NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

NOTITIE

Onderzoek aanscherpingsmogelijkheden BENG-eisen

Aan	:	Lente-akkoord
T.a.v.	:	Mevrouw ir. C. Bouwens
Referentie	:	20210189 / 23884
Behandeld door	:	Mevrouw ir. M. Cornelisse en de heer ir. H.J.J. Valk
Datum	:	24 juni 2021 (definitief)
Project	**:**	Onderzoek aanscherpingsmogelijkheden BENG-eisen

Inleiding

Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft in opdracht van het Lente-akkoord onderzoek gedaan naar de mogelijkheid voor aanscherpen van de BENG-eisen. In deze notitie leest u onze bevindingen.

Na invoering van de Omgevingswet krijgen gemeenten de mogelijkheid om in hun omgevingsplannen nadere eisen te stellen aan de energieprestatie van gebouwen; een aanscherping van de wettelijke eisen (BENG volgens BBL) wordt dan mogelijk. De partijen van het Lente-akkoord willen daarom onderzoek naar de consequenties voor eventuele aanscherping van de BENG-eisen. Het onderzoek zal onder meer gebruikt worden ten behoeve van het nader overleg met de gemeente Amsterdam over een dergelijke aanscherping. Vergelijkbare voornemens spelen bij meerdere gemeenten.

Projectomschrijving

Het onderzoek concentreert zich op de invloedsfactoren op BENG 1 en TO_{juli}, omdat de effecten voor een verzwaarde eis voor de BENG-2 en -3-indicatoren eenvoudiger kan worden ingeschat. Dat betekent dat er inzicht gegeven wordt in de invloed van de kwaliteit van de gebouwschil, de maatregelen voor TO_{juli}, gebouwmassa, het percentage glas in de gevel, de bouwvorm, etc. Bovendien wordt onderzocht wat daarbij de CO_2 winst zal zijn, mede in relatie tot de CO_2-belasting van de toegepaste materialen.

Het onderzoek van Nieman concentreert zich op gestapelde woningbouw. Parallel wordt door W/E-adviseurs een vergelijkbare studie uitgevoerd naar grondgebonden woningen.

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

info@nieman.nl
www.nieman.nl

Vestiging Utrecht
Atoomweg 400
3542 AB Utrecht
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
030 241 34 27

Vestiging Zwolle
Dr. van Lookeren Campagneweg 16
8025 BX Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
038 467 00 30

Algemene gegevens
KVK 30086383
BTW NL 0089 69 541 B01
IBAN NL94 INGB 0004 2577 92

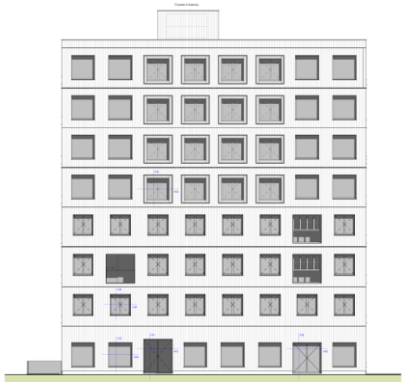
ISO 9001
Lid Koninklijke NLingenieurs

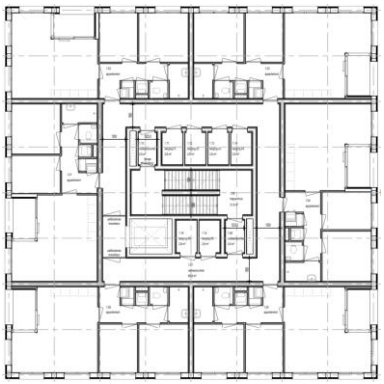
Kenmerken woongebouwen

Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van twee woongebouwen, die een representatief beeld geven van de bouwproductie in Amsterdam.

Tabel 1: Kenmerken woongebouw 1

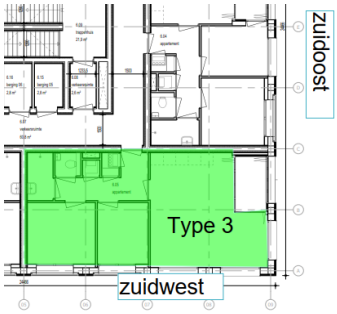
Woongebouw Gooisekant – Amsterdam Zuidoost	
Opdrachtgever	Brummelhuis / BPD
Casco	CLT-casco
Bouwlagen	8
Glaspercentage	25-40%
Compactheid (A_{ls}/A_g)	1,23
Gebruiksoppervlakte	3.536 m²





3 typen appartementen voor TO_{juli}:

Er is een keuze gemaakt voor drie typen appartementen om de TO_{juli} te berekenen. Er zijn drie appartementen gekozen die ongunstig uitkomen volgens de TO_{juli} Er zullen dus appartementen in het gebouw gunstiger uitkomen. Hierbij is aangenomen dat appartementen aan de zuidoost- en zuidwestzijde van het gebouw het meest ongunstig zijn. Hiernaast zijn appartementen op een tussenverdieping ongunstiger dan appartementen op de onderste en bovenste bouwlaag.

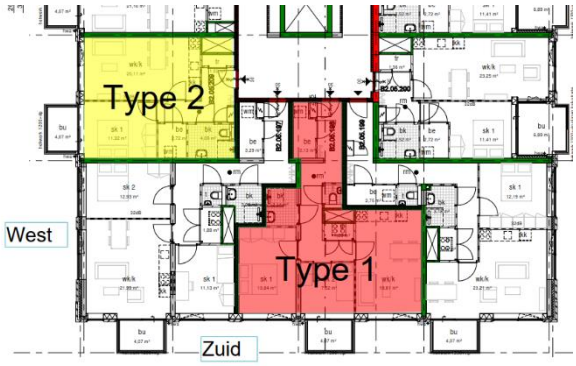


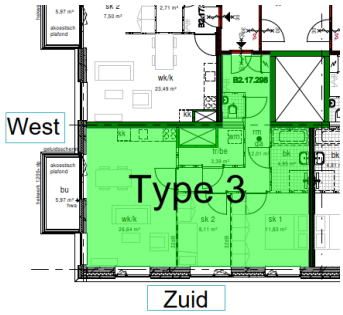
Tabel 2: Kenmerken woongebouw 2

Woongebouw Naritaweg 'Lovely Rita' blok B – Amsterdam West (Sloterdijk)	
Opdrachtgever	KondorWessels
Casco	Conventioneel casco
Bouwlagen	Toren: 17 woonlagen, lage gedeelte: 7 woonlagen
	Excl. commerciële plint op begane grond en 1e verdieping
Glaspercentage	30-35%
Compactheid (A_{ls}/A_g)	0,83
Gebruiksoppervlakte	12.753 m²

3 typen appartementen voor TO_{juli}:

Er is een keuze gemaakt voor drie typen appartementen om de TO_{juli} te berekenen. Er zijn drie ongunstige appartementen gekozen. Er zullen dus appartementen in het gebouw gunstiger uitkomen. Hierbij is gekozen voor een tussenappartement op de zuidzijde, een tussenappartement op de westzijde en een hoekappartement op de zuid-west hoek. Alle appartementen zijn gelegen op een tussenverdieping.





Uitgangspunten varianten

Voor beide woongebouwen zijn BENG- en TO_{juli} berekend. Dit is gedaan voor drie niveaus van isolatie: bouwbesluitniveau, tussenniveau en passief bouwen niveau. De kenmerken van deze drie niveaus zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Bouwkundige uitgangspunten drie niveaus van isolatie

	Bouwbesluit	Tussenniveau	'Passief bouwen'
Begane grondvloer	R_c = 3,7 m²K/W	R_c = 5,0 m²K/W	R_c = 10,0 m²K/W
Gevels	R_c = 4,7 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 10,0 m²K/W
Plat dak	R_c = 6,3 m²K/W	R_c = 7,0 m²K/W	R_c = 10,0 m²K/W
Beglazing	HR^{++}-glas; g_{gl} = 0,6	HR^{++}-glas; g_{gl} = 0,6	triple glas; g_{gl} = 0,45
Ramen	U_w = 1,6 W/m²K	U_w = 1,2 W/m²K	U_w = 0,8 W/m²K
Deuren	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K
Infiltratie	q_{v10} = 0,42 dm³/s·m² (forfaitair)	q_{v10} = 0,40 dm³/s·m²	q_{v10} = 0,15 dm³/s·m²
Eff. interne warmtecapaciteit	afhankelijk van gebouw, zie toelichting op volgende pagina		
Lineaire thermische bruggen	forfaitair	forfaitair	forfaitair

De berekeningen zijn uitgevoerd met de software Uniec 3: 3.0.12.0

Naast de drie isolatie niveaus is er variatie aangebracht in andere kenmerken. Om de invloed op BENG 1 inzichtelijk te maken is er gevarieerd in:

- 3 varianten bouwkundige schil (bouwbesluit, tussenniveau, 'passief bouwen')
- 2 extra varianten bouwkundige schil: tussenniveau+ (glas met g_{gl} = 0,45) en tussenniveau++ (triple glas met U_w = 0,8 W/m²K en g_{gl} = 0,45)
- Licht casco (CLT / HSB)
- Glaspercentage 40%
- Glaspercentage 60%
- (Koeling)

Hiernaast is de hoogte van TO_{juli} bepaald voor de drie typen appartementen. Om de invloed op TO_{juli} inzichtelijk te maken is er gevarieerd in:

- Oriëntatie – 180° gedraad, van meest ongunstige, naar meest gunstige oriëntatie
- CLT-casco / steenachtig casco
- Zonwerend glas (g_{gl} = 0,3)
- Zonwering – zwarte screens op alle gevels, geen screens op volledig belemmerde gevels
- Zomernachtventilatie – 1,5m² per gevel (dwarsventilatie waar het mogelijk is) handmatig bediend,
- Vloerkoeling

Effectieve interne warmtecapaciteit

Woongebouw 1 wordt gebouwd met een CLT-casco. Voor de effectieve interne warmtecapaciteit kan er gerekend worden met forfaitaire waarden, zie onderstaande Tabel 4.

Tabel 4: Forfaitaire waarden voor de specifieke interne warmtecapaciteit (Tabel 7.10 NTA 8800)

	Massa van de constructie	Specifieke interne warmtecapaciteit ($D_{m;int;eff}$)
		Geen of open plafond
- Houtskeletbouw (hsb) met hsb- of sfb-vloeren	< 250 kg/m²	80 kJ/m²K
- Houtskeletbouw, staalframebouw of staalskeletbouw met staalbeton of niet-massieve betonnen vloeren - Dragend metselwerk met houten vloeren	250-500 kg/m²	180 kJ/m²K
- Betonnen kolom-ligger skeletbouw met niet-massieve betonnen vloeren - Dragend metselwerk met niet-massieve betonnen vloeren	500-750 kg/m²	360 kJ/m²K
- Betonnen wand-vloer skeletbouw met massieve en niet-massieve betonnen vloeren - Dragend metselwerk met massieve betonnen vloeren	> 750 kg/m²	450 kJ/m²K

Hiernaast biedt Bijlage B van NTA 8800 de mogelijkheid om de effectieve interne warmtecapaciteit werkelijk (C_{mi} in J/K) te berekenen. De effectieve interne warmtecapaciteit is de som van de thermisch werkzame massa van alle constructieonderdelen. Dit wordt berekend aan de hand van de volumieke massa (kg/m³), soortelijke warmte (J/kgK), werkzame dikte (m) en oppervlakte (m²) van elk constructieonderdeel.

Voor het gebouw met de CLT-casco is berekend wat de werkelijke effectieve interne warmtecapaciteit is volgens Bijlage B van NTA 8800. Woongebouw 2 heeft een specifieke interne warmtecapaciteit van 285 kJ/m²K. Hiermee valt dit gebouw niet in de categorie lichte bouw, met een naar gebruiksoppervlak gewogen gemiddelde specifieke interne warmtecapaciteit van 180 kJ/m²K of minder. De maximumwaarde voor BENG 1 wordt dus niet verhoogd met 5 kWh/m².

