

Themagroep MPG ZEN platform

De MPG van NOM-, BENG- en ZEN-woningen

Status	definitief
Versie	002
Rapport	B.2017.0053.00.R001
Datum	1 november 2017

Colofon

Opdrachtgever	Lente-akkoord (NEPROM, Bouwend Nederland, NVB en Aedes), NVTB & Stichting MRPI Westeinde 28 2275 AE VOORBURG
Contactpersoon	mevrouw drs. H. Visser 079 3 252 105
Project Betreft Uw kenmerk	Platform ZEN / Themagroep MPG Themagroep MPG -
Rapport Datum Versie Status	B.2017.0053.00.R001 1 november 2017 002 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Bouw B.V. Casuariestraat 5 2511 VB Den Haag Postbus 370 2501 CJ Den Haag
Informatie	ir. M. (Marieke) Nijland - Huinen 088 346 76 56 mny@dgmr.nl
Auteur	ir. M. (Marieke) Nijland - Huinen 088 346 76 56 mny@dgmr.nl
Verantwoordelijk	ir. I.M. (Ieke) Kuijpers - van Gaalen MBA 088 346 75 68 ga@dgmr.nl
Verwerkt door	MNY APT SBA

Inhoud

1. Inleiding	4
1.1 Doel en opzet studie	4
2. Wet- en regelgeving	6
2.1 Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken	6
2.2 Bouwbesluit 2018	7
2.3 NMD versie 1.8 en NMD versie 2.0	7
3. Resultaten vragenlijsten	8
3.1 Ervaring van de MPG-rekenaars	8
3.2 Software en achtergronddocumenten	8
3.3 Het maken van een MPG-berekening	8
3.4 Wat is er volgens de invullers nog nodig voordat de MPG-eis ingevoerd kan worden	8
3.5 Conclusies vragenlijsten	9
4. Voorbeeldprojecten	10
4.1 Conclusies voorbeeldprojecten	24
4.2 DPG	26
5. Variantenstudie	27
6. Resultaten variantenstudie	30
6.1 Geometrie	30
6.2 Isolatie-niveau	31
6.3 Installatievarianten	32
6.4 PV-varianten	33
6.5 Conclusies varianten	33
6.6 Conclusies varianten NMD 2.0	34
7. Effect nieuwe database (NMD 2.0) op resultaten	35
8. Conclusies en aanbevelingen	37
8.1 Conclusies	37
8.2 Aanbevelingen	37
9. Literatuurlijst	39

Bijlagen

Bijlage 1	Deelnemerslijst themagroep MPG
Bijlage 2	Vragenlijst
Bijlage 3	Resultaten variantenstudie
Bijlage 4	Tekeningen aangeleverde projecten

1. Inleiding

De Milieuprestatieberekening Gebouw (MPG) geeft aan wat de milieubelasting is van de materialen die in een gebouw zijn toegepast van wieg tot graf. Vanaf 1 januari 2018 is bij iedere vergunningaanvraag voor nieuwe woningen niet alleen het aanleveren van een MPG verplicht, maar moet deze ook voldoen aan de maximale grenswaarde van 1 euro per vierkante meter BVO per jaar.

In de aanloop naar dit moment heeft de themagroep MPG van het Platform ZEN in kaart gebracht welke effecten de grenswaarde van de MPG heeft op het ontwerp van woningen en hoe Bijna EnergieNeutrale Gebouwen (BENG) en Zeer Energiezuinige Nieuwbouw (ZEN) en de MPG zich tot elkaar verhouden. Ervaringen uit de markt waren hierbij essentieel. Deze ervaringen zijn verzameld in de themagroep MPG. De themagroep bestond uit deelnemers van corporaties, ontwikkelaars en bouwbedrijven die alle ervaring hebben met zeer energiezuinige nieuwbouw (zie bijlage 1).

Het onderzoek is gebaseerd op de Nederlandse bouw- en regelgeving. Voor het onderdeel BENG is uitgegaan van de concept-eisen en de voorlopige BENG-methodiek.

1.1 Doel en opzet studie

Het doel van de themagroep MPG was tweeledig:

- 1 In kaart brengen wat de impact is van zeer energiezuinige (ZEN) woningbouw of van woningen die voldoen aan de concept BENG-eisen op de MPG. Is de voorgestelde MPG-eis van € 1,0 /m² BVO/jaar haalbaar voor ZEN/BENG-woningen?
- 2 Ervaringen verzamelen met MPG tot nu toe. Zijn er onduidelijkheden in de methodiek? Zijn alle veelvoorkomende materialen beschikbaar in de database?

Om antwoord te krijgen op bovenstaande vragen is de volgende aanpak gevolgd:

- 1 Impact ZEN/BENG op de MPG:
 - a Verzamelen gegevens van zeven daadwerkelijk gerealiseerde woningbouwprojecten, inclusief de EPC- en MPG-berekening. Deze projecten zijn opgenomen in hoofdstuk 4.
 - b Voor deze zeven projecten is, indien nodig, een BENG-variant bepaald.
 - c Analyseren hoe deze projecten scoren op MPG, EPG en DPG. Zijn hier al opvallende zaken uit te concluderen? Zie hoofdstuk 4.
 - d Vervolgens zijn vier verschillende woningtypen geselecteerd voor een variantenstudie. De opzet van de variantenstudie is opgenomen in hoofdstuk 5. De resultaten van de variantenstudie zijn opgenomen in hoofdstuk 6.
- 2 Ervaringen met de MPG-methodiek
 - a Opstellen van een vragenlijst voor MPG-rekenaars.
 - b Voor vijf van de zeven projecten is de vragenlijst door de opsteller van de MPG-berekening van het project ingevuld.
 - c De ervaringen zijn verzameld en in hoofdstuk 3 van deze rapportage opgenomen.

Alle berekeningen in dit rapport zijn gemaakt met NMD versie 1.8. Inmiddels is NMD versie 2.0 beschikbaar. Deze leidt tot hogere uitkomsten. Om hiervoor te corrigeren heeft BZK aangekondigd dat er een correctie op de resultaten toegepast mag worden.

De conclusies en aanbevelingen van het ervaringenonderzoek worden verstrekt aan de SBK en de softwareleveranciers.

tabel 1: begrippenlijst

Term	Omschrijving	Eenheid (en eis)
BENG	Bijna Energieneutrale Gebouwen	
BENG-1	Maximale energiebehoefte	< 25,0 kWh/m ² Ag (concept-eis woningen)
BENG-2	Maximaal energiegebruik	< 25,0 kWh/m ² Ag (concept-eis woningen)
BENG-3	Minimale aandeel hernieuwbare energie	> 50 % (concept-eis)
MPG	Milieuprestatiegetal, dit is de milieubelasting t.g.v. het bouwen van een gebouw. Hierin is dus niet het jaarlijkse energiegebruik opgenomen.	< € 1,0 /m ² BVO/jaar
EPG	Energieprestatie Gebouw. Hiermee wordt de milieubelasting van het energiegebruik op jaarbasis van een gebouw beoordeeld.	Eis voor woningen: 0,4 [-]
DPG	Duurzaamheidsprestatiegetal. Dit is een combinatie van de milieubelasting van zowel de materialen gebruikt voor het bouwen van het gebouw als van het jaarlijkse energiegebruik van het gebouw. Zie voor meer informatie het rapport 'Kwaliteit door Integrale evaluatie van Energie-en Milieuprestaties van gebouwen' [4]	
NOM	Nul-op-de-meter	
ZEN	Zeer energiezuinige nieuwbouw	
NMD	Nationale Mileudatabase, hierin is informatie over de milieueffecten (LCA-data) van bouwproducten opgenomen. De NMD wordt beheerd door de Stichting Bouwkwiteit (SKB) zie www.milieudatabase.nl	
Ag	Gebruiksoppervlak conform NEN 2580	m ²
BVO	Bruto vloeroppervlak conform NEN 2580	m ²
qv10	Karakteristieke luchtdichtheid	dm ³ /s*m ²
PV-panelen	Zonnepanelen	

2. Wet- en regelgeving

Voordat wij ingaan op de resultaten van het onderzoek volgt in dit hoofdstuk eerst een toelichting op het wettelijke kader en de bijbehorende documenten.

Sinds 1 januari 2013 is in afdeling 5.2 van Bouwbesluit 2012 voor nieuwbouw opgenomen dat ‘de uitstoot van broeikasgassen en de uitputting van grondstoffen gekwantificeerd moet zijn volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen (MPG) en GWW-werken’. De verplichting geldt voor woonfuncties, uitgezonderd woonwagens, en voor kantoorgebouwen. Bij het aanvragen van een omgevingsvergunning van het bouwen van woningen en kantoren dient daarom een MPG-berekening aangeleverd te worden.

Tot op heden is er nog geen eis gesteld aan de hoogte van de MPG. Het ministerie van BZK zal per 1 januari 2018 een daadwerkelijke eis aan de MPG op nemen in het Bouwbesluit. Deze eis is naar aanleiding van onder andere het onderzoek van WE-adviseurs vastgesteld op € 1,0 per m² BVO/jaar voor alle woningtypen. Hierin staat € voor de schaduwprijs van alle materialen van het gebouw.

Het jaarlijkse energiegebruik is geen onderdeel van de MPG en de schaduwprijs. De schaduwprijs is: ‘Een theoretische schatting van kosten die gemaakt moeten worden om milieuschade te voorkomen/verhelpen.’ (GPR Gebouw, 2016). De schaduwprijs wordt gedeeld door het aantal vierkante meter bruto vloeroppervlak en het aantal levensjaren van het gebouw. Op deze manier kunnen gebouwen onderling vergeleken worden.

2.1 Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken

In de Regeling Bouwbesluit wordt als bepalingmethode voor de MPG verwezen naar de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken (Bepalingsmethode) [1], waarmee is bedoeld ‘de Berekeningswijze voor het bepalen van de milieuprestatie van gebouwen en GWW-werken gedurende hun gehele levensduur, gebaseerd op de levenscyclusanalyse methode (LCA-CML2) van 1 november 2011’. Inmiddels is er een nieuwere versie van november 2014, maar hier is de Regeling Bouwbesluit nog niet op aangepast.

De Bepalingsmethode is ontwikkeld om de materiaalgebonden milieuprestatie van gebouwen (MPG) en GWW-werken over hun hele levenscyclus eenduidig en controleerbaar te berekenen.

De Bepalingsmethode geeft de (reken)regels voor de manier waarop de MPG berekend moet worden uit de milieudata van de verschillende bouwproducten en gebouwonderdelen. Deze milieudata is opgenomen in de nationale milieudatabase (NMD). Door het vaststellen van de uniforme Bepalingsmethode in combinatie met de NMD leveren de verschillende rekenprogramma's die op de markt zijn voor het bepalen van de MPG in principe dezelfde uitkomsten. Zowel de Bepalingsmethode als de NMD zijn ontwikkeld door de Stichting Bouwkwiteit (SBK).

De volgende rekenprogramma's zijn op de markt voor het berekenen van de MPG van gebouwen:

- DGBC-materialentool
- GPR Gebouw/GPR Bouwbesluit
- MRPI MPG software

In bijlage D van de Bepalingsmethode is opgenomen welke onderdelen van een gebouw minimaal meegenomen moeten worden bij de bepaling van de MPG.

De referentielevensduur voor woningen is 75 jaar. Het ‘Richtsnoer specifieke gebouwlevensduur’ [2], geeft aanwijzingen voor het onderbouwd afwijken van de referentielevensduur.

De Bepalingsmethode geeft uitgebreide rekenregels die onder andere nodig zijn voor de makers van de MPG-software. Voor de opstellers van MPG-berekeningen gaat de Bepalingsmethode echter te diep. Daarom is de 'Gids invoer Milieuprestatieberekening' [3] opgesteld naar aanleiding van de Green Deal Milieuprestatie Gebouwen. De Gids biedt praktische tips en aanwijzingen voor het maken van een MPG-berekening.

2.2 Bouwbesluit 2018

De MPG-eis van € 1,0 /m² BVO/jaar zal gaan gelden voor alle woningtypen en voor de situatie waarin wordt voldaan aan de EPC-eis uit het Bouwbesluit. Zeer energiezuinige (ZEN) of nul-op-de-meter (NOM) woningen hebben een EPC die aanzienlijk lager is dan de EPC-eis. Bij deze woningen mag dus een deel van de voorzieningen weggelaten worden in de MPG-berekening. Welk deel weggelaten mag worden wordt niet voorgeschreven en is dus een vrije keuze van de aanvrager van de vergunning.

Een voorbeeld: een NOM-woning is voorzien van 20 PV-panelen en heeft hierdoor een EPC van - 0,36. Voor een EPC van 0,4 zijn maar 4 PV-panelen nodig voor deze woning. Voor de MPG-berekening voor de omgevingsvergunningsaanvraag hoeven alleen de 4 PV-panelen meegenomen te worden.

Aandachtspunt voor de toekomst is de voorgenomen nieuwe Omgevingswet. In het voorstel dat er ligt krijgen gemeenten de vrijheid om lokaal strengere eisen te stellen. Hierbij is het belangrijk dat gemeenten niet onbedoeld dubbele strengere eisen gaan stellen. Bijvoorbeeld door een lagere EPC dan het wettelijke minimum te eisen, bij een gelijke MPG-eis. Dat betekent dan door de waarschijnlijk grotere hoeveelheid benodigde PV-panelen impliciet ook een verzwaring van de MPG. De invoering van de Omgevingswet is voorlopig tot nader order uitgesteld.

2.3 NMD versie 1.8 en NMD versie 2.0

De eis van € 1,0 /m² BVO/jaar is vastgesteld aan de hand van de NMD versie 1.8. Alle berekeningen in dit onderzoek zijn ook uitgevoerd met NMD versie 1.8. Halverwege dit onderzoek, eind juni 2017 is er een nieuwe versie van de NMD van kracht geworden, namelijk versie 2.0. Inmiddels is gebleken dat de resultaten van NMD versie 2.0 hoger uitkomen dan met versie 1.8. Om daarvoor te corrigeren heeft de overheid besloten om bij de invoering van de MPG-eis van € 1,0 /m² BVO/jaar een overgangsbepaling op te nemen om deze impliciete aanscherping te voorkomen. In deze overgangsbepaling zal staan dat er een correctiefactor toegepast mag worden van € 0,4 m² BVO/jaar op de berekende MPG berekend met NMD 2.0. Dit betekent dat een woning met een MPG van € 1,20 m² BVO/jaar (berekend met NMD 2.0), gecorrigeerd wordt met 0,4 naar € 0,8 m² BVO/jaar. Deze € 0,8 m² BVO/jaar moet vervolgens getoetst worden aan de eis, waarmee de woning dus voldoet aan de voorgenomen eis.

In hoofdstuk 6 en 7 van dit rapport zijn ter informatie ook de resultaten van NMD 2.0 database opgenomen (naast de resultaten van de NMD 1.8 versie).

3. Resultaten vragenlijsten

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste ervaringen van de MPG-rekenaars opgenomen. De vragenlijst is opgenomen in bijlage 2.

3.1 Ervaring van de MPG-rekenaars

De ervaring van de MPG-rekenaars varieert van enkele berekeningen tot tientallen berekeningen. Lang niet alle gemeenten vragen al om een MPG-berekening bij de aanvraag voor een omgevingsvergunning.

De Bepalingsmethode en de Gids invoer Milieuprestatieberekening zijn niet bij iedereen bekend. Dit is niet positief voor de kwaliteit van MPG-berekeningen, aangezien de Bepalingsmethode en de Gids beschrijven hoe een MPG opgesteld moet worden en welke onderdelen er verplicht aanwezig moeten zijn. De documenten zijn ook niet zo eenvoudig te vinden op internet.

3.2 Software en achtergronddocumenten

De MPG-rekenaars geven aan dat de achtergronddocumenten, de Bepalingsmethode en de Gids, uitgewerkt zouden moeten worden tot een norm net als bij de EPC. De opstellers vinden de Bepalingsmethode onvoldoende duidelijk om een goede MPG op te kunnen stellen. De 'Gids invoer Milieuprestatieberekening' biedt wel betere handvatten dan de Bepalingsmethode. Dit zou alleen nog genormaliseerd moeten worden, zodat de kans op verschillende interpretaties afneemt. De kwaliteit en de eenduidigheid van de MPG-berekeningen zal hierdoor toenemen.

Er zijn nu vaak meerdere interpretaties mogelijk. Zo is het bijvoorbeeld niet duidelijk of terreinverharding wel of niet meegenomen moet worden in de MPG-berekening. De Bepalingsmethode zegt van wel, de Gids zegt van niet.

Zowel GPR, de DGBC-tool als de MRPI-tool worden gebruikt door de MPG-rekenaars.

3.3 Het maken van een MPG-berekening

De MPG-rekenaars lopen er regelmatig tegenaan dat lang niet alle materialen die in een woning aanwezig zijn, zijn opgenomen in de database. Materialen of constructies die niet opgenomen zijn in de database probeert men zo goed mogelijk te benaderen. Het probleem is echter dat hier geen eenduidige handleiding voor is. Daarnaast is het van de materialen die wel in de database zijn opgenomen niet altijd duidelijk hoe de samenstelling precies is. Dit maakt het benaderen van materialen door schalen of door zelf samenstellen lastiger.

