

Een kijkje in de BENG utiliteitskeuken van 2020

Veranderingen vanaf 1 juli 2020



Inleiding

In de zomer van 2019 zijn de definitieve nieuwbouweisen voor energieprestatie bekend gemaakt. Deze eisen gelden per 1 juli 2020 voor woningbouw én utiliteitsbouw en zijn gebaseerd op de nieuwe bepalingmethode NTA 8800.

De afgelopen periode verschenen er verschillende artikelen over de impact van de nieuwe methode en de eisen voor woningbouw. Over de impact op de maatregelen bij utiliteitsgebouwen is nog weinig geschreven. Hoogste tijd dus om ook eens te kijken naar de effecten voor utiliteitsgebouwen.

In dit artikel geven we een inkijkje in de BENG utiliteitskeuken voor kantoor-, bijeenkomst- en onderwijsgebouwen. Voordat we ingaan op de resultaten van een grote hoeveelheid berekeningen die we uitvoerden, staan we eerst nog even stil bij een paar belangrijke punten: Wat is BENG? En hoe zien de BENG-eisen voor utiliteitsbouw eruit?

Wat is BENG?

BENG staat voor Bijna Energie Neutrale Gebouwen. De term is een vertaling van NZEB (Nearly Zero Energy Buildings), die afkomstig is de Europese Energy Performance of Building Directive (EPBD). In die Europese richtlijn staat vermeld dat alle nieuwe gebouwen in 2020 Bijna Energie Neutrale Gebouwen (BENG) moeten zijn. Voor Nederland betekent dit dat gebouwen waarvoor na 1 juli 2020 een omgevingsvergunning aangevraagd wordt, moeten voldoen aan de nieuwe BENG-eisen in plaats van aan de huidige EPC-eisen. Dat betekent ook dat vanaf 1 juli 2020 de NEN 7120 niet meer gebruikt wordt. Daarvoor in de plaats komt de NTA 8800.

Het grote verschil tussen de EPC-eisen en de BENG-eisen is dat bij BENG de energieprestatie van een gebouw niet meer in één indicator uitgedrukt wordt, maar in drie afzonderlijke indicatoren. BENG maakt onderscheid tussen de energiebehoefte (BENG 1), het primaire fossiele energiegebruik van (gebouw gerelateerde) installaties (BENG 2) en het aandeel hernieuwbare energie (BENG 3) - zie kader. Een gebouw moet voldoen aan alle drie de indicatoren. Er is dus geen compensatie mogelijk tussen de indicatoren.

Het mooie aan deze benadering is dat een slecht bouwkundig ontwerp niet gecompenseerd kan worden door maar voldoende installatietechnische maatregelen toe te voegen. De basis: een kwalitatief hoogwaardige schil met goede isolatie en kierdichting wordt immers gegarandeerd door de BENG 1-eis.

Een efficiënt gebruik van fossiele brandstoffen wordt gestimuleerd door de BENG 2-eis, waarin het energiegebruik voor ventilatie, verlichting, de opwekking van warmte en koude, en de opbrengst van zonne-energiesystemen wordt meegenomen.

De BENG 3-eis zorgt er tot slot voor dat elk nieuw gebouw in Nederland gebruik maakt van hernieuwbare energie. Deze hernieuwbare energie kan afkomstig zijn uit zonnepanelen, een zonneboiler, een warmtepomp, een biomassatoestel, etc.

Handig om te weten!

Als BENG 2 gelijk is aan 0 kWh/m², dan is BENG 3 gelijk aan 100%.

BENG 1 - energiebehoefte

$E_{w_{H+C;nd;ventsys=C1}}$ (BENG 1) is de indicator voor de energiebehoefte voor verwarming + koeling. Dit is de energiebehoefte voor verwarming en koeling opgeteld, uitgaande van een vast ventilatiesysteem C1. De indicator wordt uitgedrukt in kilowattuur per vierkante meter gebruiksoppervlakte per jaar (kWh/m² per jaar). De volgende factoren zijn van invloed op de BENG 1-indicator: isolatie, beglazing (en percentage), infiltratie, oriëntatie, beschaduwing, zonwering, zomernachtventilatie, compacte geometrie en thermische massa.

BENG 2 - primaire fossiele energie

$E_{w_{pTot}}$ (BENG 2) is de indicator voor primaire fossiele energie. De indicator geeft aan hoeveel fossiele energie per jaar nodig is voor het gebouwgebonden energiegebruik. Het primaire fossiele energiegebruik wordt bepaald voor verwarming, koeling, ventilatoren, verlichting, warm tapwater en be-/ontvochtiging, uitgedrukt in kilowattuur per vierkante meter gebruiksoppervlakte per jaar (kWh/m² per jaar). De op het eigen perceel geproduceerde (gebouwgebonden) energie wordt in mindering gebracht op het primaire energiegebruik. Bouwkundige en installatietechnische kenmerken van een gebouw zijn van invloed op de BENG 2-indicator. De keuze voor de verbetering van de R_c -waarde van de gevel of bijvoorbeeld een energiezuinigere installatie leiden tot een betere BENG 2-score.

BENG 3 - aandeel hernieuwbare energie

$RER_{prenTot}$ (BENG 3) is de indicator voor het aandeel hernieuwbare energie. Deze indicator geeft weer welk deel van de totale gebruikte energie uit hernieuwbare energiebronnen afkomstig is. De BENG 3-indicator wordt uitgedrukt in een percentage. De NTA 8800 ziet zonne-energie, geothermische energie, bodemenergie, seizoensopslag (bv WKO), windenergie, energie uit de buitenlucht en (deels) vaste biomassa als hernieuwbare bronnen. Daarnaast wordt (industriële) restwarmte gewaardeerd.

Ieder utiliteitsgebouw een eigen set eisen

Tabel 1: BENG-eisen per gebruiksfunctie vanaf 1 juli 2020

Gebruiksfunctie	Energiebehoefte (BENG 1) [kWh/m ² .jr]		Primair fossiel energiegebruik (BENG 2) [kWh/m ² .jr]	Aandeel hernieuwbare energie (BENG 3) [%]
	A_{Is}/A_g randvoorwaarde			
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	$\leq 1,8$	≤ 160	≤ 70	≥ 40
	$> 1,8$	$\leq 160 + 30 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$		
andere bijeenkomstfunctie	$\leq 1,8$	≤ 90	≤ 60	≥ 30
	$> 1,8$	$\leq 90 + 30 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$		
Celfunctie alle celfuncties	$\leq 1,8$	≤ 160	≤ 120	≥ 30
	$> 1,8$	$\leq 160 + 35 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$		
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied		≤ 350	≤ 130	≥ 30
	$\leq 1,8$	≤ 90		
andere gezondheidszorgfunctie	$> 1,8$	$\leq 90 + 35 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$	≤ 50	≥ 40
Kantoorfunctie alle kantoorfuncties	$\leq 1,8$	≤ 90	≤ 40	≥ 30
	$> 1,8$	$\leq 90 + 30 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$		
Logiesfunctie in een logiesgebouw	$\leq 1,8$	≤ 100	≤ 130	≥ 40
	$> 1,8$	$\leq 100 + 35 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$		
Onderwijsfunctie alle onderwijsfuncties	$\leq 1,8$	≤ 190	≤ 70	≥ 40
	$> 1,8$	$\leq 190 + 30 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$		
Sportfunctie alle sportfuncties	$\leq 1,8$	≤ 40	≤ 90	≥ 30
	$> 1,8$	$\leq 40 + 15 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$		
Winkelfunctie alle winkelfuncties	$\leq 1,8$	≤ 70	≤ 60	≥ 30
	$> 1,8$	$\leq 70 + 30 * (A_{Is}/A_g - 1,8)$		

Vormfactor!