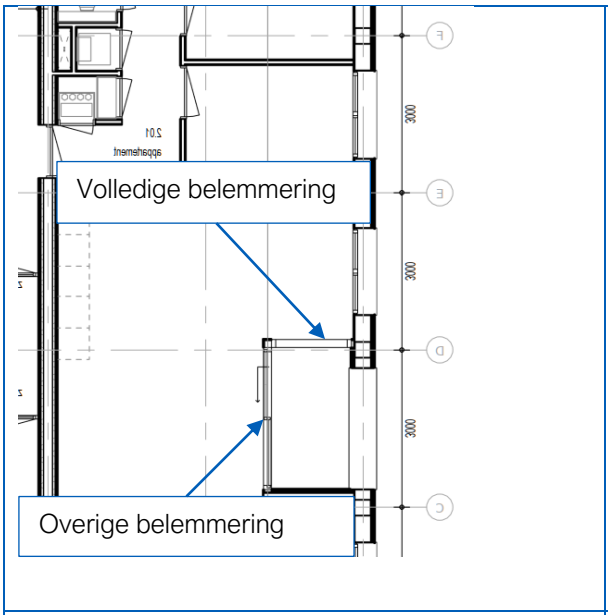
Het CLT-casco bestaat uit:

- CLT-kolommen;
- HSB-gevels en HSB-binnenwanden;
- Beganegrondvloer is een geïsoleerde kanaalplaatvloer;
- Woning scheidende vloeren zijn CLT met betonnen druklaag en cementdekvloer;
- Plat dak is CLT met betonnen druklaag.

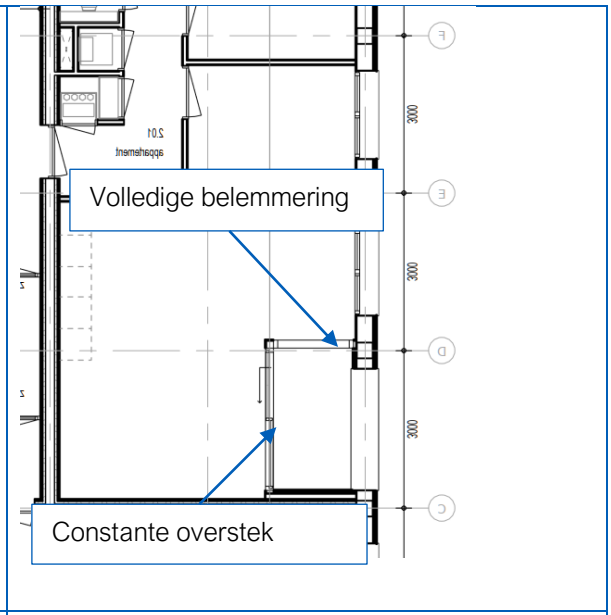
Belemmering van loggia's

Volgens de regels in de NTA 8800 moet een belemmering van een loggia worden ingevoerd zoals weergegeven in Figuur 1. Wanneer er sprake is van een overstek én een zijbelemmering moet dit worden ingevoerd als een 'overige belemmering'. Een overige belemmering houdt in dat er in de NTA 8800 gerekend met de ongunstigste situatie voor warmtebehoefte én met de ongunstigste situatie voor koudebehoefte. In de berekening van TO_{juli} betekent dit dat er geen rekening gehouden wordt met de belemmering.

Dit is een punt dat waarschijnlijk aangepast gaat worden in een volgende versie van de NTA 8800. Vooruitlopend hierop is de loggia in dit onderzoek indicatief ingevoerd met een 'constante overstek'. Dit geeft een gunstiger resultaat voor TO_{juli}.



Zo moet een loggia worden ingevoerd volgens de NTA 8800



Zo zijn de loggia's ingevoerd in dit onderzoek

Figuur 1: Twee invoer-methoden voor loggia's

In Tabel 5 is voor het verschil in uitkomsten in TO_{juli} weergegeven tussen een 'overige belemmering' en een 'constante overstek'. De resultaten laten zien dat er in TO_{juli} een verschil optreedt van 0,6 tot 1,4.

Tabel 5: Verschil in uitkomst TO_{juli} loggia met 'overige belemmering' of 'constante overstek'

	TO_{juli} (eis: < 1,2)		
	Type 1	Type 2	Type 3
Overige belemmering	4,7	6,8	8,4
Constante overstek	3,7	5,4	7,8

CO_2-emissie

De CO_2-emissie van de gebouwen is het resultaat van twee berekeningen: de CO_2-emissie ten gevolge van de toegepaste bouwmaterialen en van het energiegebruik van het gebouw tijdens het gebruik. In beide gevallen sluiten we aan op de bouwregelgeving: van de bouwmaterialen gaan we uit van de materiaaltoepassing die meeweegt in de MPG-berekening (materiaalprestatie gebouw). Daarmee blijft een deel van de afwerking en de volledige inrichting buiten beschouwing. Een vergelijkbare keus wordt gemaakt voor de energieprestatie: het genormeerde gebouwgebonden energiegebruik wordt beschouwd; de gebruikersinvloed daarop en het huishoudelijk gebruik blijven buiten beschouwing.

De CO_2-emissie van het gebouwgebonden energiegebruik wordt berekend met de parameters volgens NTA 8800 conform de hierbij horende beleidsmatige keuzes. De bespaarde CO_2-emissie door de elektriciteitsopwekking van PV-panelen is hierin meegenomen. De CO_2-emissie is steeds weergegeven per jaar.

De CO_2-emissie van de gebruikte materialen in het gebouw zijn bepaald op basis van de MPG-berekening volgens de Nationale Milieudatabase (NMD) en de bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken v 1.0 (juli 2020). In de MPG-berekening hebben glas en PV-panelen vooral veel invloed op de totale CO_2-emissie. In de MPG-berekening is het aantal PV-panelen meegerekend dat benodigd is om aan de BENG-eisen te voldoen. Hiernaast wordt de emissie meegerekend van de elektriciteitslevering en opwekking en distributie van warmtelevering.

Om de CO_2-emissie uit te drukken is uitgegaan van het resultaat voor 'Klimaatsverandering' in kg CO_2 equivalenten. Om de totale CO_2-emissie uit te drukken in een getal per jaar is de uitkomst uit de MPG-berekening gedeeld door de totale levensduur van het gebouw (75 jaar). Het gevolg hiervan is dat de CO_2-emissie 'uitgespreid' wordt over de totale levensduur, terwijl de grootste CO_2-emissie zal plaatsvinden tijdens de bouwfase.

Terzijde: Voor een aanscherping van de MPG is ook een verdere uitbreiding nodig van de Nationale Milieudatabase (NMD) met meer categorie 1 en 2 productkaarten (getoetste data volgens NMD-toetsingsprotocol door onafhankelijke, gekwalificeerde derde partij), en mogelijkheden als het toepassen van hergebruikte producten en effect van losmaakbare verbindingen op de afval/hergebruik/recycling-scenario's. Producten als drievoudig glas en (tot voor kort) zonnepanelen zijn enkel als categorie 3 productkaarten beschikbaar. Deze producten hebben een relatief hoge milieulast, en er wordt vanwege de generieke categorie 3 data ook nog een opslag van 30% toegekend op de milieulast. De verwachting is dat de NMD de komende jaren steeds meer aangevuld zal worden met getoetste productkaarten, en dat er mogelijkheden komen voor toekenning hergebruik van producten en het toevoegen van kenmerken voor losmaakbaarheid. Verdere aanscherping van de MPG-eis in het Bouwbesluit zal vermoedelijk producenten aanzetten tot het ontwikkelen van meer circulaire producten en het in het kaart brengen van de milieulast in productkaarten.

Rekenresultaten

De rekenresultaten worden gepresenteerd en toegelicht per onderdeel. Per project worden eerste conclusies geformuleerd. Vervolgens wordt een analyse gemaakt en worden eindconclusies getrokken die, voor zover mogelijk, gehanteerd kunnen worden als leidraad bij een beleidsmatige keuzes voor gemeentelijk beleid op het gebied van de energieprestatie van gestapelde woongebouwen.

Rekenresultaten Gooisekant

Tabel 6: Rekenresultaten Gooisekant

	BENG 1 (eis: < 65 kWh/m²)	CO_2-emissie (per jaar)	CO_2-emissie MPG (per jaar)	Δ CO_2 [1]	Warmtebehoefte (% van BENG 1) [3]
Bouwbesluit	74,4 kWh/m²	42.197 kg	25.678 kg	-	82 %
Steenachtig casco	70,9 kWh/m²	41.791 kg	29.480 kg	+3.396 kg	86 %
Glaspercentage 40%	79,5 kWh/m²	43.155 kg	24.395 kg	- 325 kg	79 %
Glaspercentage 60%	92,2 kWh/m²	44.793 kg	25.285 kg	+2.203 kg	70 %
Tussenniveau	67,1 kWh/m²	37.199 kg	26.057 kg	-4.619 kg	78 %
Tussenniveau +	65,2 kWh/m²	39.508 kg	26.194 kg	-2.173 kg	88 %
Tussenniveau ++	59,2 kWh/m²	35.450 kg	27.571 kg	-4.854 kg	84 %
Steenachtig casco	63,8 kWh/m²	36.976 kg	29.810 kg	-1.089 kg	82 %
Glaspercentage 40%	71,8 kWh/m²	37.837 kg	24.788 kg	-5.250 kg	74 %
Glaspercentage 60%	84,7 kWh/m²	38.470 kg	25.790 kg	-3.615 kg	63 %
'Passief bouwen'	54,3 kWh/m²	32.411 kg	27.605 kg	-7.859 kg	82 %
Steenachtig casco	51,6 kWh/m²	32.167 kg	32.356 kg	-3.352 kg	85 %
Glaspercentage 40%	57,2 kWh/m²	32.712 kg	26.596 kg	-8.567 kg	78 %
Glaspercentage 60%	65,7 kWh/m²	32.843 kg	28.064 kg	-6.968 kg	67 %

[1] De ΔCO_2-emissie is steeds berekend vanaf het basisniveau 'Bouwbesluit'
[2] Het aantal PV-panelen is steeds aangepast, zodat er net aan de eisen wordt voldaan (zie Bijlage 1)
[3] De warmtebehoefte is weergegeven als een percentage van BENG 1. BENG 1 is de som van de warmtebehoefte en koudebehoefte in een gebouw.

- Dit gebouw voldoet in de basis niet aan de BENG 1-eis (zie Tabel 6). Dit is te verklaren door de relatief ongunstige A_{ls}/A_g verhouding van 1,23. De inpandige loggia's zijn hier voornamelijk de oorzaak van. Bovendien hebben deze loggia's een negatieve invloed op de berekende energiebehoefte, met name de koudebehoefte. Voor dit gebouw is een betere schil dan bouwbesluit en tussenniveau nodig om te voldoen aan BENG 1. Deze verbeterde schil is juist ongunstig voor TO_{juli}, zoals blijkt uit Tabel 7.
- Het verhogen van het glaspercentage van de gevel heeft een negatieve invloed op BENG 1 en op de CO_2-emissie. Het glaspercentage vormt een spanningsveld met de vereiste daglichttoetreding.
- Het verlagen van de g_{gl}-waarde (tussenniveau +) of het toepassen van triple glas met de daarbij horende lagere g_{gl}-waarde (tussenniveau ++) zorgt voor een verlaging van BENG 1. Maar het

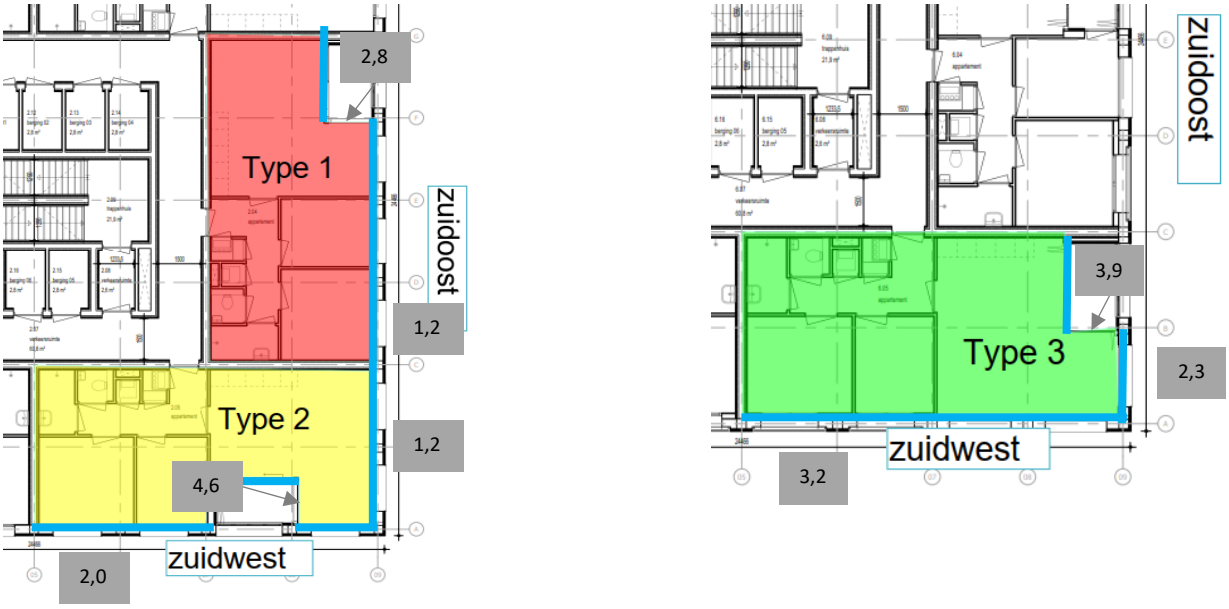
levert nauwelijks een verlaging op (tussenniveau +), of zelfs een beperkte verhoging (tussenniveau ++), van de CO_2-emissie, vergeleken met het 'standaard' tussenniveau.