De softwarepakketten bieden geen mogelijkheid om zelf een constructie samen te stellen. Dit is wel wenselijk.

3.4 Wat is er volgens de invullers nog nodig voordat de MPG-eis ingevoerd kan worden

- Eerst moet er meer onderzoek gedaan worden naar de MPG van verschillende woningtypen en van speciale woningen, bijvoorbeeld ZEN of NOM-woningen.
- Sommige MPG-rekenaars zouden graag een eis zien per woningtype of een correctie op de MPG voor het woningtype.
- De database zou flink uitgebreid moeten worden. Veel materialen zijn nog niet aanwezig en de mogelijkheden voor zelf samenstellen zijn beperkt.
- Er moet meer informatie in de database opgenomen worden over de materialen. Bijvoorbeeld welke onderdelen allemaal meegenomen zijn, welke dikte de verschillende onderdelen hebben, etc. Op die manier wordt het schalen van materialen beter mogelijk.

- Daarnaast moet er bij voorkeur meer eenduidigheid komen in de eenheden van de materialen in de database. Sommige materialen moeten per strekkende meter ingevoerd worden, sommige per vierkante meter en andere weer per m² BVO. Dit is niet altijd even duidelijk.
- Er moet vastgelegd worden hoe omgegaan moet worden met casco-woningen.
- Er moeten duidelijkere eisen komen voor de manier waarop materialen in de database opgenomen moeten worden. Welke onderdelen van bijvoorbeeld een kozijn moeten allemaal meegenomen worden bij het bepalen van de milieukosten van dat kozijn. Dat is gedeeltelijk al vastgelegd, maar ook daar zijn interpretatieverschillen mogelijk. Hierdoor is een eerlijk vergelijking tussen verschillende materialen niet altijd mogelijk.

3.5 Conclusies vragenlijsten

Uit de verzamelde vragenlijsten blijkt dat het begin goed is, maar dat er nog het nodige verbeterd moet worden om de kwaliteit van de MPG-berekeningen naar een hoger niveau te tillen. De volgende verbeteringen zijn nodig:

- Uitbreiden en verduidelijken van de (materialen in de) database.
- Duidelijkere eisen vastleggen voor de manier waarop materialen in de database opgenomen moeten worden.
- Afstemmen en normaliseren van de achtergronddocumenten.
- Alle documenten verzamelen op een plaats en de vindbaarheid vergroten.

4. Voorbeeldprojecten

De deelnemers aan de themagroep MPG hebben zeven recente ZEN of NOM-projecten aangeleverd. In tabel 2 tot en met 8 zijn in het kort de eigenschappen van deze zeven voorbeeldprojecten opgenomen, inclusief de bijbehorende BENG-, MPG en DPG-waarden, zie voor een toelichting de begrippenlijst in hoofdstuk 1. Ook is er een afbeelding van de projecten opgenomen en onder de afbeelding een diagram van de verdeling van de milieukosten over de verschillende onderdelen.

Voor elk van de zeven projecten zijn steeds de volgende drie varianten opgenomen:

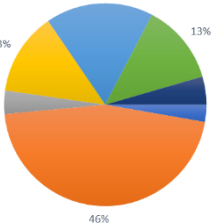
- De uitgangssituatie (= het project zoals het aangeleverd is).
- Een BENG-variant, waarbij de uitgangspunten voor de EPC zo zijn aangepast dat er net aan de drie BENG-indicatoren voldaan wordt.
- Een BENG + NOM-variant, waarbij net aan BENG-1 voldaan wordt en de EPC weer terug is gebracht op de EPC van de uitgangssituatie. Deze variant voldoet aan de BENG-eisen en de woning is NOM of EPC 0.

In de kolom 'eigenschappen' is steeds groen gemarkeerd wat de wijzigingen zijn ten opzichte van de uitgangssituatie. In de kolom 'Project & kenmerken' is met rood aangegeven als een waarde niet voldoet aan de eisen en met groen als een waarde wel voldoet aan de eisen.

De aangeleverde projecten zijn niet ontworpen met BENG en/of de MPG als uitgangspunt. Alle aangeleverde woningen voldoen ruim aan de huidige EPC-eis van 0,4.

De MPG's van de aangeleverde woningen zijn berekend met NMD versie 1.8. Naast de MPG-waarde is in de onderstaande tabellen ook de DPG waarde (Duurzaamheids Prestatie van Gebouwen) weergegeven. De DPG is een combinatie van de milieuprestatie van de in de woning toegepaste materialen én het jaarlijkse energiegebruik. De DPG is nog geen officiële rekenmethode, de waarden zijn hier ter informatie opgenomen.

tabel 2: tussenwoning hoge dakgoot

Project & kenmerken	Eigenschappen	Afbeelding																
1. Tussenwoning Ca. 117 m² Huurwoningen (vrije sector) EPC: 0,00 MPG: 0,56 €/ m² BVO per jaar DPG: -0,51 €/ m² BVO per jaar BENG-1: 37,6 kWh/m² BENG-2: 28,7 kWh/m² BENG-3: 51%	Rc vloer/gevel/dak: 5,0/4,6/7,0 (Bouwbesluit+), natuurlijke toevoer en mechanische afvoer met CO₂-sturing (C.4a), HR-combiketel, doucheWTW en 18 PV-panelen, 4950 Wp Materialen: houten kozijnen, HR++ glas (Uraam 1,37), betonnen vloeren en binnenblad, metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	 <table><thead><tr><th>Component</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>inrichting</td><td>17%</td></tr><tr><td>installaties</td><td>13%</td></tr><tr><td>daken</td><td>4%</td></tr><tr><td>vloeren</td><td>3%</td></tr><tr><td>binnenwanden</td><td>46%</td></tr><tr><td>gevels</td><td>13%</td></tr><tr><td>fundering</td><td>4%</td></tr></tbody></table>	Component	Percentage	inrichting	17%	installaties	13%	daken	4%	vloeren	3%	binnenwanden	46%	gevels	13%	fundering	4%
Component	Percentage																	
inrichting	17%																	
installaties	13%																	
daken	4%																	
vloeren	3%																	
binnenwanden	46%																	
gevels	13%																	
fundering	4%																	

BENG-variant		
1. Tussenwoning Ca. 117 m ² Huurwoningen (vrije sector) EPC: -0,02 MPG: 0,55 €/m ² BVO per jaar DPG: -0,25 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 24,8 kWh/m ² BENG-2: 23,1 kWh/m ² BENG-3: 50%	Rc vloer/gevel/dak: 5,0/8,0/10,0 (Passiefhuis), zonwering O&W, qv10 = 0,15, natuurlijke toevoer en mechanische afvoer met CO ₂ -sturing (C.4a), HR-combiketel, doucheWTW en 14 PV-panelen, 3850 Wp Materialen: houten kozijnen, triple glas (Uraam 0,8), betonnen vloeren en binnenblad, metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	
BENG + NOM-variant		
2. Tussenwoning Ca. 117 m ² Huurwoningen (vrije sector) EPC: - 0,01 MPG: 0,56 €/m ² BVO per jaar DPG: -0,32 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 24,7 kWh/m ² BENG-2: 21,3 kWh/m ² BENG-3: 53 %	Rc vloer/gevel/dak: 5,0/8,0/10,0 (Passiefhuis), zonwering O&W, qv10 = 0,15, natuurlijke toevoer en mechanische afvoer met CO ₂ -sturing (C.4a), HR-combiketel, doucheWTW en 15 PV-panelen, 4125 Wp Materialen: houten kozijnen, triple glas (Uraam 0,8), betonnen vloeren en binnenblad, metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	

Project 1 is een EPC 0 tussenwoning met twee volledige verdiepingen en een hellend dak. De materialisering van de woning is standaard.

In de uitgangssituatie voldoet de woning niet aan de BENG-1 en de BENG-2 eis. Om aan de BENG-1 eis te voldoen is het isolatieniveau verbeterd naar passiefhuisniveau inclusief triple glas en een zeer goede luchtdichtheid. Ook is er buitenzonwering toegepast op de voor- en achtergevel (oost en west).

Door de extra energiebesparende maatregelen zijn er minder PV-panelen nodig, zowel voor de BENG-variant als voor de BENG + NOM-variant. De MPG's van de drie varianten zijn vrijwel gelijk. Bij deze woning worden de extra milieukosten van de energiebesparende maatregelen dus gecompenseerd door het lagere aantal PV-panelen dat nodig is. Dit is ook te zien in de cirkeldiagrammen: het aandeel van de installaties is bij de BENG en de BENG + NOM-variant lager dan bij de uitgangsvariant, terwijl het aandeel van de gevels juist hoger is.

De MPG voldoet bij alle varianten ruim aan de eis van 1,0.

tabel 3: hoekwoning lage dakgoot

Project & kenmerken	Eigenschappen	Afbeelding
2. Hoekwoning Ca. 91 m ² Huurwoningen (sociale huur) EPC: - 0,11 MPG: 0,93 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,54 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 28,9 kWh/m ² BENG-2: - 13,9 kWh/m ² BENG-3: 125%	Rc vloer/gevel/dak: 8,0/8,0/8,0 mechanische toe- en afvoer (D.2b2), elektrische verwarming (infrarood stralingspanelen) en elektroboiler, en 28 PV-panelen, 7840 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 1,0), betonnen vloeren en binnenblad, metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	
BENG-variant		
2. Hoekwoning Ca. 91 m ² Huurwoningen (sociale huur) EPC: 0,19 MPG: 0,80 €/m ² BVO per jaar DPG: 1,40 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 25,0 kWh/m ² BENG-2: 22,8 kWh/m ² BENG-3: 67%	Rc vloer/gevel/dak: 8,0/8,0/10,0, zonwering ZW, mechanische toe- en afvoer (D.2b2), elektrische verwarming (infrarood stralingspanelen) en elektroboiler, en 18 PV-panelen, 5040 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 1,0), betonnen vloeren en binnenblad, metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	
BENG + NOM-variant		
2. Hoekwoning Ca. 91 m ² Huurwoningen (sociale huur) EPC: - 0,11 MPG: 0,92 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,54 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 25,0 kWh/m ² BENG-2: - 13,8 kWh/m ² BENG-3: 125 %	Rc vloer/gevel/dak: 8,0/8,0/10,0, zonwering ZW, mechanische toe- en afvoer, elektrische verwarming (infrarood stralingspanelen) en elektroboiler, en 27 PV-panelen, 7560 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 1,0), betonnen vloeren en binnenblad, metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	

Project 2 is een relatief kleine NOM-hoekwoning met een lage dakgoot en een hellend dak. De materialisering van de woning is standaard.

In de uitgangssituatie voldoet de woning niet aan de BENG-1 eis. De woning voldoet ruimschoots aan de BENG-2 en de BENG-3 eis vanwege het grote aantal PV-panelen dat is toegepast om de woning nul-op-de-meter te maken. Om aan de BENG-1 eis te voldoen is het isolatieniveau van het dak verbeterd. Ook is er buitenzonwering toegepast op de voorgevel (zuidwest).

Voor de BENG-variant zijn veel minder PV-panelen nodig dan voor de nul-op-de-meter uitgangssituatie. De MPG van de BENG-variant is dan ook aanzienlijk lager. Wanneer de EPC weer wordt teruggebracht naar de nul-op-de-meter waarde van de uitgangssituatie (de BENG + NOM-variant) is de MPG weer ongeveer gelijk aan die van de uitgangssituatie. Bij deze woning wordt de MPG dus voor een groot deel bepaald door het NOM-karakter met de bijbehorende grote hoeveelheid PV-panelen.

De MPG voldoet bij alle varianten aan de eis van 1,0. Bij de uitgangssituatie en bij de BENG+NOM-variant komt de MPG wel in de buurt van de eis van 1,0 door de grote hoeveelheid PV-panelen.

tabel 4: EPC 0 2^1-kapwoning

Project & kenmerken	Eigenschappen	Afbeelding
3. 2^1-kapwoning Ca. 160 m ² Koopwoningen EPC: 0,03 MPG: 0,45 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,50 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 30,8 kWh/m ² BENG-2: - 3,8 kWh/m ² BENG-3: 109,2%	Rc vloer/gevel/dak: 4,0/4,5/6,0 (Bouwbesluitniveau), uitgebreide lineaire koudebruggen, mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), combiwarmtepomp met gesloten bron, doucheWTW en 15 PV-panelen, 3985 Wp Materialen: houten kozijnen, triple glas (Uraam 1,0), betonnen vloeren, metselwerk spouwmuur Levensduur: 75 jaar	
BENG-variant		
3. 2^1-kapwoning Ca. 160 m ² Koopwoningen EPC: 0,24 MPG: 0,39 €/m ² BVO per jaar DPG: 1,02 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 24,9 kWh/m ² BENG-2: 24,0 kWh/m ² BENG-3: 54,9%	Rc vloer/gevel/dak: 4,0/6,0/6,0, uitgebreide lineaire koudebruggen, zonwering ZO , mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), combiwarmtepomp met gesloten bron, doucheWTW en 5 PV-panelen, 1328 Wp Materialen: houten kozijnen, triple glas (Uraam 1,0), betonnen vloeren, metselwerk spouwmuur Levensduur: 75 jaar	
BENG + NOM-variant		
3. 2^1-kapwoning Ca. 160 m ² Koopwoningen EPC: 0,01 MPG: 0,47 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,49 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 24,9 kWh/m ² BENG-2: - 4,6 kWh/m ² BENG-3: 111,8%	Rc vloer/gevel/dak: 4,0/6,0/6,0, uitgebreide lineaire koudebruggen, zonwering ZO , mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), combiwarmtepomp met gesloten bron, doucheWTW en 15 PV-panelen, 3985 Wp Materialen: houten kozijnen, triple glas (Uraam 1,0), betonnen vloeren, metselwerk spouwmuur Levensduur: 75 jaar	

Project 3 is een EPC 0 2¹-kapwoning met een hellend dak met lage goot. De materialisering van de woning is standaard.

In de uitgangssituatie voldoet de woning niet aan de BENG-1 eis. De woning voldoet ruimschoots aan de BENG-2 en de BENG-3 eis vanwege de combinatie van een warmtepompsysteem met bodemopslag en de PV-panelen. Om aan de BENG-1 eis te voldoen is het isolatieniveau van de gevel verbeterd. Ook is er buitenzonwering toegepast op de achtergevel (zuidoost).

Voor de BENG-variant zijn er relatief weinig PV-panelen nodig. Dit komt voor een klein deel door de extra energiebesparende maatregelen om BENG-1 te behalen, maar voor een groot deel door het warmtepompsysteem. De MPG van de BENG-variant is dan ook lager dan de MPG van de uitgangssituatie. Wanneer de EPC weer wordt teruggebracht naar de nul-op-de-meter waarde van de uitgangssituatie (de BENG + NOM-variant) is de MPG weer ongeveer gelijk aan die van de uitgangssituatie. Bij deze woning wordt de MPG dus voor een groot deel bepaald door het NOM-karakter met de bijbehorende grote hoeveelheid PV-panelen.

De MPG voldoet bij alle varianten ruim aan de eis van 1,0.

tabel 5: nul-op-de-meter eenlaags hoekwoning

Project & kenmerken	Eigenschappen	Afbeelding
4. Eenlaags seniorenhoekwoning Ca. 67 m ² Aardbevingsbestendig EPC: - 0,35 MPG: 0,96 €/m ² BVO per jaar DPG: -0,60 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 37,6 kWh/m ² BENG-2: - 34,5 kWh/m ² BENG-3: 153,7%	Rc vloer/gevel/dak: 3,5/6,0/6,0 (Bouwbesluit+), mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), combiwarmtepomp buitenlucht, en 20 PV-panelen, 5440 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 1,1), betonnen vloeren, HSB gevel en dak Levensduur: 75 jaar	
BENG-variant		
4. Eenlaags seniorenhoekwoning Ca. 67 m ² Aardbevingsbestendig EPC: 0,18 MPG: 0,72 €/m ² BVO per jaar DPG: 1,47 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 24,6 kWh/m ² BENG-2: 23,6 kWh/m ² BENG-3: 65,8%	Rc vloer/gevel/dak: 5,0/8,0/12,0 (Passiefhuis), zonwering Z, mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), combiwarmtepomp buitenlucht, en 7 PV-panelen, 1931 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 1,1), betonnen vloeren, HSB gevel en dak Levensduur: 75 jaar	
BENG +NOM- variant		
4. Eenlaags seniorenhoekwoning Ca. 67 m ² Aardbevingsbestendig EPC: - 0,35 MPG: 0,98 €/m ² BVO per jaar DPG: -0,57 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 24,6 kWh/m ² BENG-2: - 34,3 kWh/m ² BENG-3: 162,8%	Rc vloer/gevel/dak: 5,0/8,0/12,0 (Passiefhuis), zonwering Z, mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), combiwarmtepomp buitenlucht, en 19 PV-panelen, 5168 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 1,1), betonnen vloeren, HSB gevel en dak Levensduur: 75 jaar	

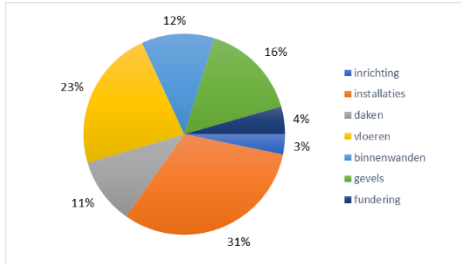
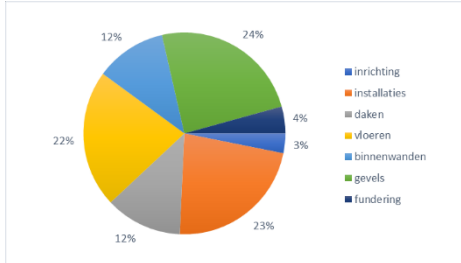
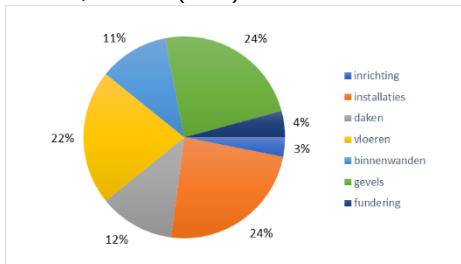
Project 4 is een relatief kleine NOM-hoekwoning van een bouwlaag met een plat dak. De woning is opgebouwd uit een houtskeletbouw gevel en dak.