Deze wordt bepaald door het verliesoppervlakte (A_{Is}) gedeeld door de gebruiksoppervlakte (A_g) van het gebouw.

Definitieve eisen

Op 11 juni 2019 zijn de definitieve energieprestatie-eisen voor nieuwbouw, die per 1 juli 2020 gaan gelden, bekend gemaakt. De nieuwe set met eisen bestaat uit een grote tabel (zie tabel 1) met per gebruiksfunctie steeds drie eisen (BENG 1, BENG 2, BENG 3). Daarbij is de BENG 1-eis niet altijd een vast getal, maar is afhankelijk van de vormfactor (A_{Is}/A_g -verhouding) van het gebouw. Dat is dus wat complexer geworden dan in de huidige regelgeving.

In de huidige regelgeving (NEN 7120) zijn er per gebruiksfunctie EPC-eisen vastgelegd. Wanneer een gebouw volledig uit één gebruiksfunctie bestaat, dan wordt getoetst of voldaan wordt aan de EPC-eis van die gebruiksfunctie. In de meeste gebouwen zijn vaak meerdere gebruiksfuncties aanwezig. In dat geval wordt in de huidige EPC-methode niet meer gekeken naar de EPC-eisen van de losse gebruiksfuncties, maar wordt getoetst of het maximaal toelaatbare karakteristieke energiegebruik van het gehele gebouw niet hoger is dan het toelaatbare energiegebruik ($E_{Ptot}/E_{P;admin;tot} \leq 1.0$). De huidige energieprestatiesoftware schakelt automatisch over op de E/E-beoordeling zodra er sprake is van meerdere gebruiksfuncties, en geeft duidelijk aan of voldaan wordt aan de eisen.

Bij de nieuwe methode volgens NTA 8800 verloopt dat op een min of meer vergelijkbare manier, maar het zit toch nét een beetje anders in elkaar. Bij een gebouw met één gebruiksfunctie is het, net als in de huidige methode, eenvoudig: in de bouwregelgeving staat wat de eisen voor de gebruiksfunctie zijn, en wordt getoetst of het gebouw voldoet aan die eisen.

Ieder utiliteitsgebouw een eigen set eisen

Bij een utiliteitsgebouw met meer dan één gebruiksfunctie moeten de drie BENG-eisen 'oppervlakte gewogen' bepaald worden uit de eisen van de afzonderlijke gebruiksfuncties. Dat betekent dus dat er voor elk utiliteitsgebouw, afhankelijk van de mix aan gebruiksfuncties die er in voorkomt, steeds een andere eisenset berekend wordt. Ook bij de nieuwe NTA 8800-software zal de software deze berekening van de oppervlakte gewogen eisen automatisch bepalen, en duidelijk aangeven of het gebouw in z'n geheel voldoet aan de eisen.

Aan de hand van een voorbeeld lichten we dit toe:

Voorbeeld

Stel, we hebben een utiliteitsgebouw dat bestaat uit 2000 m² bijeenkomstfunctie en 500 m² kantoorfunctie en een vormfactor (A_{Is}/A_g van 0,94). Wat zijn dan de eisen het gehele gebouw?

En wat zijn de eisen als de kantoorfunctie het grootst is?

Bijeenkomstfunctie grootste functie

In tabel 2 hieronder zijn in het grijs de eisen per gebruiksfunctie weergegeven. Op de afzonderlijke eisen per gebruiksfunctie hoeft niet getoetst te worden. Er moet getoetst worden aan oppervlakte gewogen eisen (die in de onderste regel van de tabel staan). Doordat het gebouw grotendeels uit bijeenkomstfuncties bestaat, liggen de eisen voor het gebouw als geheel dicht bij de eisen van de bijeenkomstfunctie.

	$E_{we_{H+C;nd;ventsys=C1}}$ [kWh/m ²]	$E_{we_{PTot}}$ [kWh/m ²]	$RER_{PrenTot}$ [%]
Bijeenkomstfunctie (2.000 m ²)	≤ 90	≤ 60	≥ 30%
Kantoorfunctie (500 m ²)	≤ 90	≤ 40	≥ 30%
Totaal gebouw (2.500 m²) A_{Is}/A_g 0,94	≤ 90	≤ 56,0	≥ 30%

Kantoorfunctie grootste functie

Wanneer we de verhoudingen tussen de gebruiksfuncties in hetzelfde gebouw omdraaien, dus de kantoorfunctie wordt de grootste gebruiksfunctie, krijgen we andere eisen. In tabel 3 hieronder is dit weergegeven.

	$E_{we_{H+C;nd;ventsys=C1}}$ [kWh/m ²]	$E_{we_{PTot}}$ [kWh/m ²]	$RER_{PrenTot}$ [%]
Bijeenkomstfunctie (500 m ²)	≤ 90	≤ 60	≥ 30%
Kantoorfunctie (2.000 m ²)	≤ 90	≤ 40	≥ 30%
Totaal gebouw (2.500 m²) A_{Is}/A_g 0,94	≤ 90	≤ 44,0	≥ 30%

Stappenplan om tot een BENG-gebouw te komen

Stap 1: energievraag zo laag mogelijk maken

Om aan de BENG-eisen te kunnen voldoen, is het van belang om te starten met een goede bouwkundige basis: goede isolatie eventueel gecombineerd met triple glas. Daarnaast is het belangrijk om het energieverlies door ventilatie zo veel mogelijk te beperken. Dit kan bijvoorbeeld door toepassing van een balansventilatiesysteem met warmteterugwinning eventueel aangevuld met CO₂-sturing. Door deze maatregelen wordt de energievraag voor verwarming en/of koeling zo veel mogelijk beperkt.

Verlichting is in utiliteitsgebouwen ook een aanzienlijke energiepost. We gaan standaard uit van LED-verlichting in combinatie met een slimme schakeling, zoals aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling. Dit alles met als doel om het energieverbruik voor verlichting zo laag mogelijk te maken.

Stap 2: zorg voor een efficiënte opwekker (die hernieuwbare energie gebruikt)

In stap 1 hebben we geprobeerd de energievraag van het gebouw zo laag mogelijk te maken. De vervolgstap is het kiezen van een energieopwekker voor verwarming en koeling die efficiënt werkt. Daarbij kiezen we bij voorkeur een opwekker die een hernieuwbare energiebron gebruikt (zoals een warmtepomp of biomassa), omdat dat ook direct positief meetelt in de BENG 3-berekening.

Stap 3: zorg voor voldoende hernieuwbare energie

Als stap 1 en 2 doorlopen zijn, moet bekeken worden of al aan alle drie de BENG-eisen voldaan wordt. In een aantal gevallen zal nog niet voldaan worden aan de eis voor het aandeel hernieuwbare energie (BENG 3). Dat betekent dat er ten aanzien van de inzet van hernieuwbare energie bij het gebouw andere keuzes gemaakt moeten worden. Dit kan bijvoorbeeld door het toepassen van een ander verwarmingstoestel of door het plaatsen van (extra) zonnepanelen.