- Met een hoger glaspercentage neemt de koudebehoefte van het gebouw veel sterker toe dan de warmtebehoefte, waardoor BENG-1 sterk stijgt. Met een zwaarder casco wordt vooral het berekende aandeel van de koudebehoefte kleiner, maar blijft het effect van meer glas op BENG 1 ongunstig.

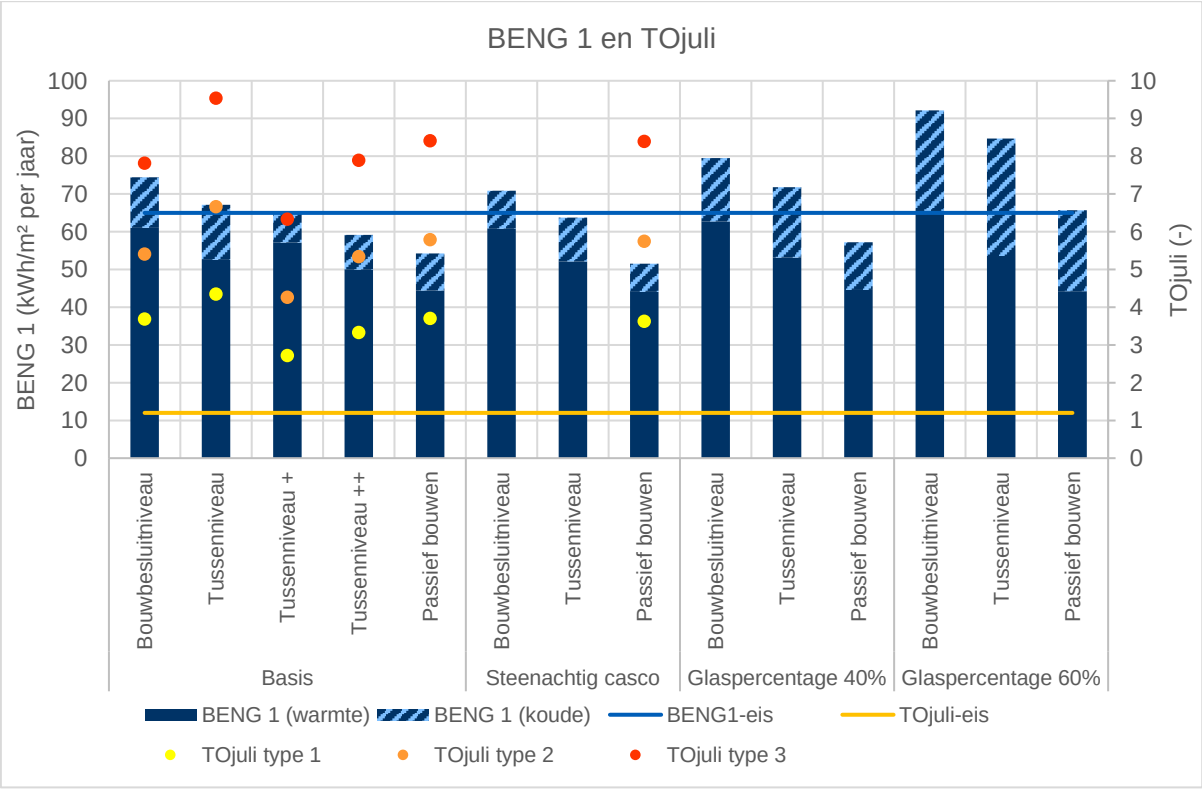
Tabel 7: Rekenresultaten Gooisekant TO_{juli}

	TO_{juli} (eis: < 1,2)		
	Type 1	Type 2	Type 3
Bouwbesluit	3,7	5,4	7,8
Tussenniveau	4,4	6,7	9,5
Tussenniveau +	2,7	4,3	6,3
Tussenniveau ++	3,3	5,3	7,9
'Passief bouwen'	3,7	5,8	8,4
Oriëntatie 180° gedraaid	3,4	4,2	5,7
Steenachtig casco	3,6	5,8	8,4
Zonwerend glas (g_{gl} = 0,3)	1,9	3,1	4,7
Zonwering (screens, zie **Figuur 2**)	2,8	4,6	3,9
Zonwering + zonwerend glas	1,4	2,3	1,9
Zomernachtventilatie (1,5 m² per gevel)	1,6	0,6	1,0
Vloerkoeling	0,0	0,0	0,0

- Passieve maatregelen zijn onvoldoende om te voldoen aan de eis aan TO_{juli}, behalve zomernachtventilatie. Voor de beide hoekappartementen is dit een oplossing om te voldoen aan de eis aan TO_{juli}.
- De oriëntatie van de appartementen hebben invloed op TO_{juli}. Maar zelfs op een gunstige oriëntatie voor TO_{juli} is het risico op oververhitting nog hoger dan 1,2.
- Het toepassen van zonwerend glas (tussenniveau +) heeft een positief effect op TO_{juli}. Het wijzigen van HR^{++}-glas naar triple glas (tussenniveau ++) heeft een kleiner positief effect.
- Dit gebouw heeft inpandige loggia's. Op de zijgevels van deze loggia's zijn geen screens aangebracht. Juist hierdoor blijft de TO_{juli} voor deze appartementen hoog (de hoge TO_{juli} zijn allemaal op deze zijgevels, zie onderstaande plattegronden). Maar voor de andere gevels blijft de TO_{juli} ook hoger dan 1,2. Voor dit gebouw zou het voor de hand liggen om een GTO-berekening te maken. De beschaduwing in de loggia's kan dan veel beter meegenomen worden in de berekeningen.

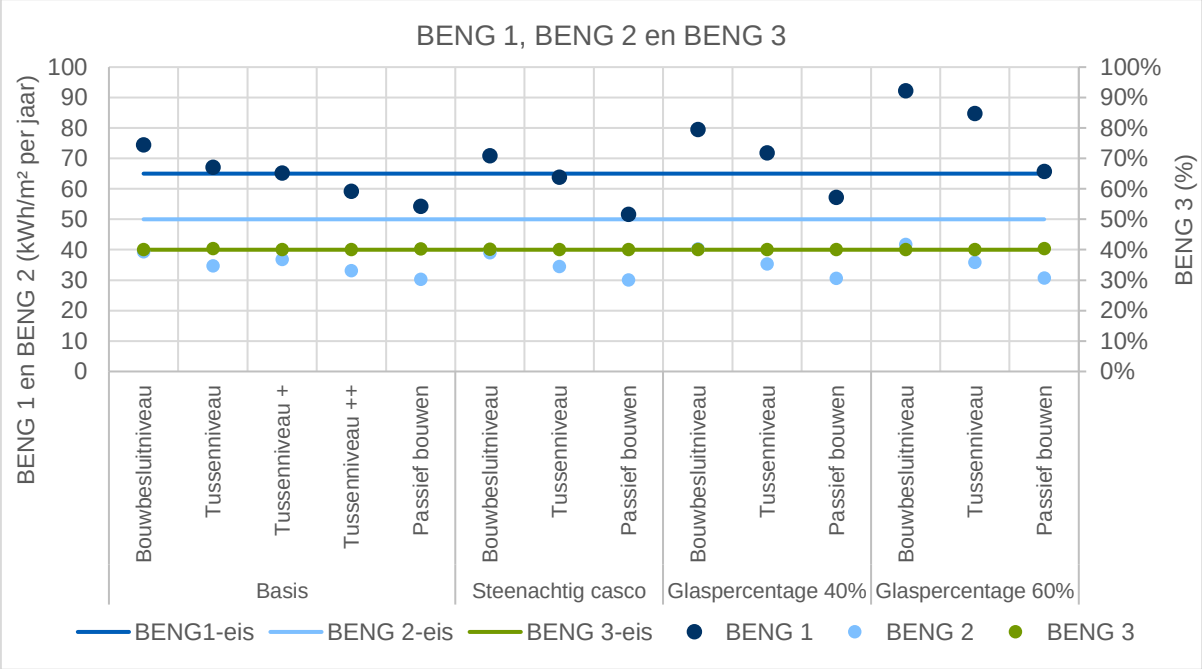


Figuur 2: Locatie screens op gevels (blauwe lijn) en TO_{juli} per gevel met screens



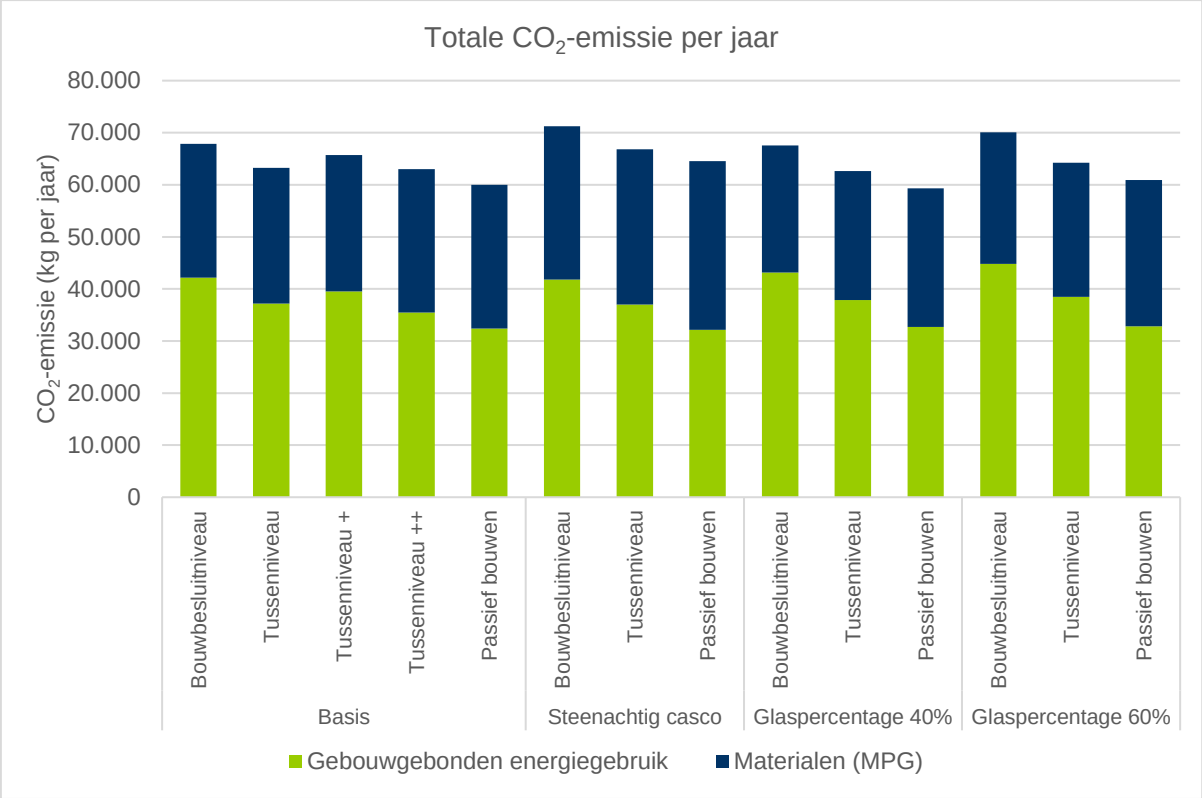
Figuur 3: Verband tussen BENG 1 en TO_{juli} voor de verschillende varianten en appartement typen (Gooise kant)

- LET OP: niet alle variantcombinaties zijn doorgerekend. Omdat de TO_{juli} op appartement niveau wordt berekend en de BENG op gebouwniveau.
- Beter isoleren leidt vaak tot een hogere TO_{juli}. Dit effect is bij het ene type appartement sterker zichtbaar dan bij het andere type appartement. Bij de variant 'passief bouwen' neemt dit effect weer iets af. Dit komt door de toepassing van triple glas met een g_{gl}-waarde van 0,45. Dit glas houdt een gedeelte van de warmte buiten.
- Ten opzichte van grondgebonden woningen valt op dat de berekende koudebehoefte relatief groot is. Dat deze desondanks niet hoger uitvalt dan circa 30%, is deels het gevolg van de definitie van BENG 1 met een vast - eenvoudig- ventilatiesysteem. Hierdoor wordt gerekend met een onrealistisch grote luchtuitwisseling met een maandgemiddeld lage temperatuur, waardoor pieken in de warmtelast in het rekenresultaat wegvallen. Het berekende aandeel van de koudevraag uit BENG 1 is daarom geen goede weergave van de werkelijke koudebehoefte, die structureel hoger zal zijn. Voor het doel van de BENG 1 -indicator (toetsing aan een grenswaarde) is dat geen bezwaar, maar het betekent dat er geen directe relatie is tussen deze berekende koudebehoefte met de eventueel benodigde koelcapaciteit en het werkelijke risico op temperatuuroverschrijding.