In de uitgangssituatie voldoet de woning niet aan de BENG-1 eis. De woning voldoet ruimschoots aan de BENG-2 en de BENG-3 eis vanwege het grote aantal PV-panelen dat is toegepast om de woning nul-op-de-meter te maken. Om aan de BENG-1 eis te voldoen is het isolatieniveau van de gevel en het dak aanzienlijk verbeterd. Ook is er buitenzonwering toegepast op de achtergevel (zuid).

Voor de BENG-variant zijn veel minder PV-panelen nodig dan voor de nul-op-de-meter uitgangssituatie. De MPG van de BENG-variant is dan ook aanzienlijk lager. Wanneer de EPC weer wordt teruggebracht naar de nul-op-de-meter waarde van de uitgangssituatie (de BENG + NOM-variant) is de MPG weer ongeveer gelijk aan die van de uitgangssituatie. Bij deze woning wordt de MPG dus voor een groot deel bepaald door het NOM-karakter met de bijbehorende grote hoeveelheid PV-panelen. De extra milieubelasting als gevolg van de hogere isolatie om aan BENG-1 te voldoen bij de BENG+NOM-variant wordt gecompenseerd door het feit dat er dan één PV-paneel minder nodig is om dezelfde EPC-waarde te realiseren.

De MPG voldoet bij alle varianten aan de eis van 1,0. Bij de uitgangssituatie en bij de BENG+NOM-variant komt de MPG wel dicht in de buurt van de eis van 1,0 door de grote hoeveelheid PV-panelen.

tabel 6: EPC 0 appartementencomplex

Project & kenmerken	Eigenschappen	Afbeelding
5. Appartementencomplex 14 sociale huur- en 10 koopwoningen EPC: 0,05 MPG: 0,45 en 0,65 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,22 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 52,6 kWh/m ² BENG-2: 19,4 kWh/m ² BENG-3: 54,3%	Rc vloer/gevel/dak: 3,5/5,0/8,0 (Bouwbesluit+), mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), biomassaketel voor huur en HR-ketel voor koop, en 177 PV-panelen, 47.025 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 1,0), betonnen vloeren, cellenbeton binnenblad en metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	 MPG 0,65 €/m² (huur): 
BENG-variant		
5. Appartementencomplex 14 sociale huur- en 10 koopwoningen EPC: 0,08 MPG: 0,67 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,46 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 30,7 kWh/m ² BENG-2: 15,5 kWh/m ² BENG-3: 51,2%	Rc vloer/gevel/dak: 6,0/8,0/12,0 (Passiefhuis), qv10 = 0,15, zonwering O/W/Z, mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), biomassaketel voor huur, en 125 PV-panelen, 33.000 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam = 0.8), betonnen vloeren, cellenbeton binnenblad en metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	 MPG 0,67 €/m² (huur): 
BENG + NOM-variant		
5. Appartementencomplex 14 sociale huur- en 10 koopwoningen EPC: 0,05 MPG: 0,68 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,38 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 30,7 kWh/m ² BENG-2: 13,5 kWh/m ² BENG-3: 57,3%	Rc vloer/gevel/dak: 6,0/8,0/12,0 (Passiefhuis), qv10 = 0,15, zonwering O/W/Z, mechanische toe- en afvoer met CO ₂ -sturing (D.5a), biomassaketel voor huur, en 140 PV-panelen, 36.960 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam = 0.8), betonnen vloeren, cellenbeton binnenblad en metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	 MPG 0,68 €/m² (huur): 

Project 5 is een EPC 0 appartementencomplex met deels een hellend en deels een plat dak. De materialisering van het complex is standaard.

In de uitgangssituatie voldoet het appartementencomplex niet aan de BENG-1 eis. Het appartementencomplex voldoet wel aan de BENG-2 en de BENG-3 eis vanwege de biomassaketel en de PV-panelen die zijn toegepast om EPC 0 te bereiken. Om de BENG-1 eis te proberen te halen is het isolatieniveau van de hele gebouwschil aanzienlijk verbeterd, evenals de luchtdichtheid. Ook is er buitenzonwering toegepast op de alle gevels met uitzondering van de noordgevel. De BENG-1 waarde is hiermee wel aanzienlijk verbeterd, maar er zijn geen verdere maatregelen mogelijk. BENG-1 lijkt voor dit complex dus niet haalbaar, wellicht vanwege het relatief grote glaspercentage.

Door de extra energiebesparende maatregelen zijn er wat minder PV-panelen nodig voor de BENG-variant. De MPG van de BENG-variant is ongeveer gelijk aan de MPG van de uitgangssituatie. De extra milieubelasting als gevolg van de hogere isolatie om aan BENG-1 te voldoen wordt gecompenseerd door het feit dat er dan minder PV-panelen nodig zijn.

De MPG voldoet bij alle varianten ruim aan de eis van 1,0.

tabel 7: EPC 0 Appartementencomplex

Project & kenmerken	Eigenschappen	Afbeelding
6. Zorgappartementencomplex Ca. 60 m ² per appartement Huurwoningen (soc. huur) EPC: - 0,07 MPG: 0,52 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,34 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 26,7 kWh/m ² BENG-2: - 9,7 kWh/m ² BENG-3: 129,2%	Rc vloer/gevel/dak: 6,0/7,5/12,5 (Passiefhuis), mechanische toe- en afvoer (D.2b2), combiwarmtepomp met gesloten bron en 204 PV- panelen, 58.450 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 0,84), kanaalplaatvloeren, kalkzandsteen binnenblad en metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	
BENG-variant		
6. Zorgappartementencomplex Ca. 60 m ² Huurwoningen (soc. huur) EPC: 0,23 MPG: 0,44 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,98 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 24,3 kWh/m ² BENG-2: 23,5 kWh/m ² BENG-3: 50,1%	Rc vloer/gevel/dak: 6,0/7,5/12,5 (Passiefhuis), buitenzonwering Z , mechanische toe- en afvoer (D.2b2), combiwarmtepomp met gesloten bron en 70 PV- panelen, 20.125 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 0,84), kanaalplaatvloeren, kalkzandsteen binnenblad en metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	
BENG + NOM-variant		
6. Zorgappartementencomplex Ca. 60 m ² Huurwoningen (soc. huur) EPC: - 0,07 MPG: 0,53 €/m ² BVO per jaar DPG: 0,34 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 24,3 kWh/m ² BENG-2: - 10,0 kWh/m ² BENG-3: 130,3%	Rc vloer/gevel/dak: 6,0/7,5/12,5 (Passiefhuis), buitenzonwering Z , mechanische toe- en afvoer (D.2b2), combiwarmtepomp met gesloten bron en 204 PV- panelen, 58.450 Wp Materialen: kunststof kozijnen, triple glas (Uraam 0,84), kanaalplaatvloeren, kalkzandsteen binnenblad en metselwerk buitenblad Levensduur: 75 jaar	

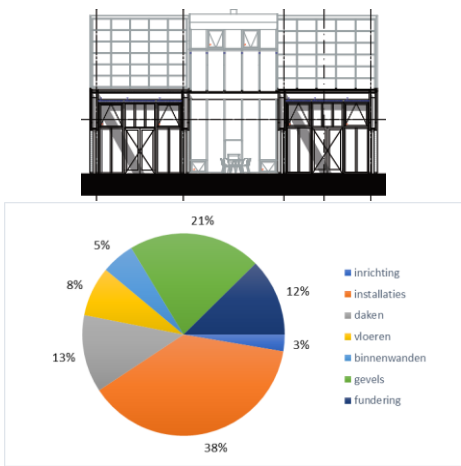
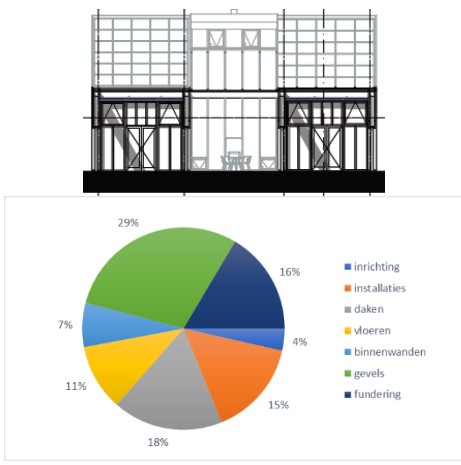
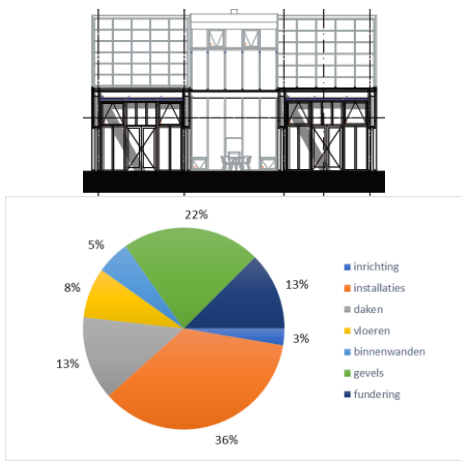
Project 6 is een EPC 0 appartementencomplex met relatief kleine zorgwoningen. De materialisering van het complex is standaard.

Het complex is al voorzien van zeer goede isolatie en een zeer goede luchtdichtheid. In de uitgangssituatie voldoet het complex net niet aan de BENG-1 eis. De complex voldoet wel ruimschoots aan de BENG-2 en de BENG-3 eis vanwege de combinatie van een warmtepompsysteem met PV-panelen. Om aan de BENG-1 eis te voldoen wordt er buitenzonwering toegepast op de zuidoostgevel.

Voor de BENG-variant zijn er minder PV-panelen nodig. Dit komt voor een klein deel door de extra energiebesparende maatregelen om BENG-1 te behalen, maar voor een groot deel door het warmtepompsysteem. De MPG van de BENG-variant is dan ook lager. Wanneer de EPC weer wordt teruggebracht naar EPC-waarde van de uitgangssituatie (de BENG + NOM-variant) is de MPG weer ongeveer gelijk aan die van de uitgangssituatie. Bij deze woning wordt de MPG dus voor een groot deel bepaald door het EPC 0 karakter met de bijbehorende grote hoeveelheid PV-panelen.

De MPG voldoet bij alle varianten ruim aan de eis van 1,0.

tabel 8: energieleverende vrijstaande woning

Project & kenmerken	Eigenschappen	Afbeelding
7. Vrijstaande woning Ca. 180 m ² Luxe woning EPC: - 0,48 MPG: 1,13 €/m² BVO per jaar DPG: - 0,41 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 65,4 kWh/m² BENG-2: - 31,1 kWh/m² BENG-3: 150,7 %	Rc vloer/gevel/dak: 5,4/7,4/10,2 (passief), buitenzonwering ZW, natuurlijke toe- en mechanische afvoer (C.2a), warmtepomp met gesloten bron, warmtepompboiler en 50 bifacial PV-panelen, 13.120 Wp Materialen: houten kozijnen, triple glas (Uraam 0,9), duurzame materialen: houten vloer, gevels en dak, hennep en resol isolatie, groen dak Levensduur: 75 jaar	
BENG-variant		
7. Vrijstaande woning Ca. 180 m ² Luxe woning EPC: 0,16 MPG: 0,84 €/m² BVO per jaar DPG: 1,27 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 40,9 kWh/m² BENG-2: 22,3 kWh/m² BENG-3: 56,7 %	Rc vloer/gevel/dak: 5,4/10,0/12,0 (passief), qv10 = 0,15 , buitenzonwering ZO & ZW , mechanische toe- en afvoer met CO2-sturing (D.5a) , warmtepomp met gesloten bron, warmtepompboiler en 12 bifacial PV-panelen, 2624 Wp Materialen: houten kozijnen, triple glas (Uraam 0,9), duurzame materialen: houten vloer, gevels en dak, hennep en resol isolatie, groen dak Levensduur: 75 jaar	
BENG + NOM-variant, bij deze woning eigenlijk energieleverende variant		
7. Vrijstaande woning Ca. 180 m ² Luxe woning EPC: - 0,48 MPG: 1,12 €/m² BVO per jaar DPG: - 0,44 €/ m ² BVO per jaar BENG-1: 40,9 kWh/m² BENG-2: - 31,6 kWh/m² BENG-3: 183,2 %	Rc vloer/gevel/dak: 5,4/10,0/12,0 (passief), qv10 = 0,15 , buitenzonwering ZO & ZW , mechanische toe- en afvoer met CO2-sturing (D.5a) , warmtepomp met gesloten bron, warmtepompboiler en 46 bifacial PV-panelen, 12.070 Wp Materialen: houten kozijnen, triple glas (Uraam 0,9), duurzame materialen: houten vloer, gevels en dak, hennep en resol isolatie, groen dak Levensduur: 75 jaar	

Project 7 is een grote energieleverende vrijstaande woning met een hellend dak. De woning is gebouwd in een U-vorm, heeft twee vides en relatief veel glas in de gevel. In de woning zijn voornamelijk duurzame materialen toegepast, zoals een binnenblad en een vrijdragend dak van gelamineerd duurzaam hout. Een dragende constructie van gelamineerd hout heeft echter wel een grote massa, waardoor het toch een substantiële bijdrage levert aan de MPG.

In de uitgangssituatie voldoet de woning niet aan de BENG-1 eis, ondanks de al aanwezige goede isolatie. De woning voldoet wel ruimschoots aan de BENG-2 en de BENG-3 eis vanwege het grote aantal PV-panelen dat is toegepast om de woning energieleverend te maken. Om de BENG-1 eis proberen te halen is het isolatieniveau van de hele gebouwschil verder verbeterd, evenals de luchtdichtheid. Ook is er extra buitenzonwering toegepast op de zuidoostgevel en is het ventilatiesysteem vervangen door gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. De BENG-1 waarde is hiermee wel aanzienlijk verbeterd, maar er zijn geen verdere maatregelen mogelijk. BENG-1 blijkt voor deze woning dus niet haalbaar. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het relatief grote glaspercentage in combinatie met een lage thermische massa door de houtskeletbouw. Ook hebben de vides een negatief effect op BENG-1 omdat er daardoor minder gebruiksoppervlak is om de energiebehoefte over te verdelen. BENG-1 is immers de energiebehoefte per vierkante meter gebruiksoppervlak.

Voor de BENG-variant zijn er veel minder PV-panelen nodig. De MPG van de BENG-variant is dan ook aanzienlijk lager. Wanneer de EPC weer wordt teruggebracht naar de energieleverende waarde van de uitgangssituatie (de energieleverende variant) is de MPG weer ongeveer gelijk aan die van de uitgangssituatie. Bij deze woning wordt de MPG dus voor een groot deel bepaald door het energieleverende karakter met de bijbehorende grote hoeveelheid PV-panelen. De extra milieubelasting als gevolg van de hogere isolatie om aan BENG-1 te voldoen bij de BENG+energieleverende variant wordt gecompenseerd door het feit dat er minder PV-panelen nodig zijn om dezelfde EPC-waarde te realiseren.

De MPG voldoet bij de uitgangssituatie en bij de BENG+energieleverende variant niet aan de eis van 1,0. Bij deze uitgangssituatie en bij de BENG+energieleverende ligt de EPC met - 0,48 echter wel ver onder de Bouwbesluit eis (=0,4) en ook nog aanzienlijk onder de EPC-waarden van de andere NOM/EPC 0 voorbeeldprojecten.

Deze woning met relatief veel schiloppervlak ten opzichte van vloeroppervlak is zowel BENG-1, als de MPG een uitdaging.