Stap 1:
energievraag zo
laag mogelijk
maken

Stap 2: zorg voor
een efficiënte
opwekker (die
hernieuwbare
energie benut)

Stap 3: zorg voor
voldoende inzet
van hernieuwbare
energie

Tot zover de korte inleiding over de achtergrond van BENG en de eisen. Tijd om eens te bekijken hoe streng de nieuwe eisen zijn. Om dat te onderzoeken hebben we voor een aantal veel voorkomende utiliteitsbouwfuncties (kantoor, onderwijs en bijeenkomst) een serie berekeningen uitgevoerd. Bij die berekeningen hebben we steeds onderzocht welke maatregelpakketten er mogelijk zijn om aan de nieuwe eisen te voldoen. Want gelukkig is het zo dat bij de nieuwe BENG-eisen er nog steeds keuzevrijheid is: er zijn verschillende mogelijkheden om aan de eisen te voldoen.

Rekenen met referentiegebouwen

De berekeningen zijn uitgevoerd aan verschillende referentiegebouwen (van RVO). Dit zijn gebouwen die model staan voor een groot deel van de nieuw te bouwen gebouwen. De referentiegebouwen zijn per gebruiksfunctie vaak opgedeeld in meerdere grootteklassen, zodat een spreiding over de markt verkregen wordt. Alhoewel de referentiegebouwen geen echte gebouwen zijn, geven ze wel een eerste indruk van de maatregelpakketten vanaf 1 juli 2020.

Een kijkje in BENG utiliteitskeuken

Onderzochte maatregelen en maatregelpakketten

Het is voor deze whitepaper niet mogelijk om alle mogelijke opties en maatregelen door te rekenen en de resultaten daarvan dan ook nog overzichtelijk te presenteren.

We hebben daarom een aantal vaste maatregelen en maatregelpakketten samengesteld en die doorgerekend. Daarin zijn de volgende uitgangspunten meegenomen:

In het basis isolatiepakket zijn vloer, gevel en dak volgens Bouwbesluit geïsoleerd en zijn de gebouwen van HR⁺⁺ beglazing voorzien. In een variant krijgt het dak een hogere isolatiewaarde en wordt de HR⁺⁺ beglazing vervangen door triple glas.



isolatie



ventilatie

In alle gebouwen wordt balansventilatie toegepast met een warmteterugwinning van 70% of 80%. Ook heeft een aantal gebouwen een CO₂-regeling.

Energiezuinige verwarmings-systemen zoals een warmtepomp met bodembron, aquifer of buitenlucht en een biomassaketel zijn meegenomen. Ook is altijd uitgegaan van energiezuinige LED-verlichting met een goede regeling.



installaties



zonne-energie

Als dat nodig is om BENG 3 (of 2) te halen, zijn aanvullend zonnepanelen toegevoegd aan het gebouw.

Om een wat meer gevoel te krijgen bij de hoeveelheid zonnepanelen die dan toegevoegd moeten worden, hebben we dit niet alleen uitgedrukt in het Wattpiekvermogen. We hebben het benodigde oppervlakte aan zonnepanelen ook uitgedrukt als een percentage van het gebruiksoppervlakte van het gebouw. Zodat u de resultaten ook (globaal en indicatief!!) kunt omrekenen naar uw eigen situatie.

[Uitgebreide resultaten in de bijlage](#)

In de bijlage bij dit artikel zijn de uitgebreide resultaten van alle doorgerekende varianten opgenomen. U kunt deze resultaten gebruiken door uw eigen project te vergelijken met één van de referentiegebouwen en te bekijken of de maatregelen die u voor ogen had, ook overeenkomen met een van de maatregelpakketten die wij doorgerekend hebben. Zo kunt u indicatief beoordelen of uw gebouw al BENG-proof is.

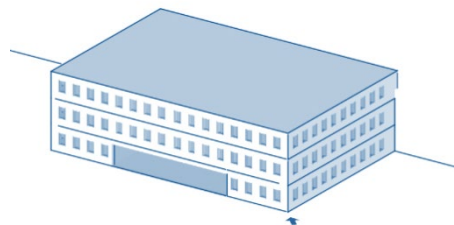
Kantoorgebouwen - de eisen

BENG-eisen kantoorgebouwen

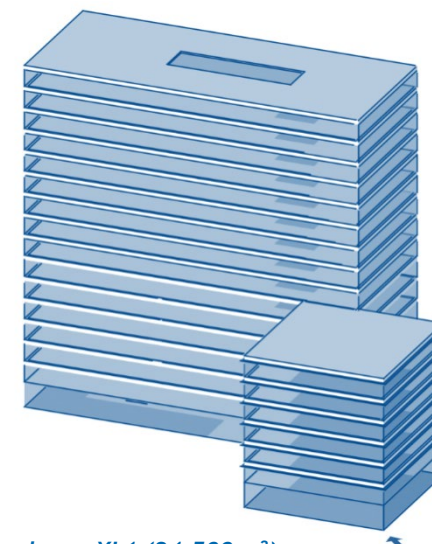
Voor de kantoorgebouwen hebben we berekeningen uitgevoerd aan vier typen gebouwen:

- Een klein kantoorgebouw (S) van 1.700 m². Dat kan een zelfstandig gebouw zijn, maar het kan ook een kantoorgebouw zijn dat vastzit aan een industriehal.
- Een middelgroot kantoor (M) van 4.400 m² met 5 bouwlagen.
- Een groot kantoorgebouw (XL1) van 24.500 m² dat bestaat uit een hoge toren en een lager deel.
- Een groot kantoorgebouw (XL2) van 24.000 m² met een U-vormige plattegrond en een atrium in het midden. Kantoorgebouw XL2 is veel lager dan kantoorgebouw XL1.

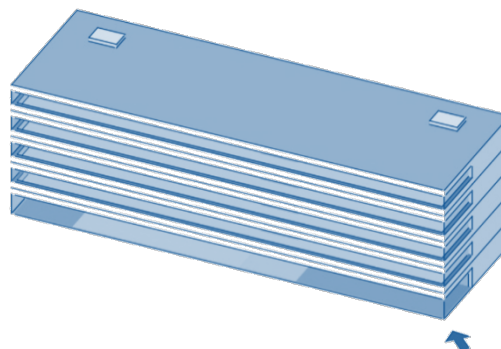
Voor de eenvoud van de berekeningen hebben we de gebouwen volledig als kantoorfunctie beschouwd. Voor de eisen betekent dit dat we deze gebouwen moet toetsen aan de eisen voor kantoorgebouwen:



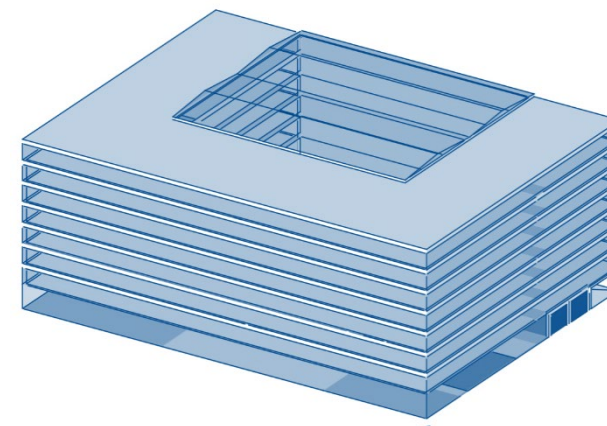
Kantoorgebouw S (1.700 m²)



Kantoorgebouw XL1 (24.500 m²)



Kantoorgebouw M (4.400 m²)



Kantoorgebouw XL2 (24.000 m²)



Kantoorgebouw:

BENG 1 maximaal 90 kWh/m²

BENG 2 maximaal 40 kWh/m²

BENG 3 minimaal 30%

Kantoorgebouwen - BENG 1

De vier doorgerekende kantoorgebouwen halen allemaal vrij makkelijk de BENG 1-eis. Met name de kleinere kantoorgebouwen blijven met 45 - 60 kWh/m² ruim onder de eis van 90 kWh/m². Dat komt enerzijds doordat ze compact zijn en anderzijds doordat de glaspercentages bij deze gebouwen beperkt zijn, waardoor er minder warmteverlies is door de gevel.

