44 woorden) en laat het tot u doordringen: 'het berekende energiegebruik is niet gerelateerd aan het werkelijke energiegebruik'. Waarvan akte.

Conclusie

BENG2020 ondersteunt een praktische ontwerpstrategie met een beslissingsondersteunend systeem zodat ontwerpers robuuste BENG-gebouwen kunnen ontwerpen met veel woonkwaliteit. Ze hebben dan vanaf de eerste pennestreken een intelligente assistent op hun desktop die energetisch en financieel meekijkt en beslisisinformatie aanlevert. Na een tweedaagse cursus kan de gebruiker zelf met BENG2020 verkennende analyses maken in een vroeg ontwerpstadium. Hij kan 'science' van 'fiction' onderscheiden en dat is belangrijk in een tijd van stormachtige ontwikkelingen en veel 'gebakken lucht'. Zo hebben architect, installatieontwerper, gedragskundige en bouwopdrachtgever de mogelijkheid het gekozen concept optimaal in de wereld te zetten. En dat vergroot de komende jaren de kans op tevreden gebouwgebruikers. <<

Auteur

Ir. René de Brouwer is oprichter en eigenaar van adviesbureau Evanston Consulting (www.evanstonconsulting.com) Hij werkt als adviseur en docent op het terrein van zeer energiezuinige gebouwen. Sinds 2011 is hij gecertificeerd 'Passivhaus Energieberater'.

Bronnen en verwijzingen

1. Cramer J.M., et al, 'Nieuwe energie voor het klimaat – werkprogramma schoon en zuinig', ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag, 2007.
2. Buzek J., López Garrido D., et al, 'Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)', Strasbourg (Frankrijk), 2010.
3. Kruithof A., Haytink T., 'Bouwbesluit – Energieprestaties', NEN, Delft, 2013.