4.1 Conclusies voorbeeldprojecten

De hoeveelheid PV-panelen blijkt veel invloed te hebben op de MPG. In de zeven voorbeeldprojecten is relatief veel PV toegepast vanwege het EPC 0 of NOM-karakter. Om een beter inzicht te krijgen in de MPG-waarden zonder PV is in tabel 9 een overzicht opgenomen van de zeven projecten met bijbehorende MPG's met en zonder PV. NB: de situatie zonder PV voldoet misschien niet in alle gevallen aan de EPC-eis het Bouwbesluit.

tabel 9: MPG-waarden aangeleverde voorbeeldprojecten met en zonder PV-panelen

	MPG met PV	MPG zonder PV
Tussenwoning	0,56	0,34
Hoekwoning	0,93	0,54
2 ^e 1 kapwoning	0,45	0,35
Hoekwoning 1-laags	0,96	0,52
Appartementencomplex	0,65	0,47
Zorgappartementencomplex	0,52	0,39
Vrijstaande woning	1,13	0,75

Uit de MPG-waarden zonder PV volgt dat de vrijstaande woning een aanzienlijk hogere MPG heeft dan de andere woningtypes. Dit is onder andere het gevolg van de U-vorm van de vrijstaande woning, waardoor de woning relatief veel buitengevel heeft. Ook heeft de woning een vrijdragende dakconstructie.

Het is opmerkelijk dat er maar één type kristallijn zonnepaneel in de MPG-database is opgenomen terwijl PV zo'n groot aandeel in de milieubelasting heeft. Ook zijn er verschillende typen panelen op de markt (glas/glas en glas/vinyl) waarvan het vermoeden bestaat dat de milieubelasting wel aanzienlijk kan verschillen. Dit verschil is met de huidige database niet in te schatten omdat de PV-panelen er alleen als totaalsysteem in staan. Zelf samenstellen is helaas niet mogelijk.

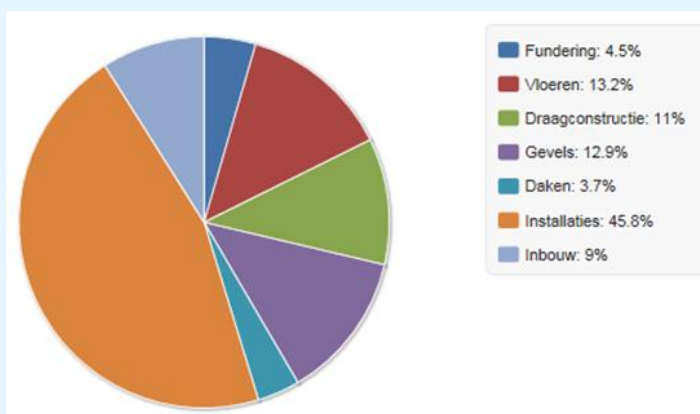
De meeste projecten voldoen nog niet aan de BENG-1 eis. BENG-2 en BENG-3 halen de projecten ruimschoots omdat het allemaal NOM of ZEN-projecten betreft. Om de woningen op BENG-niveau te krijgen is het isolatieniveau in meer of mindere mate aangepast. De betere isolatie heeft een negatief effect op de MPG, door extra materiaal. Maar door de betere isolatie kon de hoeveelheid PV omlaag om dezelfde energieprestatie als de uitgangssituatie te houden. Dit heeft een positief effect op de MPG. De MPG van de toekomstbestendige BENG+NOM-varianten lag daardoor heel dicht bij de MPG waarden van de basisvarianten van de aangeleverde projecten.

De MPG's van de basisvarianten van de aangeleverde projecten variëren van 0,45 tot 1,13 €/m². De MPG's van de BENG+NOM-varianten van de aangeleverde projecten variëren van 0,47 tot 1,12 €/m². De voorbeeldprojecten zijn gebaseerd op de toekomstige BENG-eisen. Dit betekent dat de voorbeeldprojecten ook op het moment van invoering van BENG in 2021 nog aan de voorgenomen MPG-eis voldoen. Alleen de vrijstaande woning voldoet niet aan de MPG-eis van 1,0. Deze woning gaat echter veel verder dan NOM of EPC 0 en is zelfs energieleverend. Teruggerekend naar een EPC van 0,4 of zelfs EPC 0 zal ook deze woning aan de voorgenomen eis kunnen voldoen.

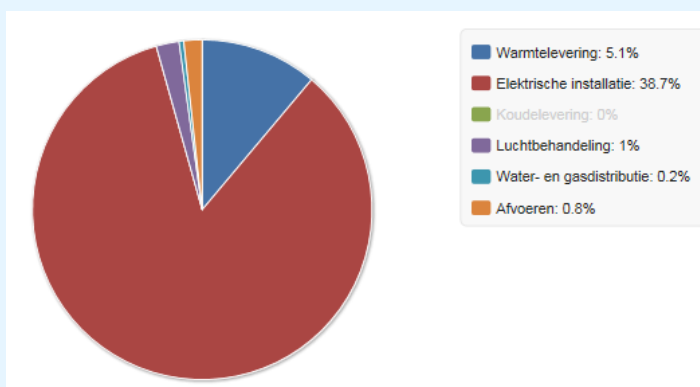
Bij de vrijstaande woning en het appartementencomplex bleek het niet mogelijk om aan BENG-1 te voldoen, zelfs niet als alle mogelijke maatregelen getroffen zijn. Beide projecten hebben een relatief hoog glas percentage. De vrijstaande woning heeft bovendien een ongunstige verhouding tussen schil en gebruiksoppervlak door de aanwezigheid van twee vides. Ook de geringe thermische massa van de vrijstaande woning heeft een negatief effect op BENG-1.

Uit de cirkeldiagrammen van de milieukosten blijkt dat het onderdeel 'installaties' bij de NOM-varianten 40 tot 50% van de totale milieukosten bedraagt. In figuur 1 is een voorbeeld opgenomen van een cirkeldiagram van de bijdrage aan de MPG van de verschillende hoofdonderdelen van een NOM-woning. In figuur 2 is de bijdrage van de installaties aan de MPG uitgesplitst naar de verschillende installatieonderdelen van diezelfde woning. In dit voorbeeld bepalen de installaties voor bijna 46% de milieukosten. De grootste bijdrage daarvan is van de elektrische installaties met bijna 39% van de totale milieukosten. Uit figuur 3 volgt dat de milieukosten van de elektrische installaties voor het grootste deel worden bepaald door de PV-panelen. Bij deze woning wordt dus 38% van de totale milieukosten bepaald door de PV-panelen.

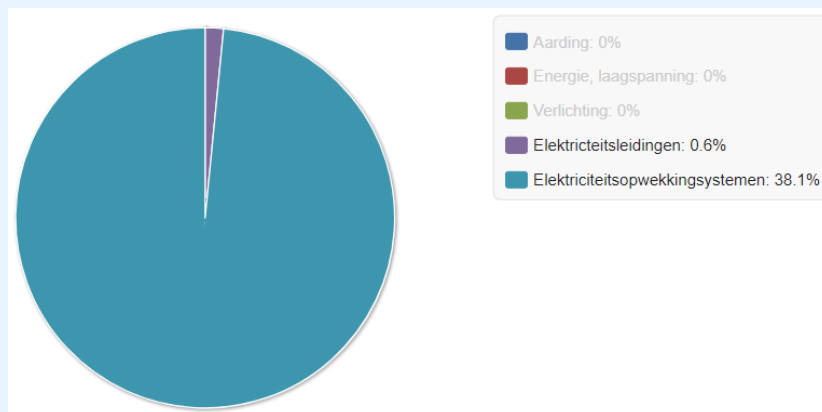
Ondanks de grote invloed van de installaties bevat de database maar een beperkt aantal installaties. Ook is bij de installaties in de database niet altijd duidelijk wat er nu precies in zit. Gezien de impact op het eindresultaat is het zorgelijk dat er zo weinig keuzemogelijkheden zijn binnen de database.



figuur 1: bijdrage hoofdbouwdelen MPG-berekening NOM woning



figuur 2: bijdrage installaties MPG-berekening NOM woning (uitsplitsing van de 45,8% uit figuur 1)



figuur 3: bijdrage elektrische installaties MPG-berekening NOM woning (uitsplitsing van de 38,7% uit figuur 2)

4.2 DPG

Voor alle aangeleverde projecten en bijbehorende varianten zijn in de paragrafen hiervoor ook de DPG-waarden opgegeven. De DPG is de duurzaamheidsprestatie van een gebouw waarbij zowel de milieubelasting van materialen als van het jaarlijkse energiegebruik meegenomen worden. Op die manier wordt het effect van bijvoorbeeld een dikker isolatiemateriaal (positief voor de EPG, negatief voor de MPG) in één indicator gevangen waardoor maatregelen integraler afgewogen kunnen worden. Ook voor bijvoorbeeld PV speelt dit: het positieve milieueffect op de EPC wordt dan afgezet tegen het negatieve milieueffect op de MPG.

Wat opvalt bij het bekijken van de resultaten van de hiervoor gegeven varianten is dat de spreiding in DPG-waarden erg groot is. In algemene zin kan gesteld worden dat:

- Woningen met veel PV-panelen een lage DPG hebben doordat de jaarlijkse opbrengst van de PV-panelen opweegt tegen de milieubelasting van de materialen die in de PV-panelen zitten.
- Er een grote spreiding is in de DPG tussen de BENG en de BENG + NOM-variant, bijvoorbeeld bij de vrijstaande woning en de hoekwoning eenlaags. De spreiding in de DPG is substantieel groter dan de spreiding in de EPC, zowel absoluut als relatief.
- Woningen met een gasgestookt toestel voor verwarming (bij een gelijke EPC) over het algemeen wat beter scoren op de DPG dan woningen met een elektrisch toestel doordat de milieubelasting van gas minder hoog is dan de milieubelasting van elektriciteit.

5. Variantenstudie

Uit de zeven aangeleverde projecten zijn vier woningen geselecteerd voor de variantenstudie. Deze vier woningen geven een brede doorsnede van de Nederlandse woningbouw. Een tussenwoning is niet opgenomen in de variantenstudie, omdat uit eerdere onderzoeken al is gebleken dat die niet maatgevend is voor de MPG.

Voor de variantenstudie zijn de volgende vier woningen gekozen:

- Eenlaagse hoekwoning.
- 2[^]1-kapwoning.
- Appartementencomplex.
- Vrijstaande woning (vakantiewoning in U-vorm).



figuur 4: eenlaagse hoekwoning (links) en 2[^]1-kapwoning



figuur 5: appartement (links) en vrijstaande woning

In eerdere onderzoeken is van een groot aantal parameters al onderzocht wat de invloed is op de BENG-eisen [5] en wat de invloed is op de MPG [6]. Voor deze MPG-ZEN studie zijn alleen varianten onderzocht waarvan het te verwachten effect op de MPG niet te herleiden is uit beide voorgaande onderzoeken. In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van alle mogelijke varianten. Per variant is aangegeven of de invloed op BENG en/of de MPG al bekend is uit de eerdere onderzoeken. In de laatste kolom van de tabel wordt aangegeven of de variant interessant is om op te nemen in deze MPG-ZEN studie.

tabel 10: resultaten uit eerdere studies

Variant	Invloed op BENG (BENG-studie Lenteakkoord ¹)	Invloed op MPG (onderzoeken W/E ²)	Variant opnemen in studie
Glaspercentage	+ 0,3% (tussenwoning) tot + 5% (vrijstaande woning) bij 10% meer glas	+ een paar % bij + 25% glas	Ja, gecombineerd effect versterkt elkaar waarschijnlijk: - uitgangssituatie - + 25% glas
Levensduur	n.v.t.	Bekend	Nee, invloed is al bekend
Oriëntatie	Bekend	n.v.t.	Nee, invloed is al bekend
Isolatieniveau	- 17% (vrijstaande woning) tot - 26% op BENG-1 bij passiefhuis t.o.v. BB	Gedeeltelijk bekend	Ja, om gecombineerd effect inzichtelijk te krijgen: - uitgangssituatie met HR++ glas, HR-ketel en PV-panelen - passiefhuisniveau met triple glas, HR-ketel en PV-panelen
Compactheid (verhouding gevel/BVO)	Niet bekend, maar hoe compacter hoe gunstiger voor de EPC	+ een paar % bij + 10% meer gevel t.o.v. BVO	Ja, gecombineerd effect versterkt elkaar waarschijnlijk: - uitgangssituatie - + 10% gevel en dak bij gelijk BVO - + 30% gevel en dak bij gelijk BVO
Installatievarianten	Grote invloed, varieert van + 10% tot +40% voor BENG-3	Gedeeltelijk bekend	Ja, de volgende varianten: - warmtepomp bodem - warmtepomp lucht - zonneboiler - stadsverwarming - biomassaketel Isolatieniveau: BB met HR++ glas, indien nodig aanvullen met PV-panelen
Huisaccu	Geen, omdat EPC uitgaat van de situatie op jaarbasis	Niet bekend	Nee, het product is niet opgenomen in database
PV-panelen	Gedeeltelijk bekend	Niet bekend	Ja, de volgende varianten: - heel dak met PV - half dak met PV - langere levensduur (in rekening brengen door oppervlak in MPG te corrigeren)
Lineaire koudebruggen	- 9% (tussenwoning) tot - 20% (vrijstaande woning) op BENG-1 bij uitgebreide methode	n.v.t.	Nee, invloed op EPC is al bekend en geen invloed op MPG
Materialisering	n.v.t.	Bekend	Nee, want niet relevant voor combinatie tussen BENG en MPG

Voor de gekozen woningtypes zijn de onderstaande varianten berekend. Uitgangspunt hierbij was dat een variant, indien haalbaar, aan alle drie de BENG-eisen moet voldoen. De basissituatie heeft steeds een goede bouwkundige schil, een HR-ketel en voldoende PV-panelen om aan BENG-2 en BENG-3 te voldoen.

Vertrekkend vanuit de basissituatie zijn steeds de volgende varianten berekend:

- Geometrie woning: verhogen glaspercentage met 25%, verminderen compactheid woning met 10% (+ 10% gevel en dak bij gelijk BVO) en met 30% (+ 30% gevel en dak bij gelijk BVO).
- Isolatie niveau: Bouwbesluitniveau en Passiefhuisniveau (bij deze varianten is het voldoen aan BENG-1 losgelaten).
- Installatievarianten: warmtepomp bodem, warmtepomp lucht, stadsverwarming, biomassaketel en zonneboiler.
- Variëren in de hoeveelheid PV: PV-panelen op een half dak en PV-panelen op het hele dak.
- Een variant met een langere levensduur van de PV-panelen.

Een variant met een huisaccu kon helaas niet meegenomen worden, omdat daar geen milieukosten van bekend zijn in Nederland. Ook in de Europese Ecoinvent milieudatabase is nog geen huisaccu opgenomen.

De resultaten van de variantenstudie zijn opgenomen in hoofdstuk 6.

6. Resultaten variantenstudie

In bijlage 3 zijn de volledige resultaten van de variantenstudie per woningtype opgenomen. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten besproken. De rode waarden in de tabellen voldoen niet aan de eis voor de betreffende parameter. De variantenstudie is uitgevoerd met de NMD 1.8. Tijdens de uitvoering van dit onderzoek is de NMD 2.0 uitgekomen. Ter informatie zijn daarom ook de resultaten van de NMD 2.0 opgenomen in de tabellen in dit hoofdstuk. De waarden met NMD 2.0 in de tabellen gecorrigeerd zijn met een factor 0,4, zoals wordt opgenomen in het Bouwbesluit 2018 (zie paragraaf 2.3).

6.1 Geometrie

In tabel 11 zijn de MPG-resultaten van de geometrische varianten opgenomen, zowel de absolute waarde als de verandering ten opzichte van de basissituatie.

Het vergroten van het glaspercentage heeft bij de meeste woningen maar een beperkte negatieve invloed op de MPG. Het verslechteren van de verhouding schil/BVO met 10% (is vergelijkbaar aan een dakkapel of kleine uitbouw) heeft een iets grotere negatieve invloed. Het aanzienlijk verslechteren van de verhouding schil/BVO heeft een substantiële negatieve invloed op de MPG.

Alleen bij de vrijstaande woning komen de resultaten van de MPG net boven de eis van 1,0 uit. Dit komt omdat de vrijstaande woning van zichzelf al een relatief groot glaspercentage en een relatief ongunstige verhouding tussen gevel- en dakoppervlak en BVO heeft.

tabel 11: resultaten geometrische varianten

Bijlage 1.7: Resultaten gebouwenvarianten									
Variant		EPC [-]	BENG-1 [kWh/m²]	BENG-2 [kWh/m²]	BENG-3 [%]	MPG €/m² BVO/jaar NMD 1.8	MPG €/m² BVO/jaar NMD 2.0¹	delta MPG [%] NMD 1.8	PV [aantal]
2 [^] 1 kap	Basis	0,04	24,9	23,9	51,50%	0,48	0,34		18
	Basis + 25% glas	0,03	24,8	23,5	51,90%	0,49	0,38	2%	18
	Basis + 10% gevel&dak bij gelijk BVO	0,03	24,1	23,5	51,80%	0,52	0,41	8%	18
	Basis + 30% gevel&dak bij gelijk BVO	0,03	24,7	22,9	52,50%	0,56	0,48	17%	18
Hoekwoning 1laags	Basis	-0,09	24,6	24,6	65,50%	0,73	0,62		13
	Basis + 25% glas	-0,09	24,9	23,7	66,40%	0,73	0,63	0%	13
	Basis + 10% gevel&dak bij gelijk BVO	-0,09	24,9	24,4	65,70%	0,74	0,65	1%	13
	Basis + 30% gevel&dak bij gelijk BVO	-0,09	24,8	23,0	67,00%	0,77	0,69	5%	13
Appartement	Basis	-0,1	24,3	24,8	62,40%	0,59	0,43		309
	Basis + 25% glas	-0,11	22,5	24,4	62,90%	0,60	0,44	2%	309
	Basis + 10% gevel&dak bij gelijk BVO	-0,11	24,5	24,4	63,80%	0,64	0,49	8%	321
	Basis + 30% gevel&dak bij gelijk BVO	-0,11	25,3	24,8	63,70%	0,72	0,58	22%	326
Vrijstaande woning	Basis	0,03	46,2	24,5	50,60%	0,97	0,93		22
	Basis + 25% glas	0,04	61,1	25,0	54,20%	1,05	1,06	8%	26
	Basis + 10% gevel&dak bij gelijk BVO	0,04	49,9	24,9	51,30%	1,02	1,00	5%	23
	Basis + 30% gevel&dak bij gelijk BVO	0,02	57,6	24,6	54,70%	1,13	1,15	16%	26

¹ Inclusief correctie van 0,4

6.2 Isolatieniveau

In tabel 12 zijn de MPG-resultaten van de isolatievarianten opgenomen, zowel de absolute waarde als de verandering ten opzichte van de basissituatie.