De twee grote kantoorgebouwen XL zijn minder compact en hebben beide veel meer glas in de gevels zitten. Dat is ook duidelijk te zien in de BENG 1-resultaten: die variëren tussen 60 en 78 kWh/m². Dat is aanmerkelijk hoger dan bij de kleine compacte gebouwen, maar ook deze gebouwen voldoen nog ruimschoots aan de BENG 1-eis van 90 kWh/m².

Op basis van deze resultaten concluderen we dat de BENG 1-eis voor kantoorgebouwen niet direct tot problemen zal leiden. Daarbij moeten we ons wel realiseren dat de gebruikte referentiegebouwen compacte gebouwen zijn. In de praktijk komen ook gebouwen voor die veel minder compact zijn, dus meer verliesoppervlakte ten opzichte van gebruiksoppervlakte hebben. In combinatie met veel glas in de gevel kan dat een risicofactor zijn in BENG 1. Toepassing van triple glas (in plaats van HR⁺⁺ glas) kan dan noodzakelijk zijn om de BENG 1-score te behalen.

Kantoorgebouwen - BENG 2 en BENG 3

De resultaten van de verschillende kantoren laten een duidelijk beeld zien met welke concepten voldaan kan worden aan de nieuwe eisen voor BENG 2 en 3.

Warmtepomp bodem/aquifer en biomassa: geen tot weinig zonnepanelen

Bij alle kantoren is het mogelijk om met verschillende maatregelen en de warmtepomp met bodem/aquifer-bron te voldoen zonder toepassing van zonnepanelen. Ook met een biomassaketel zien we dat met verschillende concepten relatief makkelijk aan de eisen voldaan kan worden. Dit resulteert in geen tot een beperkte hoeveelheid zonnepanelen bij de verschillende concepten met de biomassaketel.

Warmtepomp op buitenlucht: zonnepanelen toevoegen

Bij toepassing van een warmtepomp op buitenlucht moeten bij alle kantoorgebouwen aanvullend zonnepanelen geplaatst worden. De kleinere gebouwen hebben voldoende dakoppervlak om deze zonnepanelen op te plaatsen. Bij kantoorgebouw XL 2 zien we dat het benodigde oppervlakte aan zonnepanelen flink kan oplopen, en nog maar net past op het dak van dat gebouw. Bij kantoorgebouw XL1 passen de zonnepanelen niet meer op het dak, en zijn zonnepanelen op de gevel nodig om te voldoen.

Tabel 4: Maatregelpakketten voor kantoorgebouwen waarmee voldaan wordt aan de nieuwe eisen

	Bouwkundig	Balansventilatie	Verlichting	PV (% van Ag)
WP bodem/aquifer	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	0-3% 0-1%
WP buitenlucht	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	2-9% 3-5%
Biomassaketel	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	0-3% 0-2%

Onderwijsgebouwen - de eisen

BENG-eisen onderwijsgebouwen

Voor de onderwijsgebouwen hebben we berekeningen uitgevoerd aan twee typen gebouwen:

- Een middelgroot onderwijsgebouw (M) 3.200 m². Dit kan bijvoorbeeld een lagere school zijn.
- Een groot onderwijsgebouw (L) van 7.600 m². Bijvoorbeeld een middelbare school.

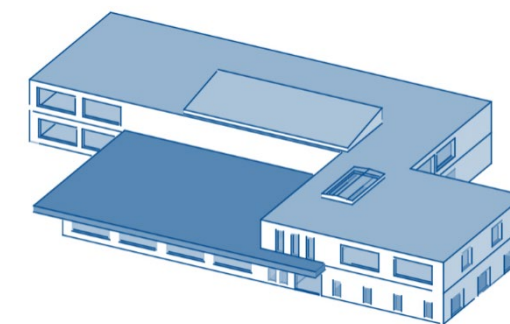
Voor de eenvoud van de berekeningen hebben we de gebouwen volledig als onderwijsfunctie beschouwd. De gymzaal is buiten beschouwing gebleven. Voor de eisen betekent dit dat we deze gebouwen moet toetsen aan de eisen voor onderwijs:

Opvallend is dat de BENG 1-eis voor onderwijs veel hoger is dan die voor kantoorgebouwen. Dat komt doordat in onderwijsgebouwen veel meer geventileerd moet worden (conform Bouwbesluit), waardoor BENG 1 automatisch hoger uitvalt.

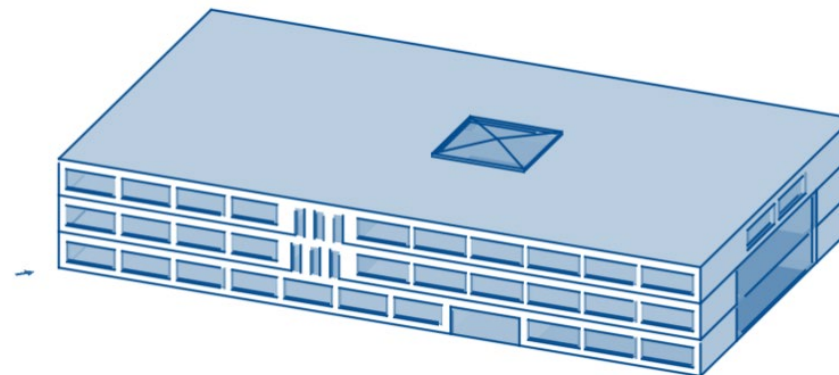


Onderwijsgebouw:

- BENG 1 maximaal 190 kWh/m²
- BENG 2 maximaal 70 kWh/m²
- BENG 3 minimaal 40%



Onderwijsgebouw M (3.200 m²)



Onderwijsgebouw L (7.600 m²)

Onderwijsgebouwen - maatregelpakketten waarmee voldaan wordt aan de eisen

Onderwijsgebouwen - BENG 1

De twee onderwijsgebouwen halen beide de BENG 1- eis. Onderwijsgebouw M is minder compact, en dat uit zich ook in een wat hogere BENG 1-score (160-166 kWh/m²) dan bij onderwijsgebouw L (147-152 kWh/m²). Wanneer er meer glas toegepast zou zijn in deze gebouwen, dan bestaat het risico dat niet meer voldaan wordt aan de BENG 1-eis. Toepassing van triple glas kan dan een uitkomst bieden.

Net als bij de kantoorgebouwen kunnen we ook voor de onderwijsgebouwen concluderen dat de BENG 1-eis niet direct tot problemen zal leiden. Maar daarbij plaatsen we wel de kanttekening dat de beschouwde gebouwen compact zijn, en relatief weinig glasoppervlak hebben. Een minder gunstig ontwerp kan leiden tot een slechte BENG 1-score.

Onderwijsgebouwen - BENG 2 en BENG 3

Warmtepomp bodem/aquifer en biomassa

Bij beide onderwijsgebouwen zien we een vergelijkbaar beeld als bij de kantoorgebouwen: bij zowel de warmtepomp met aquifer als de biomassaketel kan zonder toevoeging van zonnepanelen aan de eisen voldaan worden. Een aantal concepten met triple glas en CO₂-gestuurde balansventilatie voldoet zelfs zeer ruim aan de eisen: daar zouden dus enkele maatregelen kunnen vervallen.