Figuur 4: Rekenresultaten BENG 1, BENG 2 en BENG 3 (Gooise kant)

- In alle gevallen is de uitkomst van BENG 3 leidend voor het benodigde aantal PV-panelen. Met dit aantal PV-panelen wordt er ruim aan de BENG 2-eis voldaan (zie Bijlage 1 voor het aangehouden aantal PV-panelen). Het aantal panelen varieert tussen de 88 en 125 stuks.



Figuur 5: CO_2-emissie gebouw gebonden plus materialen per variant (Gooise kant)

- De gebouw gebonden CO_2-emissie neemt af met het beter isoleren van de schil. De CO_2-emissie van de materialen neemt juist toe met beter isoleren. Isoleren tot het 'passief bouwen' niveau resulteert in alle gevallen tot de laagste CO_2-emissie.
- Met het 'passief bouwen' niveau wordt driebladig glas toegepast. Dit heeft een negatieve invloed op de CO_2-emissie door materialen. Daartegenover staat dat er minder PV-panelen nodig zijn voor BENG 2 of BENG 3. Netto gezien betekent dit dat het 'passief bouwen' niveau zorgt voor een daling van de CO_2-emissie.
- Het CLT-casco heeft een lagere totale CO_2-emissie dan een steenachtig casco.

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

Rekenresultaten Naritaweg

Tabel 8: Rekenresultaten Naritaweg

	BENG 1 (eis: < 65 kWh/m²)	CO_2-emissie (per jaar)	CO_2-emissie MPG (per jaar)	Δ CO_2 [1]	Warmtebehoefte (% van BENG 1) [3]
Bouwbesluit	60,6 kWh/m²	116.519 kg	62.118 kg	-	87 %
CLT-casco	64,0 kWh/m²	117.916 kg	51.254 kg	- 9.467 kg	83 %
HSB-casco (eis < 70)	67,5 kWh/m²	120.132 kg	-	-	80 %
Glaspercentage 40%	62,4 kWh/m²	118.069 kg	68.409 kg	+ 7.841 kg	85 %
Glaspercentage 60%	74,6 kWh/m²	125.203 kg	71.025 kg	+17.590 kg	74 %
Bodemkoeling	60,6 kWh/m²	134.238 kg	60.264 kg	+15.865 kg	87 %
Tussenniveau	55,4 kWh/m²	102.269 kg	71.085 kg	- 5.284 kg	84 %
Tussenniveau +	55,0 kWh/m²	109.232 kg	70.367 kg	+ 962 kg	92 %
Tussenniveau ++	50,3 kWh/m²	97.482 kg	73.334 kg	- 7.821 kg	90 %
CLT-casco	57,7 kWh/m²	104.135 kg	52.654 kg	-21.848 kg	80 %
Glaspercentage 40%	57,0 kWh/m²	103.794 kg	71.851 kg	- 2.992 kg	82 %
Glaspercentage 60%	68,8 kWh/m²	107.806 kg	72.894 kg	+ 2.063 kg	68 %
Bodemkoeling	55,4 kWh/m²	124.984 kg	72.206 kg	+18.553 kg	84 %
'Passief bouwen'	45,5 kWh/m²	87.503 kg	77.657 kg	-13.477 kg	88 %
CLT-casco	48,1 kWh/m²	89.195 kg	55.357 kg	-34.085 kg	84 %
Glaspercentage 40%	46,3 kWh/m²	88.685 kg	76.978 kg	-12.974 kg	86 %
Glaspercentage 60%	52,2 kWh/m²	91.801 kg	78.939 kg	- 7.897 kg	77 %
Bodemkoeling	45,5 kWh/m²	111.294 kg	79.101 kg	+11.758 kg	88 %

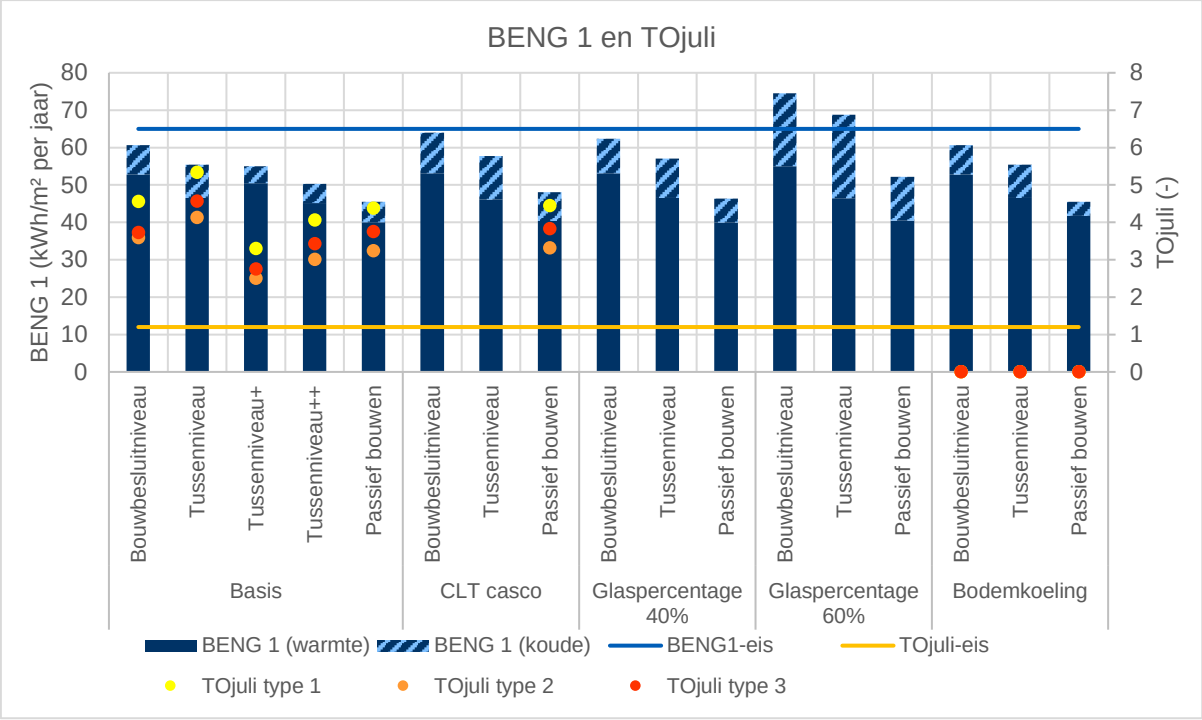
[1] De ΔCO_2-emissie is steeds berekend vanaf het niveau 'Bouwbesluit'
[2] Het aantal PV-panelen is steeds aangepast, zodat er net aan de eisen wordt voldaan (zie Bijlage 1)
[3] De warmtebehoefte is weergegeven als een percentage van BENG 1. BENG 1 is de som van de warmtebehoefte en koudebehoefte in een gebouw.

Tabel 9: Rekenresultaten TO_{juli} Naritaweg

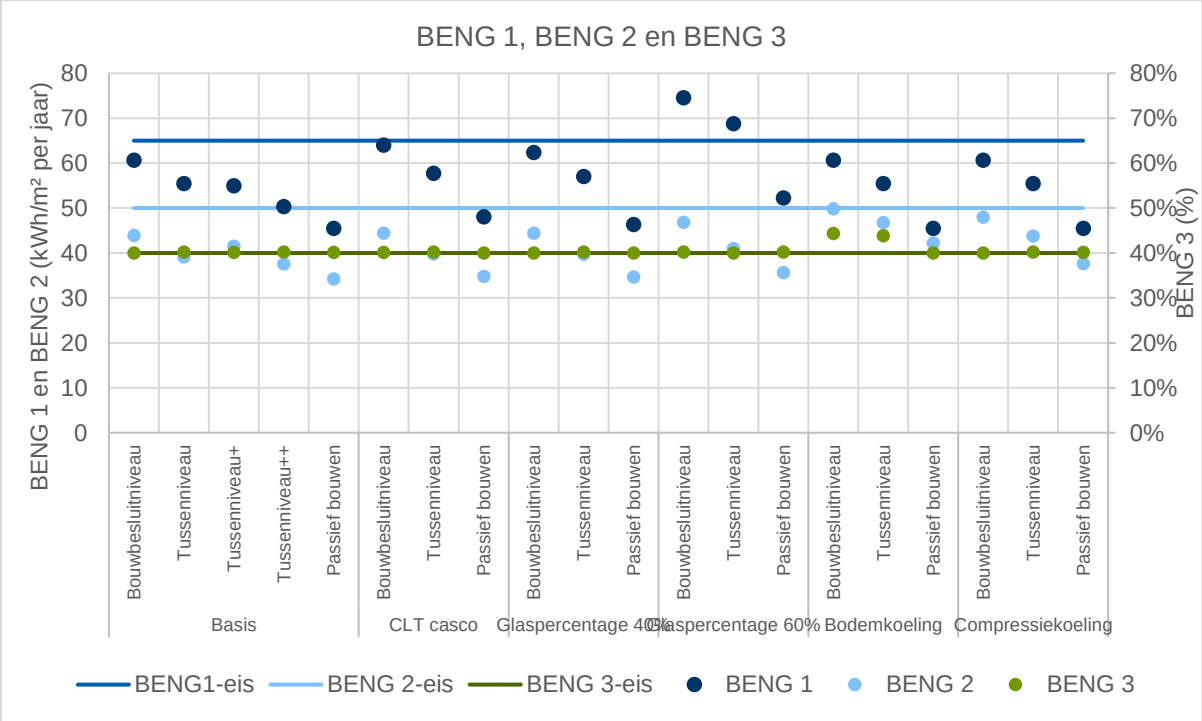
	TO_{juli} (eis: < 1,2)		
	Type 1	Type 2	Type 3
Bouwbesluit	4,6	3,6	3,7
Tussenniveau	5,3	4,1	4,6
Tussenniveau +	3,3	2,5	2,8
Tussenniveau ++	4,1	3,0	3,4
'Passief bouwen'	4,4	3,2	3,8
Oriëntatie 180° gedraaid	1,8	2,9	3,3
CLT-casco	4,5	3,3	3,8
Zonwerend glas (g_{gl} = 0,3)	2,2	1,6	1,8
Zonwering (screens)	1,1	1,1	1,2
Zomernachtventilatie (1,5 m² per gevel)	1,7	1,0	0,3
Vloerkoeling	0,0	0,0	0,0

- Het gebouw voldoet in de basis aan de BENG1-eis. Zelfs met een lichter casco (CLT of HSB) wordt er voldaan aan de BENG1-eis. Het verhogen van het glaspercentage maakt het lastiger om aan de eis te voldoen.
- Het toepassen van koeling, als oplossing voor TO_{juli} zorgt voor een stijging in de CO_2-emissie. Dit komt vooral door het extra energiegebruik wat benodigd is voor de koeling. Toepassen van koeling heeft invloed op BENG 2 en BENG 3. Dit geldt met name voor actieve koeling; omdat passieve koeling (bodemkoeling) geen inzet van koelinstallaties vraagt levert dit maar een beperkte verhoging van BENG 2 op. Omdat de inzet van koude uit omgevingsenergie gedeeltelijk wordt beschouwd als hernieuwbare energie is dit bovendien gunstig voor BENG 3.
- De inzet van koeling beperkt het risico op temperatuuroverschrijding, maar neemt het risico niet weg. De meest toegepaste vormen van koeling hebben namelijk een beperkte capaciteit, wat wordt veroorzaakt door de bron (bijvoorbeeld bij bodemkoeling) of door het afgiftesysteem (bij vloerkoeling) vanwege het moeten voorkomen van condensatie. Het resulterende risico op hoge binnentemperaturen is afhankelijk van het ontwerp en de oriëntatie, waarbij met name hoge glaspercentages in de gevel dit risico vergroten. Dit vraagt een projectgerichte beoordeling, maar kan er toe leiden dat het uit het oogpunt van comfort aan te bevelen kan zijn om zonwerende maatregelen toe te passen, ondanks de aanwezigheid van koeling.