Hieruit blijkt dat de invloed van het veranderen van het isolatieniveau op de MPG erg afhankelijk is van de uitgangssituatie van de woning (de basisvariant). Bij de hoekwoning eenlaags en bij de vrijstaande woning was het isolatieniveau in de basissituatie al heel hoog. Dit was nodig om bij deze woningen BENG-1 te kunnen halen bij de basisvariant. De variant isolatie Passiefhuisniveau levert bij deze twee woningen daarom nauwelijks verschil in de MPG. Daarnaast speelt de hoeveelheid PV die nodig is om BENG-2 en BENG-3 te halen een rol.

tabel 12: resultaten isolatievarianten

	Variant	EPC [-]	BENG-1 [kWh/m ²]	BENG-2 [kWh/m ²]	BENG-3 [%]	MPG €/m ² BVO/jaar NMD 1.8	MPG €/m ² BVO/jaar NMD 2.0	delta MPG [%] NMD 1.8	PV [aantal]
2 ^e 1 kap	Basis	0,04	24,9	23,9	51,50%	0,48	0,34		18
	Basis isolatie Bouwbesluitniveau	-0,02	34,1	24,4	57,00%	0,51	0,33	6%	23
	Basis isolatie Passiefhuisniveau	0,06	22,2	22,6	50,20%	0,50	0,37	4%	16
Hoekwoning 1laags	Basis	-0,09	24,6	24,6	65,50%	0,73	0,62		13
	Basis isolatie Bouwbesluitniveau	-0,17	42,0	25,0	72,30%	0,83	0,80	14%	18
	Basis isolatie Passiefhuisniveau	-0,1	23,1	22,9	67,10%	0,77	0,67	5%	13
Appartement	Basis	-0,1	24,3	24,8	62,40%	0,59	0,43		309
	Basis isolatie Bouwbesluitniveau	-0,18	35,0	24,7	68,70%	0,64	0,52	8%	407
	Basis isolatie Passiefhuisniveau	-0,1	23,9	24,9	62,00%	0,58	0,41	-2%	286
Vrijstaande woning	Basis	0,03	46,2	24,5	50,60%	0,97	0,93		22
	Basis isolatie Bouwbesluitniveau	-0,08	64,0	24,5	63,30%	0,97	0,91	0%	37
	Basis isolatie Passiefhuisniveau	0,04	46,5	24,7	50,40%	0,95	0,92	-2%	22

6.3 Installatievarianten

In tabel 13 zijn de MPG-resultaten van de installatie varianten opgenomen, zowel de absolute waarde als de verandering ten opzichte van de basissituatie.

Uit de resultaten van de installatievarianten volgt dat de keuze van het installatieprincipe voor verwarming en tapwater een positieve tot zeer positieve invloed op de MPG hebben. Met een installatieprincipe dat (deels) duurzame energie gebruikt is ook bij de vrijstaande woning een MPG van 1,0 makkelijk haalbaar. Dit komt met name omdat het aantal PV-panelen bij een installatieprincipe dat (deels) duurzame energie gebruikt aanzienlijk naar beneden kan ten opzichte van een installatieprincipe waarbij geen duurzame energie wordt gebruikt. Bij de variant met een warmtepomp bodem bijvoorbeeld zijn veel minder PV-panelen nodig, dan bij de basisvariant met een gasketel.

Kanttekening hierbij is wel dat de installaties op een basaal niveau in de huidige database zijn opgenomen, waardoor het niet altijd mogelijk is een juiste keuze te maken. Zo is stadsverwarming alleen voor utiliteitsbouw aanwezig in de database. Een biomassaketel ontbreekt in de database, hiervoor is een HR-ketel aangehouden. Een warmtepomp bodem, warmtepomp lucht en een zonneboiler zijn wel aanwezig in de database. Per installatie is steeds maar een uitvoering opgenomen in de NMD.

tabel 13: resultaten installatievarianten

	Variant	EPC [-]	BENG-1 [kWh/m ²]	BENG-2 [kWh/m ²]	BENG-3 [%]	MPG €/m ² BVO/jaar NMD 1.8	MPG €/m ² BVO/jaar NMD 2.0	delta MPG [%] NMD 1.8	PV [aantal]
2 [^] 1 kap	Basis	0,04	24,9	23,9	51,50%	0,48	0,34		18
	Basis + warmtepomp bodem	0,25	24,9	24,9	54,70%	0,40	0,22	-17%	6
	Basis + warmtepomp lucht	0,25	24,9	24,6	56,10%	0,43	0,27	-10%	9
	Basis + zonneboiler	0,13	24,9	21,8	52,40%	0,46	0,33	-4%	11
	Basis + stadsverwarming	0,08	24,9	20,1	49,40%	0,47	0,25	-2%	14
	Basis + biomassaketel ²	0,24	24,9	23,3	62,70%	0,36	0,14	-25%	3
Hoekwoning 1laags	Basis	-0,09	24,6	24,6	65,50%	0,73	0,62		13
	Basis + warmtepomp bodem	0,18	24,6	23,5	66,00%	0,60	0,45	-18%	6
	Basis + warmtepomp lucht	0,17	24,6	21,3	68,50%	0,67	0,55	-8%	8
	Basis + zonneboiler	0,1	24,6	25,0	60,40%	0,67	0,51	-8%	6
	Basis + stadsverwarming	-0,01	24,6	22,3	61,70%	0,66	0,48	-10%	10
	Basis + biomassaketel ²	0,15	24,6	20,6	73,70%	0,51	0,27	-30%	3
Appartement	Basis	-0,1	24,3	24,8	62,40%	0,59	0,43		309
	Basis + warmtepomp bodem	0,23	24,3	24,3	63,10%	0,50	0,27	-15%	145
	Basis + warmtepomp lucht	0,23	24,3	24,6	62,80%	0,53	0,31	-10%	160
	Basis + zonneboiler	0,04	24,3	24,6	59,80%	0,53	0,30	-10%	191
	Basis + stadsverwarming	-0,02	24,3	25,0	54,20%	0,52	0,29	-12%	222
	Basis + biomassaketel ²	0,23	24,3	24,0	67,90%	0,41	0,10	-31%	31
Vrijstaande woning	Basis	0,03	46,2	24,5	50,60%	0,97	0,93		22
	Basis + warmtepomp bodem	0,17	46,2	24,1	58,80%	0,88	0,79	-9%	11
	Basis + warmtepomp lucht	0,17	46,2	23,6	59,40%	0,92	0,85	-5%	14
	Basis + zonneboiler	0,17	46,2	24,0	60,10%	0,92	0,88	-5%	12
	Basis + stadsverwarming	0,08	46,2	18,8	49,30%	0,91	0,84	-6%	16
	Basis + biomassaketel	0,17	46,2	23,4	63,60%	0,84	0,73	-13%	8

² Dit betreft een gebouwgebonden biomassa ketel die voldoet aan een minimale verbrandingskwaliteit en een maximaal emissieniveau, zoals gegeven in bijlage O van de NEN 7120:A1

6.4 PV-varianten

In tabel 14 zijn de MPG-resultaten van de PV-varianten opgenomen, zowel de absolute waarde als de verandering ten opzichte van de basissituatie.

Ook uit de PV-varianten volgt dat de hoeveelheid PV van grote invloed is op de MPG. Daarnaast blijkt dat de levensduur van de PV-panelen een substantiële invloed heeft op de MPG. Stel dat de PV-panelen circa 32,5 jaar mee gaan, in plaats van de standaard 25 jaar die in de database staat, dan daalt de MPG met 5 tot 12%. De levensduur kan niet aangepast worden in de software, dus de variant 32,5 jaar is benaderd door het aantal PV-panelen in verhouding te verlagen.

tabel 13: resultaten installatievarianten

	Variant	EPC [-]	BENG-1 [kWh/m ²]	BENG-2 [kWh/m ²]	BENG-3 [%]	MPG €/m ² BVO/jaar NMD 1.8	MPG €/m ² BVO/jaar NMD 2.0	delta MPG [%] NMD 1.8	PV [aantal]
2 [^] 1 kap	Basis	0,04	24,9	23,9	51,5%	0,48	0,34		18
	Basis + PV dak achter	0,02	24,9	23,1	53,0%	0,48	0,35	0%	18
	Basis + PV dak voor & achter	-0,24	24,9	6,3	87,3%	0,62	0,58	29%	36
	Basis + PV 32,5 jaar (30% langer)	0,04	24,9	23,9	51,5%	0,45	0,34	-6%	18
Hoekw 1laags	Basis	-0,09	24,6	24,6	65,5%	0,73	0,62		13
	Basis + PV half dak	-0,12	24,6	-15,4	128,3%	0,79	0,73	8%	16
	Basis + PV heel dak	-0,72	24,6	-72,4	232,5%	1,18	1,38	62%	34
	Basis + PV 32,5 jaar (30% langer)	-0,09	24,6	24,6	65,5%	0,64	0,48	-12%	13
Apparte-ment	Basis	-0,10	24,3	24,8	62,4%	0,59	0,43		309
	Basis + PV dak achter	0,06	24,3	45,4	31,2%	0,48	0,24	-19%	116
	Basis + PV dak voor & achter	-0,26	24,3	24,8	62,5%	0,59	0,41	0%	309
	Basis + PV 32,5 jaar (30% langer)	-0,10	24,3	24,8	62,4%	0,53	0,31	-10%	309
Vrijstaande woning	Basis	0,03	46,2	24,5	50,6%	0,97	0,93		22
	Basis + PV dak achter	-0,02	46,2	21,1	57,5%	0,99	0,97	2%	25
	Basis + PV dak voor & achter	-0,41	46,2	-7,4	115,0%	1,18	1,28	22%	50
	Basis + PV (30% langer)	0,03	46,2	24,5	50,6%	0,92	0,88	-5%	22

6.5 Conclusies varianten

Sommige aspecten van een woning hebben veel invloed op de MPG en andere minder. Zo hebben een groter glaspercentage en een kleine uitbouw of dakkapel (+10% schil) een beperkte negatieve invloed op de MPG. Een grote uitbouw of ongunstige vorm (+30% schil) heeft een aanzienlijke negatieve invloed op de MPG. De MPG wordt dan 10 tot 20% slechter, afhankelijk van het woningtype.

Een energetisch gunstig installatieprincipe kan juist een verbetering op de MPG opleveren van 5 tot wel 30%, afhankelijk van het woningtype en het installatieprincipe.

Vrijwel alle berekende varianten voldoen aan de eis van 1,0. Wanneer sommige negatieve aspecten gecombineerd zijn in een woning (bijvoorbeeld een uitbouw en een groter glaspercentage) is het voorstelbaar dat de MPG boven de eis van 1,0 uit kan komen. Dit kan gecompenseerd worden door te kiezen voor een energetisch gunstig installatieprincipe en/of duurzame materialen.

De varianten en ook de voorbeeldprojecten zijn al gebaseerd op de toekomstige BENG-eisen. Dit betekent dat op het moment van invoering van BENG in 2021 de meeste woningen nog aan de voorgenomen MPG-eis kunnen voldoen. Gezien de resultaten uit dit onderzoek is de verwachting dat woningen met een EPC van 0,4 (de huidige Bouwbesluiteis) vrijwel allemaal aan de MPG-eis kunnen voldoen.

6.6 Conclusies varianten NMD 2.0

Bij de varianten met een MPG conform NMD 1.8 die ruim onder de 1,0 ligt, is de MPG berekend met NMD 2.0 lager dan de MPG berekend met NMD 1.8. Bij varianten met een MPG conform NMD 1.8 die rond de 1,0 ligt, is de MPG berekend met NMD 2.0 ongeveer gelijk aan de MPG berekend met NMD 1.8. En bij varianten met een MPG conform NMD 1.8 die ruim boven de 1,0 ligt, is de MPG berekend met NMD 2.0 hoger dan de MPG berekend met NMD 1.8. Dit laatste speelt met name bij varianten met veel PV-panelen.

Resultaat is dat vrijwel alle varianten met NMD 2.0 aan de eis van 1,0 voldoen. De varianten die niet voldoen zijn de varianten die met NMD 1.8 ook niet voldoen.

7. Effect nieuwe database (NMD 2.0) op resultaten

De eis van € 1,0 /m² BVO/jaar is vastgesteld aan de hand van de NMD versie 1.8. Alle berekeningen in dit onderzoek zijn ook uitgevoerd met NMD versie 1.8. Halverwege dit onderzoek, eind juni 2017 is er een nieuwe versie van de NMD van kracht geworden, namelijk versie 2.0. Om de gevolgen van de gewijzigde database is kaart te brengen is de BENG-variant van vier woningen omgezet van NMD 1.8 naar NMD 2.0. De resultaten hiervan zijn opgenomen in tabel 12.

Uit tabel 12 blijkt dat de nieuwe versie van de NMD leidt tot gemiddeld 40% hogere MPG-waarden. Dit zou een impliciete aanscherping van de MPG-eisen betekenen omdat de voorgenomen eis nog gebaseerd is op NMD versie 1.8. Inmiddels is bekend dat bij de invoering van de MPG-eis van € 1,0 /m² BVO/jaar een overgangsbepaling wordt opgenomen om deze impliciete aanscherping te voorkomen. In deze overgangsbepaling staat dat er een correctiefactor toegepast mag worden van € 0,4 m² BVO/jaar op de berekende MPG berekend met NMD 2.0. Neem bijvoorbeeld de vrijstaande woning uit tabel 12: de MPG berekend met NMD 2.0 is € 1,20 m² BVO/jaar. Dit mag vervolgens gecorrigeerd worden met 0,4 naar € 0,8 m² BVO/jaar. Deze € 0,8 m² BVO/jaar moet vervolgens getoetst worden aan de eis, waarmee de woning dus voldoet aan de voorgenomen eis.

In de laatste kolom van tabel 12 zijn de gecorrigeerde waarden opgenomen. De gecorrigeerde waarden vallen met name bij de woningen met een relatief lage MPG conform de NMD 1.8 aanzienlijk lager uit. Bijvoorbeeld de 2[^]1 kapwoning heeft een gecorrigeerde MPG van 0,20 met NMD 2.0. Dit is bijna 50% lager dan de oorspronkelijke MPG van 0,39 met NMD 1.8.

tabel 12: effect nieuwe database

Project	MPG conform NMD 1.8	MPG conform NMD 2.0	Verschil	Gecorrigeerde MPG NMD 2.0 (= berekende MPG -0,4)
2 [^] 1-kap	0,39	0,60	+ 54%	0,20
Hoekwoning 1laags	0,72	1,02	+ 42%	0,62
Appartement	0,53	0,74	+ 40%	0,34
Vrijstaande woning	0,87	1,20	+ 38%	0,80

In figuur 6 zijn de bijdragen van de verschillende bouwdelen te zien bij de 2[^]1 kapwoning, van zowel de berekening met NMD 1.8 (links) als NMD 2.0 (rechts). Hieruit volgt dat de schaduwkosten van alle onderdelen hoger zijn geworden. De stijging is bij gevels, vloeren, daken en installaties het grootst. Dit komt omdat de schaduwkosten van met name producten met wapeningsstaal (gestort beton), glas (o.a. in PV-panelen) en gebakken producten (keramische pannen en bakstenen) aanzienlijk gestegen zijn.

2 ¹ kap BENG		2 ¹ kap BENG	
	Schaduwkosten per jaar per m ² BVO		Schaduwkosten per jaar per m ² BVO
Bouwdeel		Bouwdeel	
Fundering	€ 0,03	Fundering	€ 0,04
Gevels	€ 0,09	Gevels	€ 0,12
Binnenwanden	€ 0,05	Binnenwanden	€ 0,06
Vloeren	€ 0,09	Vloeren	€ 0,11
Daken	€ 0,03	Daken	€ 0,11
Installaties	€ 0,08	Installaties	€ 0,13
Inrichting	€ 0,01	Inrichting	€ 0,02
Totaal	€ 0,39	Totaal	€ 0,60

figuur 6: verschil NMD 1.8 (links) en NMD 2.0 uitgesplitst naar de verschillende onderdelen van de MPG

Door het toepassen van een vaste correctiefactor kan het voorkomen dat een gecorrigeerde MPG negatief wordt. Een negatieve MPG betekent in feite dat het bouwen van de woning een positief effect heeft op het milieu. Dit is natuurlijk nooit het geval, bouwen kost altijd energie en materialen. Het advies is dan ook om bij toekomstige nieuwe versies van de NMD een relatieve correctiefactor (vermenigvuldigingsfactor in plaats van aftrekpost) op te nemen in de rekenmethodiek zelf (vergelijkbaar met de factor C_{epc} bij EPG-berekeningen).

8. Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste conclusies en aanbevelingen uit het rapport verzameld.

8.1 Conclusies

De richtlijnen voor het maken van een MPG-berekening zijn op dit moment onvoldoende duidelijk, ze bieden nog te veel ruimte voor interpretatie. Ook weten de MPG-rekenaars de achtergronddocumenten niet altijd goed te vinden. Dit komt de kwaliteit van de MPG-berekeningen niet ten goede.

De omvang van de database is nog te beperkt, zeker wat betreft installaties en PV-panelen die een aanzienlijk deel van de MPG-score bepalen. Daarnaast is de informatievoorziening over de producten in de database vaak onvoldoende, waardoor niet duidelijk is hoe het product precies is samengesteld. Dit maakt het kiezen, schalen of zelf samenstellen van producten lastig voor de MPG-rekenaars.

Zowel uit de aangeleverde projecten als uit de variantenstudie volgt dat er maar weinig woningen zijn die niet aan de eis van € 1,0 /m² BVO/jaar voldoen. De variantenstudie en de voorbeeldprojecten zijn bovendien al gebaseerd op de toekomstige BENG-eisen. Dit betekent dat ook op het moment van invoering van BENG in 2021 de meeste woningen nog aan de MPG-eis kunnen voldoen (ervan uitgaande dat in de periode tussen nu en 2021 de MPG-eisen en de BENG-eisen niet verder aangescherpt worden).

Bij woningen die bijvoorbeeld door een ongunstige vorm niet voldoen, kan de keuze voor een installatieconcept met duurzame energie en/of de toepassing van duurzame materialen een oplossing bieden.

8.2 Aanbevelingen

In deze paragraaf zijn kort de aanbevelingen opgenomen om de kwaliteit van de MPG-berekeningen verder te verbeteren.

Aanbevelingen met betrekking tot de methodiek:

- De naam veranderen in Materiaal Prestatie van Gebouwen. De naam Milieu Prestatie van Gebouwen wekt ten onrechte de illusie dat de MPG een beoordeling is van de totale milieu impact van een gebouw, dus inclusief het jaarlijkse energiegebruik.
- De rekenregels op korte termijn verder verduidelijken zodat voor iedereen duidelijk is welke onderdelen wel en niet meegenomen moeten worden in een MPG-berekening. De Gids invoer Milieuprestatieberekening biedt al de nodige handvatten, maar zou genormaliseerd moeten worden.
- De informatievoorziening naar de markt verbeteren, zodat iedereen met de juiste achtergronddocumenten werkt.
- De eisen voor het opnemen van nieuwe materialen in de database verder uitwerken en verduidelijken, zodat de verschillende materialen beter te onderscheiden zijn in de database en eerlijk met elkaar vergeleken kunnen worden.
- Op termijn invoeren van een gecombineerde beoordeling van energie- en materiaalgebruik, zoals bijvoorbeeld de DPG. Voordat de DPG ingevoerd kan worden, moeten eerst de rekenregels eenduidig vastgelegd worden. Daarnaast fluctueren de resultaten van de DPG van de woningen in dit onderzoek relatief veel. Nader onderzoek is nog nodig om meer inzicht te krijgen in de DPG.

Aanbevelingen met betrekking tot de database:

- Versnellen van de vulling van de database en vereenvoudigen en goedkoper maken van het proces.
- Aanbevolen wordt om meerdere typen PV-panelen op te nemen in de NMD, of om in ieder geval de verschillende onderdelen van een PV-paneel apart op te nemen. Als de losse onderdelen apart opgenomen worden, is het mogelijk zelf de juiste samenstelling te kiezen.
- Een huisaccu in de NMD op nemen.
- Installaties op een uitgebreidere manier opnemen dan nu het geval is. Zowel de keuzeopties zouden uitgebreid moeten worden als de omschrijving van de onderdelen die meegenomen zijn in de milieukosten.
- Bij toekomstige nieuwe versies van de NMD een correctiefactor vast stellen die de impact van een nieuwe database repareert (vergelijkbaar met C_{epc} bij EPG-berekeningen). Deze correctiefactor bij voorkeur als relatieve correctiefactor (vermenigvuldigingsfactor) opnemen, zodat een negatieve MPG niet meer voor kan komen.



ir. I.M. (Ieke) Kuijpers - van Gaalen MBA
DGMR Bouw B.V.

9. Literatuurlijst

- [1] Stichting Bouwkwaliiteit, Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken, Versie 2.0, Stichting Bouwkwaliiteit, November 2014.
- [2] Richtsnoer specifieke gebouwlevensduur.
- [3] Gids invoer Milieuprestatieberekening.
- [4] TKI KIEM -Kwaliteit door Integrale evaluatie van Energie-en Milieuprestaties van gebouwen Openbare samenvatting van projectresultaten, W/E adviseurs, mei 2016.
- [5] Onderzoek handvatten zeer energiezuinige nieuwbouw - BENG, Nieman en DGMR, juni 2016.
- [6] Onderzoek principes en parameters Milieuprestatie Gebouwen (MPG), W/E, februari 2017.

Bijlage 1

Titel

Deelnemerslijst themagroep MPG

Deelnemers Themagroep MPG:

Menno Brouwer, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)

Peter Fraanje, Nederlands Verbond Toelevering Bouw (NVTB)

Ronald Franken, Aedes

Gideon Goudsmit, Energie-Positief

Niek Habraken, Kleurrijk Wonen

Richard Klomp, Syntrus Achmea Real Estate & Finance

Patrick Koch, Heijmans Wonen

Ieke Kuijpers - van Gaalen, DGMR Bouw B.V.

Marieke Nijland - Huinen, DGMR Bouw B.V.

Martijn van Nunen, Tiwos

Jan van Veen, Geveke Bouw & Ontwikkeling

Helen Visser, Bouwend Nederland

Lennart de Vos, Kleurrijk Wonen

Bijlage 2

Titel

Vragenlijst

Invulinstructie

- * Deze vragenlijst is bedoeld om inzicht te krijgen in de ervaringen met het opstellen van MPG-berekeningen (MilieuPrestatieGebouw) conform de bepalingmethode.
- * In te vullen door degene die de MPG-berekeningen daadwerkelijk maakt.
- * De antwoorden kunt u invullen in de witte cellen onder de vragen.
- * De vragenlijst graag uiterlijk 28 april mailen naar mny@dgmr.nl

Vragen

A) Ervaring

1. Hoe vaak heeft u al een MPG berekening gemaakt?

2. Hoeveel tijd kost het opstellen van een MPG-berekening van een enkele woning gemiddeld?

3. Wat is uw algemene indruk over het maken van MPG-berekeningen? (moeilijk/makkelijk/duidelijk/etc.) Licht uw antwoord toe.

B) Software en achtergronddocumenten

1. Welk computerprogramma gebruikt u voor het maken van MPG-berekeningen?

2. Kent u het document 'Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken' (zie link hieronder)? En gebruikt u dit document ook bij het maken van een berekening?

https://www.milieudatabase.nl/imgcms/20141125_SBK_Bepalingsmethode_versie_2_0_definitief.pdf

3. Kent u het document 'Gids invoer milieuprestatieberekening, Hulpmiddel bij veelvoorkomende praktische vragen'? En gebruikt u dit document ook bij het maken van een berekening?

https://www.milieudatabase.nl/imgcms/Gids_invoer_MPG_6_september_2013.pdf

C) Het maken van een MPG-berekening

1. Welke informatiebronnen gebruikt u om de gegevens voor een MPG-berekening te verzamelen? (tekeningen / materiaalstaten / bestekken / etc.)

2. Welke gegevens zijn lastig te achterhalen?

3. Komt u in uw projecten materialen/producten tegen die nog niet in de database zijn opgenomen? Zo ja, kunt u deze materialen/producten kort opsommen:

4. Wat doet u als een materiaal/product niet in de database van het programma is opgenomen?

5. Is het voor u voldoende duidelijk welke onderdelen van een gebouw wel of niet meegenomen moet worden? Zo nee, op welke punten is de methode niet duidelijk?

6. Op welke punten zou u graag zien dat de bepalingsmethode/richtlijn verbeterd of verduidelijkt wordt?

7. Op welke punten zou u graag zien dat de software die u gebruikt verbeterd wordt?

Afronding

1. Wat is er volgens u nog nodig voordat er een eis aan de MPG ingevoerd kan worden?

2. Wat is gezien uw projectervaringen een reële eerste eis aan de MPG voor woningbouw?

3. Heeft u nog opmerkingen/suggesties over deze vragenlijst en/of het onderzoek?

Bijlage 3

Titel	Resultaten variantenstudie
-------	----------------------------

2[^]1-kapwoning

Variant	EPC [-]	BENG-1 [kWh/m2]	BENG-2 [kWh/m2]	BENG-3 [%]	MPG €/m2 BVO per jaar NMD 1.8	MPG €/m2 BVO per jaar NMD 2.0	delta MPG [%]	PV [aantal]
Basis	0,04	24,9	23,9	51,5%	0,48	0,34		18
Basis isolatie Bouwbesluitniveau	-0,02	34,1	24,4	57,0%	0,51	0,33	6%	23
Basis isolatie Passiefhuisniveau	0,06	22,2	22,6	50,2%	0,50	0,37	4%	16
Basis + 25% glas	0,03	24,8	23,5	51,9%	0,49	0,38	2%	18
Basis + 10% gevel&dak bij gelijk BVO	0,03	24,1	23,5	51,8%	0,52	0,41	8%	18
Basis + 30% gevel&dak bij gelijk BVO	0,03	24,7	22,9	52,5%	0,56	0,48	17%	18
Basis + warmtepomp bodem	0,25	24,9	24,9	54,7%	0,40	0,22	-17%	6
Basis + warmtepomp lucht	0,25	24,9	24,6	56,1%	0,43	0,27	-10%	9
Basis + zonneboiler	0,13	24,9	21,8	52,4%	0,46	0,33	-4%	11
Basis + stadsverwarming (195%)	0,08	24,9	20,1	49,4%	0,47	0,25	-2%	14
Basis + biomassaketel	0,24	24,9	23,3	62,7%	0,36	0,14	-25%	3
Basis + PV dak achter	0,02	24,9	23,1	53,0%	0,48	0,35	0%	18
Basis + PV dak voor & achter	-0,24	24,9	6,3	87,3%	0,62	0,58	29%	36
Basis + PV panelen 32,5 jaar (30% langer)	0,04	24,9	23,9	51,5%	0,45	0,34	-6%	18

Hoekwoning 1-laags

Variant	EPC [-]	BENG-1 [kWh/m2]	BENG-2 [kWh/m2]	BENG-3 [%]	MPG €/m2 BVO per jaar NMD 1.8	MPG €/m2 BVO per jaar NMD 2.0	delta MPG [%]	PV [aantal]
Basis	-0,09	24,6	24,6	65,5%	0,73	0,62		13
Basis isolatie Bouwbesluitniveau	-0,17	42,0	25,0	72,3%	0,83	0,80	14%	18
Basis isolatie Passiefhuisniveau	-0,1	23,1	22,9	67,1%	0,77	0,67	5%	13
Basis + 25% glas	-0,11	24,9	21,6	69,0%	0,73	0,63	0%	13
Basis + 10% gevel&dak bij gelijk BVO	-0,1	24,9	22,3	68,3%	0,74	0,65	1%	13
Basis + 30% gevel&dak bij gelijk BVO	-0,1	24,8	21,2	69,7%	0,77	0,69	5%	13
Basis + warmtepomp bodem	0,18	24,6	23,5	66,0%	0,60	0,45	-18%	6
Basis + warmtepomp lucht	0,17	24,6	21,3	68,5%	0,67	0,55	-8%	8
Basis + zonneboiler	0,1	24,6	25,0	60,4%	0,67	0,51	-8%	6
Basis + stadsverwarming (195%)	-0,01	24,6	22,3	61,7%	0,66	0,48	-10%	10
Basis + biomassaketel	0,15	24,6	20,6	73,7%	0,51	0,27	-30%	3
Basis + PV dak achter	-0,12	24,6	-15,4	128,3%	0,79	0,73	8%	16
Basis + PV dak voor & achter	-0,72	24,6	-72,4	232,5%	1,18	1,38	62%	34
Basis + PV panelen 32,5 jaar (30% langer)	-0,09	24,6	24,6	65,5%	0,64	0,48	-12%	13

Appartement

Variant	EPC [-]	BENG-1 [kWh/m2]	BENG-2 [kWh/m2]	BENG-3 [%]	MPG €/m2 BVO per jaar NMD 1.8	MPG €/m2 BVO per jaar NMD 2.0	delta MPG [%]	PV [aantal]
Basis	-0,10	24,3	24,8	62,4%	0,59	0,43		309
Basis isolatie Bouwbesluitniveau	-0,18	35,0	24,7	68,7%	0,64	0,52	8%	407
Basis isolatie Passiefhuisniveau	-0,10	23,9	24,9	62,0%	0,58	0,41	-2%	286
Basis + 25% glas	-0,11	22,5	24,4	62,9%	0,60	0,44	2%	309
Basis + 10% gevel&dak bij gelijk BVO	-0,11	24,5	24,4	63,8%	0,64	0,49	8%	321
Basis + 30% gevel&dak bij gelijk BVO	-0,11	25,3	24,8	63,7%	0,72	0,58	22%	326
Basis + warmtepomp bodem	0,23	24,3	24,3	63,1%	0,50	0,27	-15%	145
Basis + warmtepomp lucht	0,23	24,3	24,6	62,8%	0,53	0,31	-10%	160
Basis + zonneboiler	0,04	24,3	24,6	59,8%	0,53	0,30	-10%	191
Basis + stadsverwarming (195%)	-0,02	24,3	25,0	54,2%	0,52	0,29	-12%	222
Basis + biomassaketel	0,23	24,3	24,0	67,9%	0,41	0,10	-31%	31
Basis + PV dak achter	0,06	24,3	45,4	31,2%	0,48	0,24	-19%	116
Basis + PV dak voor & achter	-0,26	24,3	24,8	62,5%	0,59	0,41	0%	309
Basis + PV panelen 32,5 jaar (30% langer)	-0,10	24,3	24,8	62,4%	0,53	0,31	-10%	309

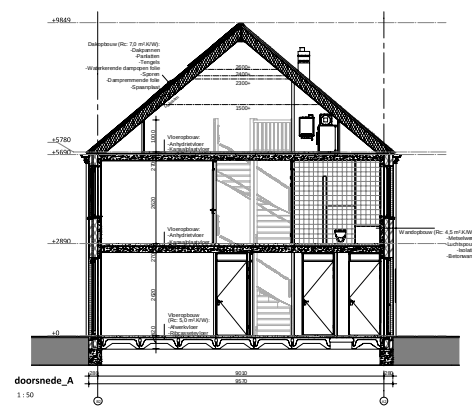
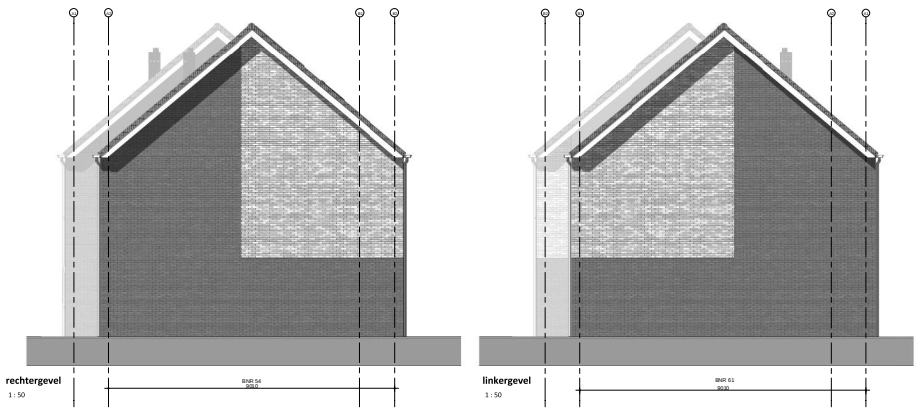
Vrijstaande woning