Warmtepomp op buitenlucht

Doordat de warmtepompen op buitenlucht een minder gunstig rendement hebben dan de warmtepompen met een aquifer, moeten er aanvullende voorzieningen getroffen worden. Bij de warmtepomp uit buitenlucht moeten de onderwijsgebouwen voorzien worden van zonnepanelen om te voldoen aan de eisen. Het dakoppervlak van deze gebouwen is voldoende groot om de zonnepanelen op te plaatsen. Opvallend hierbij is dat de zonnepanelen vooral nodig zijn om de BENG 3-eis te halen. Aan de BENG 2-eis wordt al voldaan bij toepassing van minder zonnepanelen.

Tabel 5: Maatregelpakketten voor onderwijsgebouwen waarmee voldaan wordt aan de nieuwe eisen

	Bouwkundig	Balansventilatie	Verlichting	PV (% van Ag)
WP bodem/aquifer	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	0% 0%
WP buitenlucht	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	3-5% 3-5%
Biomassaketel	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	0% 0-1%

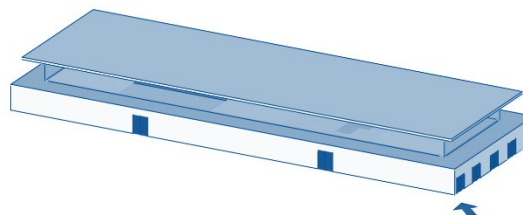
Bijeenkomstgebouwen - de eisen

BENG-eisen bijeenkomstgebouwen

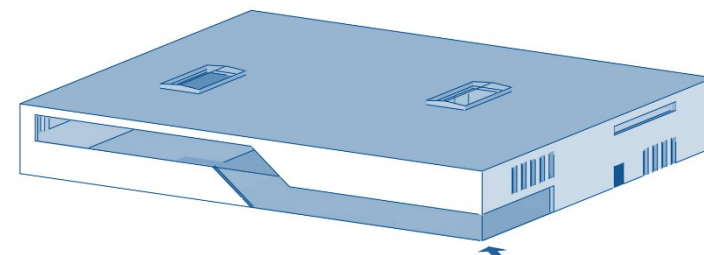
Voor de bijeenkomstgebouwen (zonder kinderopvang) hebben we berekeningen uitgevoerd aan vier typen gebouwen:

- Een klein bijeenkomstgebouw (S) van 1.750 m². Dit kan bijvoorbeeld een verenigingsgebouw of een vergaderpaviljoen zijn.
- Een middelgroot bijeenkomstgebouw (M) van 2.400 m². Dit kan bijvoorbeeld een bioscoop zijn.
- Een groot bijeenkomstgebouw (L) van 5.000 m². Dit kan bijvoorbeeld een museum of een grotere bioscoop zijn.
- Een extra groot bijeenkomstgebouw (XL) van 9.700 m². Dit kan bijvoorbeeld een theater zijn.

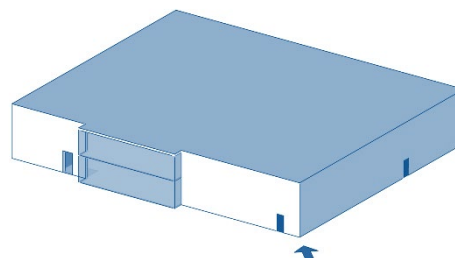
Voor de eenvoud van de berekeningen hebben we de gebouwen volledig als bijeenkomstfunctie beschouwd. Voor de eisen betekent dit dat we deze gebouwen moeten toetsen aan de eisen voor bijeenkomst:



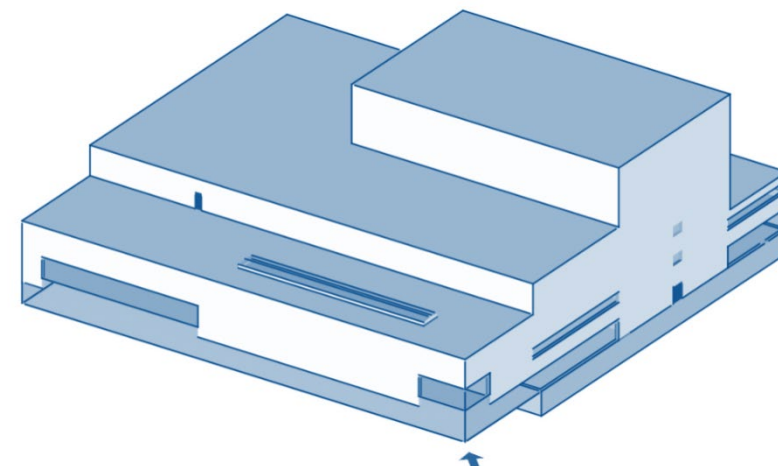
Bijeenkomstgebouw S (1.750 m²)



Bijeenkomstgebouw L (5.000 m²)



Bijeenkomstgebouw M (2.400 m²)



Bijeenkomstgebouw XL (9.700 m²)



Bijeenkomstgebouw:

BENG 1 maximaal 90 kWh/m²

BENG 2 maximaal 60 kWh/m²

BENG 3 minimaal 30%

Bijeenkomstgebouwen - maatregelpakketten waarmee voldaan wordt aan de eisen

Bijeenkomstgebouwen - BENG 1

Alle gebouwen voldoen aan de BENG 1-eis. Daarbij valt op dat bijeenkomstgebouw S het minst compact is en het meeste glasoppervlak heeft. Dat zie we ook terug in de BENG 1-resultaten: dit gebouw heeft de hoogste BENG 1-score van de doorgerekende bijeenkomstgebouwen. Maar ondanks de wat mindere compactheid en het relatief hoge aandeel glas voldoet ook dit gebouw aan de BENG 1-eis.

Bijeenkomstgebouwen - BENG 2 en BENG 3

Bij de onderwijs- en kantoorgebouwen zagen we dat toepassing van een warmtepomp op bodem/aquifer of een biomassatoestel min of meer een garantie gaf dat er geen of heel weinig zonnepanelen toegepast hoefden te worden. Bij de bijeenkomstgebouwen is dat niet altijd het geval.

Met name het kleinste bijeenkomstgebouw heeft relatief veel zonnepanelen nodig om te kunnen voldoen aan de eis bij toepassing van een warmtepomp bodem. Bij de grotere gebouwen met een **warmtepomp aquifer of een biomassatoestel** kan veelal voldaan worden zonder toevoeging van veel extra zonnepanelen.

Bij een **warmtepomp op buitenlucht** is het altijd nodig om zonnepanelen te plaatsen. Dat zagen we ook al terug bij de andere gebruiksfuncties.

Tabel 6: Maatregelpakketten voor bijeenkomstgebouwen waarmee voldaan wordt aan de nieuwe eisen

	Bouwkundig	Balansventilatie	Verlichting	PV (% van Ag)
WP bodem/aquifer	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	0-3% 0-1%
WP buitenlucht	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	2-9% 3-5%
Biomassaketel	Rc 3.7/4.7/6.3 HR ⁺⁺ Rc 3.7/4.7/8.0 Triple	70% WTW 80% WTW & CO ₂	6 W/m ²	0-3% 0-2%

Conclusie

De komst van de nieuwe NTA 8800-systematiek betekent een nieuw tijdperk voor de bouw. De ééngetalsindicator EPC verdwijnt, en daarvoor in de plaats komen drie indicatoren. **In het ontwerpproces zal al vroegtijdig getoetst moeten worden of met name de BENG 1-indicator behaald gaat worden:** een minder compact ontwerp kan er toe leiden dat BENG 1 kritisch wordt en daar moet door het ontwerpteam tijdig op geanticipeerd worden. Maar ook het halen van de BENG 2- en BENG 3-indicator gaat niet automatisch goed. In de berekeningen zagen we dat in sommige gevallen een gebouw al voldeed aan de BENG 2-indicator, maar dat BENG 3 nog niet behaald was. Toevoeging van zonnepanelen lijkt dan de meest voor de hand liggende oplossing.