- Geen van de appartementen voldoet aan de eis aan TO_{juli}. Met screens, zomernachtventilatie en actieve koeling kan er wel worden voldaan aan de eis.

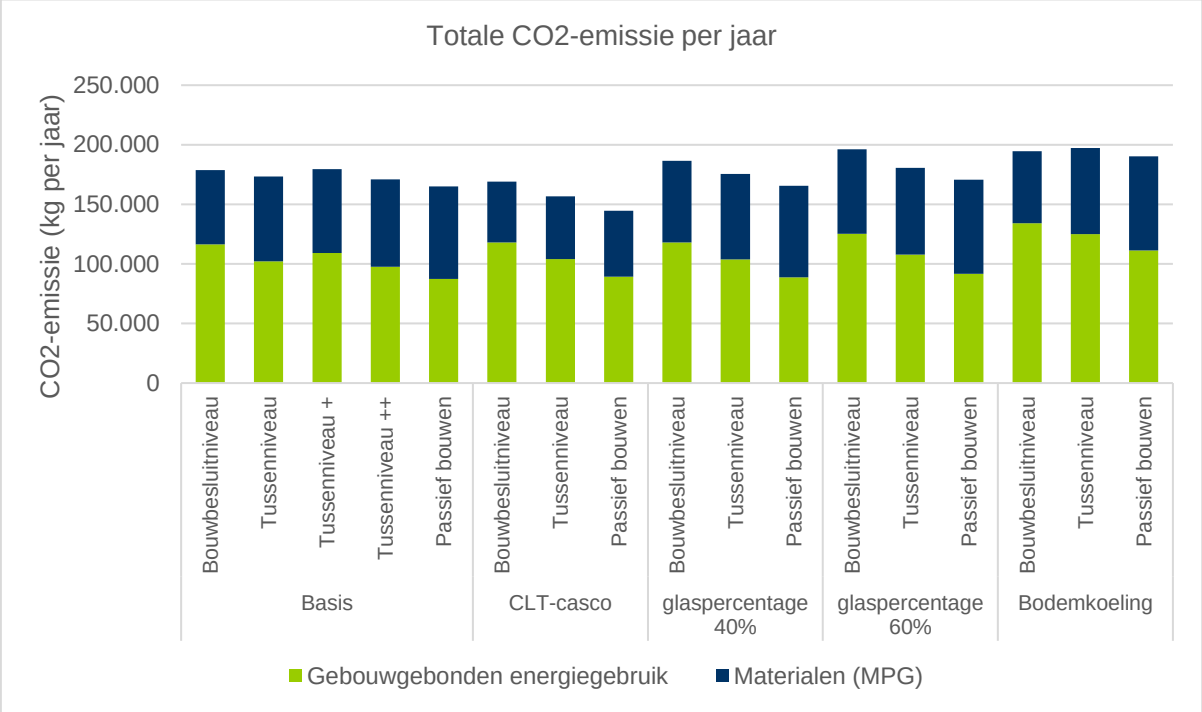


Figuur 6: Verband tussen BENG 1 en TO_{juli} voor de varianten en appartement typen (Naritaweg)



Figuur 7: BENG 1, BENG 2 en BENG 3 (Naritaweg)

- In de meeste gevallen is de uitkomst van BENG 3 leidend voor het benodigde aantal PV-panelen. Alleen bij de varianten met bodemkoeling wordt BENG 2 maatgevend. (zie Bijlage 1 voor het aangehouden aantal PV-panelen). Het aantal PV-panelen varieert tussen de 0 en 300 stuks.



Figuur 8: CO_2-emissie gebouwgebonden plus materialen per variant (Naritaweg)

- Bij dit gebouw is ook duidelijk te zien dat met het 'verzwaren' van de thermische schil, de CO_2-emissie van de materialen toeneemt en de CO_2-emissie van het gebouw gebonden energiegebruik afneemt. Afhankelijk van de uitgangspunten zorgt een schil op 'passief niveau' in totaal voor een daling in de CO_2-emissie.
- Het toepassen van (actieve) koeling zorgt voor een stijging in de CO_2-emissie; het gebouw gebonden energiegebruik neemt sterk toe.

Conclusies

Doel van het onderzoek was na te gaan of aanscherpen van BENG-1 generiek mogelijk is en wat de eventuele consequenties zijn. Uit de gemaakte berekeningen komt voor de appartementengebouwen het volgende beeld naar voren:

- De wens om de eerste energieprestatie-indicator (BENG 1) aan te scherpen, wordt beperkt door twee aspecten die samenhangen met de wijze waarop deze indicator is gedefinieerd en wordt berekend.
    - Algemeen geldt dat de waarde BENG 1 een sommatie is van de warmte- en koudebehoefte. Ingrepen die de warmtebehoefte verlagen, hebben soms een hogere koudevraag tot gevolg en omgekeerd geldt het zelfde. Beide gelijktijdig naar beneden brengen vraagt een zorgvuldige afweging van toe te passen maatregelen die uiteindelijk pas optimaal op projectniveau kan plaatsvinden.
    - BENG 1 wordt berekend met een vast ventilatiesysteem, dit is een zeer basaal systeem zonder enige vorm van regeling of warmteterugwinning. Dit leidt er toe dat de BENG 1-indicator een zeker basisniveau kent en dus nooit lager kan zijn dan (voor appartementengebouwen) ca. 45- 50 kWh/m^2. Dit beperkt de mogelijkheden tot aanscherping aanzienlijk.
- Voor sommige ontwerpen van appartementengebouwen kan het met een schil op 'bouwbesluitniveau' of 'tussenniveau' lastig zijn om aan de BENG 1-eis te voldoen. Toepassen van triple glas zal voor deze gebouwen in sommige situaties een oplossing kunnen zijn; de totale CO_2-uitstoot wordt dan echter iets ongunstiger ten gevolge van het extra materiaalgebruik.
- Voor gebouwen met een lichter casco (HSB of -in mindere mate- CLT) is het lastiger om aan de BENG 1-eis en TO_{juli} te voldoen. Dit geldt in mindere mate voor gebouwen met een hybride casco (deels steenachtig)
- Dit geldt ook voor woongebouwen met hoge glaspercentages. Door veel glas wordt vooral de koudebehoefte in het gebouw hoger. Hierdoor wordt het lastiger om aan de BENG 1-eis te voldoen. Bovendien is er sprake van meer zoninstraling, waardoor het risico over temperatuuroverschrijding substantieel toeneemt.
- Door het verbeteren van de thermische schil wordt de gebouwgebonden CO_2-emissie lager, maar de CO_2-emissie als gevolg van extra materialen wordt hoger. Netto gerekend daalt de CO_2-emissie met beter isoleren.
- Merk echter op dat bij het beoordelen van de berekende gesommeerde CO_2-emissie het effect wordt genegeerd dat de uitstoot ten gevolge van het materiaalgebruik geheel tijdens de bouw tot stand komt. De CO_2-emissies ten gevolge van het energiegebruik kunnen lager uitpakken als de energievoorziening volgens plan wordt verduurzaamd. Dat waarschijnlijke effect wordt bij deze benadering genegeerd.

- Het verbeteren van de thermische schil heeft het gevolg dat de koelbehoefte van het gebouw toeneemt. Het toepassen van zonwerend glas zorgt juist voor een daling van de koelbehoefte. Een betere thermische schil zorgt ook voor een hogere TO_{juli}, hierdoor wordt het ook lastiger om aan de eis aan TO_{juli} te voldoen.
- Voor veel woongebouwen geldt dat het lastig is om aan de eis aan TO_{juli} te voldoen. Met een systeem met 'actieve' koeling dat voldoet aan de randvoorwaarden, hoeft er niet te worden getoetst aan de eis aan TO_{juli}. Het is niet in alle gevallen mogelijk om een systeem met 'actieve' koeling toe te passen.
- De inzet van koeling beperkt het risico op temperatuuroverschrijding, maar neemt het niet weg. De meest toegepaste vormen van koeling hebben namelijk een beperkte capaciteit. Het resulterende risico op hoge binnentemperaturen is projectafhankelijk, waarbij met name hoge glaspercentages dit risico vergroten. Daarom kan het uit het oogpunt van comfort aan te bevelen zijn om zonwerende maatregelen toe te passen, ondanks de aanwezigheid van koeling.
- Het toepassen van koeling als oplossing voor TO_{juli} zorgt voor een stijging van het energiegebruik in het gebouw. Met ontwerpen gericht op de winter- én zomersituatie kan dit energiegebruik beperkt worden.

Uit dit onderzoek concluderen we daarom dat generiek aanpassen van de BENG-1-eis niet automatisch zal leiden tot de gewenste lagere energiebehoefte van nieuwe gebouwen en van een lagere totale CO_2-uitstoot van het realiseren en exploiteren van die gebouwen.

Knelpunt bij de gewenste aanscherping is de samenhang tussen winter- en zomercomfort (warmtevraag en koelbehoefte) en de benodigde extra bouwmaterialen (saldo CO_2-uitstoot). Wat wel geconstateerd kan worden is dat er ruimte is voor projectgerichte optimalisatie, want voor elk onderzocht gebouw zijn configuraties denkbaar die een betere uitkomst geven dan wat nu als minimum-eis in de bouwregelgeving is opgenomen. Daarbij zal een verbeterd casco met extra aandacht voor het toegepaste glas in veel gevallen een optimum betekenen. Dat impliceert dat wij adviseren bij een eventuele aanscherping van de energieprestatie-eisen voor nieuwbouw, wat onder het regime van de Omgevingswet voor gemeenten mogelijk wordt, uit te gaan van een diversificatie afhankelijk van de mogelijkheden op het niveau van omgevingsplannen, of de aanscherping niet primair te zoeken in de eerste energieprestatie-indicator (BENG-1), maar in de tweede en/of derde indicator.

24 juni 2021

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

ir. M. Cornelisse

ir. H.J.J. Valk

Wij gaan vertrouwelijk met uw gegevens om, geheel volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). Lees onze privacyverklaring. De inhoud van dit document is vertrouwelijk en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n). Gebruik, openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan. Op al onze diensten en producten zijn onze algemene voorwaarden van toepassing.