Variant	EPC [-]	BENG-1 [kWh/m2]	BENG-2 [kWh/m2]	BENG-3 [%]	MPG €/m2 BVO per jaar NMD 1.8	MPG €/m2 BVO per jaar NMD 2.0	delta MPG [%]	PV [aantal]
Basis	0,03	46,2	24,5	50,6%	0,97	0,93		22
Basis isolatie Bouwbesluitniveau	-0,08	64,0	24,5	63,3%	0,97	0,91	0%	37
Basis isolatie Passiefhuisniveau	0,04	46,5	24,7	50,4%	0,95	0,92	-2%	22
Basis + 25% glas	0,04	61,1	25,1	54,2%	1,05	1,06	8%	26
Basis + 10% gevel&dak bij gelijk BVO	0,04	49,9	24,9	51,3%	1,02	1,00	5%	23
Basis + 30% gevel&dak bij gelijk BVO	0,02	57,6	24,6	54,7%	1,13	1,15	16%	26
Basis + warmtepomp bodem	0,17	46,2	24,1	58,8%	0,88	0,79	-9%	11
Basis + warmtepomp lucht	0,17	46,2	23,6	59,4%	0,92	0,85	-5%	14
Basis + zonneboiler	0,17	46,2	24,0	60,1%	0,92	0,88	-5%	12
Basis + stadsverwarming (195%)	0,08	46,2	18,8	49,3%	0,91	0,84	-6%	16
Basis + biomassaketel	0,17	46,2	23,4	63,6%	0,84	0,73	-13%	8
Basis + PV dak achter	-0,02	46,2	21,1	57,5%	0,99	0,97	2%	25
Basis + PV dak voor & achter	-0,41	46,2	-7,4	115,0%	1,18	1,28	22%	50
Basis + PV panelen 32,5 jaar (30% langer)	0,03	46,2	24,5	50,6%	0,92	0,88	-5%	22

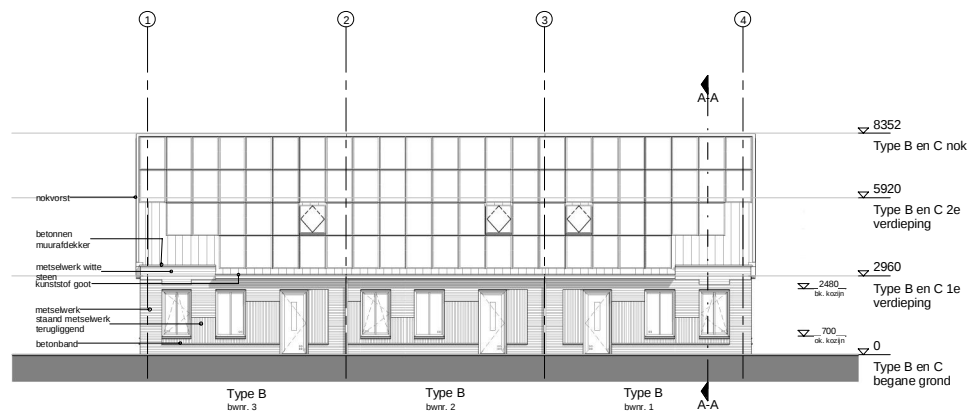
Bijlage 4

Titel

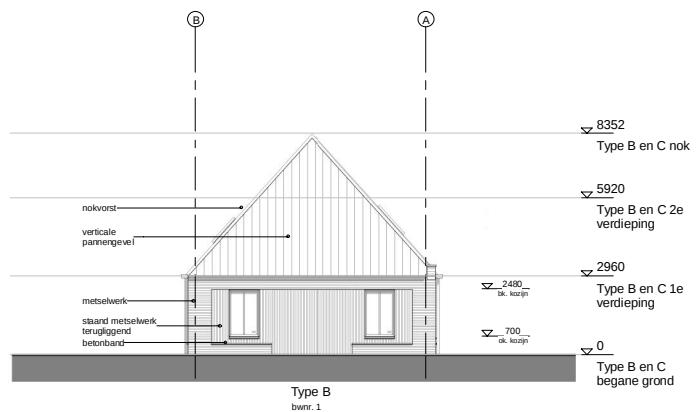
Tekeningen aangeleverde projecten



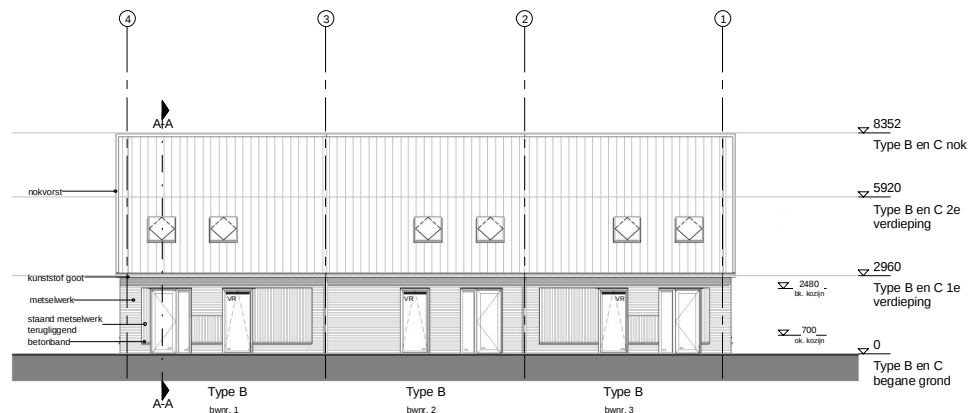
RENOVOOR	
	Isolatie metschakel
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel
	Raam
	Deur
	Balkon
	Isolatie
	Vloer
	Dak
	Gevel



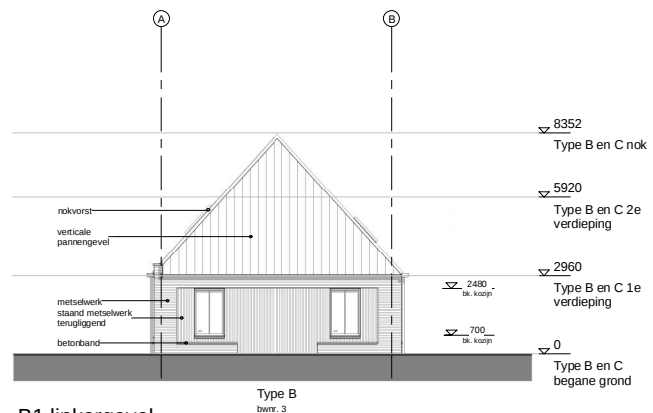
B1 voorgevel



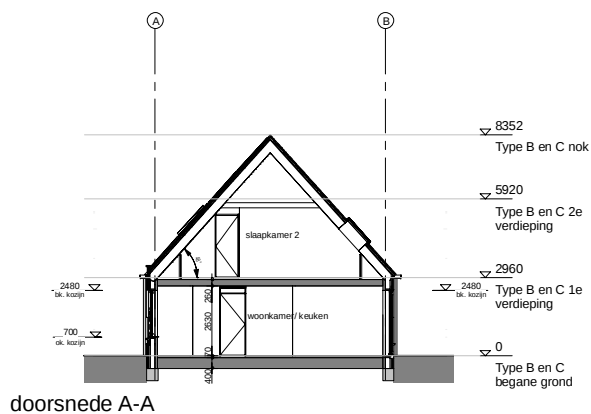
B1 rechtergevel



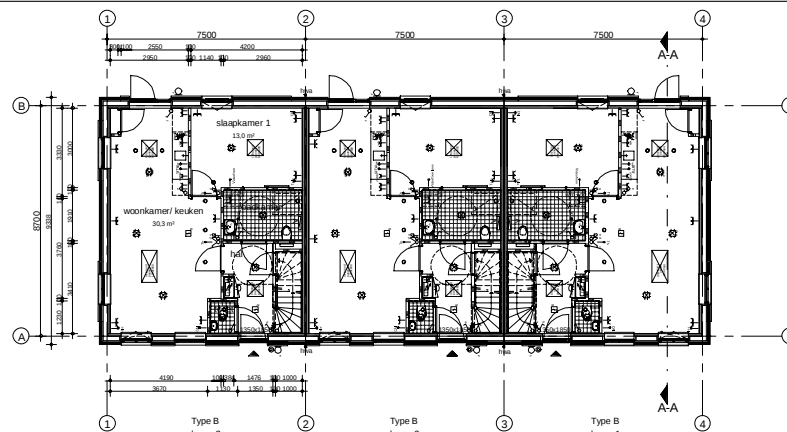
B1 achtergevel



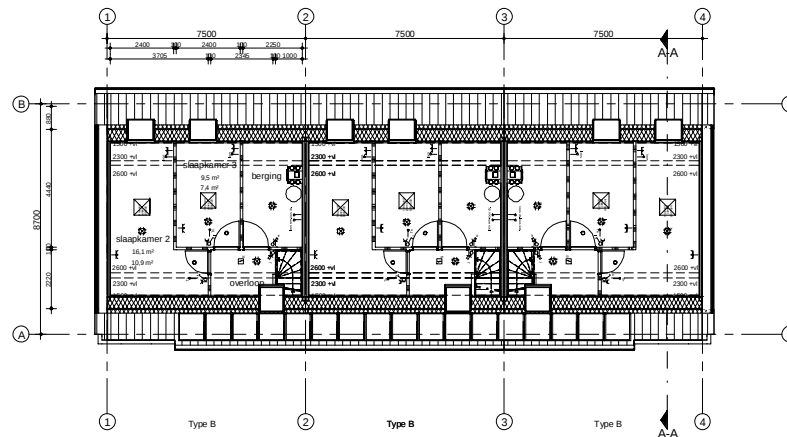
B1 linkergevel



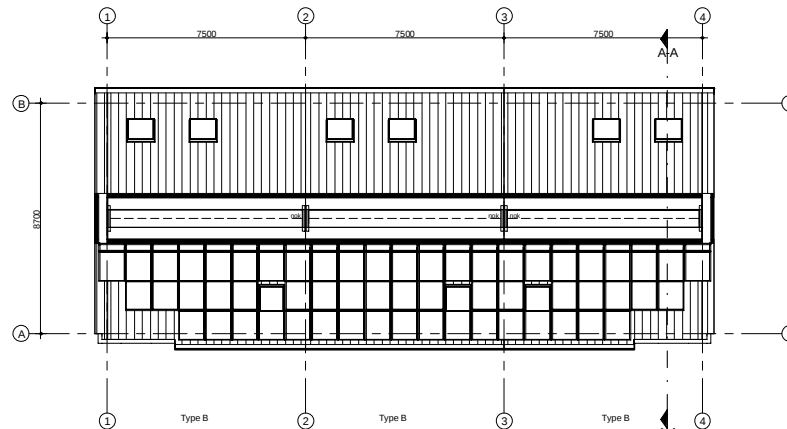
doorsnede A-A



B1 begane grond



B1 1e verdieping

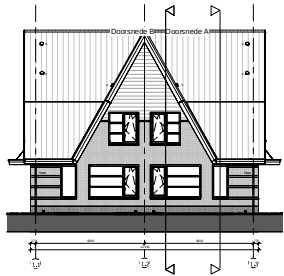


B1 2e verdieping

Renvooi Bouwkundig
omgevingsvergunning, activiteit bouwen

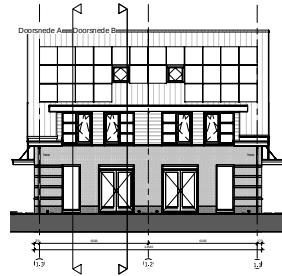
	prefab beton	mk	meterkast
	metselwerk baksteen	wk	werkkast
	isolatie	cv	centrale verwarming
	lichte scheidingswand	mv	mechanische ventilatie
	wandtegels	hwa	hemelwaterafvoer
	vloertegelwerk	st.l	standleiding
	schacht		
	ventilatorrooster		
	radiator		
	deur, deurmaat: xxx		
	dorpel, [materiaal]		