Door de oogharen heen kunnen we concluderen dat de BENG 1-indicator, bij een enigszins compact ontwerp, relatief eenvoudig gehaald kan worden. Om ook aan de BENG 2- en BENG 3-eisen te voldoen, moet uitgegaan worden van een goede isolatie, een energiezuinig ventilatiesysteem met warmteterugwinning, een laag geïnstalleerd vermogen voor verlichting en een efficiënte opwekker voor verwarming en koeling. Daarbij geldt dat bij toepassing van een bodem/aquifer-warmtepompsysteem of biomassaketel er in veel gevallen geen noodzaak is om (veel) zonnepanelen te plaatsen. Bij een buitenluchtwarmtepomp zijn over het algemeen wel substantiële hoeveelheden zonnepanelen nodig. Aandachtspunt tijdens het ontwerp is daarbij dat bij hoge slanke gebouwen de hoeveelheid beschikbaar dakoppervlak wel eens beperkend kan zijn. Maar al met al zijn er verschillende pakketten te definiëren die voldoen aan de BENG-eisen. Dat geeft voldoende keuze- en ontwerpvrijheid voor de markt.

Meer informatie

Voor meer informatie kunt u contact opnemen met:

René van der Loos

Adviseur Energie en Duurzaam bouwen
(088) 346 76 16
rlo@dgmr.nl

Paulien Staal - Guijt

Specialist Bouwfysica, Energie en Duurzaam bouwen
(088) 346 76 21
pgu@dgmr.nl

Ieke Kuijpers - van Gaalen

Adviseur Energie en Duurzaam bouwen
(088) 346 75 68
ga@dgmr.nl

DGMR

Zo'n 200 experts willen de beste in hun vak zijn. Wij dagen onszelf elke dag uit om met onverwachte oplossingen te komen. Doeltreffend voor de samenleving. Vernieuwend voor opdrachtgevers. Cruciaal voor de comfortabele leefomgeving van vandaag én morgen.

DGMR is een onafhankelijk bureau dat niet de gebaande paden, maar de grenzen van mogelijkheden opzoekt. We gaan graag samen met onze opdrachtgevers de uitdaging aan om iets te bedenken dat van blijvende waarde is.

Duurzaamheid en gezondheid

Om de ecologische footprint van gebouwen zo klein mogelijk te houden, zijn duurzame oplossingen steeds belangrijker. Circulariteit, duurzaamheid en gezondheid zijn terugkerende thema's, omdat ze te maken hebben met de toekomst van bedrijven, medewerkers en bewoners. Duurzame ambities hebben, is stap één. Maar hoe realiseer je vervolgens zo'n toekomstbestendig gebouw, waarin mensen gezonder en productiever zijn en met plezier verblijven?

Of het nu gaat om duurzaamheid, circulariteit of gezondheid, de adviseurs van DGMR dagen opdrachtgevers uit om deze thema's vanaf de start in het ontwerp te betrekken. Samen kijken we naar wat mogelijk en haalbaar is. En we vertalen ambities naar bijvoorbeeld BREEAM, WELL of bouwfysische oplossingen. Wij maken de ambities graag zo tastbaar mogelijk en vullen ze in op een integrale en vernieuwende manier. We kunnen terugvallen op een ruime ervaring in onze advisering over duurzaamheid en het realiseren van gezonde gebouwen.

www.dgmr.nl

BIJLAGEN

Een kijkje in de BENG utiliteitskeuken van 2020



Bouwkundig

Rc 3,7/4,7/6,3/ HR⁺⁺

In het basis isolatiepakket zijn vloer, gevel en dak volgens Bouwbesluit geïsoleerd en zijn de gebouwen van HR⁺⁺ beglazing (U_w 1,4 W/m²K) voorzien.

Rc 3,7/4,7/8,0/ Triple

In deze variant krijgt het dak een hogere isolatiewaarde en wordt de HR⁺⁺ beglazing vervangen door Triple (U_w 0,9 W/m²K) beglazing.

In alle berekeningen is voor de infiltratie een $q_{v;10}$ van 0,4 dm³/s.m² meegenomen.

Voor alle utiliteitsgebouwen met uitzondering van de kantoorgebouwen XL is een automatische zonwering meegenomen. Voor de kantoorgebouwen XL is zonwerend glas in de gevels opgenomen.

Ventilatie

Balansventilatie met 70% WTW

D2-systeem: balansventilatiesysteem met 70% WTW. Het ventilatiesysteem kent een tijdgestuurde terugregeling op het debiet en heeft gelijkstroomventilatoren.

Balansventilatie met 80% WTW CO₂-sturing

D5a-systeem: balansventilatiesysteem met 80% WTW. Het ventilatiesysteem kent een terugregeling op het debiet door middel van CO₂-sensoren in 2 of meer zones en heeft gelijkstroomventilatoren.

Verlichting

Voor de verlichting in de kantoor- en onderwijsgebouwen is uitgegaan van plafondverlichting, geen werkplekverlichting. De ledverlichting van 6 W/m² heeft een aanwezigheidsdetectie per ruimte. In de verschillende pakketten wordt onderscheid gemaakt tussen een automatische aan/uit-schakeling gecombineerd met een daglichtregeling en een handbediende aan- en automatische uit-schakeling gecombineerd met een daglichtregeling.

Bij de bijeenkomstgebouwen onderscheiden we dezelfde schakelingen en regelingen maar is een hoger verlichtingsvermogen van 12 W/m² geïnstalleerd.

Installaties

Warmtepomp bodem/aquifer

Warmtepomp op aquifer/bodem - 35-40 graden. Voor de koeling wordt gebruik gemaakt van vrije koeling, aangevuld met een compressie koelmachine voor het opvangen van pieken. Tapwater wordt gemaakt met elektroboilers.

Warmtepomp buitenlucht

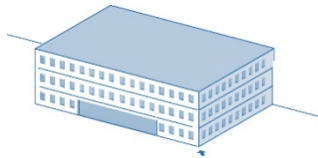
Warmtepomp op buitenlucht - 35-40 graden. Voor de koeling wordt gebruik gemaakt van een compressiekoelmachine (= de warmtepomp in zomerbedrijf). Tapwater wordt gemaakt met elektroboilers.

Biomassaketel

Een automatisch gestookte pelletketel. De ketel voldoet aan de emissie-eisen volgens het activiteitenbesluit. Voor de koeling wordt gebruik gemaakt van een compressiekoelmachine. Tapwater wordt gemaakt met elektroboilers.

Zonnepanelen

Voor de zonnepanelen op de daken is voor de berekening van de PV-oppervlakte gerekend met een opbrengst van 200 Wp/m².