Bijlagen:

- Rekenresultaten BENG en CO_2-emissie
- Rekenresultaten TO_{juli}

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

Bijlage 1 - Rekenresultaten BENG en CO_2-emissie

NIEMAN
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

ENERGIECONCEPTEN: GOOISEKANT - AMSTERDAM ZUID-OOST

Berekening conform NTA 8800:2020 +A1:2020

PROJECTGEGEVENS

project	Onderzoek aanscherpingsmogelijkheden BENG-eisen
projectnummer	20210189
opdrachtgever	Lente-akkoord
datum	16 juni 2021

UITGANGSPUNTEN

Oriëntatie	voorgevel Zuidwest
Gebruiksfunctie	Woonfunctie: woongebouw
Gemeenschappelijke ruimten	Gemeenschappelijke verkeersruimte binnen rekenzone
Verhouding A_{ls}/A_g	1,23
BENG-eisen (op gebouwniveau):	
BENG 1: Energiebehoefte	≤ 65,0 kWh/m²
BENG 2: Primair fossiel energiegebruik	≤ 50,0 kWh/m²
BENG 3: Aandeel hernieuwbaar	≥ 40%
Eis TO_{juli} (op appartementniveau)	1,2
Berekeningsprogramma	Uniec 3.0.12.0

BOUWKUNDIG

	Basis	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Passief bouwen
Begane grondvloer	R_c = 3,70 m²K/W	R_c = 3,70 m²K/W	**R_c = 5,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Vloer boven bergingen	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W
Vloer boven buiten	R_c = 6,30 m²K/W	R_c = 6,30 m²K/W	**R_c = 7,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Gevels	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	**R_c = 6,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Wand grenzend aan bergingen	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W
Plat dakconstructie	R_c = 6,30 m²K/W	R_c = 6,30 m²K/W	**R_c = 7,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Beglazing	Triple glas: U_{gl} = 0,60 W/m²K g_{gl} = 0,5 Ψ_{glas} = 0,08 W/mK	**HR++ glas: U_{gl} = 1,10 W/m²K g_{gl} = 0,6 Ψ_{glas} = 0,08 W/mK**	**HR++ glas: U_{gl} = 1,10 W/m²K g_{gl} = 0,6 Ψ_{glas} = 0,04 W/mK**	**Triple glas: U_{gl} = 0,60 W/m²K g_{gl} = 0,45 Ψ_{glas} = 0,046 W/mK**
Kozijn	Alcoa RT 72 Hi, U_{fr} = 0,87 W/m²K	**houten/kunststof kozijn, U_{fr} = 2,40 W/m²K**	**houten/kunststof kozijn, U_{fr} = 1,20 W/m²K**	**U_{fr} = 0,87 W/m²K**
Glasopeningen (incl. kozijn)	U_w = 0,89 W/m²K	**U_w = 1,6 W/m²K**	**U_w = 1,20 W/m²K**	**U_w = 0,80 W/m²K**
Entreedeur	U_d = 1,7 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	**U_d = 1,4 W/m²K**
Overige deuren	U_d = 1,7 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	**U_d = 1,4 W/m²K**
Kelder-, kruipruimtewanden boven mv	R_{hw} = 4,70 m²K/W	R_{hw} = 4,70 m²K/W	**R_{hw} = 6,00 m²K/W**	**R_{hw} = 10,00 m²K/W**
Kruipruimteventilatie	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde
Lineaire thermische bruggen	forfaitair	forfaitair	forfaitair	forfaitair
Puntvormige thermische bruggen	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Verticale leidingen door thermische schil	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend
Infiltratie	o.b.v. gebouwkenmerken (q_{v10} 0,420 dm³/s·m²)	**o.b.v. gebouwkenmerken (q_{v10} 0,420 dm³/s·m²)**	**o.b.v. metingen (q_{v10} 0,400 dm³/s·m²)**	**o.b.v. metingen (q_{v10} 0,150 dm³/s·m²)**
Specifieke interne warmtecapaciteit	hsb met niet-massieve betonnen vloeren	**Berekend volgens Bijlage B (C_m = 1.004.306.753 J/K, 284 kJ/m²K)**	**Berekend volgens Bijlage B (C_m = 1.004.306.753 J/K, 284 kJ/m²K)**	**Berekend volgens Bijlage B (C_m = 1.004.306.753 J/K, 284 kJ/m²K)**
Buitenzonwering	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Zomernachtventilatie	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig

INSTALLATIETECHNISCH

	Basis	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Passief bouwen
Verwarming - opwekking	externe warmtelevering - Amsterdam zuidoost ($f_{Pdel;dh}$ = 0,59, $f_{Prend;}$	**installatietechnisch gelijk aan 'Basis'**	**installatietechnisch gelijk aan 'Basis'**	**installatietechnisch gelijk aan 'Basis'**
Verwarming - type distributiesysteem	tweepijpssysteem			
Verwarming - aanvoertemperatuur	HT (65°C)			
Verwarming - waterzijdige inregeling	waterzijdige inregeling onbekend			
Verwarming - leidinggegevens	leidinggegevens onbekend, geïsoleerd, isolatie kleppen en beugels onbekend			
Verwarming - distributiepomp	pompvermogen onbekend, 8 bouwlagen			
Verwarming - warmtemeter	aanwezig			
Verwarming - afgiftesysteem	vloerverwarming			
Verwarming - ruimtetemperatuur regeling	autom. temperatuurregeling per ruimte met handmatig overrulen (aan/uit) en adaptieve regeling			
Warmtapwater - opwekking	externe warmtelevering - Amsterdam zuidoost ($f_{Pdel;dh}$ = 0,59, $f_{Prend;dh}$ = 0,15)			
Warmtapwater - voorraadvat	geen indirect verwarmde warm watervoorraadvaten			
Warmtapwater - circulatieleiding	geen circulatieleiding aanwezig			
Warmtapwater - leidinglengten	leidinglengten: badruimte 4-6 m; keuken 4-6 m)			
Warmtapwater - inwendige diameter leiding naar aanrecht	> 10 mm			
Warmtapwater - douchewarmtewisselaar	niet aanwezig			
Warmtapwater - zonneboiler	niet aanwezig			
Ventilatie - principe	C.4c natuurlijk toevoer en mechanische afvoer			
Ventilatie - specificatie ventilatiesysteem	Duco Silent System NGG met CO2 sensoren in wk en hslpk			
Ventilatie - warmteterugwinning	rendement volgens kwaliteitsverklaring			
Ventilatie - ventilatoren	forfaitair ventilator vermogen			
Ventilatie - toevoerkanaal van buiten naar WTW toestel	n.v.t.			
Ventilatie - luchtdichtheidsklasse ventilatiekanalen	LUKA A, B, C			
Ventilatie - geïnstalleerde ventilatiecapaciteit	ventilatiedebieten cf. Bouwbesluit			
Ventilatie - passieve koeling	geen passieve koelregeling (m.b.v. actuele gemeten binnen- en buitentemperatuur)			
Koeling - opwekking	n.v.t.			
Zonne-energie - PV-panelen	minimaal benodigd aantal PV-panelen			
Zonne-energie - specificaties PV-panelen	380 WP/paneel 10°			

BENG-RESULTATEN

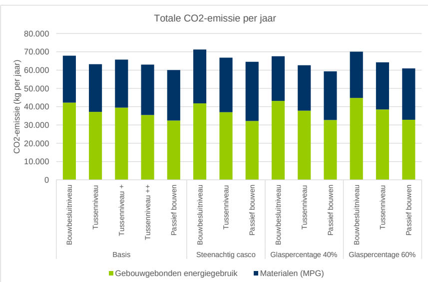
	Basis	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Tussenniveau+ (glas: g_{gl} = 0,45)	Tussenniveau++ (triple glas: U_w = 0,80 W/m²K, g_{gl} = 0,45)	Passief bouwen
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	66,4 kWh/m²	74,4 kWh/m²	67,1 kWh/m²	65,2 kWh/m²	59,2 kWh/m²	54,3 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	34,5 kWh/m²	39,3 kWh/m²	34,7 kWh/m²	36,8 kWh/m²	33,1 kWh/m²	30,3 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	40%	40%	40%	40%	40%	40%
CO_2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)		42.197 kg	37.199 kg	39.508 kg	35.450 kg	32.411 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)		25.678 kg	26.057 kg	26.194 kg	27.571 kg	27.605 kg
ΔCO_2			-4.619 kg	-2.173 kg	-4.854 kg	-7.859 kg
Aantal PV-panelen		117 stuks PV-panelen	105 stuks PV-panelen	110 stuks PV-panelen	97 stuks PV-panelen	90 stuks PV-panelen
Warmtevraag		82%	78%	88%	84%	82%

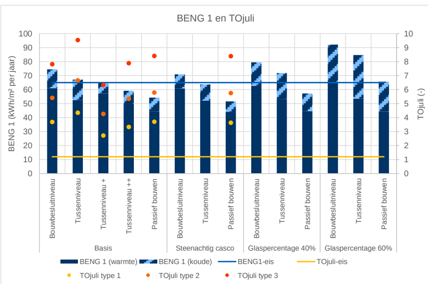
VARIANT: Steenachtig casco	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Passief bouwen
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	70,9 kWh/m²	63,8 kWh/m²	51,6 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	39,0 kWh/m²	34,5 kWh/m²	30,1 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	40%	40%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	41.791 kg	36.976 kg	32.167 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)	29.480 kg	29.810 kg	32.356 kg
ΔCO_2	3.396 kg	-1.089 kg	-3.352 kg
Aantal PV-panelen	117 stuks PV-panelen	102 stuks PV-panelen	88 stuks PV-panelen
Warmtevraag	86%	82%	85%

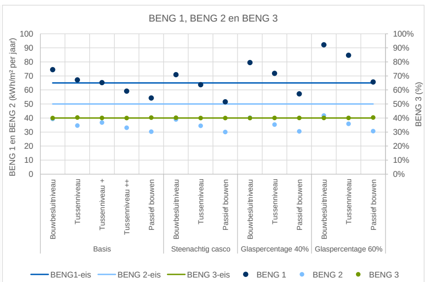
VARIANT: Glaspercentage 40% (oorspronkelijk 25-40%)	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Passief bouwen
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	79,5 kWh/m²	71,8 kWh/m²	57,2 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	40,2 kWh/m²	35,3 kWh/m²	30,6 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	40%	40%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	43.155 kg	37.837 kg	32.712 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)	24.395 kg	24.788 kg	26.596 kg
ΔCO_2	-325 kg	-5.250 kg	-8.567 kg
Aantal PV-panelen	120 stuks PV-panelen	105 stuks PV-panelen	90 stuks PV-panelen
Warmtevraag	79%	74%	78%

VARIANT: Glaspercentage 60%	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Passief bouwen
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	92,2 kWh/m²	84,7 kWh/m²	65,7 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	41,8 kWh/m²	35,9 kWh/m²	30,6 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	40%	40%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	44.793 kg	38.470 kg	32.843 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)	25.285 kg	25.790 kg	28.064 kg
ΔCO_2	2.203 kg	-3.615 kg	-6.968 kg
Aantal PV-panelen	125 stuks PV-panelen	107 stuks PV-panelen	92 stuks PV-panelen
Warmtevraag	70%	63%	67%

Grafieken:







NIEMAN
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

ENERGIECONCEPTEN: NARITAWEG 10

Berekening conform NTA 8800:2020 +A1:2020

PROJECTGEGEVENS

project	Onderzoek aanscherpingsmogelijkheden BENG-eisen
projectnummer	20210189
opdrachtgever	Lente-akkoord
datum	16 juni 2021

UITGANGSPUNTEN

Oriëntatie	voorgevel Zuid
Gebruiksfunctie	Woonfunctie: woongebouw
Gemeenschappelijke ruimten	Gemeenschappelijke verkeersruimte binnen rekenzone
Verhouding A_{ls}/A_g	0,83
BENG-eisen (op gebouwniveau):	
BENG 1: Energiebehoefte	≤ 65,0 kWh/m²
BENG 2: Primair fossiel energiegebruik	≤ 50,0 kWh/m²
BENG 3: Aandeel hernieuwbaar	≥ 40%
Eis TO_{juli} (op appartementniveau)	1,2
Berekeningsprogramma	Uniec 3.0.12.0