| Elektrische installatie volgens NPR 5310



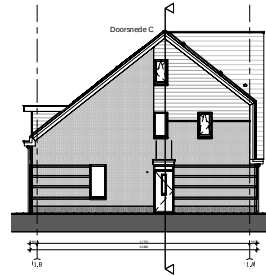
Voorgevel

schaal 1 : 100



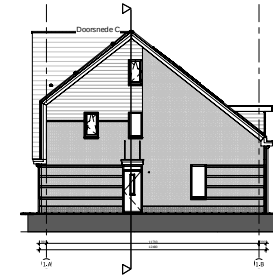
Achtergevel

schaal 1 : 100



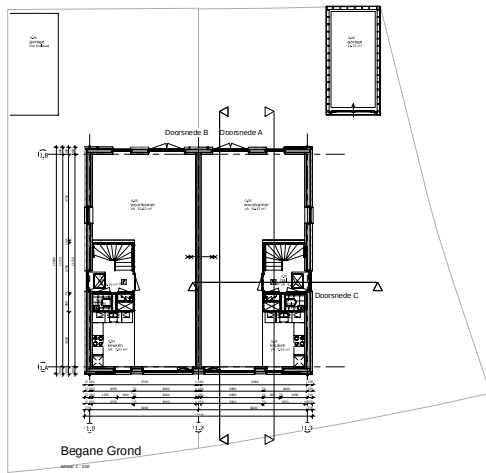
Linkerzijgevel

schaal 1 : 100



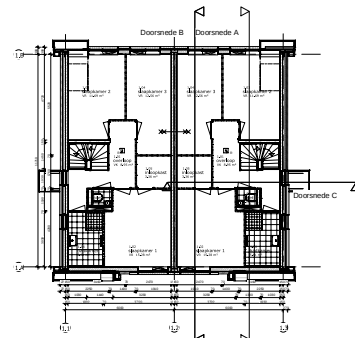
Rechterzijgevel

schaal 1 : 100



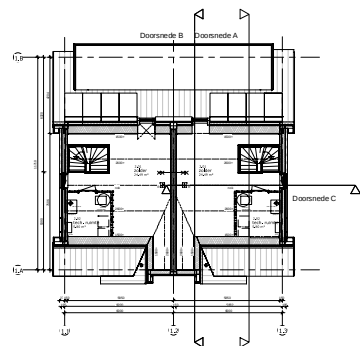
Begane Grond

schaal 1 : 100



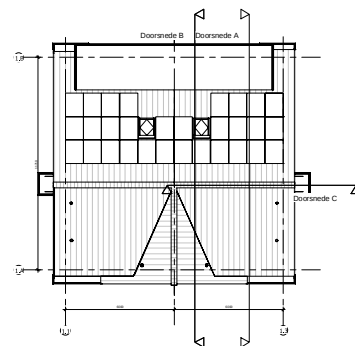
1e Verdieping

schaal 1 : 100



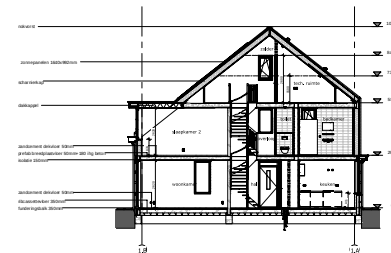
2e Verdieping

schaal 1 : 100



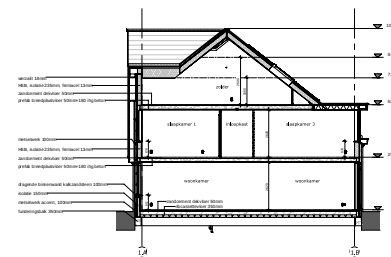
3e Verdieping

schaal 1 : 100



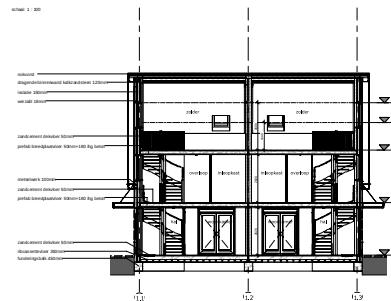
Doorsnede A

schaal 1 : 100



Doorsnede B

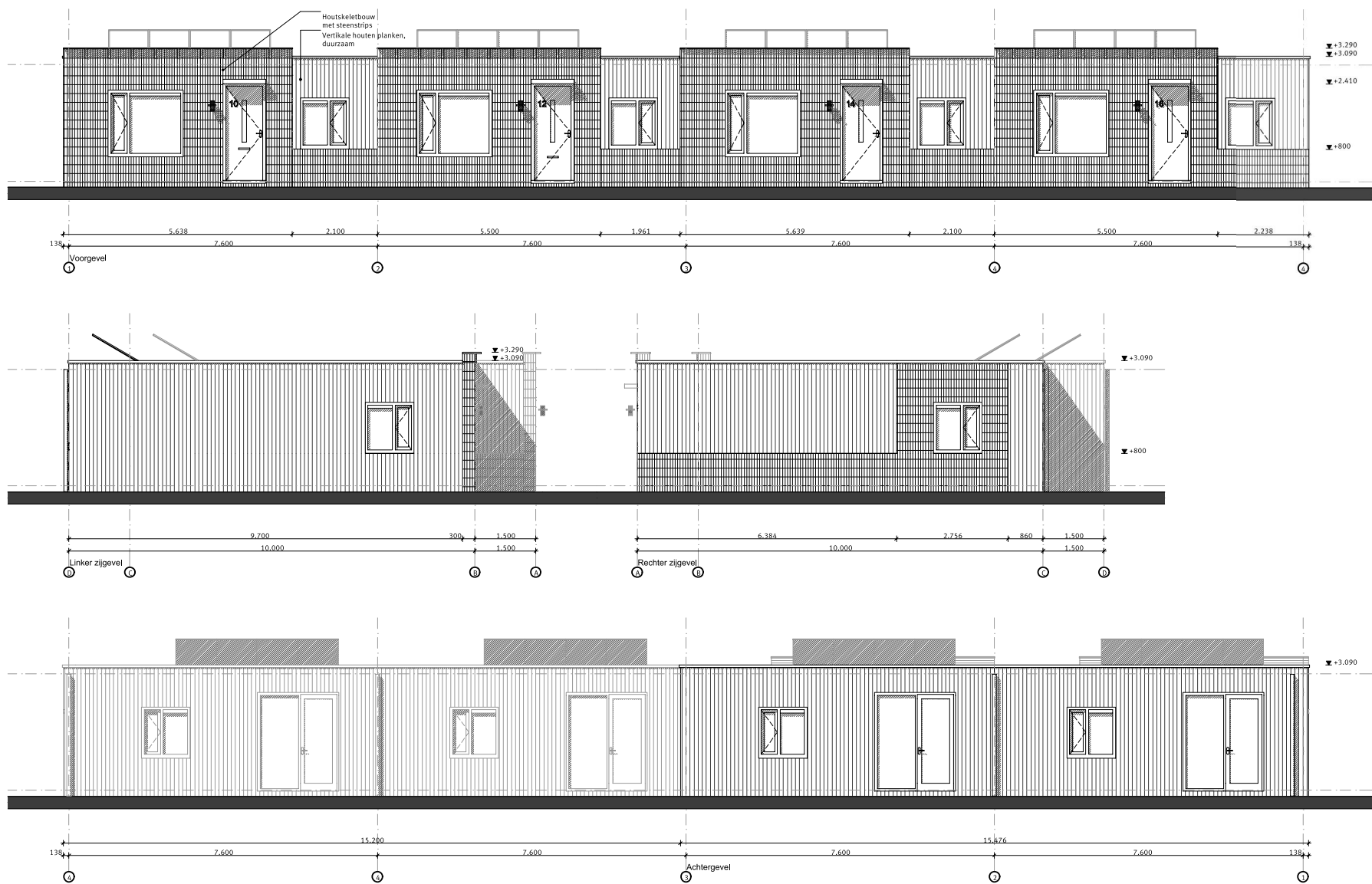
schaal 1 : 100



Doorsnede C

schaal 1 : 100

2^1 kapwoning



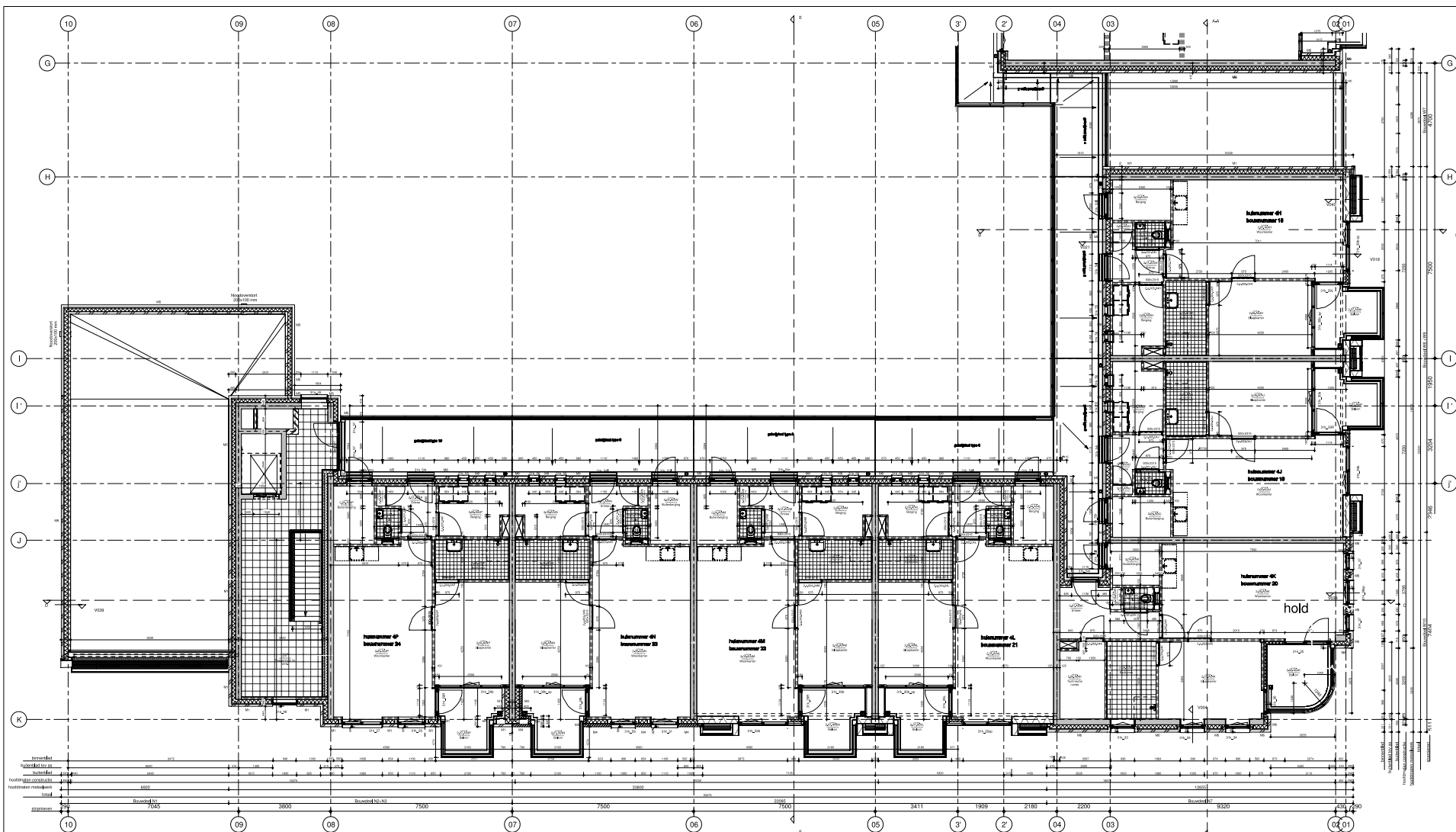
Hoekwoning 1laags



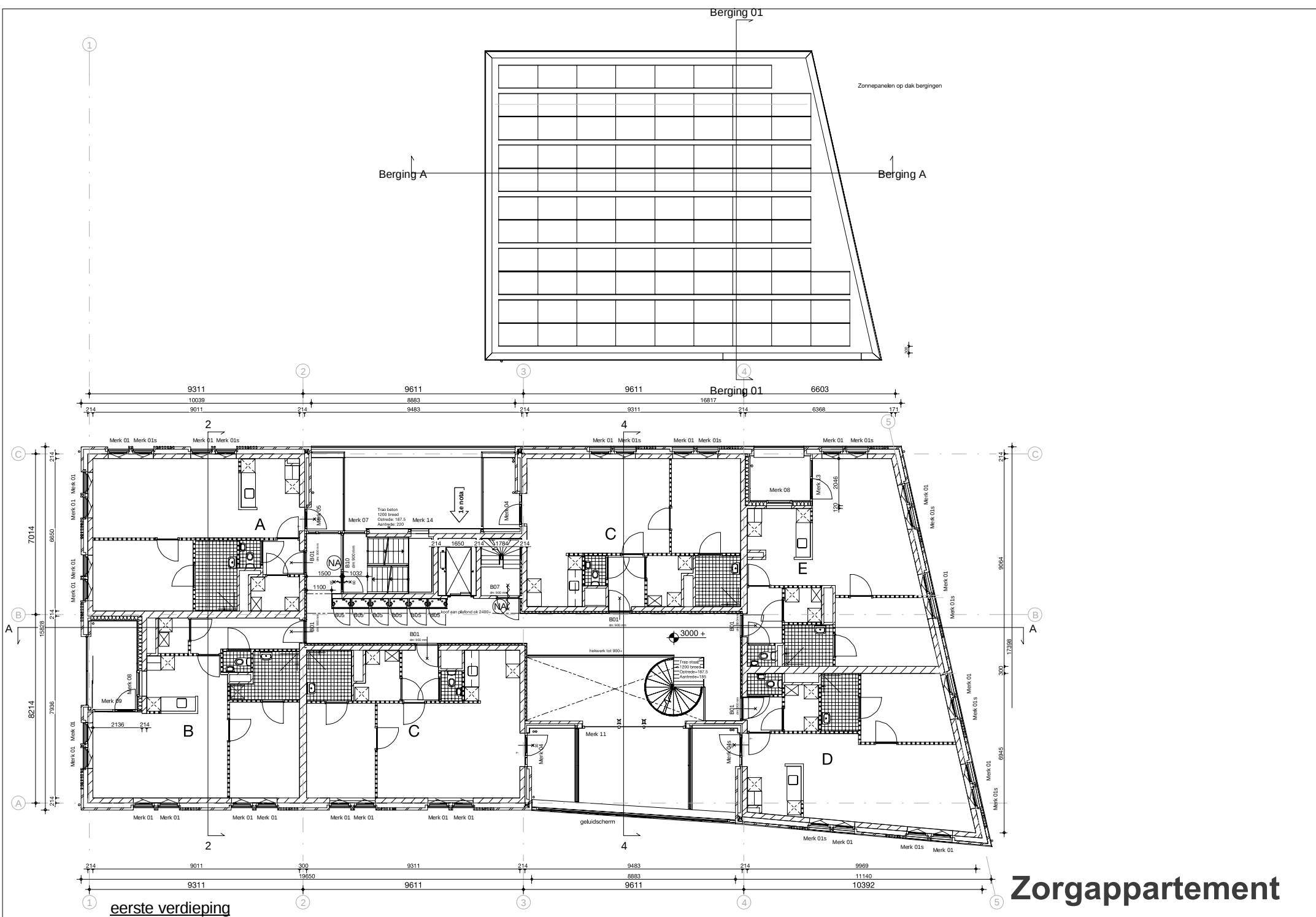




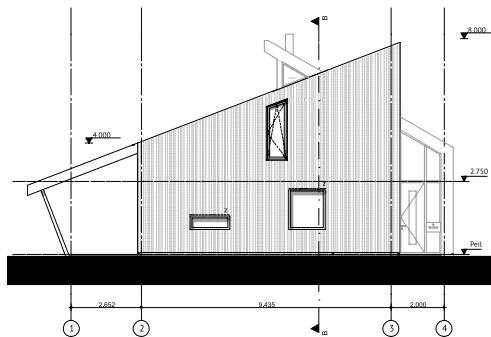
Appartement



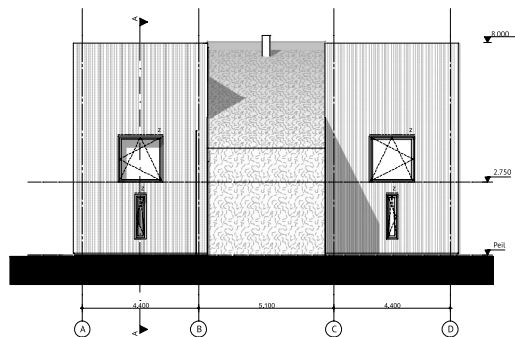
Appartement



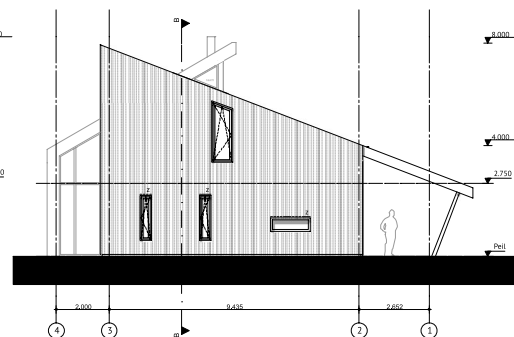
Zorgappartement



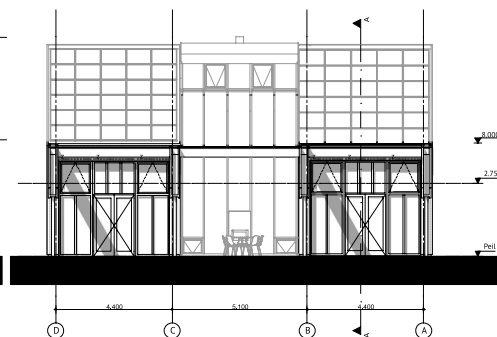
ZUID OOST GEVEL



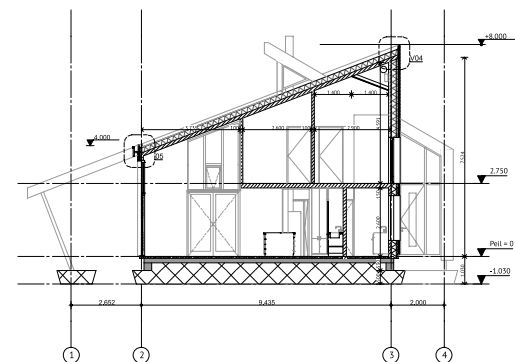
NOORD OOST GEVEL



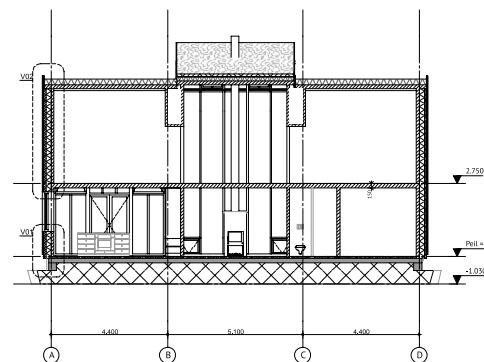
NOORD WEST GEVEL



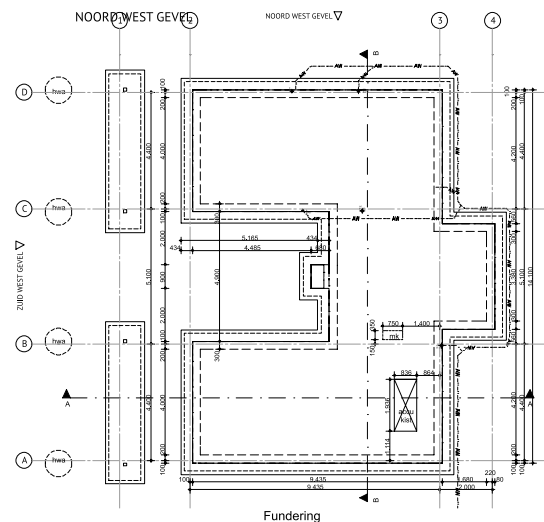
ZUID WEST GEVEL



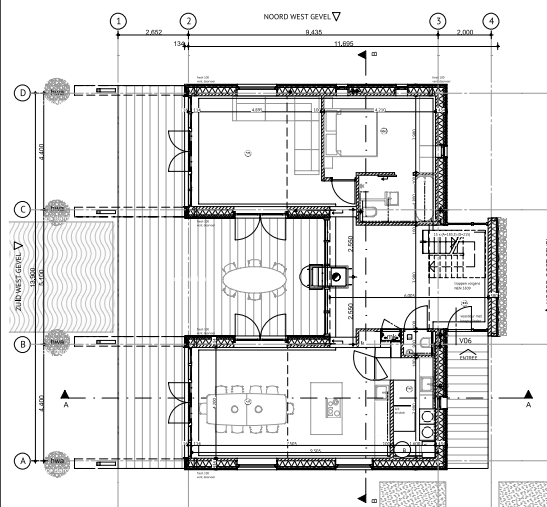
Doorsnede A-A



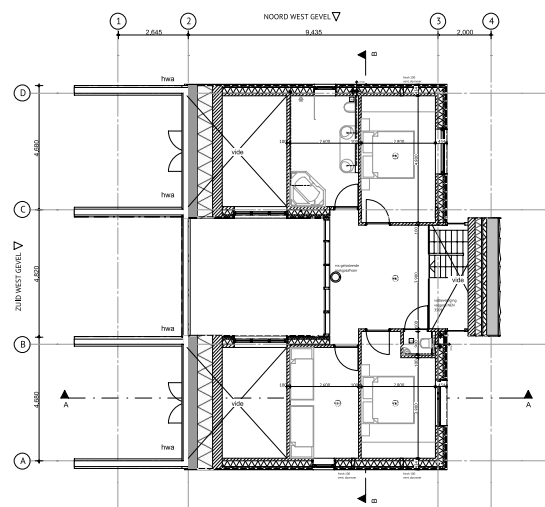
Doorsnede B-B



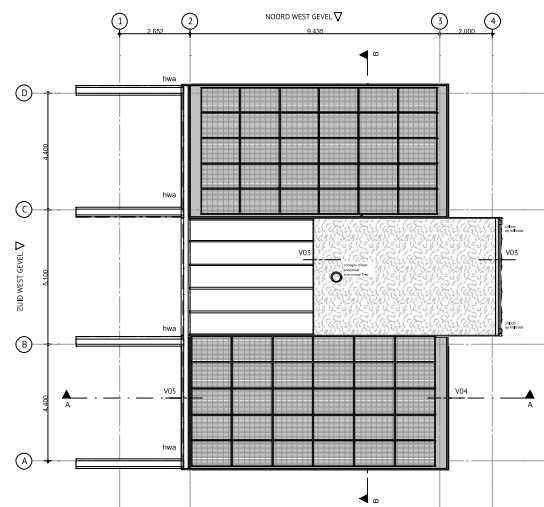
Fundering



Begane grond



1e verdieping



Dak

Vrijstaande woning