$A_g = 1.700 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 1.600 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 0,96$
 $\% \text{ raam} = 22\%$

Kantoorgebouw S

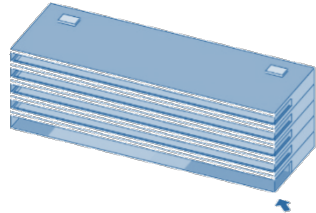


BENG 1 maximaal 90 kWh/m²
BENG 2 maximaal 40 kWh/m²
BENG 3 minimaal 30%

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
<i>Kantoor S</i>						≤ 90	≤ 40	≥ 30% eis
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² *	0	0%	49,6	38,0	39%
		D 80% WTW & CO ₂	6 W/m ² *	0	0%	49,6	34,0	38%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	0	0%	46,8	36,6	38%
		D 80% WTW & CO ₂	6 W/m ² *	0	0%	46,8	32,7	37%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² **	8.000	2%	49,6	36,1	30%
	Rc 3,7/4,7/8/triple			10.000	3%	46,8	33,4	31%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 80% WTW & CO ₂	6 W/m ² *	5.000	1%	49,6	31,1	30%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² **	4.000	1%	46,8	32,0	31%

Verlichting

6 W/m² *: 6 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht
 6 W/m² **: 6 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



$A_g = 4.400 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 4.100 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 0,93$
 $\% \text{ raam} = 40\%$

Kantoorgebouw M



BENG 1 maximaal 90 kWh/m²
BENG 2 maximaal 40 kWh/m²
BENG 3 minimaal 30%

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
Kantoor M						≤ 90	≤ 40	≥ 30% eis
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² *	0	0%	61,8	39,1	47%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	61,8	35,0	46%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	0	0%	55,3	36,3	46%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² **	0	0%	55,3	30,9	45%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² **	26.000	3%	61,8	40,0	37%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	16.000	2%	61,8	39,1	30%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	20.000	2%	55,3	39,7	30%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² **	18.000	2%	55,3	38,6	30%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² *	0	0%	61,8	37,6	39%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	61,8	35,0	35%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	0	0%	55,3	37,3	31%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² **	22.000	3%	55,3	32,7	30%

Verlichting

6 W/m² *: 6 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht

6 W/m² **: 6 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



$A_g = 24.500 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 15.800 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 0,64$
 $\% \text{ raam} = 82\%$



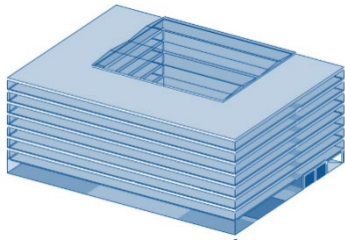
BENG 1 maximaal 90 kWh/m²
BENG 2 maximaal 40 kWh/m²
BENG 3 minimaal 30%

Kantoorgebouw XL1

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
<i>Kantoor XL 1</i>						≤ 90	≤ 40	≥ 30% eis
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² *	64.000	1%	78,1	39,9	55%
			6 W/m ² **	34.000	1%	78,1	40,0	54%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	78,1	38,5	52%
			6 W/m ² **	0	0%	78,1	37,2	52%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	0	0%	67,6	37,8	52%
			6 W/m ² **	0	0%	67,6	36,4	52%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	67,6	33,7	52%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	233.200	5%	78,1	39,9	40%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	233.200	5%	67,6	39,9	36%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	179.400	4%	67,6	36,7	32%
			6 W/m ² **	179.400	4%	67,6	35,3	33%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² *	40.000	1%	78,1	39,9	44%
			6 W/m ² **	8.000	0%	78,1	39,9	43%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	78,1	38,9	39%
			6 W/m ² **	0	0%	78,1	37,3	40%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	44.000	1%	67,6	39,9	33%
			6 W/m ² **	8.000	0%	67,6	39,9	32%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	89.700	2%	67,6	35,0	33%
			6 W/m ² **	42.000	1%	67,6	35,6	30%

Verlichting

6 W/m² *: 6 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht
 6 W/m² **: 6 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



$A_g = 24.000 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 18.400 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 0,77$
 $\% \text{ raam} = 80\%$

Kantoorgebouw XL2

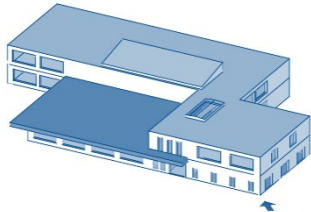


BENG 1 maximaal 90 kWh/m²
BENG 2 maximaal 40 kWh/m²
BENG 3 minimaal 30%

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
<i>Kantoor XL 2</i>						≤ 90	≤ 40	≥ 30% eis
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² *	130.000	3%	77,1	39,9	57%
			6 W/m ² **	96.000	2%	77,1	40,0	57%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	36.000	1%	77,1	39,9	53%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	50.000	1%	69,7	40,0	54%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	69,7	38,0	51%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² *	424.800	9%	77,1	39,1	51%
			6 W/m ² **	368.000	8%	77,1	39,9	49%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	290.000	6%	77,1	40,0	43%
	Rc 3,7/4,7/8/triple		6 W/m ² **	266.800	6%	77,1	39,6	42%
		D 70% WTW	6 W/m ² *	330.000	7%	69,7	39,5	43%
			6 W/m ² **	288.800	6%	69,7	40,0	41%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	220.000	5%	69,7	39,7	35%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	122.000	3%	77,1	40,0	47%
			6 W/m ² **	86.000	2%	77,1	39,9	46%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	60.000	1%	77,1	40,0	41%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² *	126.000	3%	69,7	39,8	40%
			6 W/m ² **	90.000	2%	69,7	39,7	39%
			D 80% WTW & CO2	66.800	1%	69,7	40,0	32%

Verlichting

6 W/m² *: 6 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht
 6 W/m² **: 6 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



$A_g = 3.200 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 4.950 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 1,55$
 $\% \text{ raam} = 32\%$

Onderwijsgebouw M



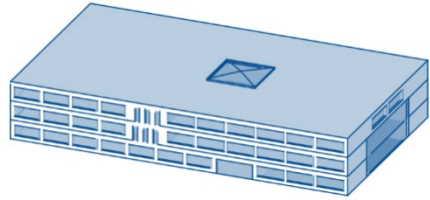
BENG 1 maximaal 190 kWh/m²
BENG 2 maximaal 70 kWh/m²
BENG 3 minimaal 40%

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
Onderwijs M						≤ 190	≤ 70	≥ 40% eis
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² **	0	0%	166,1	64,9	52%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	166,1	49,4	52%
			6 W/m ² **	0	0%	166,1	48,3	53%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² **	0	0%	160,1	61,8	52%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	160,1	47,0	52%
			6 W/m ² **	0	0%	160,1	45,9	52%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² **	30.000	5%	166,1	69,9	45%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	12.000	2%	166,1	57,5	40%
			6 W/m ² **	10.000	2%	166,1	57,2	40%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² **	20.000	3%	160,1	69,4	42%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	16.000	3%	160,1	53,1	40%
			6 W/m ² **	16.000	3%	160,1	52,1	41%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² **	0	0%	166,1	49,9	58%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	166,1	39,3	56%
			6 W/m ² **	0	0%	166,1	38,0	57%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² **	0	0%	160,1	48,8	56%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	160,1	39,1	53%
			6 W/m ² **	0	0%	160,1	37,9	54%

Verlichting

6 W/m² *: 6 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht

6 W/m² **: 6 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



$A_g = 7.600 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 7.200 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 0,94$
 $\% \text{ raam} = 43\%$

Onderwijsgebouw L



BENG 1 maximaal 190 kWh/m²
BENG 2 maximaal 70 kWh/m²
BENG 3 minimaal 40%

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
<i>Onderwijs L</i>						≤ 190	≤ 70	≥ 40% eis
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² **	0	0%	151,7	58,5	50%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	151,7	45,2	47%
			6 W/m ² **	0	0%	151,7	44,1	48%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² **	0	0%	147,0	56,1	50%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	147,0	42,9	46%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² **	52.000	3%	151,7	64,6	40%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² **	60.000	4%	151,7	45,2	40%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² **	60.000	4%	147,0	60,4	40%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	70.000	5%	147,0	42,0	40%
			6 W/m ² **	66.000	4%	147,0	41,3	40%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	6 W/m ² **	0	0%	151,7	49,2	51%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	0	0%	151,7	41,4	43%
			6 W/m ² **	0	0%	151,7	40,0	44%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	6 W/m ² **	0	0%	147,0	48,3	49%
		D 80% WTW & CO2	6 W/m ² *	8.000	1%	147,0	39,5	41%
			6 W/m ² **	0	0%	147,0	39,2	41%