BOUWKUNDIG

	Basis	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Passief bouwen
Begane grondvloer	R_c = 3,70 m²K/W	R_c = 3,70 m²K/W	**R_c = 5,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Vloer boven bergingen	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W
Vloer boven buiten	R_c = 6,30 m²K/W	R_c = 6,30 m²K/W	**R_c = 7,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Gevels	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	**R_c = 6,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Wand grenzend aan bergingen	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W
Plat dakconstructie	R_c = 6,30 m²K/W	R_c = 6,30 m²K/W	**R_c = 7,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Beglazing	HR++ glas en triple glas; g_{gl} = 0,45	**HR++ glas: U_{gl} = 1,10 W/m²K g_{gl} = 0,6 Ψ_{glas} = 0,08 W/mK**	**HR++ glas: U_{gl} = 1,10 W/m²K g_{gl} = 0,6 Ψ_{glas} = 0,04 W/mK**	**Triple glas: U_{gl} = 0,60 W/m²K g_{gl} = 0,45 Ψ_{glas} = 0,046 W/mK**
Kozijn	aluminium kozijn	**houten/kunststof kozijn, U_{fr} = 2,40 W/m²K**	**houten/kunststof kozijn, U_{fr} = 1,20 W/m²K**	**U_{fr} = 0,87 W/m²K**
Glasopeningen (incl. kozijn)	oost en noord U_w = 1,40 W/m²K, west en zuid U_w = 1,00 W/m2K	**U_w = 1,6 W/m²K**	**U_w = 1,20 W/m²K**	**U_w = 0,80 W/m²K**
Entreedeur	U_d = 1,7 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	**U_d = 1,4 W/m²K**
Overige deuren	U_d = 1,7 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	**U_d = 1,4 W/m²K**
Kelder-, kruipruimtewanden boven mv	R_{hw} = 4,70 m²K/W	R_{hw} = 4,70 m²K/W	**R_{hw} = 6,00 m²K/W**	**R_{hw} = 10,00 m²K/W**
Kruipruimteventilatie	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde
Lineaire thermische bruggen	forfaitair	forfaitair	forfaitair	forfaitair
Puntvormige thermische bruggen	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Verticale leidingen door thermische schil	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend
Infiltratie	o.b.v. gebouwkenmerken (q_{v10} 0,420 dm³/s·m²)	**o.b.v. gebouwkenmerken (q_{v10} 0,420 dm³/s·m²)**	**o.b.v. metingen (q_{v10} 0,400 dm³/s·m²)**	**o.b.v. metingen (q_{v10} 0,150 dm³/s·m²)**
Specifieke interne warmtecapaciteit	betonnen wand-vloer met massieve en niet-massieve betonnen vloeren	betonnen wand-vloer met massieve en niet-massieve betonnen vloere	betonnen wand-vloer met massieve en niet-massieve betonnen vloeren	betonnen wand-vloer met massieve en niet-massieve betonnen vloeren
Buitenzonwering	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Zomernachtventilatie	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig

INSTALLATIETECHNISCH

	Basis	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Passief bouwen
Verwarming - opwekking	Warmtepomp, Bodem	**installatietechnisch gelijk aan 'Basis'**	**installatietechnisch gelijk aan 'Basis'**	**installatietechnisch gelijk aan 'Basis'**
Verwarming - type distributiesysteem	tweepijpssysteem			
Verwarming - aanvoertemperatuur	LT (35°C)			
Verwarming - waterzijdige inregeling	inregeling statisch per paneel met balancering groepen			
Verwarming - leidinggegevens	leidinggegevens onbekend, geïsoleerd, isolatie kleppen en beugels onbekend			
Verwarming - distributiepomp	pompvermogen onbekend, 19 bouwlagen			
Verwarming - warmtemeter	aanwezig			
Verwarming - afgiftesysteem	vloerverwarming			
Verwarming - ruimtetemperatuur regeling	autom. temperatuurregeling per ruimte			
Warmtapwater - opwekking	Warmtepomp, Bodem			
Warmtapwater - voorraadvat	geen indirect verwarmde warm watervoorraadvaten			
Warmtapwater - circulatieleiding	geen circulatieleiding aanwezig			
Warmtapwater - leidinglengten	leidinglengten: badruimte 2-4 m; keuken 6-8 m)			
Warmtapwater - inwendige diameter leiding naar aanrecht	8- 10 mm			
Warmtapwater - douchewarmtewisselaar	niet aanwezig			
Warmtapwater - zonneboiler	niet aanwezig			
Ventilatie - principe	Dc. mechanische toe- en afvoer			
Ventilatie - specificatie ventilatiesysteem	D2 laagbouw, D.5a hoogbouw			
Ventilatie - warmteterugwinning	rendement volgens kwaliteitsverklaring			
Ventilatie - ventilatoren	forfaitair ventilator vermogen			
Ventilatie - toevoerkanaal van buiten naar WTW toestel	n.v.t.			
Ventilatie - luchtdichtheidsklasse ventilatiekanalen	LUKA A, B, C			
Ventilatie - geïnstalleerde ventilatiecapaciteit	ventilatiedebieten cf. Bouwbesluit			
Ventilatie - passieve koeling	geen passieve koelregeling (m.b.v. actuele gemeten binnen- en buitentemperatuur)			
Koeling - opwekking	n.v.t.			
Zonne-energie - PV-panelen	minimaal benodigd aantal PV-panelen			
Zonne-energie - specificaties PV-panelen	220 WP/m² 12°			

BENG-RESULTATEN

	Basis	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Tussenniveau+ (glas: g_{gl} = 0,45)	Tussenniveau ++ (triple glas: U_w = 0,80 W/m²K, g_{gl} = 0,45)	Passief bouwen
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	54,6 kWh/m²	60,6 kWh/m²	55,4 kWh/m²	55,0 kWh/m²	50,3 kWh/m²	45,5 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	36,1 kWh/m²	43,9 kWh/m²	39,2 kWh/m²	41,5 kWh/m²	37,6 kWh/m²	34,2 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	48%	40%	40%	40%	40%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)		116.519 kg	102.269 kg	109.232 kg	97.482 kg	87.503 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)		62.118 kg	71.085 kg	70.367 kg	73.334 kg	77.657 kg
ΔCO_2			-5.284 kg	962 kg	-7.821 kg	-13.477 kg
Aantal PV-panelen		96 stuks PV-panelen	114 stuks PV-panelen	127 stuks PV-panelen	177 stuks PV-panelen	223 stuks PV-panelen
Warmtevraag		87%	84%	92%	90%	88%

VARIANT: clt casco	**Bouwbesluitniveau**	**Tussenniveau**	**Passief bouwen**
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	64,0 kWh/m²	57,7 kWh/m²	48,1 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	44,4 kWh/m²	39,8 kWh/m²	34,8 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	40%	40%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	117.916 kg	104.135 kg	89.195 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)	51.254 kg	52.654 kg	55.357 kg
ΔCO_2	-9.467 kg	-21.848 kg	-34.085 kg
Aantal PV-panelen	88 stuks PV-panelen	146 stuks PV-panelen	211 stuks PV-panelen
Warmtevraag	83%	80%	84%

VARIANT: 110-180 kJ/m²K	**Bouwbesluitniveau**		
BENG 1 (≤ 70 kWh/m²)	67,5 kWh/m²	-	-
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	45,1 kWh/m²		
BENG 3 (≥ 40%)	40%		
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	120.132 kg		
CO_2-emissie MPG (per jaar)	0 kg		
ΔCO_2			
Aantal PV-panelen	66 stuks PV-panelen		
Warmtevraag	80%		

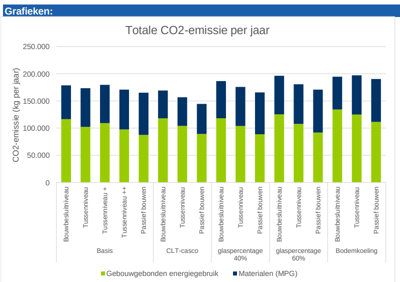
VARIANT: Glaspercentage alles 40% (oorspronkelijk 30-35%)	**Bouwbesluitniveau**	**Tussenniveau**	**Passief bouwen**
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	62,4 kWh/m²	57,0 kWh/m²	46,3 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	44,4 kWh/m²	39,7 kWh/m²	34,6 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	40%	40%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	118.069 kg	103.794 kg	88.685 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)	68.409 kg	71.851 kg	76.978 kg
ΔCO_2	7.841 kg	-2.992 kg	-12.974 kg
Aantal PV-panelen	84 stuks PV-panelen	152 stuks PV-panelen	217 stuks PV-panelen
Warmtevraag	85%	82%	86%

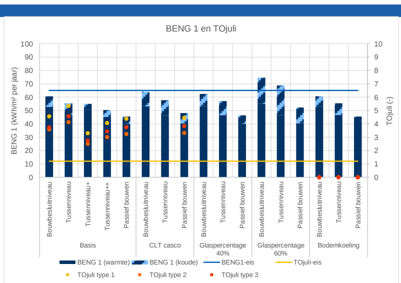
VARIANT: Glaspercentage 60% open	**Bouwbesluitniveau**	**Tussenniveau**	**Passief bouwen**
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	74,6 kWh/m²	68,8 kWh/m²	52,2 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	46,8 kWh/m²	41,0 kWh/m²	35,7 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	40%	40%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	125.203 kg	107.806 kg	91.801 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)	71.025 kg	72.894 kg	78.939 kg
ΔCO_2	17.590 kg	2.063 kg	-7.897 kg
Aantal PV-panelen	66 stuks PV-panelen	140 stuks PV-panelen	211 stuks PV-panelen
Warmtevraag	74%	68%	77%

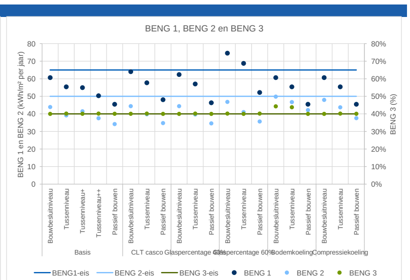
VARIANT: Bodemkoeling	**Bouwbesluitniveau**	**Tussenniveau**	**Passief bouwen**
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	60,6 kWh/m²	55,4 kWh/m²	55,4 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	49,9 kWh/m²	46,8 kWh/m²	42,2 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	44%	44%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	134.238 kg	124.984 kg	111.294 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)	60.264 kg	72.206 kg	79.101 kg
ΔCO_2	15.865 kg	18.553 kg	11.758 kg
Aantal PV-panelen	0 stuks PV-panelen	0 stuks PV-panelen	25 stuks PV-panelen

VARIANT: Compressiekoeling	**Bouwbesluitniveau**	**Tussenniveau**	**Passief bouwen**
BENG 1 (≤ 65 kWh/m²)	60,6 kWh/m²	55,4 kWh/m²	55,4 kWh/m²
BENG 2 (≤ 50 kWh/m²)	47,9 kWh/m²	43,8 kWh/m²	37,6 kWh/m²
BENG 3 (≥ 40%)	40%	40%	40%
CO2-emissie gebouwgebonden energiegebruik (per jaar)	128.515 kg	115.944 kg	97.648 kg
CO_2-emissie MPG (per jaar)	56.379 kg	77.889 kg	85.038 kg
ΔCO_2	6.256 kg	15.196 kg	4.049 kg
Aantal PV-panelen	184 stuks PV-panelen	260 stuks PV-panelen	301 stuks PV-panelen

Grafieken:







Bijlage 2 - Rekenresultaten TO_{juli}

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

ENERGIECONCEPTEN: GOOISEKANT - AMSTERDAM ZUID-OOST

Berekening conform NTA 8800:2020 +A1:2020

PROJECTGEGEVENS

project	Onderzoek aanscherpingsmogelijkheden BENG-eisen
projectnummer	20210189
opdrachtgever	Lente-akkoord
datum	16 juni 2021

UITGANGSPUNTEN

Oriëntatie	voorgevel Zuidwest
Gebruiksfunctie	Woonfunctie: woongebouw
Gemeenschappelijke ruimten	Gemeenschappelijke verkeersruimte binnen rekenzone
Verhouding A_e/A_h	1,23
BENG-eisen (op gebouwniveau):	
BENG 1: Energiebehoefte	≤ 65,0 kWh/m²
BENG 2: Primair fossiel energiegebruik	≤ 50,0 kWh/m²
BENG 3: Aandeel hernieuwbaar	≥ 40%
Eis TO_{jul} (op appartementniveau)	1,2
Berekeningsprogramma	Uniec 3.0.12.0