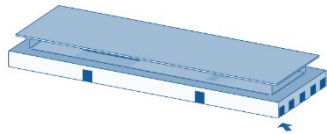
Verlichting

6 W/m² *: 6 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht

6 W/m² **: 6 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



BENG 1 maximaal 90 kWh/m²
BENG 2 maximaal 60 kWh/m²
BENG 3 minimaal 30%



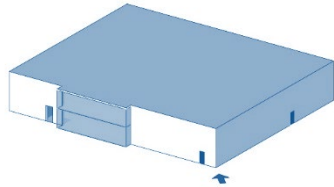
$A_g = 1.750 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 2.750 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 1,57$
 % raam = 47%

Bijeenkomstgebouw S

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
<i>Bijeenkomst S</i>						≤ 90	≤ 60	≥ 30% eis
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² *	16.000	5%	69,9	59,2	46%
		D 80% WTW & CO ₂	12 W/m ² **	6.000	2%	69,9	58,8	41%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	4.000	1%	61,6	59,3	39%
		D 80% WTW & CO ₂	12 W/m ² *	2.000	1%	61,6	59,8	35%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	16.000	5%	69,9	60,0	41%
		D 80% WTW & CO ₂	12 W/m ² *	16.000	5%	69,9	58,9	39%
			12 W/m ² **	10.000	3%	69,9	59,5	37%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	10.000	3%	61,6	59,0	35%
		D 80% WTW & CO ₂	12 W/m ² *	8.000	2%	61,6	59,4	31%
			12 W/m ² **	6.000	2%	61,6	57,4	31%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² *	0	0%	69,9	53,2	46%
		D 80% WTW & CO ₂	12 W/m ² **	0	0%	69,9	47,6	47%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	61,6	48,9	43%
		D 80% WTW & CO ₂	12 W/m ² *	0	0%	61,6	50,7	38%

Verlichting

12 W/m² *: 12 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht
 12 W/m² **: 12 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



$A_g = 2.400 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 3.850 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 1,64$
 $\% \text{ raam} = 16\%$

Bijeenkomstgebouw M

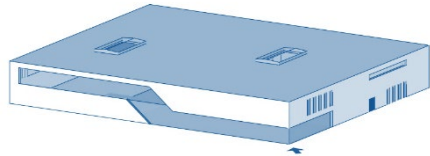


BENG 1 maximaal 90 kWh/m²
BENG 2 maximaal 60 kWh/m²
BENG 3 minimaal 30%

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
<i>Bijeenkomst M</i>						≤ 90	≤ 60	$\geq 30\%$ <i>eis</i>
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	4.000	1%	56,7	59,3	39%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	2.000	0%	56,7	59,5	34%
			12 W/m ² **	0	0%	56,7	56,9	35%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	53,2	59,7	36%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	0	0%	53,2	59,0	31%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	20.000	4%	56,7	59,6	36%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	16.000	3%	56,7	59,7	30%
			12 W/m ² **	12.000	3%	56,7	58,0	30%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	16.000	3%	53,2	59,6	33%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	18.000	4%	53,2	56,8	30%
			12 W/m ² **	16.000	3%	53,2	54,3	31%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	56,7	53,7	39%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	0	0%	56,7	55,4	33%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	53,2	53,5	37%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	0	0%	53,2	55,1	30%
			12 W/m ² **	0	0%	53,2	51,0	33%

Verlichting

12 W/m² *: 12 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht
 12 W/m² **: 12 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



$A_g = 5.000 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 6.600 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 1,34$
 $\% \text{ raam} = 24\%$

Bijeenkomstgebouw L

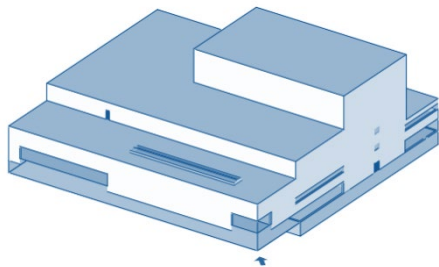


BENG 1 maximaal 90 kWh/m²
BENG 2 maximaal 60 kWh/m²
BENG 3 minimaal 30%

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
<i>Bijeenkomst L</i>						≤ 90	≤ 60	≥ 30% eis
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	50,8	58,1	34%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² **	0	0%	50,8	52,2	32%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	47,7	55,0	34%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² **	0	0%	47,7	51,0	31%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	32.000	3%	50,8	57,6	31%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	40.000	4%	50,8	52,2	31%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	30.000	3%	47,7	54,8	30%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	44.000	4%	47,7	49,6	31%
			12 W/m ² **	36.000	4%	47,7	48,2	30%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	50,8	53,1	33%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	6.000	1%	50,8	50,8	30%
			12 W/m ² **	0	0%	50,8	48,4	31%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	47,7	50,6	33%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	16.000	2%	47,7	48,3	30%
			12 W/m ² **	8.000	1%	47,7	46,3	31%

Verlichting

12 W/m² *: 12 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht
 12 W/m² **: 12 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht



$A_g = 9.700 \text{ m}^2$
 $A_{ls} = 11.800 \text{ m}^2$
 $A_{ls}/A_g = 1,22$
 % raam = 18%



BENG 1 maximaal 90 kWh/m²
BENG 2 maximaal 60 kWh/m²
BENG 3 minimaal 30%

Bijeenkomstgebouw XL

Installatie	Bouwkundig	Ventilatie	Verlichting	PV Wp	PV % van Ag	BENG 1 [kWh/m ²]	BENG 2 [kWh/m ²]	BENG 3 [%]
<i>Bijeenkomst XL</i>						≤ 90	≤ 60	≥ 30% <i>eis</i>
WP bodem	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	51,8	57,2	33%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	12.000	1%	51,8	55,0	30%
			12 W/m ² **	0	0%	51,8	53,0	30%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	48,6	55,7	31%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	22.000	1%	48,6	52,3	30%
			12 W/m ² **	12.000	1%	48,6	50,0	30%
WP buitenlucht	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	70.000	4%	51,8	55,7	31%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	94.500	5%	51,8	51,0	31%
			12 W/m ² **	80.000	4%	51,8	49,2	31%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	76.000	4%	48,6	53,0	30%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	100.000	5%	48,6	48,4	31%
			12 W/m ² **	84.000	4%	48,6	46,8	30%
Biomassaketel	Rc 3,7/4,7/6,3/HR++	D 70% WTW	12 W/m ² **	0	0%	51,8	53,1	31%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	40.000	2%	51,8	49,7	31%
			12 W/m ² **	20.000	1%	51,8	48,0	30%
	Rc 3,7/4,7/8/triple	D 70% WTW	12 W/m ² **	12.000	1%	48,6	51,2	30%
		D 80% WTW & CO2	12 W/m ² *	54.000	3%	48,6	47,4	30%
			12 W/m ² **	38.000	2%	48,6	45,3	30%

Verlichting

12 W/m² *: 12 W/m² + aanw auto on / auto off / daglicht
 12 W/m² **: 12 W/m² + aanw man on / auto off / daglicht