	Bouwbesluitniveau	Tussennivea	Passief bouwen
BOUWKUNDIG			
Begane grondvloer	R_c = 3,70 m²K/W	**R_c = 5,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Vloer boven bergingen	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W
Vloer boven buiten	R_c = 6,30 m²K/W	**R_c = 7,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Gevels	R_c = 4,70 m²K/W	**R_c = 6,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Wand grenzend aan bergingen	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W
Plat dakconstructie	R_c = 6,30 m²K/W	**R_c = 7,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Beglazing	**HR^{++} glas: U_{gl} = 1,10 W/m²K g_{gl} = 0,6 Ψ_{glas} = 0,08 W/mK**	**HR^{++} glas: U_{gl} = 1,10 W/m²K g_{gl} = 0,6 Ψ_{glas} = 0,04 W/mK**	**Triple glas: U_{gl} = 0,60 W/m²K g_{gl} = 0,45 Ψ_{glas} = 0,046 W/mK**
Kozijn	**houten/kunststof kozijn, U_f = 2,40 W/m²K**	**houten/kunststof kozijn, U_f = 1,20 W/m²K**	**U_f = 0,87 W/m²K**
Glasopeningen (incl. kozijn)	**U_w = 1,6 W/m²K**	**U_w = 1,20 W/m²K**	**U_w = 0,80 W/m²K**
Entreedeur	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	**U_d = 1,4 W/m²K**
Overige deuren	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	**U_d = 1,4 W/m²K**
Kelder-, kruipruimtewanden boven mv	R_{bw} = 4,70 m²K/W	**R_{bw} = 6,00 m²K/W**	**R_{bw} = 10,00 m²K/W**
Kruipruimteventilatie	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde
Lineaire thermische bruggen	forfaitair	forfaitair	forfaitair
Puntvormige thermische bruggen	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Verticale leidingen door thermische schil	onbekend	onbekend	onbekend
Infiltratie	**o.b.v. gebouwkenmerken (q_{v10} 0,420 dm³/s·m²)**	**o.b.v. metingen (q_{v10} 0,400 dm³/s·m²)**	**o.b.v. metingen (q_{v10} 0,150 dm³/s·m²)**
Specifieke interne warmtecapaciteit	dragend metselwerk met niet-massieve betonnen vloeren	dragend metselwerk met niet-massieve betonnen vloeren	dragend metselwerk met niet-massieve betonnen vloeren
Buitenzonwering	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Zomernachtventilatie	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig

INSTALLATIETECHNISCH

Ventilatie - principe	C.4c natuurlijk toevoer en mechanische afvoer
Ventilatie - specificatie ventilatiesysteem	Duco Silent System NGG met CO2 sensoren in wk en hslpk
Ventilatie - warmteterugwinning	rendement volgens kwaliteitsverklaring
Ventilatie - ventilatoren	forfaitair ventilator vermogen
Ventilatie - toevoerkanaal van buiten naar WTW toestel	n.v.t.
Ventilatie - luchtdichtheidsklasse ventilatiekanalen	LUKA A, B, C
Ventilatie - geinstalleerde ventilatiecapaciteit	ventilatiedebieten cf. Bouwbesluit
Ventilatie - passieve koeling	geen passieve koelregeling (m.b.v. actuele gemeten binnen- en buitentemperatuur)

RESULTATEN TOjuli

	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Tussenniveau + (glas: g_{gl} = 0,45)	Tussenniveau ++ (triple glas: U_w = 0,80 W/m²K, g_{gl} = 0,45)	Passief bouwen
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)	3,7	4,4	2,7	3,3	3,7
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)	5,4	6,7	4,3	5,3	5,8
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)	7,8	9,5	6,3	7,9	8,4
VARIANT: 'overige belemmering' [3]					
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)	4,7	-			-
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)	6,8	-			-
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)	8,4	-			-
VARIANT: oriëntatie gewijzigd					
Appartement type 1 (tussen NW, 2e verd.)	3,0	-			3,4
Appartement type 2 (hoek-tussen NO-NW, 2e verd.)	3,4	-			4,2
Appartement type 3 (hoek-tussen NO-NW, 6e verd.)	5,0	-			5,7
VARIANT: Steenachtig casco					
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)					3,6
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)					5,8
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)					8,4
VARIANT: zonwerend glas (ggl: 0,3)					
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)					1,9
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)					3,1
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)					4,7
VARIANT: zonwering (screens, zwart/antraciet)					
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)					2,8
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)					4,6
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)					3,9
VARIANT: zonwering + zonwerend glas					
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)					1,4
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)					2,3
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)					1,9
VARIANT: minder glas [2]					
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)					3,1
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)					5,0
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)					6,2
VARIANT: zomernachtkoeling [3]					
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)					1,6
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)					0,6
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)					1,0
VARIANT: vloerkoeling					
Appartement type 1 (tussen ZO, 2e verd.)					0,0
Appartement type 2 (hoek-tussen ZW-ZO, 2e verd.)					0,0
Appartement type 3 (hoek-tussen ZW-ZO, 6e verd.)					0,0

Opmerkingen:

[1] De kozijnen bij de loggia's zouden ingevoerd moeten worden met een 'overige belemmering'. Dit is erg ongunstig voor de TOjuli, omdat er dan voor TOjuli gerekend wordt zonder belemmeringen. Daarom is deze belemmering ingevoerd als een constante overstek. Dit is een realistisere benadering.
[2] Geen glas onder 0,6 m hoogte, andere kozijnen 20% smaller
[3] Zomernachtventilatie: 1,5 m2 bruto doorlaat, 90° openingshoek, dwarsventilatie waar mogelijk.

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

ENERGIECONCEPTEN: NARITAWEG 10

Berekening conform NTA 8800:2020 +A1:2020

PROJECTGEGEVENS

project	Onderzoek aanscherpingsmogelijkheden BENG-eisen
projectnummer	20210189
opdrachtgever	Lente-akkoord
datum	16 juni 2021

UITGANGSPUNTEN

Oriëntatie	voorgevel Zuid
Gebruiksfunctie	Woonfunctie: woongebouw
Gemeenschappelijke ruimten	Gemeenschappelijke verkeersruimte binnen rekenzone
Verhouding A_o/A_g	0,83
BENG-eisen (op gebouwniveau):	
BENG 1: Energiebehoefte	≤ 65,0 kWh/m²
BENG 2: Primair fossiel energiegebruik	≤ 50,0 kWh/m²
BENG 3: Aandeel hernieuwbaar	≥ 40%
Eis TO_{juli} (op appartementniveau)	1,2
Berekeningsprogramma	Uniec 3.0.12.0

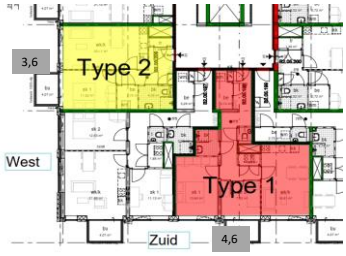
	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Passief bouwen
BOUWKUNDIG			
Begane grondvloer	R_c = 3,70 m²K/W	**R_c = 5,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Vloer boven bergingen	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W
Vloer boven buiten	R_c = 6,30 m²K/W	**R_c = 7,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Gevels	R_c = 4,70 m²K/W	**R_c = 6,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Wand grenzend aan bergingen	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W	R_c = 4,70 m²K/W
Plat dakconstructie	R_c = 6,30 m²K/W	**R_c = 7,00 m²K/W**	**R_c = 10,00 m²K/W**
Beglazing	**HR⁺⁺ glas: U_{vl} = 1,10 W/m²K g_{gl} = 0,6 Ψ_{glas} = 0,08 W/mK**	**HR⁺⁺ glas: U_{vl} = 1,10 W/m²K g_{gl} = 0,6 Ψ_{glas} = 0,04 W/mK**	**Triple glas: U_{vl} = 0,60 W/m²K g_{gl} = 0,45 Ψ_{glas} = 0,046 W/mK**
Kozijn	**houten/kunststof kozijn, U_h = 2,40 W/m²K**	**houten/kunststof kozijn, U_h = 1,20 W/m²K**	**U_h = 0,87 W/m²K**
Glasopeningen (incl. kozijn)	**U_w = 1,6 W/m²K**	**U_w = 1,20 W/m²K**	**U_w = 0,80 W/m²K**
Entreedeur	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	**U_d = 1,4 W/m²K**
Overige deuren	U_d = 1,6 W/m²K	U_d = 1,6 W/m²K	**U_d = 1,4 W/m²K**
Kelder-, kruipruimtewanden boven mv	R_{bw} = 4,70 m²K/W	**R_{bw} = 6,00 m²K/W**	**R_{bw} = 10,00 m²K/W**
Kruipruimteventilatie	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde	forfaitaire ε-waarde
Lineaire thermische bruggen	forfaitair	forfaitair	forfaitair
Puntvormige thermische bruggen	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Verticale leidingen door thermische schil	onbekend	onbekend	onbekend
Infiltratie	**o.b.v. gebouwkenmerken (q_{v10} 0,420 dm³/s·m²)**	**o.b.v. metingen (q_{v10} 0,400 dm³/s·m²)**	**o.b.v. metingen (q_{v10} 0,150 dm³/s·m²)**
Specifieke interne warmtecapaciteit	betonnen wand-vloer met massieve en niet-massieve betonnen vloeren	betonnen wand-vloer met massieve en niet-massieve betonnen vloeren	betonnen wand-vloer met massieve en niet-massieve betonnen vloeren
Buitenzonwering	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig
Zomernachtventilatie	niet aanwezig	niet aanwezig	niet aanwezig

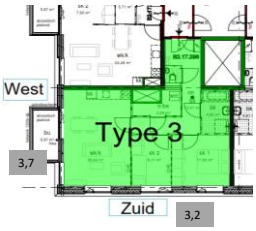
INSTALLATIETECHNISCH

Ventilatie - principe	C.4c natuurlijk toevoer en mechanische afvoer
Ventilatie - specificatie ventilatiesysteem	Duco Silent System NGG met CO2 sensoren in wk en hslpk
Ventilatie - warmteterugwinning	rendement volgens kwaliteitsverklaring
Ventilatie - ventilatoren	forfaitair ventilator vermogen
Ventilatie - toevoerkanaal van buiten naar WTW toestel	n.v.t.
Ventilatie - luchtdichtheidsklasse ventilatiekanalen	LUKA A, B, C
Ventilatie - geïnstalleerde ventilatiecapaciteit	ventilatiedebieten cf. Bouwbesluit
Ventilatie - passieve koeling	geen passieve koelregeling (m.b.v. actuele gemeten binnen- en buitentemperatuur)

RESULTATEN TOjuli

	Bouwbesluitniveau	Tussenniveau	Tussenniveau+ (glas: g_{gl} = 0,45)	Tussenniveau ++ (triple glas: U_w = 0,80 W/m²K, g_{gl} = 0,45)	Passief bouwen
Appartement type 1 (tussen Z, 5e verd.)	4,6	5,3	3,3	4,1	4,4
Appartement type 2 (tussen W, 5e verd.)	3,6	4,1	2,5	3,0	3,2
Appartement type 3 (hoek-tussen Z-W, 5e verd.)	3,7	4,6	2,8	3,4	3,8
VARIANT: oriëntatie gewijzigd					
Appartement type 1 (tussen N, 5e verd.)	1,8				1,8
Appartement type 2 (tussen O, 5e verd.)	3,2				2,9
Appartement type 3 (hoek-tussen N-O, 5e verd.)	3,2				3,3
VARIANT: CLT casco					
Appartement type 1 (tussen Z, 5e verd.)					4,5
Appartement type 2 (tussen W, 5e verd.)					3,3
Appartement type 3 (hoek-tussen Z-W, 5e verd.)					3,8
VARIANT: zonwerend glas (ggl: 0,3)					
Appartement type 1 (tussen Z, 5e verd.)					2,2
Appartement type 2 (tussen W, 5e verd.)					1,6
Appartement type 3 (hoek-tussen Z-W, 5e verd.)					1,8
VARIANT: zonwering (screens, zwart/antraciet)					
Appartement type 1 (tussen Z, 5e verd.)					1,1
Appartement type 2 (tussen W, 5e verd.)					1,1
Appartement type 3 (hoek-tussen Z-W, 5e verd.)					1,2
VARIANT: minder glas [2)]					
Appartement type 1 (tussen Z, 5e verd.)					3,5
Appartement type 2 (tussen W, 5e verd.)					2,6
Appartement type 3 (hoek-tussen Z-W, 5e verd.)					3,6
VARIANT: zomernachtkoeling					
Appartement type 1 (tussen Z, 5e verd.)					1,7
Appartement type 2 (tussen W, 5e verd.)					1,0
Appartement type 3 (hoek-tussen Z-W, 5e verd.)					0,3
VARIANT: vloerkoeling					
Appartement type 1 (tussen Z, 5e verd.)					0,0
Appartement type 2 (tussen W, 5e verd.)					0,0
Appartement type 3 (hoek-tussen Z-W, 5e verd.)					0,0





Opmerkingen:

[1)] Toelichting appartementen: type 1 en 2 hebben geen overstek van een bovenliggende bouwlaag. Type 3 heeft op de west-gevel een overstek van het bovenliggende balkon.

[2)] Alle kozijnen zijn iets minder hoog gemaakt.